

# Caractérisation du développement du pin à crochets par le biais de son évolution densitaire sur la réserve biologique dirigée des étangs de Bassiès (Ariège)

Master 1 Dynamiques des environnements de montagne - 2021

Jules Rouch - étudiant  
Sous la direction de Marguerite Delaval  
Gérard Briane - Responsable pédagogique



## Remerciements

Je tiens tout particulièrement à remercier Mme Marguerite Delaval pour son soutien et son accompagnement tout au long de mon stage, pour son écoute et pour son aide précieuse dans l'élaboration du projet à mettre en œuvre afin de répondre au mieux aux problématiques du site.

Je remercie également Mr Didier Galop pour ses précieux conseils, les échanges enrichissants que j'ai pu avoir avec lui et pour m'avoir permis de découvrir le métier de chercheur d'un peu plus près au travers des opportunités qu'il m'a offertes.

Je suis profondément reconnaissant envers l'ensemble du personnel de l'Office National des Forêts de l'Ariège et notamment les techniciens de l'Unité Technique Val d'Ariège - Pays d'Olmès, Philippe, Jean-Louis, Roland et les autres, pour m'avoir aussi bien intégré et pour m'avoir permis de participer à de nombreuses activités particulièrement enrichissantes aussi bien sur le plan professionnel que personnel.

Je remercie également la branche géomatique de l'ONF 09, Jean Christophe Blanc et Jules Bondier pour leur accompagnement sur le volet informatique et pour les documents produits.

Enfin, j'adresse ma gratitude à mon amie Clémentine Pérès pour son aide apportée lors de l'application des protocoles sur le terrain.

## Liste d'abréviations

CENMA : Centre d'étude de la Neige et de la Montagne d'Andorre

CNPN : Conseil National de la Protection de la Nature

GLORIA : Global Observation Research Initiative in Alpine

environments

ONF : Office National des Forêts

RB : Réserve biologique

RBD : Réserve biologique dirigée

RBI : Réserve Biologique intégrale

RTM : Restauration des Terrains de Montagne

SIG : Système d'information géographique

UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

UT VAPO : Unité technique Val d'Ariège - Pays d'Olmes

# Sommaire

<b><u>Partie I - Cadre du stage</u></b>	<b>7</b>
1. L'Office National des Forêts : l'organisme d'accueil	7
2. Le site d'étude	9
3. Contexte historique	13
4. Le statut de RBD	19
5. Problématique appliquée au contexte de la RBD	21
<b><u>Partie II - Méthodologie</u></b>	<b>20</b>
1. Le protocole Regenat	22
2. Approche en dendrochronologie	27
3. Productions et données annexes	28
<b><u>Partie III - Résultats</u></b>	<b>30</b>
1. Cartographie préalable	31
2. Le protocole Regenat	33
3. Approche en dendrochronologie	40
4. Diversité floristique et ressource pastorale	43

## Introduction

Au fil des siècles, la Vallée du Vicdessos et ses paysages ont été façonnés par l'agro-pastoralisme ainsi que par les activités minières et métallurgiques. À partir de la moitié du XIXe siècle, date du maximum démographique où le canton comptait aux alentours de 10 000 habitants, on assiste à un abandon progressif des terroirs et de ses activités dont le point d'orgue a été la fermeture de l'usine métallurgique d'Auzat en 2003.

Aujourd'hui la vallée du Vicdessos est un exemple typique de la transformation des zones rurales de montagne dans les Pyrénées. Le déclin des activités pastorales, industrielles et minières est étroitement lié et souvent consécutif à l'exode rural.

De fait ces vallées qui étaient autrefois densément peuplées et actives sont aujourd'hui délaissées. En dehors du fond de vallée peuplé à l'année, bon nombre de villages et de hameaux sont majoritairement composés de résidences secondaires. Là où autrefois l'on vivait de la terre au fil des saisons, la vocation est désormais souvent uniquement résidentielle.

Ainsi nous assistons à une mutation socio-économique de la vallée qui se tourne préférentiellement en direction du tourisme.

La déprise pastorale, elle, a contribué à la fermeture des milieux et ce à plusieurs niveaux. Si les prairies de fond de vallée sont celles qui ont le moins souffert de cette déprise, les zones intermédiaires et les zones d'estives subissent un embroussaillage progressif pouvant aller jusqu'à la reconquête de la forêt.

C'est le cas de figure que l'on observe au niveau du cirque de Bassiès. L'abandon d'une pratique agropastorale qui durait depuis des siècles a entraîné une évolution des milieux vers leur état naturel.

Ainsi, depuis maintenant plusieurs décennies, le pin à crochet (*Pinus uncinata*) se développe de manière exponentielle sur le cirque de Bassiès. Arrivé progressivement par le versant Nord de la partie basse du cirque, le pin à crochet semble désormais en passe de former une pineraie uniforme.



Figure 1 - Localisation de l'aire d'étude (géoportail)

Située entre 1500 et 2676 mètres d'altitude, la vallée de Bassiès est une vallée suspendue dans un axe ouest - est pour sa partie basse puis dans un axe nord - sud pour sa partie haute. Elle est constituée d'un chapelet de lacs d'altitude et d'un complexe de zones humides.

Le caractère remarquable de cette mosaïque de milieux a entraîné en 2016 la création d'une Réserve Biologique Dirigée (RBD) sur la partie basse de la vallée de Bassiès. En gestion par l'Office National des Forêts (ONF), ma structure de stage, car constituée de territoires domaniaux, il apparaît qu'un tel territoire nécessite une gestion et un statut adaptés considérant les enjeux écologiques de ces écosystèmes sensibles et le fait que cette vallée est soumise à une fréquentation touristique importante.

De fait, on retrouve au niveau de la vallée de Bassiès une notion de multi-usage. La présence du Refuge gardé des Étangs de Bassiès d'une capacité de 50 couchages simultanés, de l'activité pastorale ou encore de l'organisation d'évènements sportifs concentrant un certain nombre d'utilisateurs sur les sentiers

traversant la réserve, le cirque de Bassiès est un milieu dynamique soumis à de nombreux facteurs d'influence.

Cette notion de dynamique se retrouve également au niveau de l'évolution des milieux et notamment au niveau du développement du Pin à crochet (*Pinus uncinata*).

La présence du pin à crochet sur le cirque est ancienne. Supportant mal la compétition avec d'autres espèces, il a pu se développer sans compétition ou presque du fait de la surexploitation des forêts et de la disparition historique de la hêtraie-sapinière il y a plusieurs siècles.

L'abandon du pastoralisme et des pratiques en découlant telles que l'écobuage lui ayant été bénéfiques, il se développe aujourd'hui librement et colonise progressivement l'ensemble du cirque à partir de noyau relictuels qui avaient persistés (zones rocheuses d'altitude par exemple). Si de nombreuses données existent sur les dynamiques de l'expansion du Pin à crochet (Waddle, 2013), (Roussel, 2014), ces données sont souvent obtenues à grande échelle et par télédétection.

Dans ce contexte de recolonisation de la forêt, des questionnements subsistent cependant quant à sa dynamique, quelle est la vitesse de colonisation du pin ? Quels sont les milieux prioritairement menacés par cette expansion et qu'est ce que cela induit au niveau des espèces qui y sont associées ? Quelles implications sur la gestion dans un contexte de développement important des activités récréatives et de reprise du pâturage ?

L'objectif de cette étude va ainsi être de caractériser, par l'application de protocoles de terrain, les densités de pin à crochet sur des zones de colonisation par catégories de taille. Obtenues à l'instant T, ces données permettront d'en observer l'évolution dans le temps. Des études sur l'âge des populations et sur la diversité floristique sur ces zones viendront compléter le travail et tenter d'apporter des réponses à ces questionnements.

La première partie présentera la structure d'accueil, le site ainsi que les enjeux qui lui sont rattachés et l'objet de la commande.

Dans un second temps, nous traiterons des différents procédés méthodologiques mis en œuvre afin de répondre au mieux à notre problématique.

Les résultats ainsi que les différentes données produites seront présentés dans la troisième partie. Nous discuterons des tendances observées et nous réaliserons un bilan personnel du stage.

## Partie I - Cadre du stage

### 1. L'Office National des Forêts : l'organisme d'accueil

Mon stage s'est déroulé au sein de l'Unité Technique Val d'Ariège - Pays d'Olmes (UT VAPO) de l'Office National des Forêts.

L'Office National des Forêts s'appuie sur une organisation territoriale précise, il est composé de 9 directions territoriales et deux directions régionales que sont la Guadeloupe et La Réunion, 48 agences territoriales et 320 unités territoriales.

Outil de l'Etat pour la gestion des forêts publiques, l'ONF est placé sous la tutelle du ministère chargé de l'Agriculture et du ministère chargé de l'Environnement. Le statut d'Établissement à caractère industriel et commercial (EPIC) lui confère une autonomie administrative et financière et ses statuts sont définis par le Code Forestier.

La France possède aujourd'hui son plus fort taux de boisement depuis le moyen-âge avec 31 % de forêts, une surface qui a doublé au cours des 200 dernières années. Cela la place à la quatrième place des pays les plus boisés d'Europe derrière la Suède, la Finlande et l'Espagne.

Les missions de l'ONF sont nombreuses. Parmi elles, la gestion des forêts dans une optique de durabilité est une mission primordiale. Ainsi les forêts ne servent pas que de zones de production : en plus d'être d'importants réservoirs de carbone, ce sont des milieux naturels aux nombreux services écosystémiques et sociétaux dont il est important de surveiller l'équilibre et la pérennité.

Ainsi, la protection de la biodiversité est une composante importante du travail de l'ONF. Ces actions de protection peuvent prendre plusieurs formes telles que la mise en place de réseaux naturalistes, de conservation d'arbres morts et d'îlots de sénescence, ou de gestion de réserves biologiques comme celle des Étangs de Bassiès.

De mon côté j'ai pu intégrer l'UT Val d'Ariège - Pays d'Olmes (UT VAPO), elle - même faisant partie de la Direction Territoriale Midi - Méditerranée et de l'Agence territoriale Ariège - Aude - Pyrénées Orientales.

L'Unité Technique est l'unité de gestion à l'échelle la plus réduite, en bout de chaîne du découpage territorial de l'ONF. L'UT VAPO est composée de 9 techniciens forestiers, chacun en charge de leur triage respectif souvent à l'échelle d'une vallée ou d'un bout de massif. Ces techniciens sont placés sous la direction d'un Responsable d'Unité Technique, Marguerite Delaval, qui a été ma maître de stage au cours de ces 14 semaines de stage.

En plus d'avoir des territoires en gestion sur la Basse Ariège, le Consulat de Foix et le Pays d'Olmes, l'UT VAPO s'étend majoritairement sur l'ensemble

de la vallée du Vicdessos en amont de Tarascon et est gestionnaire sur cette vallée composée en quasi-totalité de territoires domaniaux en zone de montagne.

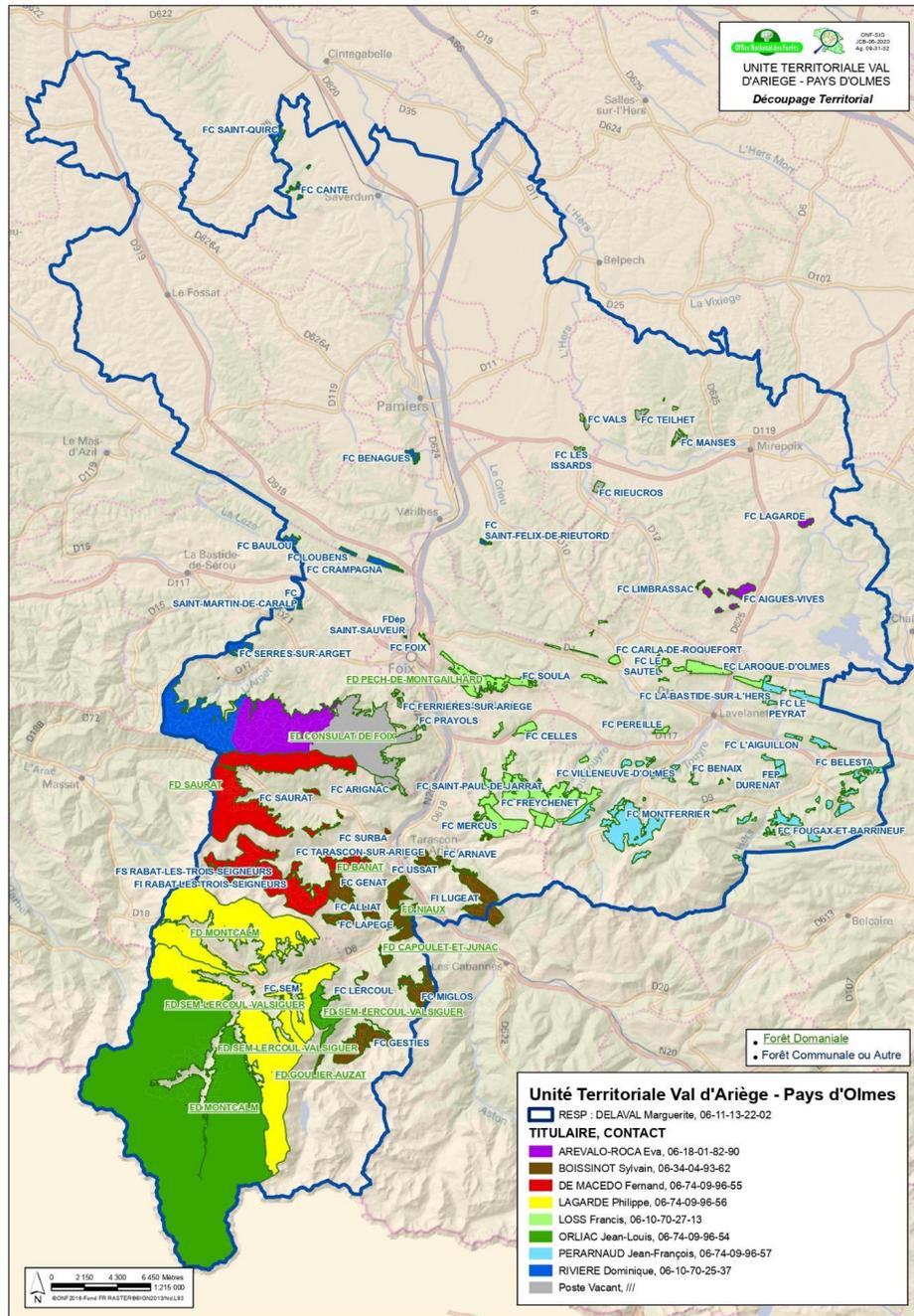


Figure 2 - Circonscription de l'UT VAPO, structure d'accueil (ONF)

## 2. Le site d'étude

### **Topographie et hydrographie**

Le cirque de Bassiès est situé sur la commune d'Auzat dans la vallée du Vicdessos. Son altitude est comprise entre 1600 mètres pour le fond de vallée et 2676 mètres au niveau de la Pique Rouge de Bassiès en haut du bassin versant que constitue cette vallée suspendue. Avec une morphologie classique des vallées glaciaires en auge, la pente est globalement faible sur le fond de vallée et se relève sur les faces nord et sud où elle devient forte à très forte avec la présence de falaises.

Au niveau de l'hydrographie, la vallée est constituée de nombreux ruisseaux dont le régime peut devenir torrentiel. Au même titre que les résurgences à écoulement intermittent, les ruisseaux alimentent les nombreuses zones humides et les 6 étangs que l'on retrouve dans la vallée : l'étang de Legunabens, l'étang du Pla de la Font, l'étang Majeur, l'étang Long, l'étang Mort et l'étang d'Escalès.

Parmi ces étangs, le Majeur et l'Escalès (lui totalement artificiel) résultent de la construction de barrages au début du XXe siècle. Ces installations traduisent la vocation hydroélectrique de la vallée depuis plus d'un siècle. On retrouve ainsi de nombreuses sources captées alimentant les centrales de la vallée ainsi que la production d'eau de source embouteillée (eau de source du Montcalm).

### **Climat**

La vallée de Bassiès est à l'interface entre le climat méditerranéen à l'Est et le climat Atlantique à l'Ouest. Le climat y est purement montagnard et l'apport en eau relativement constant puisque alternant entre la fonte des neiges, les précipitations de saison et les épisodes orageux.

Majoritairement exposée sud-est, la vallée de Bassiès subit un vent dominant de nord-ouest pouvant parfois être violent et causer des chablis. En toute saison, un vent de sud peut être à l'origine d'effet de foehn et ainsi provoquer une hausse des températures brutale et parfois prolongée.

Les précipitations sont abondantes, on mesure une moyenne annuelle de 1679 mm (modèle AURELHY, 2007). L'enneigement est lui aussi abondant avec 5 à 7 mois en moyenne en fonction des secteurs et des années.

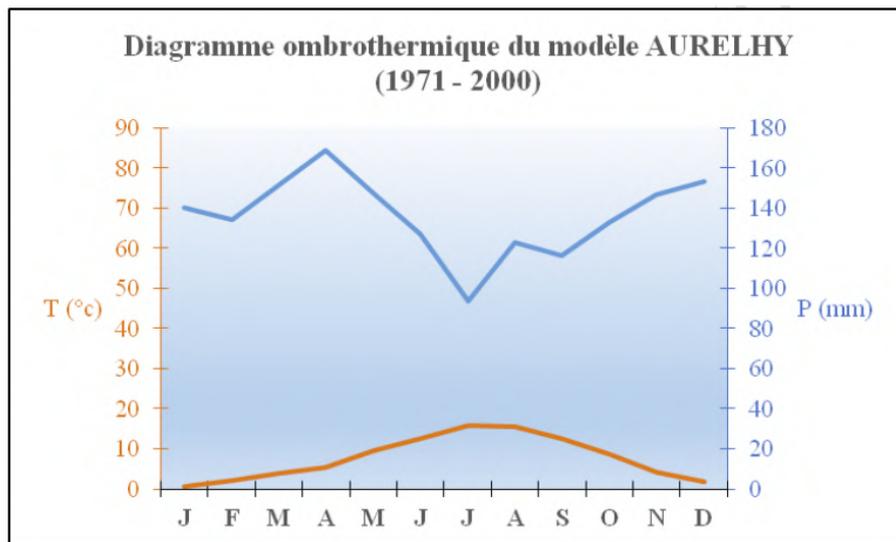


Figure 3 - Diagramme ombrothermique du modèle AURELHY sur la RB du Montcalm (MeteoFrance)

Le modèle AURELHY (Analyse Utilisant le RELief pour l'HYdrologie) s'appuie sur les données de 1971 à 2000 et permet une interpolation des différents champs climatologique et une production de données adaptées à la topographie du site. Ainsi le climat est de type montagnard avec une variation importante en fonction du gradient altitudinal, avec une influence océanique atténuée (ONF, 2015), il n'y a pas de période d'aridité.

Les travaux de Antoine et al. (2012) sur l'analyse des paramètres hydroclimatiques des 60 dernières années dans le Haut-Vicdessos ont démontré que le réchauffement climatique semble avoir une influence sur la disponibilité de la ressource en eau et non sur les régimes de précipitations qui semblent stables en termes de volume annuel.

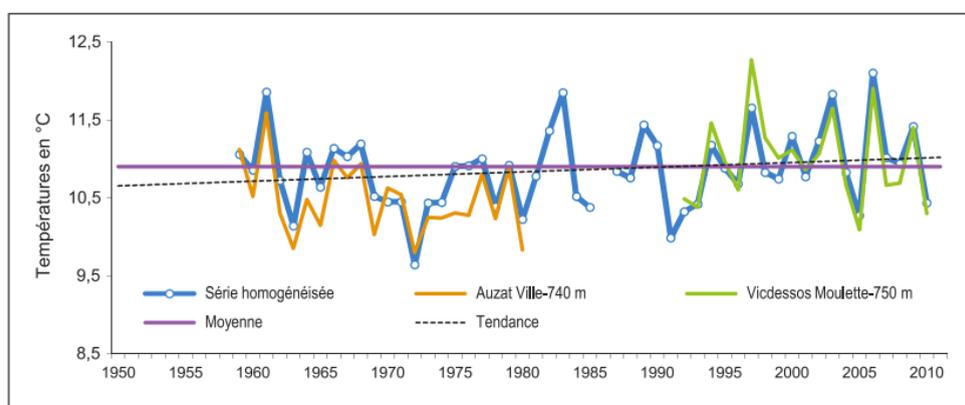


Figure 4 - Évolution des températures annuelles moyennes dans le bassin d'Auzat-Vicdessos (1959-2010), (Météo France)

En effet la hausse des températures, fortement contrastée au niveau saisonnier puisque principalement le fait du printemps et de l'été (Annexe 2), entraînerait une légère hausse des écoulements printaniers, estivaux et hivernaux tandis qu'elle entraînerait également un déficit de la ressource en eau sur la saison estivale, là où elle est d'autant plus cruciale pour les milieux et les sociétés humaines (consommation, irrigation, ...).

## Géologie et pédologie

Le massif se trouve majoritairement dans la zone primaire axiale des Pyrénées (Annexe 3) dont les massifs hercyniens plissés et les intrusions granitiques sont caractéristiques (Taillefer, 1935).

Il déborde sur sa partie nord sur la zone nord pyrénéenne du secondaire.

On retrouve notamment au niveau des étangs de Bassiès la formation dite de Granite de Bassiès composée de monzogranites et granodiorites à biotites carbonifères (datant de 309 à 299 millions d'années) composés de quartz, feldspath potassique, plagioclase et biotite (BRGM, 2017).

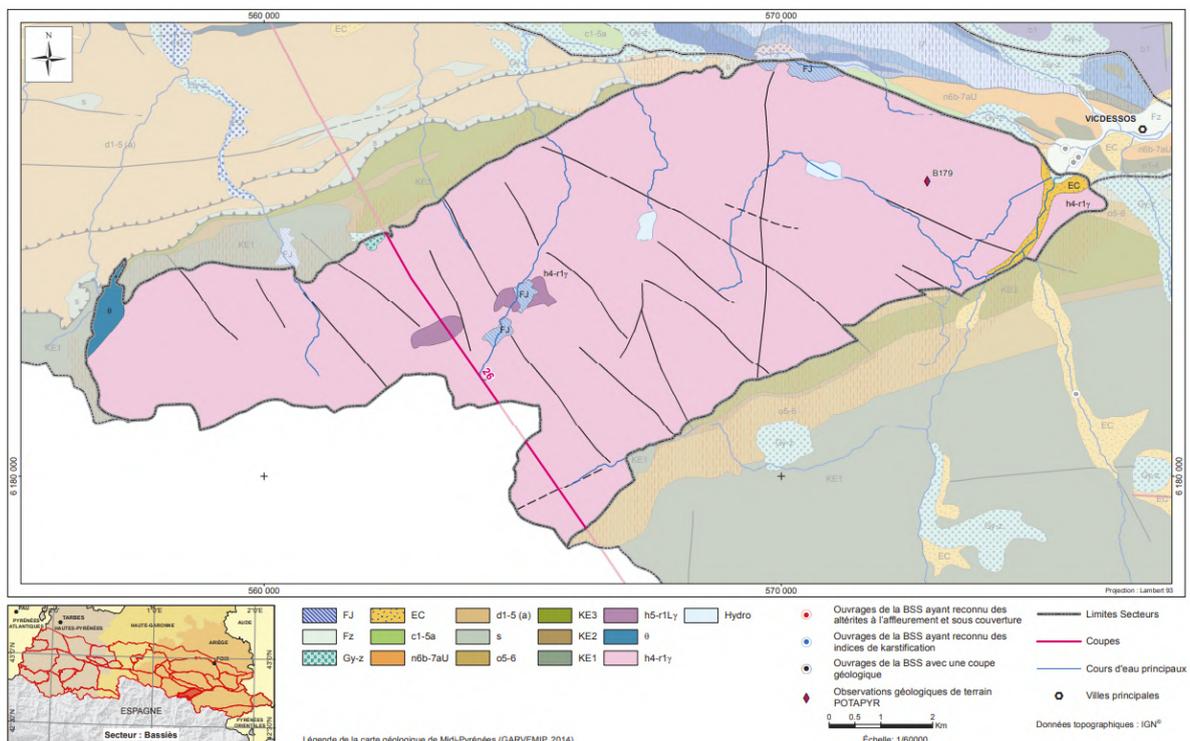


Figure 5 - Carte géologique du secteur, BRGM, 2017.

Du fait de la variabilité des matériaux rencontrés, de la topographie et du gradient altitudinal, la diversité des types de sols est importante.

On rencontre notamment des sols peu évolués tels que des lithosols et des colluviosols, de manière assez dispersés des sols tourbeux tels que des histosols et, autour des étangs et en dehors des tourbières, des sols humifères désaturés tels que des podzosols humiques développés sur des matériaux durs, peu altérés et acides à l'humus peu actif (ONF, 2015).

### 3. Contexte historique

L'état actuel de la végétation et l'occupation du sol dans la Haute vallée du Vicdessos est le résultat d'une coévolution avec les sociétés humaines et des impacts sur les milieux qu'elles ont induit.

L'activité agro-pastorale et la métallurgie ont marqué la chaîne depuis plus de plusieurs millénaires. La pression pastorale ainsi que l'exploitation de la forêt pour divers usages a entraîné la quasi-disparition du pin à crochet sur le cirque de Bassiès (Galop, 2014). Cependant la déprise agricole et l'effondrement de l'activité industrielle à la fin du siècle dernier ont favorisé la recolonisation des zones de montagne par le pin à crochet notamment.

### **Le pin à crochet**

Le pin à crochet est l'essence subalpine par excellence, appartenant au complexe des "pins de Montagne" au même titre que le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*) avec lequel il peut s'hybrider et produire le pin de Bouget (*Pinus bougeti*). Il représente le seul conifère arborescent autochtone de haute altitude.

C'est à partir d'il y a environ 14 700 ans, lorsque les langues glaciaires se retirent que l'on observe une expansion des arbres sur les zones de montagne des Pyrénées (Jalut et al., 2008). Ce développement est d'abord marqué par le bouleau et le genévrier puis par les pinèdes 700 ans plus tard. C'est vers la fin du tardiglaciaire, il y a environ 11 700 ans que les pineraies (pin à crochet et pin sylvestre) vont commencer à gagner en altitude et trouver leur étagement de prédilection au niveau des étages montagnards et subalpins.

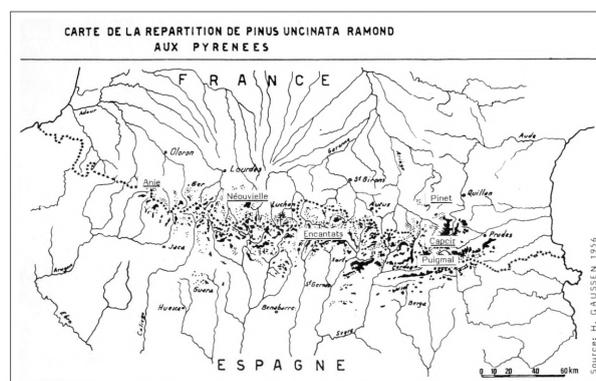


Figure 6 - Aire de répartition du pin à crochet sur les Pyrénées (Cantegrel, 1982)

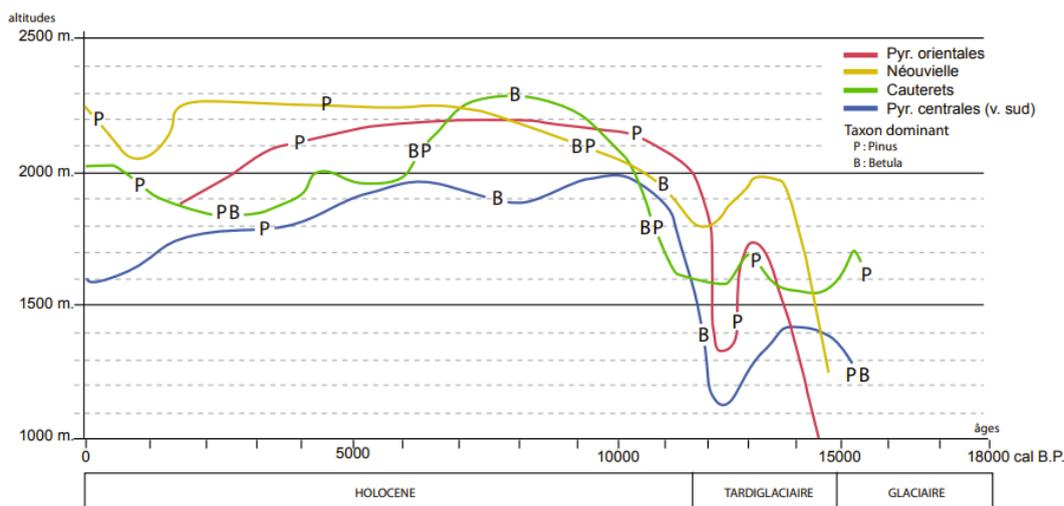


Figure 7 - Estimation de la variation de la limite supérieure des forêts subalpines dans les Pyrénées (Galop, 2014, modifiée d'après Aubert, 2001).

L'exploitation des pinèdes à crochet d'altitude correspond à l'augmentation de la fréquence de fréquentation des zones d'altitude par les sociétés humaines, entre 4000 et 3500 avant J.-C. (Galop, 1998; 2006).

Ces premières déforestations sont à vocation pastorale et sont réalisées par le feu, en témoigne la présence d'indices de brûlis vieux de 5000 ans sur le versant de la tourbière du Pla de l'Orri en Cerdagne (Galop, 1998 ; Vannière et al, 2001).

De fait, la réduction des pinèdes d'altitude des Pyrénées semble aller de pair avec l'aménagement des estives et leur expansion progressive avec des fluctuations relatives aux fluctuations de la pression pastorales et avec des phases d'accélération notables, notamment durant l'Âge du Bronze, le haut Moyen Âge et la période médiévale.

En plus de subir les déboisements consécutifs à l'installation du pastoralisme, le pin à crochet a également subi une exploitation importante du fait de sa faculté à être un combustible pour de nombreuses productions. Ainsi le pin a représenté une source de combustible pour la fabrication de torches évoquée par Chevalier (1956), pour des fours de grillage de minerai ou pour la fabrication de résine (Andorre, Urgell, daté entre les premier et troisième siècles av. J.-C., Rementeria et Martinez, 2010).

Au niveau de la Haute Ariège l'exploitation des pineraies de pin à crochet a également été liée à la production de charbon de bois destinée à l'approvisionnement des établissements métallurgiques. Une étude de Bonhôte et Vernet, 1988, a démontré que dans la vallée de l'Aston, adjacente à celle du Vicdessos, 30 % des échantillons déterminés lors d'une étude anthracologique provenaient d'une pineraie (*Pinus sylvestris*) aujourd'hui disparue.

L'intensification de cette pratique de charbonnage dans certaines vallées métallurgiques telles que celles de l'Aston et du Vicdessos a contribué dès la fin

du Moyen Âge, couplée à une augmentation de la pression pastorale, à une quasi éradication des pinèdes.

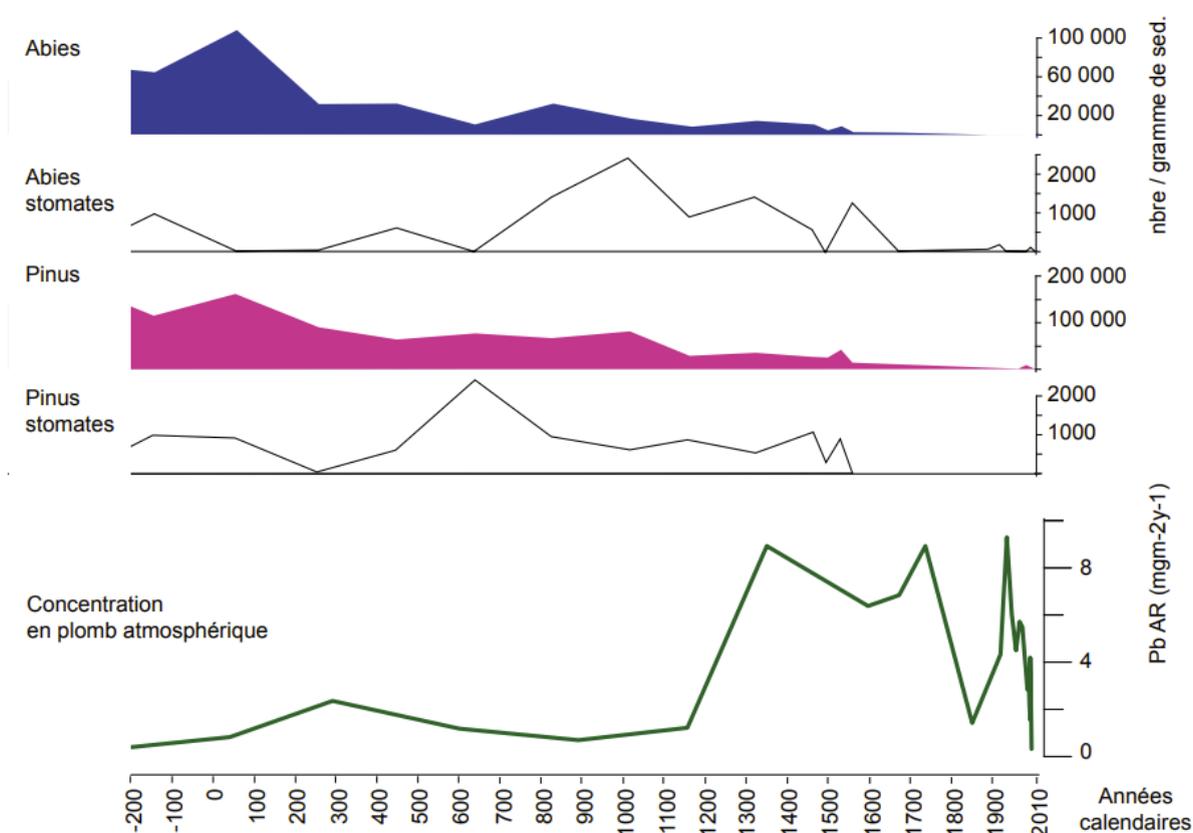


Figure 8 - Activités métallurgiques et évolution des forêts d'altitude dans la haute vallée du Vicdessos depuis le IIIe siècle av. J.-C. (vallée de Bassiès, tourbière de l'Orri de Théo, 1640 m), (Galop, 2014))

Cette quasi éradication des pineraies est marquée à partir du XVIe siècle où le développement des forges à la catalane va entraîner une augmentation de l'activité de charbonnage.

En 1669, après la visite des forêts du consulat du Vicdessos, Froidour, grand commis de la monarchie déclare dans son procès-verbal d'arpentage "Il ne reste plus dans ladite vallée que deux bois qui puissent être appelés bois. L'un étant proche de la mine de fer qu'ils conservent exactement pour la culture d'icelle et pour soutenir les terres et l'autre pour les bâtiments de ladite mine. " (Davasse et Galop, 1990).

Cette surexploitation et le maintien de cette pression sur les massifs forestiers vont durer pendant près de deux siècles jusqu'au milieu du XIXe siècle où un déclin démographique va s'engager et entraîner à son tour une recolonisation

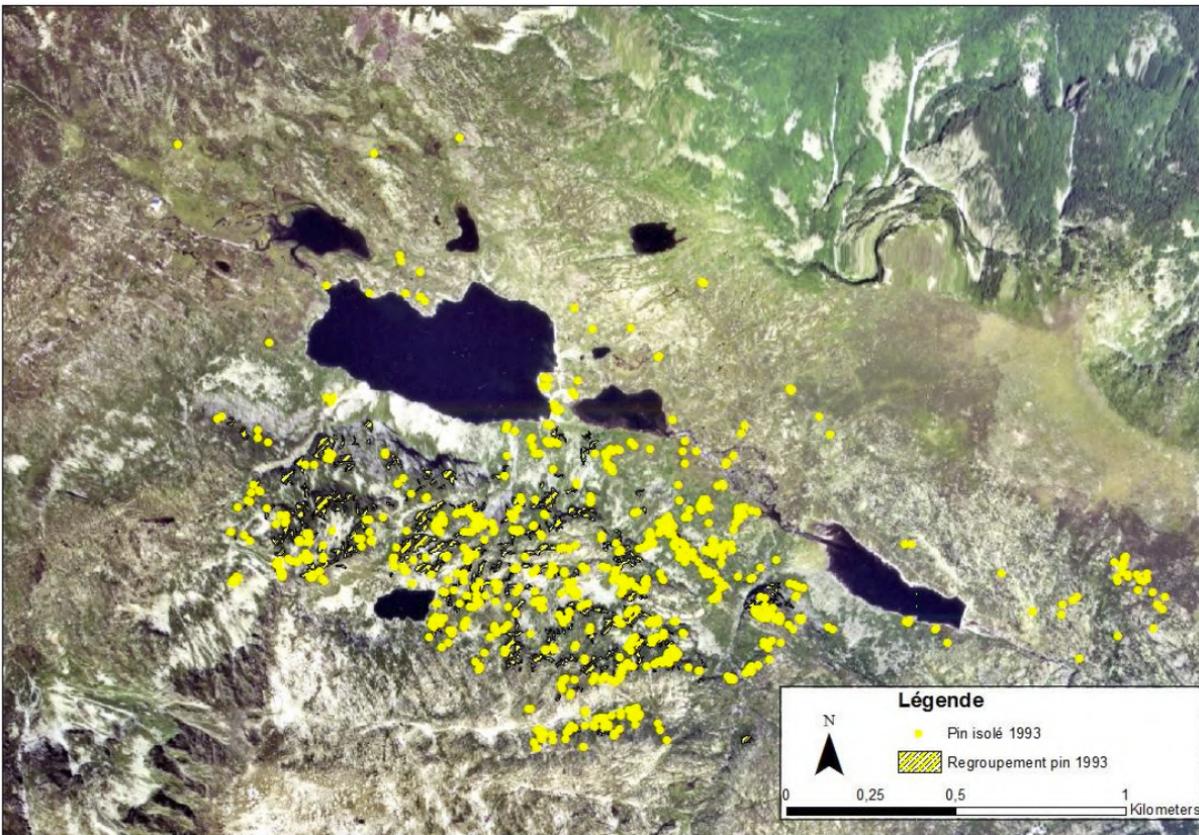
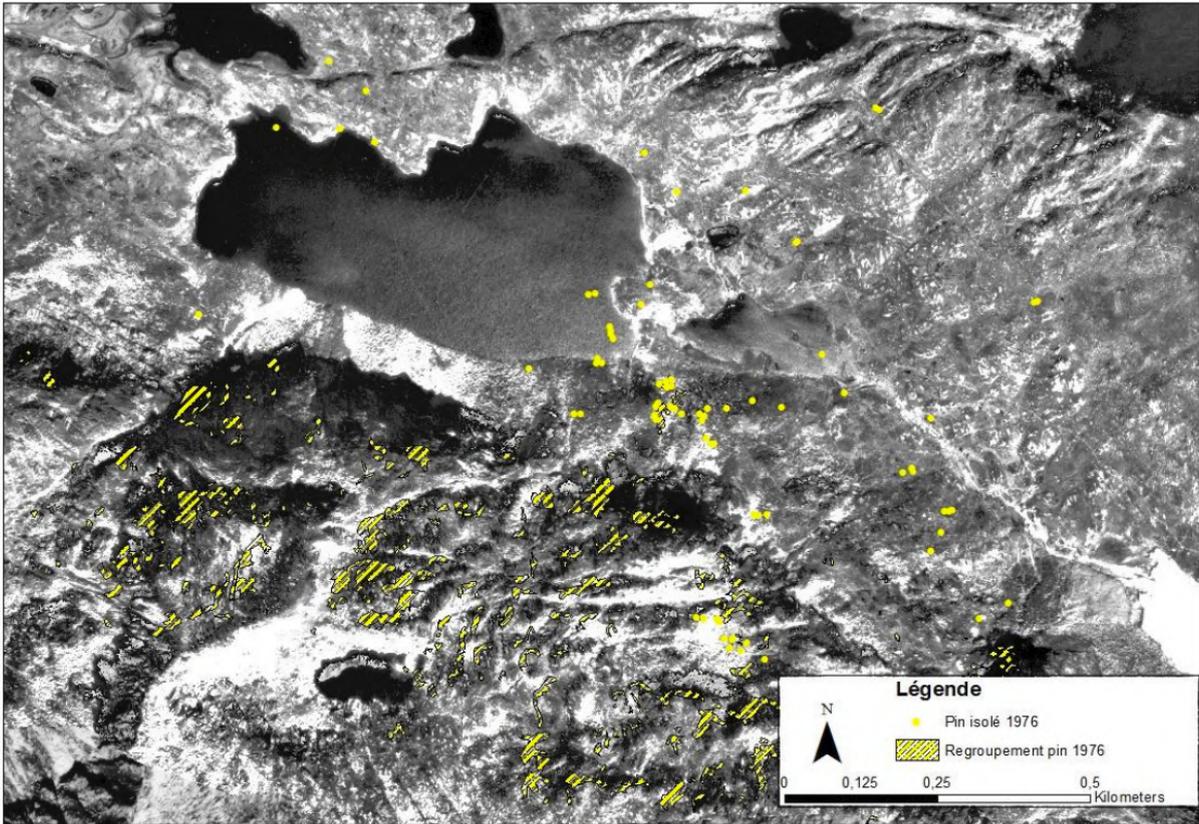
progressive de la végétation, encouragée par les reboisements des services de Restauration des Terrains de Montagne (RTM) . Cette dynamique va se poursuivre au cours du XXe siècle. L'abandon des terroirs, le crépuscule de l'industrie et la déprise agricole vont aller de pair avec l'exode rural et la vallée du Vicdessos va progressivement se dépeupler et s'embroussailler.

Subissant d'abord la concurrence en termes d'orientation économique de l'implantation de l'usine électrométallurgique en 1907, à la faveur du développement de l'hydroélectricité dans la vallée, l'agriculture devient de plus en plus secondaire. Successivement, c'est à partir des années 1950 que les zones les plus abruptes sont délaissées, suivent à partir des années 1960 certaines parties des vallées étroites et morcelées (Houet et al., 2012). Les estives, elles, ont mieux résisté en raison de la prise de mesures de protection dans les années 1970 et grâce à la compensation de l'ouverture à la transhumance à des exploitations extérieures à la zone face à la diminution des troupeaux locaux. Cependant la diminution du pâturage ovin au profit du pâturage bovin a conduit à une dégradation de la qualité de la ressource pastorale ainsi qu'à une diminution de cette ressource, les secteurs pâturés par les bovins étant différents des secteurs pâturés par les ovins.

De plus, l'élevage a toujours été marginal dans la vie de la vallée (Derioz et al., 2014), d'abord par rapport à l'industrie métallurgique puis encore aujourd'hui face au développement progressif d'un nouveau système centré sur les loisirs. En effet, entre les recensements agricoles de 1988 et 2007, la diminution du nombre d'exploitations agricoles est de l'ordre de 33 %, passant ainsi de 45 à 30 exploitations au niveau du canton.

La nette diminution de la pression pastorale est ainsi un facteur prépondérant expliquant la reconquête de la végétation. S'amorçant au début du XXe siècle, la baisse de la pression pastorale s'accélère au cours des années 50 et vient quasiment à disparaître au début des années 80. L'expansion du pin à crochet, elle, exponentielle et d'autant plus marquée à partir des années 80, est en corrélation avec cette régression.

Aujourd'hui, l'expansion de la végétation et notamment celle du pin à crochet est manifeste. Phénomène généralisé sur une grande partie de la chaîne des Pyrénées, on estime qu'au niveau du versant sud de la chaîne, les pinèdes auraient progressé de près de 8 900 hectares entre 1956 et 2006 (Améztegui et al., 2010).



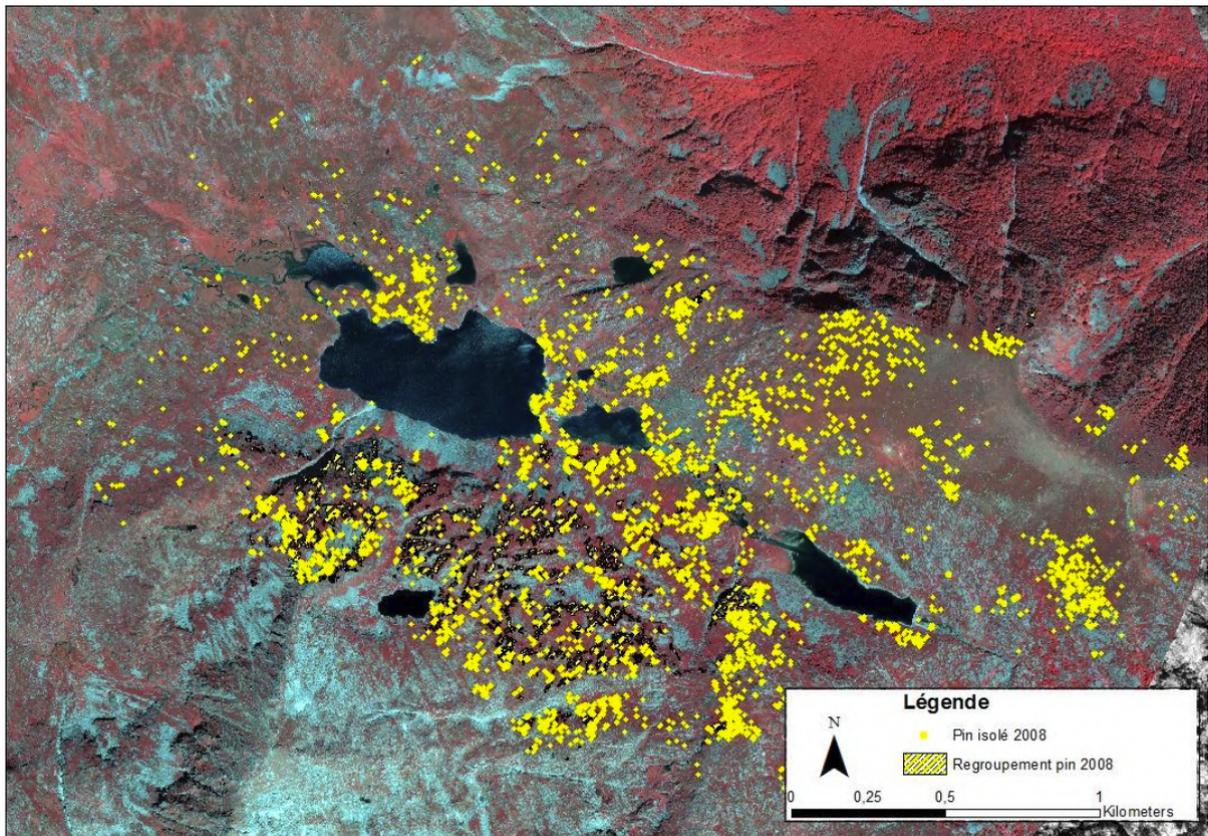


Figure 9 - Cartographie de l'évolution de l'emprise du pin à crochet par télédétection entre 1976, 1993 et 2008 (Waddle, 2013)



Figure 10 - Comparaison de l'emprise du pin à crochet dans la vallée de Bassiès entre 1976 et 2009 par suivi photographique (d'après Galop et al., 2011)

#### 4. Le statut de RBD

La Réserve Biologique Dirigée des Etangs de Bassiès fait partie, avec la Réserve Biologique Dirigée de la Tourbière de Bernadouze et la Réserve Biologique Intégrale (RBI) du Bois du Far de la Réserve Biologique du Montcalm (Annexe 1). Ces territoires étant domaniaux, l'Office National des Forêts en est le gestionnaire.

L'aménagement forestier constitue un plan de gestion à moyen terme dont chaque forêt est dotée, il décrit l'organisation de la conservation de la biodiversité à travers les actions courantes de gestion des forêts.

En complément de cet aménagement forestier, des statuts spécialisés peuvent être appliqués. Les réserves biologiques en sont un exemple, elles permettent une gestion propre adaptée aux spécificités des espaces remarquables des forêts publiques.

Ces réserves sont qualifiées de dirigées car le choix de toute intervention ou non intervention est dirigé vers un objectif de conservation déterminé. La mise en place du statut de RBD est à la fois un acte d'aménagement forestier, y est consécutif la mise en place d'une série de réserve biologique sur les parcelles concernées, et un acte de protection de la nature puisque la création de RB est approuvée par arrêté ministériel auprès des ministères de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt et de l'environnement, de l'énergie et de la mer qui en sont portés garants. D'autres part les RB sont validées par le Conseil national de la protection de la nature (CNP) et reconnues par l'Union mondiale pour la Nature (UICN).

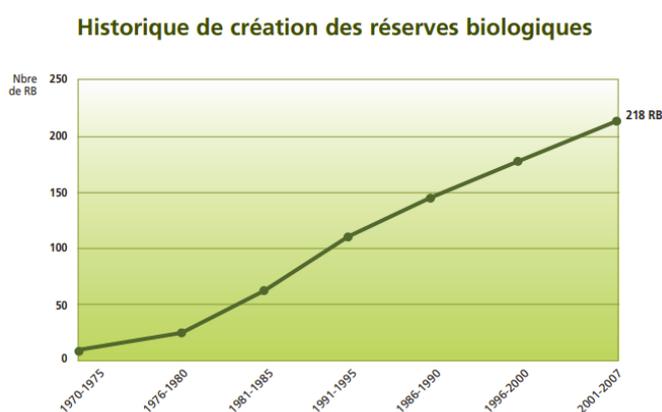


Figure 11 - Réserves biologiques en France (ONF)

Les réserves biologiques constituent un vaste réseau national dont l'extension visible sur le graphique ci-contre ne cesse de croître.

Lancées au début des années 1950, on retrouve aujourd'hui un réseau national de 250 réserves couvrant plus de 53 000 hectares dans les forêts de métropole. À noter qu'aujourd'hui une cinquantaine de projets sont encore en cours d'instruction.

Il est important de distinguer les Réserves Biologiques Dirigées (RBD) des Réserves Biologiques Intégrales (RBI).

Ainsi, partie intégrante de la RB du Montcalm dont fait partie la RBD des Etangs de Bassiès, la RBI du Bois du Far est laissée en libre évolution, l'objectif étant "la

libre expression des processus d'évolution naturelle d'écosystèmes forestiers représentatifs de la Haute chaîne pyrénéenne, à des fins d'accroissement et de préservation de diversité biologique et de développement des connaissances scientifiques" (Arrêté ministériel, 2017).

On retrouve dans les RBD une gestion davantage interventionniste. Au niveau de la RBD des Étangs de Bassiès, les actions sont nombreuses.

Au niveau des actions en faveur de des éléments remarquables de la biodiversité est par exemple notifiée la mise en défens de certaines zones fragiles ou sensibles à certaines menaces (stations à *Scheuzeria palustris*, buttes à sphaignes, ...).

Une importante volonté de communication auprès du public est également à noter avec l'édition de documents d'informations à portée éducative, l'aménagement de sentiers pédagogiques, la mise en place de tournées de sensibilisation ou encore l'aménagement des pôles d'accueil du public tels que le Refuge gardé des Étangs de Bassiès.

Ainsi, la RBD des Etangs de Bassiès n'est pas une mise sous cloche du potentiel écologique du site mais bien une gestion dynamique, aussi bien au niveau des milieux et espèces que des pratiques, avec une gestion inclusive de tous les acteurs et une implication du public.

La vocation d'une RBD est également l'amélioration de la connaissance scientifique, qui conjointement, est nécessaire comme préalable à d'éventuelles actions de gestion additionnelles.

De fait, le premier plan de gestion de la RBD dont la période d'application va de 2016 à 2025 prévoit la mise en place de nombreuses études (hiérarchisées ci-dessous par ordre croissant de priorité, (Plan de gestion de la RB du Montcalm, 2015)).

- Des études sur la cohabitation entre salmonidés et Calotriton des Pyrénées (*Calotriton asper*).
- Des compléments d'inventaires lépidoptères, odonates, reptiles et batraciens.
- Des inventaires Desman des Pyrénées (*Galemys pyrenaicus*) dans l'optique de préciser l'état des populations.
- Une cartographie précise ainsi qu'une évaluation de l'état des populations des espèces végétales patrimoniales importantes (*Scheuzeria palustris*, *Lycopodiella inundata*, *Isoetes echinospora*, ...)
- Des études paysagères prospectives sur la dynamique du pin à crochet afin d'en préciser les enjeux aux niveaux paysagers, pastoraux et de la conservation du patrimoine naturel.

- Un approfondissement de l'inventaire et de la cartographie des habitats naturels secs préalablement cartographiés comme complexes d'habitats (landes, pelouses, pineraies de Pins à crochet, ...)

On peut remarquer la prépondérance qu'occupe le pin à crochet et son expansion dans les préoccupations. La connaissance quant à l'emprise actuelle de l'espèce est assez opaque tant son expansion est rapide et multidirectionnelle. Bien que des travaux aient été réalisés par télédétection afin de mesurer l'emprise de l'espèce et d'en déduire des modèles prédisant ses dynamiques spatio-temporelles (Waddle, 2013 et Roussel, 2014), il n'existe pas réellement de données de terrain quantifiant sa densité exacte sur les zones en colonisation.

## 5. Problématique appliquée au contexte de la RBD

Ainsi, la commande du stage s'inscrit dans un contexte d'amélioration de la connaissance à l'échelle de la réserve et de préalable à l'éventuelle mise en place de travaux de gestion. La volonté de l'ONF étant d'améliorer la connaissance sur l'expansion de l'espèce, mes travaux se sont orientés vers une analyse densitaire du pin à crochet.

L'idée était de se focaliser sur les zones en cours de colonisation plutôt que sur les zones déjà fortement colonisées afin de quantifier précisément l'emprise du Pin à l'instant T et ce par catégories de taille de semis. Nous allons de ce fait chercher à **caractériser le développement du pin à crochets par le biais de son évolution densitaire sur la réserve biologique dirigée des étangs de Bassiès.**

## Partie II - Méthodologie

Avant de mettre en place une méthodologie, il est important d'avoir conscience du contexte actuel des choses, de l'état de l'art et des objectifs que l'on a.

Au niveau du cirque de Bassiès, la recolonisation de la végétation a été progressive. Les pelouses ont d'abord évolué en lande (callune, rhododendron, genévrier, myrtille) puis une colonisation du pin à crochet par le nord du cirque est intervenue. Au niveau du fond de vallée, cette colonisation s'est d'abord opérée à proximité des îlots historiques de pin à crochet sur les rives des étangs Majeur et Long puis en marge de ces îlots et le long du cours d'eau dès la fin des années 1990. Aujourd'hui, cette colonisation s'étend sur l'ensemble du fond de vallée : les pelouses sont désormais cantonnées aux pentes de la face sud et du fond du cirque ainsi qu'à proximité des zones humides. Partout ailleurs la lande s'est installée et le pin à crochet s'étend désormais sur la face sud du cirque, la lande à bruyère ainsi qu'à proximité des zones humides.

De fait, la dynamique de reconquête de la végétation et plus particulièrement du pin à crochet est une dynamique majeure du territoire.

Le zone étant le théâtre depuis des années maintenant de nombreux programmes de recherche, les études à ce sujet sont nombreuses.

Cependant, elles cherchent souvent à reconstituer les dynamiques de végétation au fil du temps et ce sur de grandes échelles, à l'aide de la palynologie ou de l'anthracologie notamment (Davasse et Galop, 1990).

L'expansion du pin à crochet sur le cirque de Bassiès est également le sujet de nombreuses études en télédétection (Houet et al, 2012), (Waddle, 2013), (Roussel, 2014),... Ces études utilisent la prospective et se servent des données satellites connues afin d'estimer à grande échelle les dynamiques d'expansion du pin.

Bien que permettant une cartographie à grande échelle et reproduisant fidèlement la mosaïque de milieux que l'on peut rencontrer dans le cirque de Bassiès, cette discipline s'appuie sur de l'imagerie satellite et dispose donc d'une résolution limitée.

Ainsi, il est difficile d'obtenir une certaine exhaustivité au niveau des fronts de colonisation de pins à crochet, souvent composés de très jeunes individus (moins de 5 ans) et de petite taille (moins de 20 centimètres).

La volonté de l'ONF 09 était d'améliorer la connaissance sur le pin à crochet et son expansion afin de pouvoir en assurer le suivi sur les années à venir.

Il est apparu que la meilleure manière de répondre à cette commande a été de s'orienter vers la mesure de densités sur des zones échantillon au niveau de secteurs en colonisation.

De nombreux échanges avec des chercheurs, des botanistes ou des professionnels dont Didier Galop, directeur de recherche et familier avec le site et la problématique, Ludovic Olicard du Conservatoire Botanique National, Gérard Briane, maître de conférence et botaniste, Livio Tilatti, chargé de sylviculture ou encore Marguerite Delaval, directrice de l'UT VAPO et à l'origine de la commande, ont permis de s'entendre sur la sélection d'un protocole adapté au cas de figure et à la problématique.

## 1. Le protocole Regenat

Initialement utilisé en sylviculture pour évaluer la régénération des individus sur une plantation ou après exploitation, le protocole Regenat permet d'obtenir le nombre moyen de semis à l'hectare sur l'unité inventoriée ainsi que la proportion de vides jugés anormaux correspondant à la surface non occupée par là ou les essences recherchées.

Ainsi, l'outil Regenat est un outil d'aide à la décision qui ne prescrit pas directement les travaux à entreprendre mais qui fournit des éléments qui

permettent de déduire l'état de la régénération et sa dynamique. L'outil Regenat donne également des informations sur la répartition spatiale de cette régénération et permet ainsi de modéliser les dynamiques de développement.

## Dispositif

Il est nécessaire avant chaque diagnostic de définir les paramètres à prendre en compte :

- Quels vont être les semis comptabilisés ?
- Quand est-ce qu'un vide va être comptabilisé comme anormal ?

On peut définir pour chaque diagnostic jusqu'à 6 catégories différentes de semis cruciaux **SC**. Les semis doivent être complètement définis (essence, taille, critères qualitatifs éventuels, ...).

## La notion de vide anormal

La proportion de vides anormaux sur la zone inventoriée va être complémentaire à la mesure de densités des semis et va permettre de voir s'ils sont bien répartis sur l'ensemble de la surface.

L'inventaire en lui-même est réalisé sur des placettes de surface **SC** de 6 mètres carrés (1,38 mètres de rayon) mais une surface aussi réduite ne peut pas nous renseigner sur la proportion de vides anormaux. La question de la présence ou non d'un vide anormal est donc réalisée sur des placettes **SV** nettement plus grandes (10 fois), d'une aire de 60 mètres carrés (4, 37 mètres de rayon).

Un seuil prédéfini de vide anormal **NV** va être défini en dessous duquel on estime que le nombre de semis est insignifiant et semblable à vide. Ce seuil est défini avant le début de l'opération en fonction de plusieurs paramètres comme l'essence des semis, leur stade de développement ou la densité objective (Annexe 4).

Ainsi, une placette sera qualifiée de vide sous les conditions suivantes :

- Absence totale de semis cruciaux sur la placette **SC** (de 6 mètres carrés).
- Si la première condition est vérifiée, absence totale de semis cruciaux sur la placette **SV** (de 60 mètres carrés) ou présence en dessous du seuil prédéfini de vide anormal **NV**.

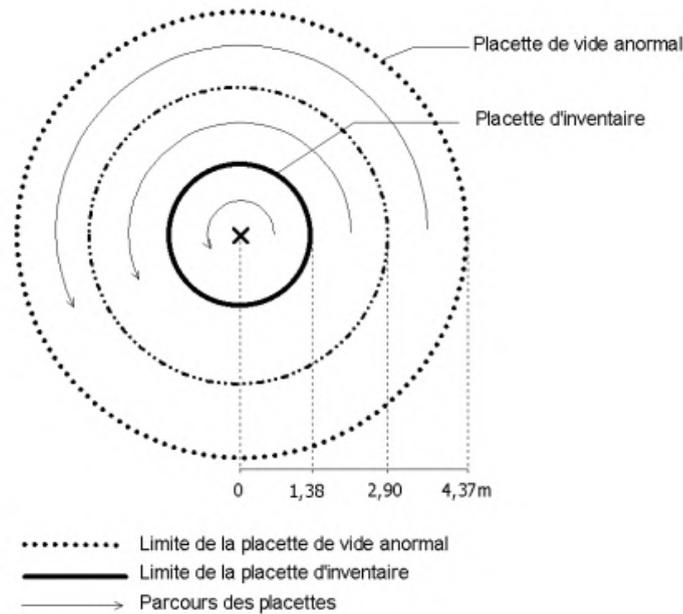


Figure 12 - Placette du protocole Regenat (ONF)

La parcelle à inventorier doit être délimitée sans ambiguïté. Il est recommandé de réaliser, préalablement au travail de terrain, une grille géoréférencée qui facilitera le cheminement sur le terrain et qui permettra l'exhaustivité du positionnement géographique des relevés.

Le nombre de placettes pour que l'estimation de la proportion de vides anormaux soit jugée acceptable est de **80** placettes.

Les placettes doivent être régulièrement espacées sur des transects parallèles de manière à économiser les déplacements et à couvrir régulièrement la surface de la parcelle à inventorier.

De manière à ce qu'il n'y ait pas de biais dans la sélection, inconsciente ou non, de la zone où va être positionnée la placette d'inventaire et afin de ne pas être influencé par le couvert végétal, chaque placette est manuellement disposée sur un GPS doté de la fonction "Naviguer vers". Le cheminement d'une placette à l'autre se fait donc uniquement via le GPS qui indique la distance à la placette suivante. Lorsque le GPS indique une distance à moins de 5 mètres du point, il faut s'arrêter et appliquer une distance et une direction prédéfinie (par exemple, 5 pas en direction du Nord). Ainsi, chaque placette est impartialement positionnée, quel que soit son couvert végétal, sa topographie ou son orientation.

## Application à la RBD des étangs de Bassiès

L'application de ce protocole, initialement utilisé à des fins de sylviculture avec des objectifs de densité, a nécessité certaines adaptations.

L'objectif dans le cadre de de la RBD des étangs de Bassiès a été de caractériser assez précisément les densités de pins à crochet en fonction de leur taille. Ainsi le seuil prédéfini de vide anormal **NV**, a été abaissé à 0 au lieu de 5 recommandé dans le "Guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées" (ONF, 2012).

Ainsi, les vides anormaux représenteront strictement les aires vierges de pin à crochet et leur expansion rendra bien compte de l'expansion de l'essence, sans aucune latence.

Le protocole Regenat a ainsi été appliqué sur 3 zones distinctes, à chaque fois en cours de colonisation, sur l'aire de la RBD.

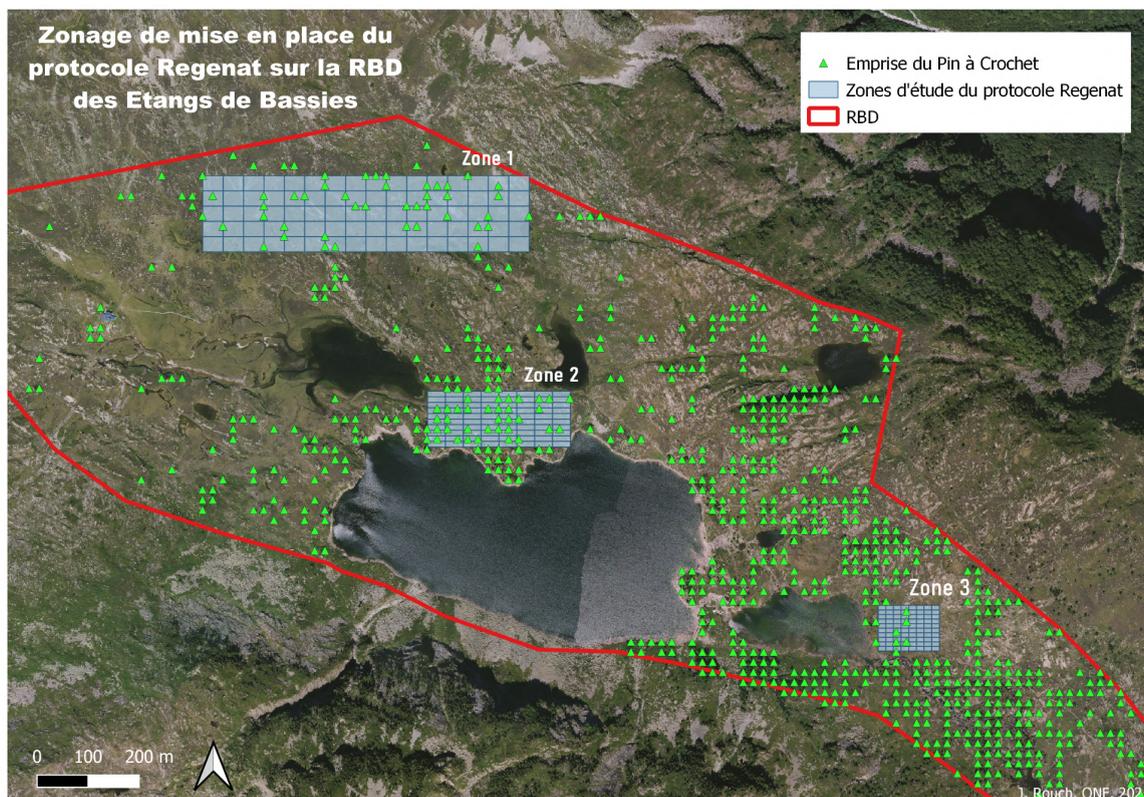


Figure 13 - Zonage de mise en place du protocole Regenat sur la RBD des Etangs de Bassiès (J. Rouch)

**La zone 1**, d'une surface de 9,5 hectares, présente une colonisation dispersée à partir d'individus isolés sur des pentes faibles à fortes (jusqu'à plus de 40° par endroits) et sur une exposition sud à sud-est.

Cette zone est principalement composée de landes à bruyère et de landes rocheuses. On y retrouve également des milieux humides avec des tourbières en

formation là où la pente est nulle ainsi que des landes à rhododendron et à myrtille par îlots.

**La zone 2**, d'une surface de 3 hectares, se situe à proximité de foyers anciens de peuplement. Cette lande en recolonisation se transforme peu à peu en pineraie, des zones humides séparent les différents îlots de pins et les zones de vides entre ces îlots semblent se combler peu à peu. Des landes à callune et à myrtille subsistent en façade de cette recolonisation. L'exposition est légèrement au sud et la pente est majoritairement faible sur cette zone de fond de vallée.

**La zone 3**, d'une surface de 0,7 hectares, est majoritairement composée de lande à bruyère, de surface minérale sur sa partie Nord-est et de pelouse humide sur sa partie Sud. Ici aussi située en fond de vallée, la pente et l'exposition sont nulles. À proximité du cours d'eau de fond de vallée, cette zone semble subir une colonisation venant du Nord et remontant le long des pentes. Elle est majoritairement composée de petits individus (Semis 1) et la colonisation semble rapide et récente (5-10 dernières années).

Ainsi, même si le dénominateur commun est la colonisation du pin à crochet, chaque zone présente des caractéristiques propres. On retrouve un mouvement de front progressif sur la zone 3, une colonisation des zones humides à proximité d'un foyer ancien avec des vides qui se combler au niveau de la zone 2 et une colonisation à partir d'individus isolés et éloignés en début de versant sur la zone 1.

Le protocole Regenat va être appliqué indépendamment sur 80 placettes sur chaque zone.

Les semis recherchés, au nombre de 4, vont être des semis de pin à crochet de tailles différentes :

- **Semis 1** : Petits individus, moins de 50 centimètres. - 50 cm
- **Semis 2** : Individus moyens, de 50 centimètres à 1 mètre 50 cm à 1 m
- **Semis 3** : Grands individus, entre 1 mètre et 3 mètres. 1 m à 3 m
- **Semis 4** : Très grands individus, plus de 3 mètres. + 3 m

Les placettes seront de forme circulaire. Comme le préconise le protocole, les placettes seront d'aire de 6 mètres carrés pour les placettes **SC** et de 60 mètres carrés pour les placettes **SV**.

## Matériel

- Piquet mince, planté au milieu de la placette.
- Une ficelle avec deux repères, un à 1,38 m pour réaliser les placettes de 6 mètres carrés et un à 4,37 m pour réaliser les placettes de 60 mètres carrés. La ficelle sera attachée au piquet mince qui constitue le point de repère au centre de la placette et sera toujours tendue et horizontale de manière à ne pas induire un facteur de correction dû à la pente.
- Une règle pliable de forestier de manière à mesurer les individus s'il y a un doute entre l'une ou l'autre catégorie de semis.
- Des feuilles de terrain propres au protocole (annexe 5)
- Un fichier excel permettant de traiter les données de terrain et de calculer automatiquement densités, seuils de confiance et taux de vide.

## 2. Approche en dendrochronologie

De manière complémentaire avec l'application du protocole Regenat, une approche en dendrochronologie a également été réalisée.

Appliquée sur 30 individus prélevés sur les zones où a eu lieu le protocole Regenat, l'objectif a été de dater ces individus et d'en déduire des statistiques en fonction de leur taille, leur exposition, de leur diamètre ou encore des événements qu'ils ont pu subir comme des incendies.

Toutes les rondelles ont été prélevées à la scie à main à 10 centimètres du sol et les arbres laissés sur place.

On estime que l'impact de cette étude sur la dynamique du pin à crochet est négligeable tant le nombre d'individus prélevés est dérisoire à l'échelle du cirque de Bassiès.

Pour chaque individu numéroté de 1 à 30, ont été relevés les paramètres suivants :

- L'âge, par comptage des cernes
- Le diamètre
- La taille
- Le type de milieu où l'individu a été prélevé
- La position par rapport aux autres individus, en foyer ou isolé
- La pente
- L'exposition

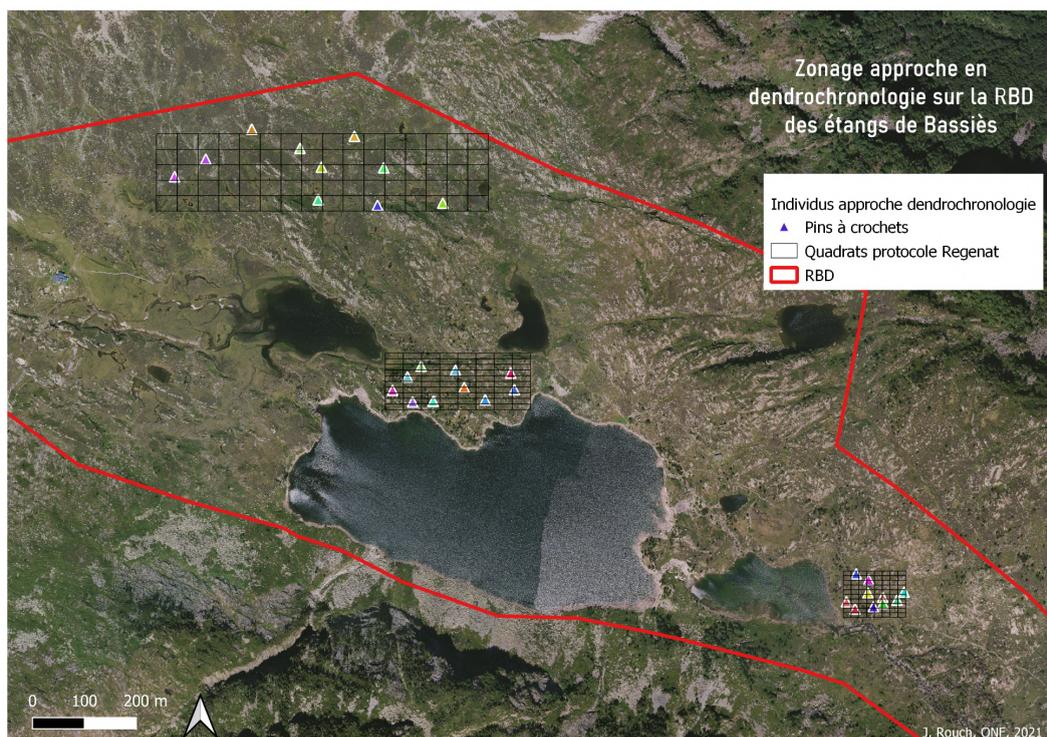


Figure 14 - Zonage approche en dendrochronologie sur la RBD des étangs de Bassiès (J. Rouch)

Les individus ont été prélevés sur le territoire de la RBD, plus précisément sur l'aire d'application du protocole Regenat, de manière uniforme et éparpillée afin d'obtenir un rendu reflétant le mieux possible la réalité.

### 3. Productions et données annexes

#### **Cartographie préliminaire**

Les zones d'application du protocole Regenat sur lesquelles se focaliser ont été déduites suite à un travail préliminaire de repérage sur le terrain couplé à une cartographie préliminaire à l'application du protocole.

L'objectif étant de représenter l'évolution du pin à crochet, via la photographie satellite, entre les années 1983 et 2019 sur des quadrats de 20 mètres par 20 mètres, le quadrillage couvre l'ensemble des zones hors eau de la réserve. Considérant la forte capacité d'expansion du pin ainsi que le fait que l'imagerie satellite ne permette pas de visualiser tous les individus, notamment les plus jeunes, le choix a été fait de représenter l'emprise du pin de manière globale.

Le seul paramètre relevé est la présence ou non du pin à crochet. Même lorsqu'il n'y a qu'un individu visualisé, le pin est considéré comme présent dans le quadrat de 20 x 20 mètres étant donné que l'on estime qu'il est dans la majorité des cas accompagnés d'autres individus invisibles par imagerie satellite.

Ainsi, cette cartographie se veut globale et prenant en considération la forte dynamique de l'espèce.

## Relevés botaniques

Dans le cadre du programme PATURAGE, dirigé par Didier Galop, et visant à évaluer l'impact de la reprise du pâturage ovin sur le cirque de Bassiès, de nombreuses études ont été réalisées : relevés écotoxicologiques, bio-acoustiques, imagerie haute résolution, etc.

Parmi ces études, j'ai eu l'occasion de participer à des relevés botaniques afin d'évaluer la qualité et la diversité de la végétation sur les zones pâturées du cirque. J'ai ainsi pu assister Benjamin Komac, botaniste et écologue au Centre d'étude de la Neige et de la Montagne d'Andorre (CENMA) lors de ses phases de terrain.

Le protocole utilisé a été une adaptation du programme international GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine environments).

Initialement utilisé pour évaluer la diversité floristique et les taux de recouvrement dans un contexte de réchauffement climatique sur différents versants d'un même sommet à l'aide d'inventaires par quadrats, le protocole GLORIA a été adapté afin de fournir des informations sur la composition végétale des zones étudiées, leur qualité et de pouvoir en étudier leur évolution au fil des années avec le redéveloppement d'une pression pastorale.

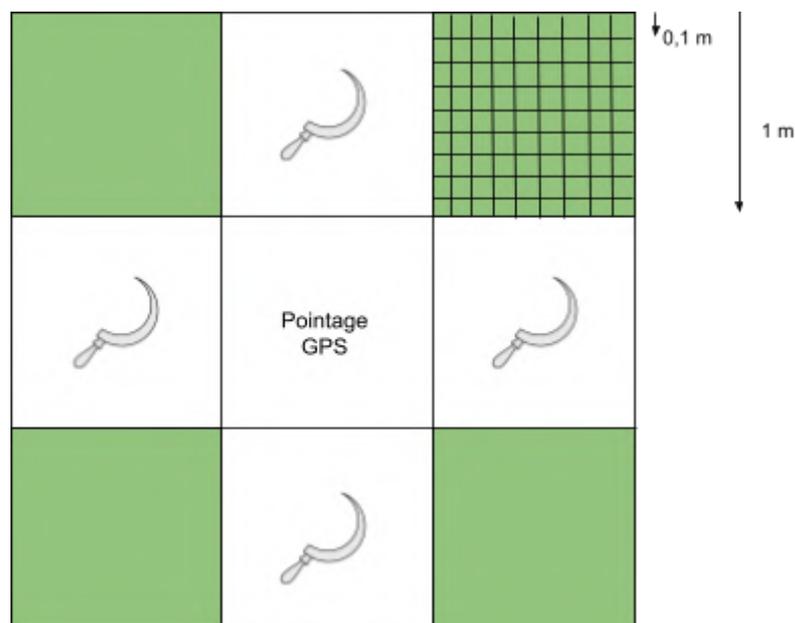


Figure 15 - Placette du protocole GLORIA adapté (J. Rouch)

Le protocole GLORIA est un inventaire par quadrats. Dans la configuration dans laquelle il a été utilisé, chaque placette est composée de 9 quadrats de 1 mètre carré.

- Les 4 quadrats aux extrémités (en vert sur la figure 15, en position 1-1, 1-3, 3-1 et 3-3), d'aire de 1 mètre carré, correspondent aux carrés où va être réalisé l'inventaire floristique. Ces 4 quadrats d'inventaire sont chacun composés de 100 autres petits quadrats de 0,1 mètre carré d'aire. Ces petits quadrats correspondent chacun à un point de mesure où chaque espèce présente est relevée. Les relevés sont réalisés sur des feuilles de terrain (annexe 6) et permettent de déduire la diversité floristique de la zone ainsi que l'hétérogénéité ou non des pâturages.
- Les quadrats en position 1-2, 2-1, 2-3 et 3-2 (représentés avec une faucille sur la figure 15) correspondent aux quadrats où la végétation va être coupée et prélevée afin d'être analysée et qu'un indice de qualité de la ressource fourragère puisse en être déduit.
- Le quadrat en position 2-2 (légendé sur la figure 15) correspond à un quadrat laissé vierge et où sera réalisé un pointage GPS de manière à géoréférencer la zone et à réitérer le protocole à n+1 ou n+5 par exemple.

Cette répartition a pour but de réaliser un inventaire le plus hétérogène possible.

Plusieurs placettes ont été réalisées, notamment sur les zones de parcours du troupeau ovin de Benoît Dupui, à proximité du refuge et dans les zones clôturées à cet effet. Cependant, 2 placettes ont été réalisées sur la face sud du cirque, au nord ouest de la tourbière de l'étang Mort.

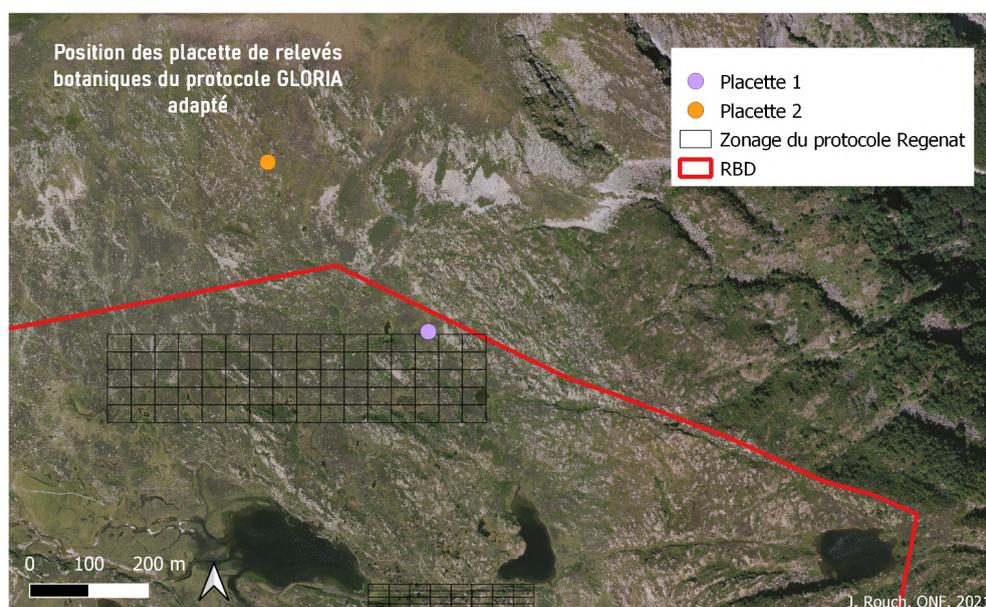


Figure 16 - Position des placettes de relevés botaniques du protocole GLORIA adapté (J. Rouch)

De fait, ces 2 placettes sont assez proches géographiquement de la zone 1 du protocole Regenat, notamment la placette 1 qui est quasiment incluse dedans. Ainsi, l'application de ce protocole va nous renseigner sur la diversité et la qualité de la ressource fourragère et va inclure la dimension pastorale à notre problématique de départ.

## Partie III - Résultats

### 1. Cartographie préalable

Une analyse des archives photographiques a permis de démontrer l'expansion du pin à crochet sur le territoire de la réserve biologique dirigée des étangs de Bassiès.

A été relevée la présence ou non de pin à crochet à l'aide du Sig sur des carrés de 20x20 mètres sans plus d'indications sur la densité, la taille et l'âge des individus.

Les clichés choisis datent de 1983 et 2019 (1956 n'a pas pu être exploité du fait de sa trop mauvaise résolution), les individus de moins de 2 mètres ne sont que rarement représentés car difficilement détectables avec le Sig. Les deux figures suivantes comparent les résultats obtenus.

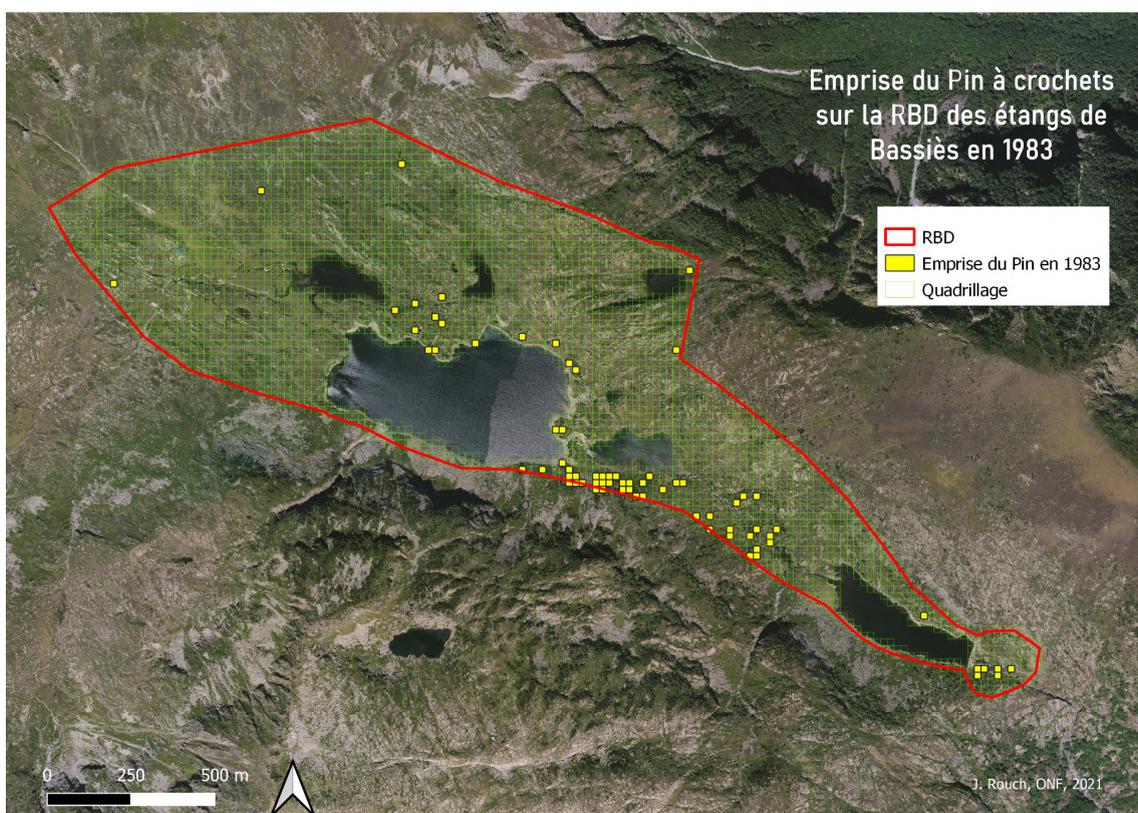


Figure 17 - Emprise du Pin à crochets sur la RBD des étangs de Bassiès en 1983 (J. Rouch)

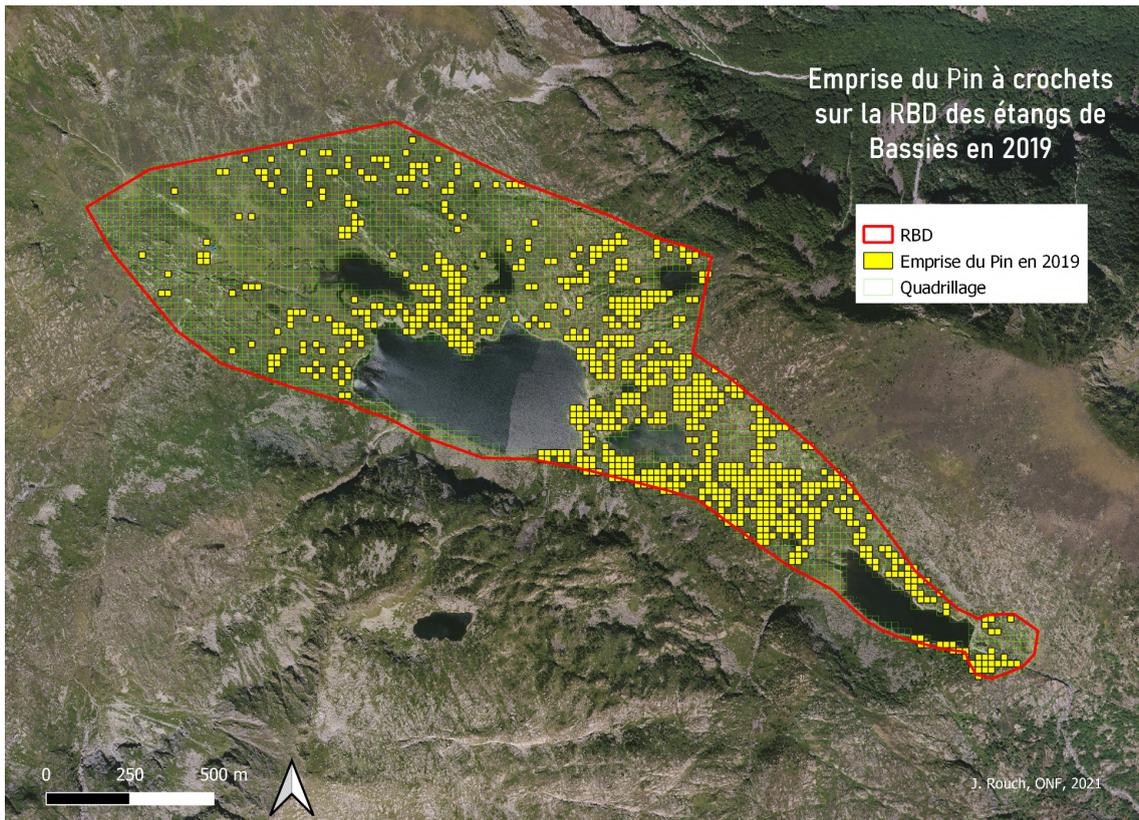


Figure 18 - Emprise du Pin à crochets sur la RBD des étangs de Bassiès en 2019 (J. Rouch)

Nous remarquons qu'en **1983**, 72 quadrats présentent au moins un pin à crochet, soit **1,85 %** de la surface hors eau de la RBD. En **2019**, ce sont 837 des 3896 quadrats qui remplissent cette même condition, soit un taux de **21,48 %** de colonisation du pin à crochet sur les surfaces hors eau de la RBD.

Cependant les dynamiques de colonisation sont diverses et les îlots de pins sont différents d'un endroit à l'autre (âge, densité d'individus, ...).

Ainsi, un travail de terrain est nécessaire pour compléter ces données et analyser en profondeur les dynamiques de colonisation.

La comparaison des clichés de 1983 et de 2019 met en évidence l'apparition de nouveaux îlots et l'expansion des îlots existants. J'ai donc sélectionné 3 stations différentes de part la composition de leur couvert végétal, leur position géographique et leur densité en pins à crochet (foyers de départ ou individus isolés).

C'est ainsi que l'application du protocole Regenat vient approfondir la connaissance sur cette expansion, et ce, en la chiffrant.

## 2. Le protocole Regenat

L'application du protocole Regenat sur 3 zones distinctes (figure 13) composées chacune de 80 points de relevés a permis d'établir des mesures de densités ainsi que de taux de vides.

Suite à l'obtention de ces données, des cartographies des différentes zones ont été déduites. À noter que ces cartographies modélisent les densités calculées, le but étant de rendre compte des résultats obtenus et de donner un ordre d'idée de la répartition des différents semis sur chaque zone, sans retranscrire exactement le nombre d'entités relevées et leur positionnement exact.

Pour rappel, les semis correspondent :

- **Semis 1** : Petits individus, moins de 50 centimètres. - 50 cm
- **Semis 2** : Individus moyens, de 50 centimètres à 1 mètre 50 cm à 1 m
- **Semis 3** : Grands individus, entre 1 mètre et 3 mètres. 1 m à 3 m
- **Semis 4** : Très grands individus, plus de 3 mètres. + 3 m

### Zone 1

Surface placette de vide <b>SV</b> = 60,00 m <sup>2</sup>	Nombre mini de semis cruciaux sur <b>SV</b> : <b>nV</b> = 4
Surface placette d'inventaire <b>SC</b> = 6,00 m <sup>2</sup> Forme des placettes : Circulaire	Entraxe moyen du cloisement sylvicole (en m.cm) <b>e</b> = 0,00 m
Nombre de placettes : 80	

	% de vide anormal	semis1	semis2	semis3	semis4	semis5	semis6
<b>Moyenne</b>	<b>62,50%</b>	<b>542 /ha</b>	<b>313 /ha</b>	<b>771 /ha</b>	<b>63 /ha</b>		
Limite basse	52,74%	241 /ha	127 /ha	512 /ha	16 /ha		
Limite haute	71,55%						

Les limites haute et basse, ou la limite basse, sont calculées au niveau de confiance 90%.

Figure 19 - Résultats du protocole Regenat sur la zone 1 de la RBD (J. Rouch)

On constate qu'au niveau de la zone 1, au niveau de confiance 90 %, il y a en moyenne **62,5 %** de vides anormaux. Cela signifie qu'en moyenne, dans 62,5 % des cas, on ne rencontrera strictement aucun pin à crochet sur une placette d'inventaire élargie, soit sur une aire de 60 mètres carrés.

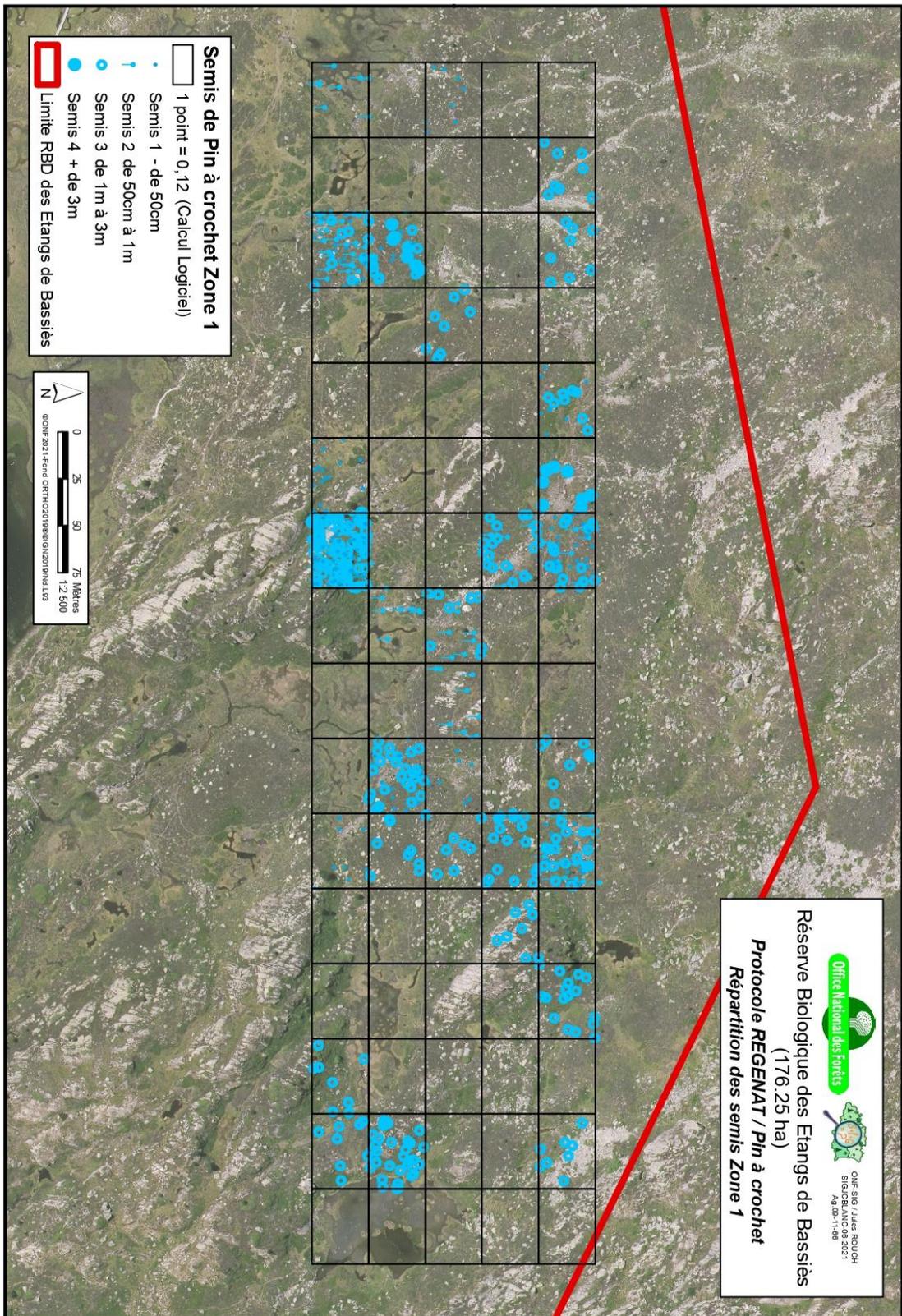


Figure 20 - Cartographie des résultats obtenus sur la zone 1 avec le protocole Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)



Figure 21 - Morphologie de la colonisation du pin sur la zone 1 du protocole Regenat (J. Rouch)

Ce taux de vides anormaux est relativement élevé et traduit une disposition pour l'instant assez éparse du pin à crochet sur cette zone 1, disposition qui s'explique en partie par une colonisation à partir d'individus isolés et par la présence de nombreuses zones humides, zones de lande à callune en pentes moyennes à fortes et zones de lande à rhododendron ferrugineux en exposition nord-ouest, moins favorables au pin à crochet bien qu'il commence également à s'y développer.

D'autre part, on remarque également une densité assez faible du pin sur cette zone, avec une majorité de semis entre 1 et 3 mètres (**771 /ha**). C'est la seule zone à présenter cette particularité, là où les deux autres présentent une grande majorité de semis de moins de 50 centimètres.

La densité de semis 4 quant à elle (**63 /ha**), est particulièrement faible et traduit la jeune colonisation de la face sud du cirque à partir de ces quelques individus plus anciens.

## Zone 2

Surface placette de vide <b>SV</b> = 60,00 m <sup>2</sup>	Nombre mini de semis cruciaux sur <b>SV</b> : <b>nV</b> = 4
Surface placette d'inventaire <b>SC</b> = 6,00 m <sup>2</sup> Forme des placettes : Circulaire	Entraxe moyen du cloisement sylvicole (en m.cm) <b>e</b> = 0,00 m
Nombre de placettes : 80	

	% de vide anormal	semis1	semis2	semis3	semis4	semis5	semis6
Moyenne	22,50%	1 979 /ha	1 042 /ha	875 /ha	417 /ha		
Limite basse	15,10%	1 528 /ha	800 /ha	686 /ha	251 /ha		
Limite haute	31,51%						

Les limites haute et basse, ou la limite basse, sont calculées au niveau de confiance 90%.

Figure 22 - Résultats du protocole Regenat sur la zone 2 de la RBD (J. Rouch)

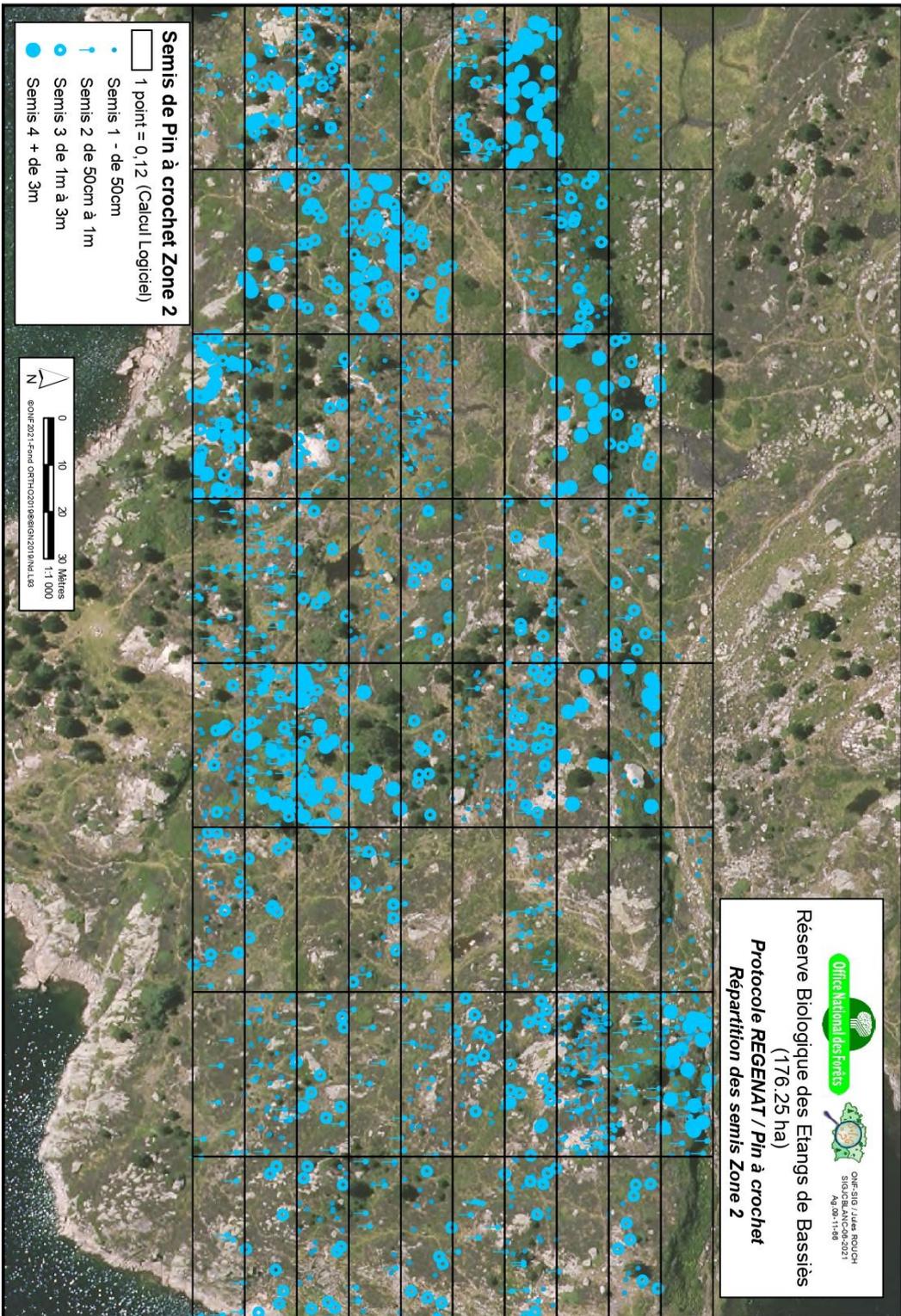


Figure 23 - Cartographie des résultats obtenus sur la zone 2 avec le protocole Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)

La zone 2 présente une densité plus importante que la zone précédente, à tous points de vue. Disposée sur la rive nord de l'étang Majeur, cette zone est située à proximité immédiate des îlots historiques de pin à crochet sur la RBD.

On remarque que plus les semis sont petits, plus ils sont nombreux, ce qui est logique étant donné qu'au fur et à mesure de leur croissance une sélection va se faire et que les plus forts et les mieux exposés vont se développer au détriment des plus faibles.

Cependant, il est notable que l'on compte actuellement une densité moyenne de semis de moins de 50 centimètres (**1979 /ha**) plus de 5 fois supérieure à la densité de semis de plus de 3 mètres (**417 /ha**), qui est elle-même plus de 2 fois inférieure à la densité de semis de taille entre 1 et 3 mètres (**875 /ha**).

Malgré le facteur sélectif dont on peut considérer qu'il va réguler les populations arrivées à un certain seuil, on remarque que le développement exponentiel du pin à crochet se vérifie au niveau des densités, et ce sur une zone historique où l'on retrouve toutes les catégories de pin à crochet en nombre important.

Au niveau de la répartition des individus, on observe qu'elle est relativement uniforme. Le taux de vides anormaux est en moyenne de **22,5 %** et correspond majoritairement aux zones situées entre les différents îlots historiques, distants de quelques dizaines de mètres en moyenne. Ces zones de vides correspondent à des zones humides, souvent tourbeuses et à des surfaces minérales, parfois particulièrement raides. C'est ce qui explique leur colonisation plus tardive. Cernées de toutes parts par le pin, ces zones de vides sont cependant toutes en voie de comblement, les zones de lande en recolonisation se transformant progressivement en pineraie.

### Zone 3

Surface placette de vide <b>SV</b> = 60,00 m <sup>2</sup>	Nombre mini de semis cruciaux sur <b>SV</b> : <b>nV</b> = 4
Surface placette d'inventaire <b>SC</b> = 6,00 m <sup>2</sup> Forme des placettes : Circulaire	Entraxe moyen du cloisement sylvicole (en m.cm) <b>e</b> = 0,00 m
Nombre de placettes : 80	

	% de vide anormal	semis1	semis2	semis3	semis4	semis5	semis6
<b>Moyenne</b>	<b>10,00%</b>	<b>3 458 /ha</b>	<b>1 042 /ha</b>	<b>729 /ha</b>	<b>146 /ha</b>		
Limite basse	5,08%	2 914 /ha	803 /ha	486 /ha	67 /ha		
Limite haute	17,32%						

Les limites haute et basse, ou la limite basse, sont calculées au niveau de confiance 90%.

Figure 24 - Résultats du protocole Regenat sur la zone 3 de la RBD (J. Rouch)

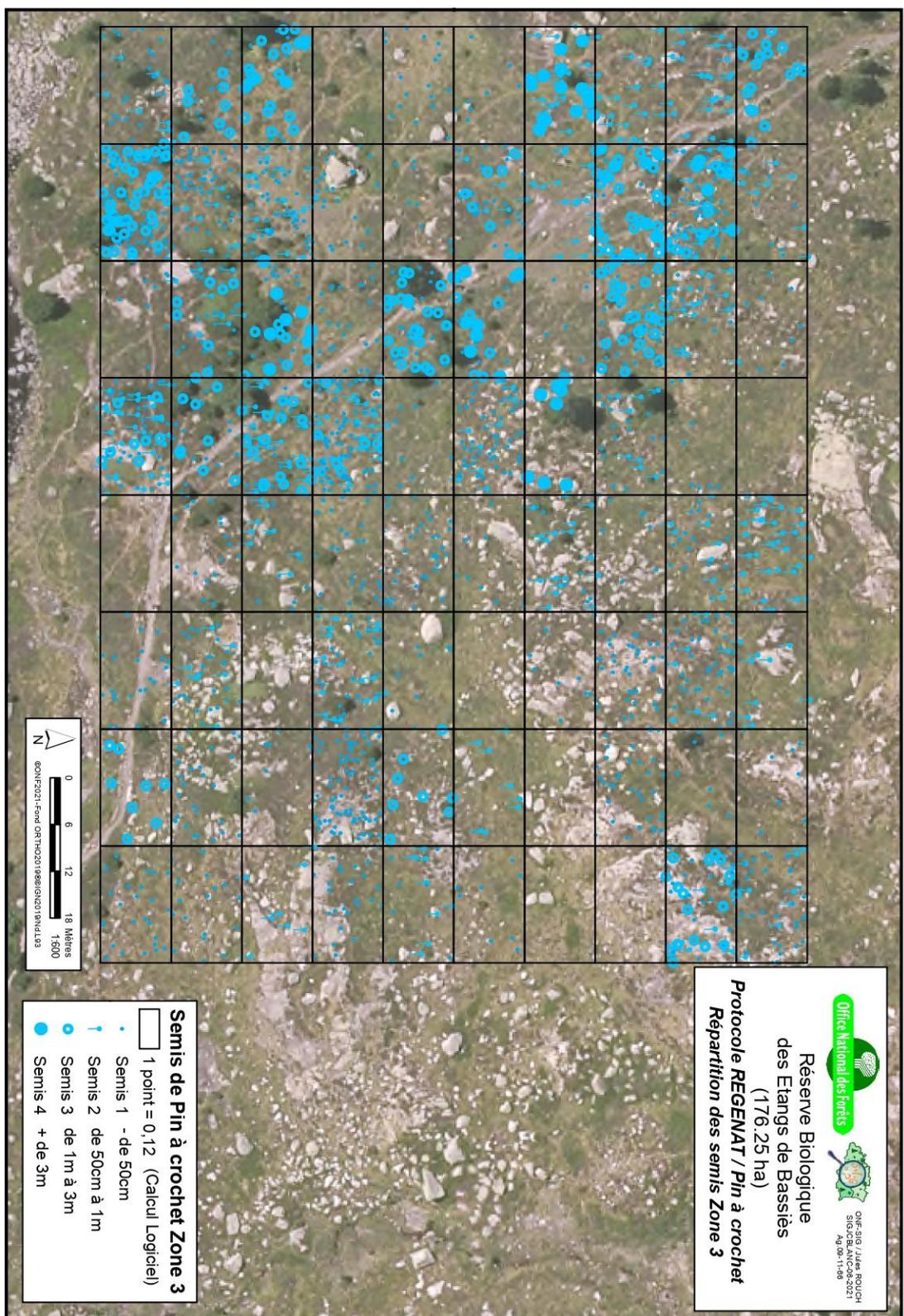


Figure 25 - Cartographie des résultats obtenus sur la zone 3 avec le protocole Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)

La zone 3, elle, présente une colonisation bien plus récente que les 2 précédentes. Plus réduite, cette zone est située en pleine zone de colonisation, le front de colonisation venant du nord en direction du sud. Ainsi, la dynamique est particulièrement prononcée sur cette zone puisque l'on retrouve une immense majorité de semis de moins de 50 centimètres (**3458 /ha**). La densité de semis de taille entre 50 centimètres et un mètre (**1042 /ha**), entre 1 et 3 mètres (**729 /ha**) et de plus de 3 mètres (**146 /ha**) est relativement proportionnelle et confirme la récente présence du pin à crochet sur ce secteur.

Majoritairement composée de lande à callune et de lande rocheuse, la présence du pin à crochet est quasiment uniforme sur cette zone puisque le taux de vides anormaux est seulement en moyenne de **10 %**. Cette valeur particulièrement faible traduit l'omniprésence du pin à crochet sur ces milieux qu'il affectionne particulièrement, en fond de vallée avec une pente faible à nulle.

## Le développement des très jeunes individus

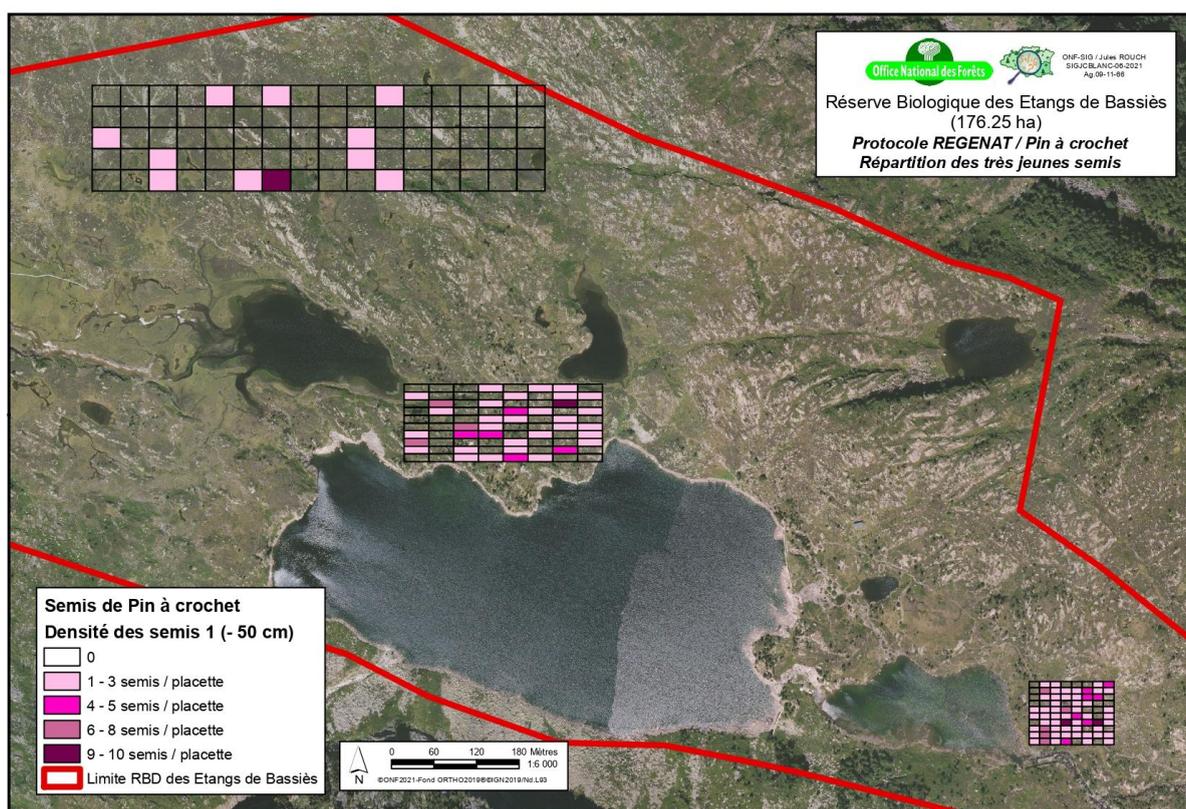


Figure 26 - Répartition des très jeunes individus de pin à crochet sur les zones d'inventaire Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)

La répartition des très jeunes individus est progressive en fonction d'un gradient altitudinal entre le fond de vallée et le début des versants ainsi qu'en fonction d'un gradient nord - sud manifeste.

La figure 26 rend compte de la variation de cette répartition d'une zone d'étude à une autre. Ainsi, même si les gradients énoncés précédemment expliquent en partie cette répartition, ce ne sont pas les seuls facteurs qui entrent en compte. En effet l'approche en dendrochronologie réalisée a permis de donner des renseignements complémentaires sur ces facteurs de présence ou de non présence ainsi que sur l'âge global des populations.

### 3. Approche en dendrochronologie

Les données recueillies lors de l'étude portant sur les rondelles prélevées sur une trentaine d'individus ont permis de comprendre un peu mieux la répartition des différents semis sur les 3 zones et plus généralement sur la RBD. Le croisement des données recueillies a également permis de comparer des tendances entre les zones et entre les individus.

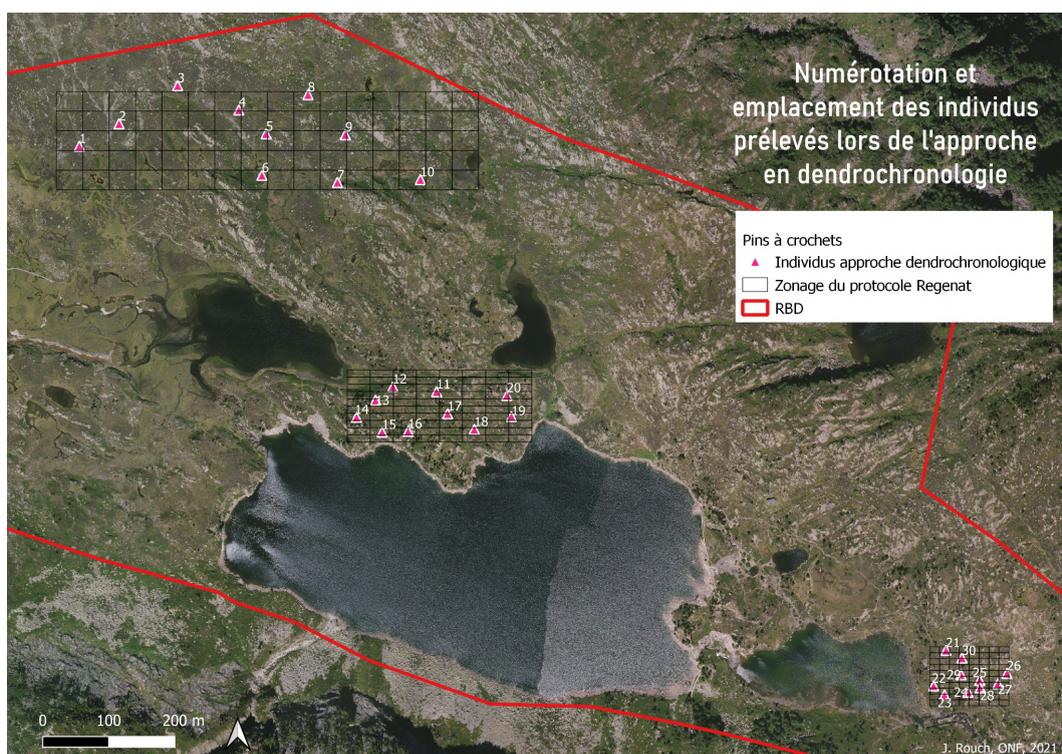


Figure 27 - Numérotation et emplacement des individus prélevés lors de l'approche en dendrochronologie (J. Rouch)

Ainsi, sur plusieurs individus prélevés dans la zone 1, des stigmates d'incendie à n-6 ont été trouvés lors de l'analyse des rondelles. De fait l'intervention d'un tel évènement, possiblement un écobuage dans le but de préserver des ligneux les pâturages encore conservés à mi-pente de la face sud du cirque, expliquerait la répartition des jeune semis sur cette zone et leur faible proportion par rapport à des individus plus âgés et donc plus robustes face un tel évènement.

En effet, les traces de feu ont été trouvées sur des individus âgés de 12 et 15 ans qui auraient mieux résisté au feu que des individus plus jeunes et plus vulnérables.

### Comparaison des données recueillies

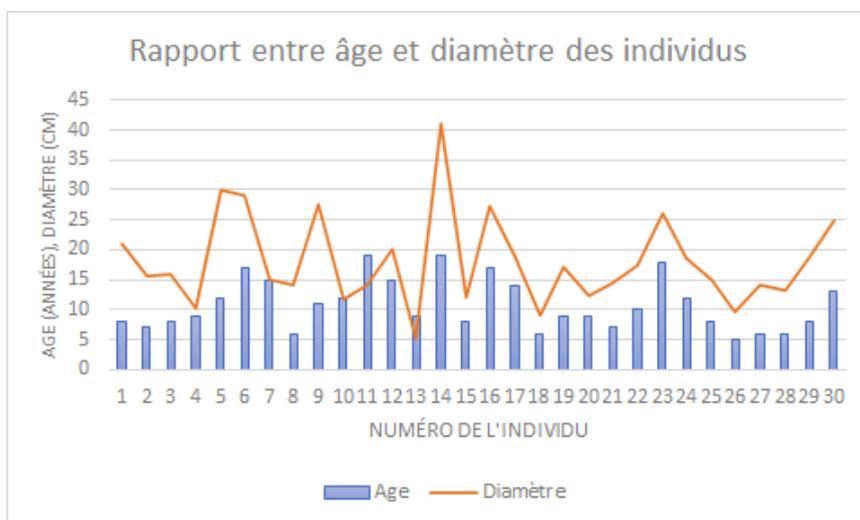


Figure 28 - Rapport entre âge et diamètre des individus (J. Rouch)

Le rapport entre âge et diamètre des individus est relativement régulier dans l'ensemble. Cependant, on peut remarquer de légères différences selon les zones. En effet, la zone 2 (comportant les individus de numéro 11 à 20) et la zone 1 (comportant les individus de numéro 1 à 11) semblent présenter plus d'irrégularités, notamment pour ce qui est des numéros 4, 7 et 10 à 14, que la zone 3 (comportant les individus de numéros 21 à 30). On retrouve au niveau des individus de la zone 3 une certaine régularité qui pourrait être liée à l'uniformité de la répartition des individus ainsi qu'à la plus grande homogénéité des milieux sur cette zone.

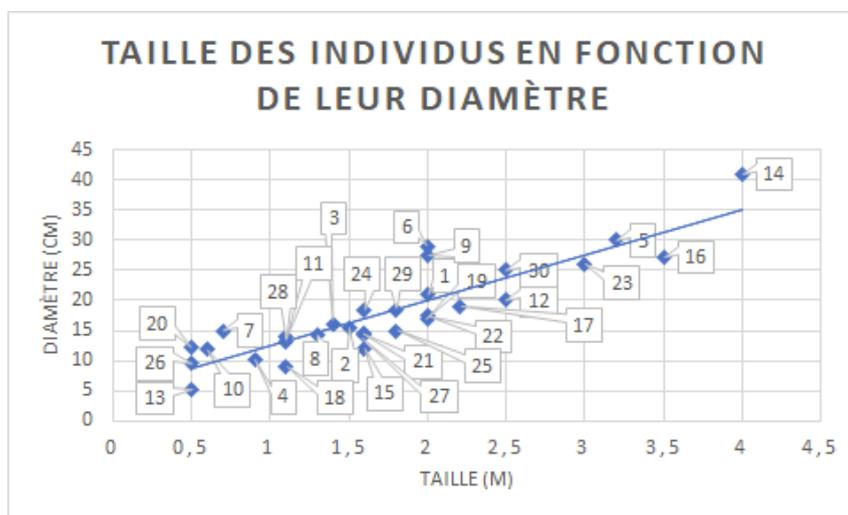


Figure 29 - Taille des individus en fonction de leur diamètre, numéros en étiquette (J. Rouch)

Nombreux sont les facteurs qui vont influencer sa croissance. De fait, ces graphiques représentent bien l'importante plasticité du pin à crochet. En effet, même si le nombre d'individus sur lesquels ont été recueillis ces données s'avère être trop réduit pour en tirer des conclusions solides, cela nous démontre déjà que le pin à crochet possède une certaine variabilité quant à ses caractéristiques phénotypiques, variabilité qui va être induite par les différents facteurs auxquels il va être soumis tels que la pente, l'exposition, la pression pastorale, la durée d'enneigement ou encore l'accès à la ressource en eau.

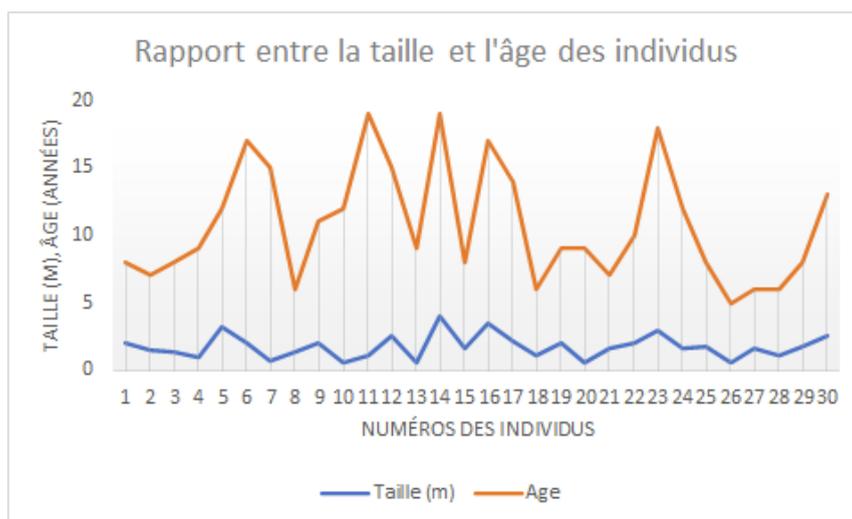


Figure 30 - Rapport entre la taille et l'âge des individus (J. Rouch)

Cependant, même si les données recueillies sont difficilement exploitables pour en tirer des statistiques généralistes, elles permettent néanmoins de dater les individus et approximativement les populations présentes sur les zones d'application du protocole Regenat.

Ainsi, il apparaît que la population de pin à crochet en récente colonisation de la **zone 1** s'est installée au cours des 7 à 10 dernières années, en dehors de la présence environ une décennie auparavant d'individus isolés et pionniers, bien au-delà du front de colonisation.

L'expansion sur cette zone est rapide et exponentielle, au profit de conditions favorables et d'absence de concurrence ou de menaces potentielles.

Au niveau de la **zone 2**, on observe une plus grande hétérogénéité en termes d'âge, de taille, et plus généralement de caractères phénotypiques des individus. Situé partiellement au niveau d'îlots historiques, on peut estimer que certains individus pionniers sont âgés de 40 à 50 ans (Figure 9). Les mesures réalisées rendent compte d'une certaine densité d'individus âgés entre 17 et 19 ans qui côtoient un nouvelle génération de pins de moins de 10 ans, qui prolifèrent eux en périphérie de ces îlots historiques.

La **zone 3** elle, bien moins densément peuplée, est constituée là encore d'individus pionniers, âgés pour certains de presque 20 ans. Ces individus pionniers sont souvent accompagnés dans leur périmètre proche d'individus plus jeunes, entre 5 et 10 ans. Cependant, la cohabitation avec l'activité pastorale et les pratiques annexes qu'elle entraîne, telles que l'écobuage, peut avoir un effet sur l'expansion du pin et ce notamment au niveau des jeunes individus (moins de 5 ans) qui sont particulièrement sensibles à ce genre de menaces.

#### 4. Diversité floristique et ressource pastorale

Bien que les résultats n'aient pas encore été traités et analysés en profondeur, les relevés de terrain du protocole GLORIA, appliqués sur 2 placettes de pelouses herbeuses à proximité de la zone 1, dans des vestiges de pâturages à mi-pente qui subsistent pour l'instant en partie au développement de la lande, définissent une certaine homogénéité floristique.

En effet, pour ce qui est de la placette 1, située au nord-ouest de la tourbière de l'étang Mort (figure 16), on retrouve de l'ordre de 70 % environ de *Festuca eskia*. À côté de ça, 5 autres espèces occupent les pourcentages restants : *Calluna vulgaris*, *Genista pilosa*, *Potentilla erecta*, *Thesium sp.*, *Vaccinium myrtillus*. On peut également noter une poignée d'autres espèces à la présence presque anecdotique tant leur proportion est faible par rapport aux espèces citées précédemment : *Avenula versicolor*, *Hieracium pilosella*, *Homogyne alpina*.

Au niveau de la placette 2, on retrouve globalement le même cas de figure. *Festuca eskia* et *Calluna vulgaris* représentent environ 75 % des individus identifiés. Les pourcentages restants sont représentés par *Thesium sp.*, *Vaccinium myrtillus* et *Potentilla erecta*. De manière ponctuelle, ont également été relevées les présences de *Trifolium alpinum*, *Genista pilosa*, *Carex sp.* et *Nardus stricta*.

Ainsi, on remarque qu'en plus d'être assez faible, la diversité floristique est dominée par la présence de deux espèces principales que sont *Festuca eskia* et *Calluna vulgaris*. D'intérêt pastoral assez faible, ces espèces profitent de l'abandon du pâturage pour se développer librement. Nous assistons ainsi à la disparition progressive de ce qu'il restait de pelouses au profit de la lande, *Genista pilosa* et *Vaccinium myrtillus* y contribuant. Il apparaît donc que la diversité floristique sur la face sud du cirque de Bassiès où le pâturage ovin a disparu depuis de nombreuses années maintenant est somme toute assez faible.

## Conclusion

Au coeur d'une dynamique de reconquête des milieux ouverts consécutive à l'abandon progressif des pratiques pastorales et de la présence de l'homme sur le cirque de Bassiès, le pin à crochet, libre de toute concurrence, s'est développé librement sur la quasi-totalité des surfaces hors eau de la Réserve Biologique Dirigée des étangs de Bassiès.

Cette phase de reconquête forestière touche de nombreux milieux : pelouses, landes ou encore zones humides, induisant un changement important dans les paramètres de ces milieux là et en modifiant le fonctionnement. De vocation multidirectionnelle, cette colonisation est particulièrement difficile à évaluer et à chiffrer.

Le protocole de terrain Regenat permet de chiffrer cette expansion. En effet, l'application de ce protocole sur 3 zones en colonisation aux profils différents, dont les dynamiques de colonisation ont pu être déduites grâce à une approche en dendrochronologie, a permis d'obtenir des densités catégorisées en fonction de 4 catégories de semis de pin à crochet d'âges distincts. L'application de ce protocole a également permis de rendre compte du taux de vides anormaux, correspondants au pourcentage de zones encore vierges de la colonisation du pin à crochet.

Les données produites constituent l'état de la colonisation à l'instant T, au moment de la réalisation du protocole à l'été 2021, sur ces zones en colonisation géoréférencées. L'intérêt de cette étude est de suivre l'évolution de cette colonisation dans le futur, en réitérant le protocole à n+5 et n+10 par exemple afin d'en déduire sa tendance et de considérer à quel point les milieux naturels sensibles et les espèces qui y sont associées pourraient être impactés par cette reconquête forestière.

Même s'il induit une diminution de la richesse spécifique des végétaux, ce retour à l'état boisé laisse présager le retour d'espèces forestières, d'oiseaux ou d'insectes par exemple, et suggère ainsi le développement d'un autre type de milieux spécifiques et des cortèges associés.

D'autre part, du point de vue de l'intérêt pastoral, il apparaît que l'abandon du pâturage a eu un effet limitant sur la diversité floristique des anciennes pelouses de la face sud du cirque, aujourd'hui en passe d'être colonisées dans un premier temps par la lande puis par le développement de la pineraie.

L'abandon du pâturage a conduit à une homogénéisation globale des milieux et à la surdominance du gispet (*Festuca eskia*) et de la callune (*Calluna vulgaris*).

Cependant, la dynamique semble être sur le point de s'inverser ou tout du moins de s'enrayer avec le retour sur le cirque de Bassiès d'un troupeau ovin transhumant de race locale. Même s'il est pour l'instant cantonné au fond du cirque, une extension du troupeau et des zones de pâturage est prévue dans les années à venir.

Ainsi, l'impact sur les milieux et les espèces associées, étudié dans le projet PÂTURAGES dirigé par Didier Galop, sera à suivre.

Une poursuite du travail dans le futur serait également pertinente. Il serait ainsi intéressant d'élargir l'emprise spatiale de l'étude et de s'intéresser à d'autres zones aux spécificités différentes. Le volet dendrochronologie pourrait lui aussi être approfondi en recueillant une quantité plus importante de données et en s'intéressant à des individus plus âgés. L'impact de la reprise du pâturage serait enfin à surveiller en évaluant si elle pourrait représenter un facteur limitant à la reconquête forestière plus en amont de la vallée.

## Bilan personnel

Pour ma part, je considère que ce stage a été une excellente expérience. Il m'a confronté à la réalité des problématiques de terrain et m'a permis de mettre en œuvre des éléments appris lors de ma formation, aussi bien au niveau des connaissances générales que de la démarche scientifique à mettre en œuvre.

D'un point de vue plus personnel, ce stage m'a également permis de prendre confiance en moi, l'excellente intégration des services de l'ONF 09 m'a fait me sentir utile et l'aide de tous les agents et techniciens, et plus généralement de toutes les personnes avec lesquelles j'ai pu travailler au cours de ces 14 semaines, pas seulement sur ma thématique de stage, m'a fait avancer tant d'un point de vue personnel que professionnel.

La grande part d'autonomie que j'ai eu dans les missions qui m'ont été confiées m'a de plus permis de développer une certaine rigueur dans mon travail. Je suis globalement satisfait du travail accompli et le fait d'avoir mené la démarche du choix du protocole jusqu'à l'obtention des résultats est gratifiant.

La possibilité de pouvoir travailler dans les domaines de la sylviculture et de la protection des milieux mais aussi de pouvoir participer à des programmes de recherche m'a permis de développer mes connaissances en rapport avec ces différentes composantes professionnelles et m'a également permis de mieux cerner les enjeux d'un territoire qui me passionne.

Ainsi, ce stage a été enrichissant à tous points de vue. Les thématiques abordées m'ont beaucoup intéressées et cela m'a confirmé que c'est dans cette voie que je souhaite bien orienter mon évolution professionnelle.

## Table des matières

Remerciements	1
Liste d'abréviations	2
Sommaire	3
Introduction	4
<b><u>Partie I - Cadre du stage</u></b>	<b>7</b>
<b>1. L'Office National des Forêts : l'organisme d'accueil</b>	<b>7</b>
<b>2. Le site d'étude</b>	<b>9</b>
Topographie et hydrographie	9
Climat	9
Géologie et pédologie	11
<b>3. Contexte historique</b>	<b>12</b>
Le pin à crochet	12
<b>4. Le statut de RBD</b>	<b>18</b>
<b>5. Problématique appliquée au contexte de la RBD</b>	<b>20</b>
<b><u>Partie II - Méthodologie</u></b>	<b>20</b>
<b>1. Le protocole Regenat</b>	<b>21</b>
Dispositif	22
La notion de vide anormal	22
Application à la RBD des étangs de Bassiès	24
Matériel	26
<b>2. Approche en dendrochronologie</b>	<b>26</b>
<b>3. Productions et données annexes</b>	<b>27</b>

Cartographie préliminaire	27
Relevés botaniques	28
<b><u>Partie III - Résultats</u></b>	<b>30</b>
<b>1. Cartographie préalable</b>	<b>30</b>
<b>2. Le protocole Regenat</b>	<b>32</b>
Zone 1	32
Zone 2	34
Zone 3	36
Le développement des très jeunes individus	38
<b>3. Approche en dendrochronologie</b>	<b>39</b>
Comparaison des données recueillies	40
<b>4. Diversité floristique et ressource pastorale</b>	<b>42</b>
Conclusion	43
Bilan personnel	45
Bibliographie	50
Annexes	53

## Liste des figures

<i>Figure 1 - Localisation de l'aire d'étude (géoportail)</i>	<i>p. 5</i>
<i>Figure 2 - Circonscription de l'UT VAPO, structure d'accueil (ONF)</i>	<i>p. 8</i>
<i>Figure 3 - Diagramme ombrothermique du modèle AURELHY sur la RB du Montcalm (MeteoFrance)</i>	<i>p. 10</i>
<i>Figure 4 - Évolution des températures annuelles moyennes dans le bassin d'Auzat-Vicdessos (1959-2010), (Météo France)</i>	<i>p. 10</i>
<i>Figure 5 - Carte géologique du secteur, BRGM, 2017.</i>	<i>p. 11</i>
<i>Figure 6 - Aire de répartition du pin à crochet sur les Pyrénées (Cantegrel, 1982)</i>	<i>p. 12</i>
<i>Figure 7 - Estimation de la variation de la limite supérieure des forêts subalpines dans les Pyrénées (Galop, 2014, modifiée d'après Aubert, 2001).</i>	<i>p. 13</i>
<i>Figure 8 - Activités métallurgiques et évolution des forêts d'altitude dans la haute vallée de Vicdessos depuis le IIIe siècle av. J.-C. (vallée de Bassiès, tourbière de l'Orri de Théo, 1640 m), (Galop, 2014)</i>	<i>p. 14</i>
<i>Figure 9 - Cartographie de l'évolution de l'emprise du pin à crochet par télédétection entre 1976, 1993 et 2008 (Waddle, 2013)</i>	<i>p. 16 - 17</i>
<i>Figure 10 - Comparaison de l'emprise du pin à crochet dans la vallée de Bassiès entre 1976 et 2009 par suivi photographique (d'après Galop et al., 2011)</i>	<i>p. 17</i>
<i>Figure 11 - Réserves biologiques en France (ONF)</i>	<i>p. 18</i>
<i>Figure 12 - Placette du protocole Regenat (ONF)</i>	<i>p. 23</i>
<i>Figure 13 - Zonage de mise en place du protocole Regenat sur la RBD des Etangs de Bassiès (J. Rouch)</i>	<i>p. 24</i>
<i>Figure 14 - Zonage approche en dendrochronologie sur la RBD des étangs de Bassiès (J. Rouch)</i>	<i>p. 27</i>
<i>Figure 15 - Placette du protocole GLORIA adapté (J. Rouch)</i>	<i>p. 28</i>
<i>Figure 16 - Position des placettes de relevés botaniques du protocole GLORIA adapté (J. Rouch)</i>	<i>p. 29</i>
<i>Figure 17 - Emprise du Pin à crochets sur la RBD des étangs de Bassiès en 1983 (J. Rouch)</i>	<i>p. 30</i>
<i>Figure 18 - Emprise du Pin à crochets sur la RBD des étangs de Bassiès en 2019 (J. Rouch)</i>	<i>p. 31</i>
<i>Figure 19 - Résultats du protocole Regenat sur la zone 1 de la RBD (J. Rouch)</i>	<i>p. 32</i>
<i>Figure 20 - Cartographie des résultats obtenus sur la zone 1 avec le protocole Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)</i>	<i>p. 33</i>
<i>Figure 21 - Morphologie de la colonisation du pin sur la zone 1 du protocole Regenat (J. Rouch)</i>	<i>p. 34</i>
<i>Figure 22 - Résultats du protocole Regenat sur la zone 2 de la RBD (J. Rouch)</i>	<i>p. 34</i>

<i>Figure 23 - Cartographie des résultats obtenus sur la zone 2 avec le protocole Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)</i>	<i>p. 35</i>
<i>Figure 24 - Résultats du protocole Regenat sur la zone 3 de la RBD (J. Rouch)</i>	<i>p. 36</i>
<i>Figure 25 - Cartographie des résultats obtenus sur la zone 3 avec le protocole Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)</i>	<i>p. 37</i>
<i>Figure 26 - Répartition des très jeunes individus de pin à crochet sur les zones d'inventaire Regenat (J. Rouch, ONF 09 SIG)</i>	<i>p. 38</i>
<i>Figure 27 - Numérotation et emplacement des individus prélevés lors de l'approche en dendrochronologie (J. Rouch)</i>	<i>p. 39</i>
<i>Figure 28 - Rapport entre âge et diamètre des individus (J. Rouch)</i>	<i>p. 40</i>
<i>Figure 29 - Taille des individus en fonction de leur diamètre, numéros en étiquette (J. Rouch)</i>	<i>p. 40</i>
<i>Figure 30 - Rapport entre la taille et l'âge des individus (J. Rouch)</i>	<i>p. 41</i>

## Liste des annexes

<i>Annexe 1 - Cartographie de la topographie de la RBI du Montcalm (ONF 09)</i>	<i>p. 53</i>
<i>Annexe 2 - Evolution des températures saisonnières moyennes dans le bassin d'Auzat - Vicdessos entre 1959 et 2010, (Météo France, d'après Antoine, 2012)</i>	<i>p. 54</i>
<i>Annexe 3 - Schéma géologique structural régional (DREAL Occitanie)</i>	<i>p. 54</i>
<i>Annexe 4 - Densités de référence du protocole Regenat (ONF)</i>	<i>p. 55</i>
<i>Annexe 5 - Feuilles de relevé du protocole Regenat sur la RBD des étangs de Bassiès, exemple de la zone 3 (J. Rouch)</i>	<i>p. 56</i>
<i>Annexe 6 - Feuilles de relevé du protocole GLORIA sur le cirque de Bassiès, exemple de la placette 1 (B. Komac, J. Rouch)</i>	<i>p. 58</i>

## Bibliographie

### Articles

Antoine J.-M., Premiers résultats d'une rétro-observation hydroclimatique exploratoire dans le Haut-Vicdessos (Pyrénées ariégeoises), *Sud-Ouest européen*, 33 | 2012, pp.89-100.

Davasse B., Briffaud S., Carré J., Henry D., Rodriguez J.-F.. L'observation environnementale au prisme du paysage. Dynamiques paysagères, actions territoriales et représentations socio-spatiales contemporaines dans le territoire de l'OHM Pyrénées-Haut Vicdessos. *Séminaire de restitution des projets financés en 2011/2012 de l'OHM Pyrénées Haut Vicdessos*, Sep 2012, Toulouse, France.

Davasse B., Galop D.. Le paysage forestier du haut Vicdessos (Ariège) : l'évolution d'un milieu anthropisé. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud Ouest.*, 1990, Tome 61, fasc. 1, pp. 433-457.

Dérior P., Loireau M., Bachimon P., Cancel E., Clément D.. What place for pastoral activities in the economic transformation of Vicdessos (Ariège Pyrenees)? *Revue de Géographie Alpine / Journal of Alpine Research*, Association pour la diffusion de la recherche alpine, 2014.

Dérior P., Bachimon P., Loireau M., Laques A.-E., Dessay N.. La mise en tourisme d'un territoire montagnard fragilisé. Sports de nature et patrimoine au cœur du projet de développement et de la politique de communication en Vicdessos (Ariège, France), 2012, Djerba, Tunisie. pp. 17-31.

Galop D., Jalut G.. Differential human impact and vegetation history in two adjacent Pyrenean valleys in the Ariège basin, southern France, from 3000 B.P. to the present. *Vegetation History and Archaeobotany*, Springer Verlag, 1994, pp. 225-244.

Galop D., Houet T., Mazier F., Leroux G., Rius D.. Grazing activities and biodiversity history in the Pyrénées - new insights on high altitude ecosystems in the framework of a Human-Environment Observatory. *PAGES News*, 2011, 19 (2), pp.53-55.

Houet T., Vacquié L., Vidal F., Galop D., Caractérisation de la fermeture des paysages dans les Pyrénées depuis les années 1940. Application sur le Haut-Vicdessos., *Sud-Ouest européen*, 33 | 2012, 41-56.

Houet T., Vacquié L., Sheeren D.. Evaluating the spatial uncertainty of future land abandonment in a mountain valley (Vicdessos, Pyrenees-France) : insights form

model parameterization and experiments. *Journal of Mountain Science*, Springer Verlag, 2014, 12 (5), pp.1-18.

## Ouvrages

Cano F., Coll L., Nouguier S., Sivade L. (coord.), Office National des Forêts (ONF), Guide de sylviculture du pin à crochets dans les Pyrénées, 2012. ISBN : 978-2-9542347-1-7.

Galop et al., Cantegrel (coord.), Office National des Forêts (ONF), 2014, Evaluation patrimoniale des populations autochtones de Pin à crochets (*Pinus uncinata* Ramond) aux Pyrénées, Collection dossiers forestiers, n° 25. ISBN : 978-2-84207-376-3.

ONF 09, Rapport de présentation en vue de l'extension et de la conversion en RB mixte de la RBD de la Bernadouze, Premier plan de gestion. 2015.

ONF, Guide technique du protocole Regenat, RDV techniques n°4, printemps 2004.

Dassonville C., Evaluation de l'état de conservation des îlots de Pins à crochets (*Pinus uncinata*) de la réserve naturelle régionale d'Aulon et évaluation de leur qualité d'habitat pour le Grand tétras (*Tetrao urogallus aquitanicus*). Rapport de stage de Master 2, Gestion et Conservation de la Biodiversité, Université de Bretagne Occidentale, 75p.

Roussel V., 2014, Modélisation des dynamiques spatio-temporelles du pin à crochets dans la vallée de Bassiès (Ariège). Rapport de stage de Master 2, Université de Toulouse le Mirail, 96p.

Villeneuve A., 2006, Caractérisation, classification et cartographie des habitats humides du secteur du Montcalm, Projet de création d'une Réserve Biologique Dirigée. Rapport de stage de Master 2, Université Toulouse Paul Sabatier, 65p.

Waddle, J., 2013, Analyse des dynamiques spatio-temporelles du pin à crochets (*pinus uncinata*) dans la vallée de Bassiès (Ariège). Rapport de stage Master 2, Université de Toulouse le Mirail, 94p.

## **Sites Internet**

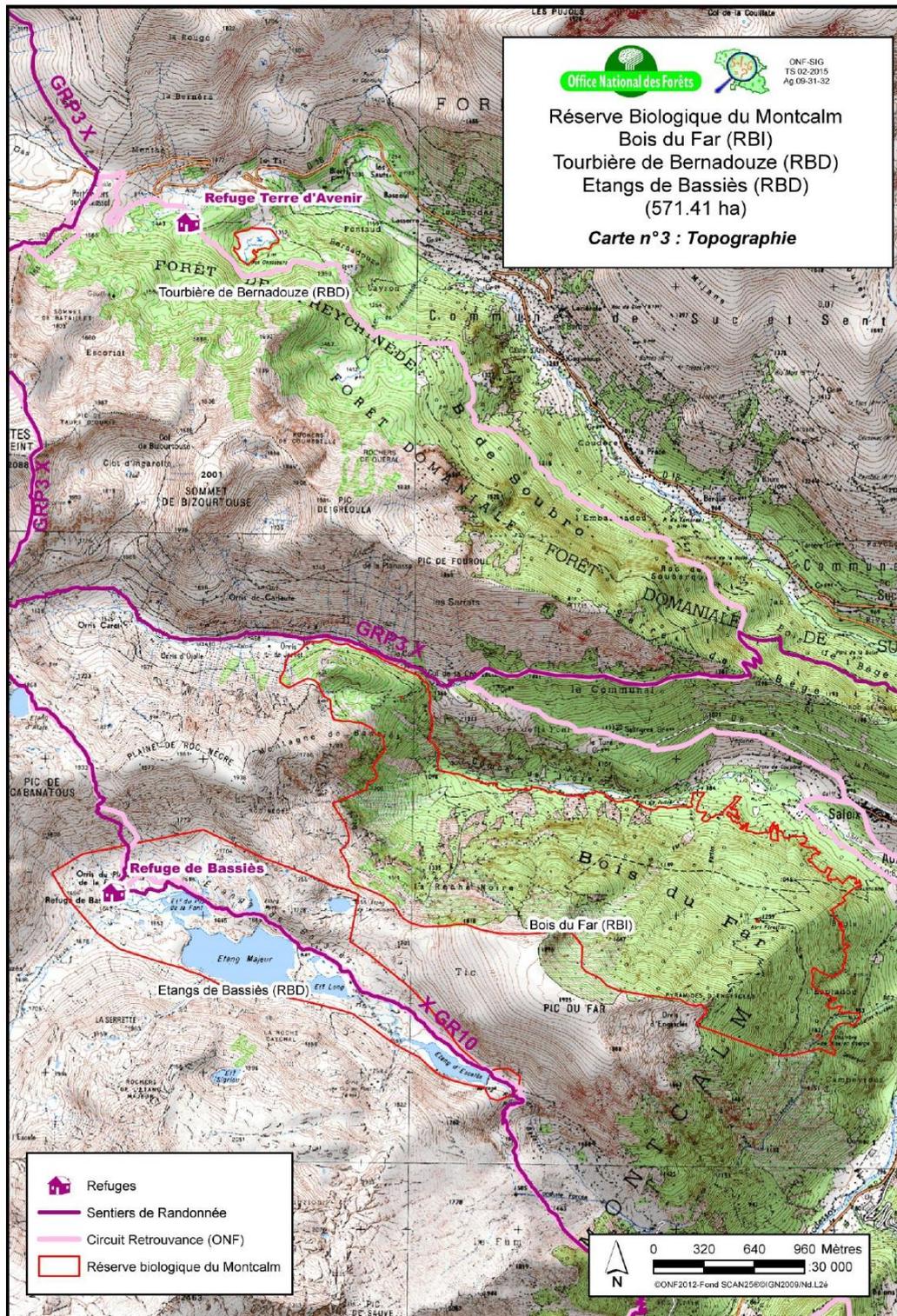
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

[www.géoportail.fr](http://www.géoportail.fr)

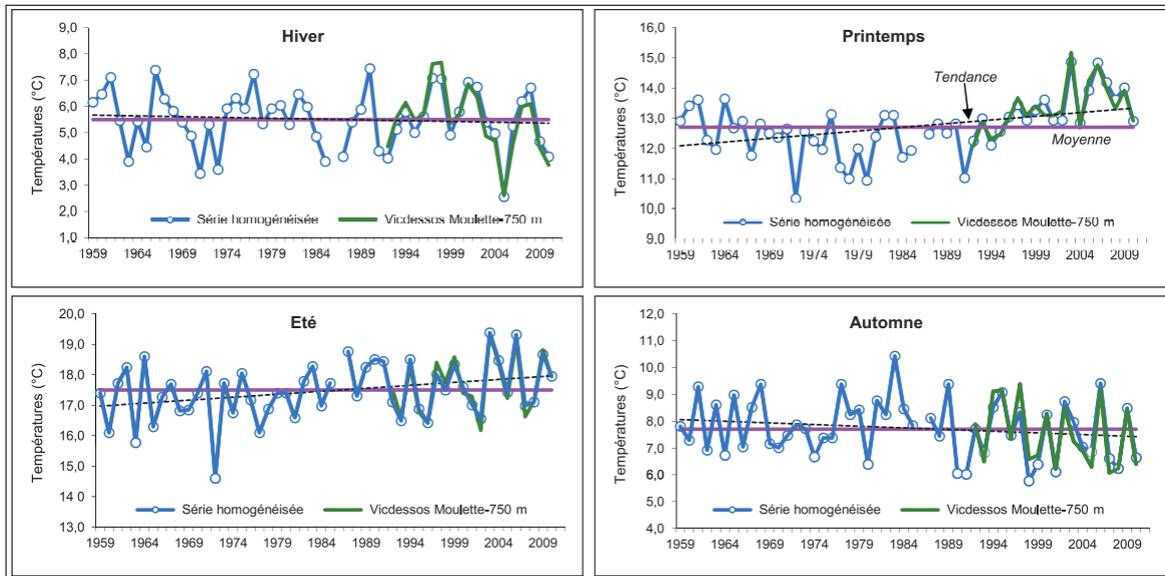
[www.onf.fr](http://www.onf.fr)

# Annexes

## Annexe 1 - Cartographie de la topographie de la RBI du Montcalm (ONF 09)



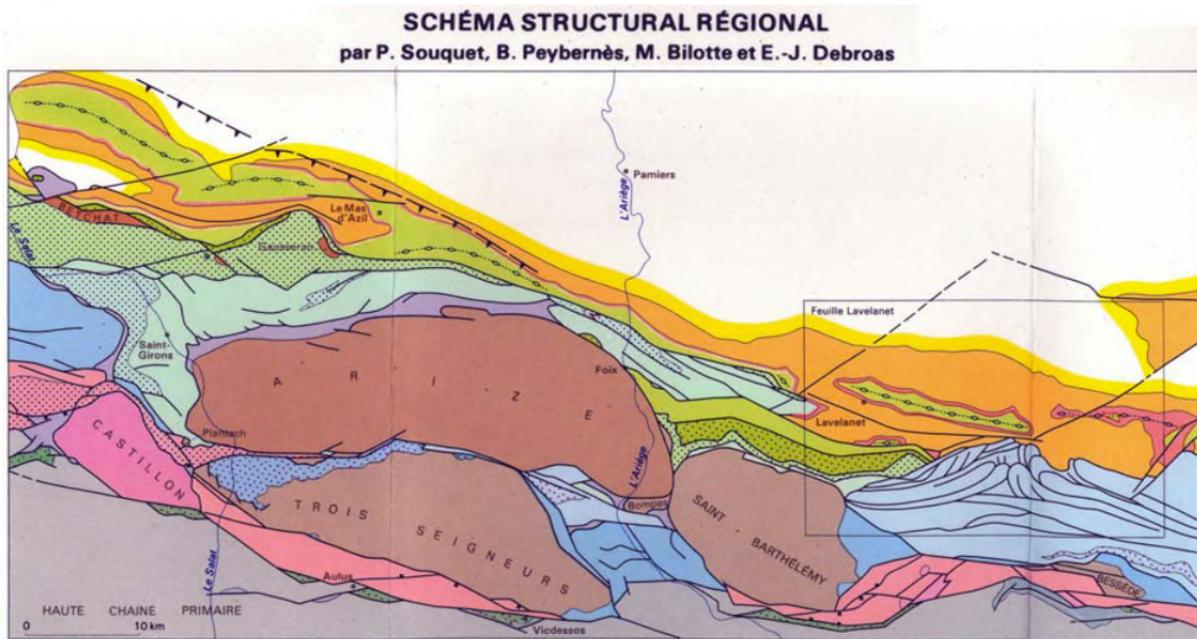
Annexe 2 - Evolution des températures saisonnières moyennes dans le bassin d'Auzat - Vicdessos entre 1959 et 2010, (Météo France, d'après Antoine, 2012)



Évolution des températures saisonnières moyennes (en °C) dans le bassin d'Auzat-Vicdessos (1959-2010)

Source : Météo France.

Annexe 3 - Schéma géologique structural régional (DREAL Occitanie)



# Annexe 4 - Densités de référence du protocole Regenat (ONF)

## Densités de référence pour le protocole REGENAT

Agence 09-11-66      Se référer au x guides pour connaître les spécificités de chaque essence. Sur partage : P:\8760\04+OIBET\03-SAM\ANIMATION-SUVIV-SYVICOLE\04\_guides\_syviculture\_Essences

Essence	Stade de développement des semis	Densité minimale de l'essence objectif		Densités satisfaisantes de l'essence objectif		Densité optimale de l'essence objectif	Seuil REGENAT Vides anormaux nV sur 60 m <sup>2</sup>		Guide
		sans accompagnement	avec accompagnement	sans accompagnement	avec accompagnement		sans accompagnement	avec accompagnement	
CHP	0,3 à 0,8 m	980	510			5000	< 6	< 4	ITTS Les Chênes du Sud-Ouest, page 43
	0,8 à 3 m	690	440			2500	< 5	< 3	
	0,3 à 0,8 m 0,8 à 3 m	1410 1100	880 660			5000 2500	< 9 < 7	< 6 < 4	
CHS	0,3 à 0,7 m semis compté à partir de 0,1 m			3000		5000	< 8		Hêtrales et hêtrales sapinières des Pyrénées, page 44 ITTS, page 10
	> à 3 m			2000		3000			
HET	0,3 à 0,7 m semis compté à partir de 0,1 m			3000		5000	< 5		Sapinières des Pyrénées, page 56 Directive BDR 8700-20-DIA-SAM-010VA annexe 2
	> à 3 m			1500		2500			
S.P	0,3 à 0,7 m semis compté à partir de 0,1 m	670							Pineriales des plaines du centre et du NO, page 342
	> à 3 m			5000					
P.L	stade 0,1 m	800		2000			< 5		Pineriales des plaines du centre et du NO, page 342
	stade 0,5 m	400		1500			< 3		
	stade 2,0 m			10000			< 6		
P.S	stade 0,1 m	1000		2500			< 3		Pineriales des plaines du centre et du NO, page 342
	stade 0,5 m	500		2000			< 3		
	stade 2,0 m			5000			< 5		
P.M	stade 0,1 m	800		2000			< 3		Pineriales des plaines du centre et du NO, page 342
	stade 0,5 m	400		1500			< 3		
	stade 2,0 m	500		3000		1500	< 3		
P.N	0,1 à 0,8 m	800	500	3000 à 5000			< 5	< 3	Forêts littorales atlantiques dunaires, pages 78, 79 ITTS GSM Alpes du sud, page 6
	> à 3 m	800	500	2000 à 2500			< 5	< 3	
	> à 0,5 m	800					< 5		
P.X	> à 0,5 m	800					< 5		Syviculture du pin à crochets dans les Pyrénées, page 113 Directive BDR 8700-20-DIA-SAM-010VA annexe 2 Memento syvicole pinède de PA, page 10 Directive BDR 8700-20-DIA-SAM-010VA annexe 2
	1 m à 1,5 m			1850			< 5		
P.A	> 0,5 m	800		1300			< 5		ITTS Douglas page 8 (références du guide DOU de 2012 obsolètes)
	0,3 à 0,7 m semis compté à partir de 0,1 m			3000		1500 DOU avec 2000 en mélange	< 5		
DOU	> à 3 m			2000		1250			

Annexe 5 - Annexe 5 - Feuilles de relevé du protocole Regenat sur la RBD des étangs de Bassiès, exemple de la zone 3 (J. Rouch)



Diagnostic d'une régénération naturelle, Protocole REGENAT

Page 1

IDENTIFICATION								
Forêt : <u>ABD Bassiès</u>				Parcelle, UG : <u>Zone 3</u>				
Opérateur(s) : <u>JR</u>				Date : <u>3/06/21</u>				
DEFINITIONS								
catégories de semis							cruciale?	
semis1 :	<u>Petit Pin -50 cm</u>						✓	
semis2 :	<u>Moyen Pin 50 cm - 1 m</u>						✓	
semis3 :	<u>Grand Pin 1 - 3 m</u>						✓	
semis4 :	<u>Très Grand Pin &gt; 3 m</u>						✓	
semis5 :								
semis6 :								
Surface placette de vide : <u>SV = 60m<sup>2</sup></u>			Nombre min. de semis cruciaux * sur SV : <u>nV = 1</u>					
Surface placette d'inventaire : <u>SC = 60m<sup>2</sup></u>			(*) ou autre condition plus complexe sur les nombres de semis, à expliciter par écrit					
Forme des placettes : <u>rectangulaire (circulaire)</u>			Entraxe moyen du cloisonnement sylvicole (en m,cm) : <u>e =</u> ..					
INVENTAIRE								
Placette n°	Vide sur SV? (V=vide NV=non vide)	Nombre de semis sur SC :						Observations
		semis1	semis2	semis3	semis4	semis5	semis6	
<u>3-1</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>						
<u>2</u>	<u>NV</u>			<u>1</u>				
<u>2</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>						
<u>6</u>	<u>V</u>							
<u>5</u>	<u>NV</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>1</u>				
<u>6</u>	<u>NV</u>	<u>1</u>						
<u>7</u>	<u>NV</u>	<u>8</u>		<u>6</u>				
<u>8</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>	<u>1</u>					
<u>9</u>	<u>NV</u>	<u>1</u>		<u>1</u>				
<u>10</u>	<u>NV</u>	<u>6</u>	<u>1</u>					
<u>11</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>1</u>				
<u>12</u>	<u>NV</u>	<u>2</u>		<u>1</u>				
<u>13</u>	<u>NV</u>	<u>2</u>						
<u>14</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>	<u>1</u>					
<u>15</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>						
<u>16</u>	<u>NV</u>	<u>2</u>						
<u>17</u>	<u>NV</u>		<u>1</u>					
<u>18</u>	<u>NV</u>	<u>1</u>						
<u>19</u>	<u>V</u>							
<u>20</u>	<u>NV</u>	<u>1</u>	<u>1</u>					
<u>21</u>	<u>NV</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2</u>				
<u>22</u>	<u>NV</u>	<u>2</u>		<u>1</u>	<u>1</u>			
<u>23</u>	<u>NV</u>	<u>4</u>	<u>2</u>					
<u>24</u>	<u>NV</u>	<u>1</u>		<u>3</u>				
<u>25</u>	<u>✓</u>							
<u>26</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>						
<u>27</u>	<u>NV</u>	<u>3</u>						

suite à la page 2

Diagnostic d'une régénération naturelle, Protocole REGENAT

Page

IDENTIFICATION								
Forêt :					Parcelle, UG : 200 3			
Opérateur(s) : JRP					Date : 6/31/02			
INVENTAIRE								
Placette n°	Vide sur SV? (V=vide NV=non vide)	Nombre de semis sur SC :						Observations
		semis1	semis2	semis3	semis4	semis5	semis6	
E 28	NV	10	3	1				
E 29	NV	3						
E 30	NV	4	2					
E 31	NV	10						
E 32	NV	3						
E 33	NV	1	1					
E 34	NV			1				
E 35	NV	1						
E 36	NV	4						
E 37	NV	1						
E 38	NV	2		3				
E 39	NV	1						
C 40	NV	2						
E 41	NV	1						
E 42	NV	3	1	1				
E 43	NV	1		1	1			
E 44	NV	6	1					
E 45	NV	1						
E 46	V							
E 47	NV		1					
E 48	NV	1						
E 49	V							
E 50	V							
E 51	NV	1						
E 52	NV	1	2					
E 53	NV				1			
E 54	NV	1						
E 55	NV		2					
E 56	NV		2		2			
E 57	NV		2					
E 58	NV	1		3	1			
E 59	NV	3		3				
E 60	NV	2	1					
E 61	NV	1						
E 62	NV	5						
E 63	NV	4						
E 64	V							
E 65	NV	3	1	2				
E 66	NV	1						
E 67	NV	5	1					
E 68	NV	2	1					
E 69	NV	1						
E 70	NV	2	2					
E 71	NV	4	2	1	1			
E 72	NV	3						
E 73	NV			2				
E 74	NV	1	1					
E 75	NV	1						
E 76	V							
E 77	NV		4					
E 78	NV		1					
E 79	NV	1						
E 80	NV	4	1					









## Résumé

Occupés par les sociétés humaines depuis des siècles, la vallée du Videssos et ses paysages ont été modelés par l'homme et ses activités telles que le pâturage, la métallurgie ou encore le charbonnage. Cependant, depuis plus d'un siècle la déprise agricole et l'abandon des terroirs ont impactés les milieux naturels et leur développement.

Consécutivement à l'abandon des activités humaines, la végétation s'est développée librement et on assiste aujourd'hui à un phénomène généralisé de reconquête forestière. Au niveau du cirque de Bassiès, cette dynamique se traduit par l'expansion du pin à crochets (*Pinus uncinata*) qui se développe de manière exponentielle sur la multitude de milieux qui composent ce cirque glaciaire et son chapelet de lacs d'altitude.

Cette étude s'attache à quantifier et à spatialiser la colonisation des zones ouvertes par l'espèce en se focalisant sur son évolution densitaire sur 3 zones échantillons disposées sur la RBD qui la constitue. L'analyse des résultats obtenus avec l'application du protocole Regenat rend compte de l'emprise du pin à crochets au moment de l'étude et va servir de base pour suivre l'évolution de la densité de ses semis et des zones qui sont vierges de toute colonisation dans le futur.

Parallèlement, une approche en dendrochronologie permet de dater la colonisation et sa dynamique à l'échelle des zones d'étude ainsi que d'expliquer la répartition du pin sur ces zones par la mise en lumière d'événements tels que des incendies.

D'autre part, l'adaptation du protocole GLORIA démontre l'homogénéité et le faible intérêt pastoral des dernières zones pastorales de la face sud du cirque, conjointement à l'abandon des pratiques et à la fermeture des milieux.

## Abstract

Occupied by human societies for centuries, the Videssos valley and its landscapes have been shaped by man and his activities such as grazing, metallurgy or coal mining. However, for more than a century, the abandonment of agriculture and land has had an impact on the natural environment and its development.

Following the abandonment of human activities, the vegetation has developed freely and we are now witnessing a generalized phenomenon of forest reclamation. At the level of the Bassiès cirque, this dynamic is translated by the expansion of the mountain pine (*Pinus uncinata*) which develops in an exponential way on the multitude of environments which compose this glacial cirque and its string of high altitude lakes.

This study aims at demonstrating and quantifying the colonization of open areas by the species by focusing on its density evolution on 3 sample areas located on the RBD which constitutes it. The analysis of the results obtained with the application of the Regenat protocol gives an account of the presence of the hooked pine at the time of the study and will serve as a basis for monitoring the evolution of the density of its seedlings and of the areas that are free of any colonization in the future.

At the same time, a dendrochronological approach allows us to date the colonization and its dynamics at the scale of the study areas as well as to explain the distribution of pine in these areas by highlighting events such as fires.

On the other hand, the adaptation of the Gloria protocol demonstrates the homogeneity and the low pastoral interest of the last pastoral areas of the south face of the cirque, together with the abandonment of practices and the closure of the environments.

**Mots clés :** *Pinus uncinata*, recolonisation de la forêt, évolution densitaire, déprise agricole, cirque glaciaire.

**Keywords :** *Pinus uncinata*, forest regeneration, density evolution, agricultural abandonment, glacial cirque.