

**Mémoire de Licence professionnelle Forêt, Gestion et  
Préservation de la Ressource en eau**

**Comment favoriser la biodiversité et la résilience des  
forêts départementales dans un contexte de changement  
climatique ?**



OSUC  
Promotion 2022 – 2023  
Crubillé Marlène  
Août 2023



## Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Magali Boudeau pour son riche endarement lors de mon apprentissage.

Je remercie également Sophie, Fabrice, Sébastien, Évelyne, Clarisse et Caroline du service Patrimoine naturel pour leur accueil et nos temps d'échanges constructifs.

Merci à Magali, Clarisse et Salomé pour nos journées mémorables sur le terrain !

Un grand merci aux collègues de la Direction du Développement Territorial du CD58 pour leur chaleureux accueil, leur bienveillance et les pauses cafés toujours animées.

Merci également à l'équipe des services techniques du CD58 pour la fabrication des toits de pièges à Carabidae et le fer à béton de 2m pour les sondages pédologiques.

Merci au laboratoire Terrana Nièvre pour sa mise à disposition d'une loupe binoculaire et d'une paillasse afin de déterminer mes Carabidae. Merci à toute l'équipe, en particulier Alex, pour votre accueil et votre curiosité sur mes petites bêtes.

Merci à Mathurin Carnet de la SHNA pour m'avoir accompagnée lors de l'étude des Carabidae et validé les déterminations des individus compliqués.

Merci à Yann Mozziconacci de l'ONF pour les échanges constructifs sur la gestion des forêts départementales.

Merci à la classe de LP FGPE pour l'entraide mutuelle et les bons moments passés ensemble.

Et enfin, merci à ma famille et mes amis pour leur soutien infaillible.

## Résumé

Le Conseil Départemental de la Nièvre est propriétaire de 360 ha de forêt et souhaite faire évoluer leur gestion afin de mieux prendre en compte la préservation de la biodiversité et de répondre aux problématiques que pose le dérèglement climatique.

La présente étude vise à déployer des protocoles sur plusieurs sites afin d'effectuer un premier diagnostic de la biodiversité, d'évaluer la sensibilité des sites au stress hydrique dans un contexte de fortes sécheresses fortes et récurrentes sur des forêts épargnées jusqu'à récemment et de mettre en place des suivis sur le long terme afin d'évaluer l'impact du dérèglement climatique sur la biodiversité et les milieux. Ces suivis pourront également servir à suivre l'effet de gestion.

Pour cela, quatre protocoles différents ont été mis en place sur trois sites forestiers : l'Indice de Biodiversité Potentiel, le Degré de Naturalité, le diagnostic de la réserve utile maximum et le suivi des Carabidae. Une ancienne peupleraie en cours de restauration a également fait l'objet d'un suivi de Carabidae. Ce présent mémoire s'attache à présenter les résultats principalement sur la forêt du Crot de la Voèvre, à Saint-Honoré-Les-Bains.

Les résultats montrent que la forêt du Crot de la Voèvre a plutôt un bon potentiel de biodiversité avec une naturalité assez élevée à préserver. Cependant de nombreux facteurs peuvent être améliorés comme le manque de maturité et de gros bois mort au sol. La forêt présente de fortes disparités en termes de réserve utile maximum. Le cortège de Carabidae identifiés reflète bien les conditions écologiques de la forêt.

Le deuxième volet de cette étude consiste à effectuer des orientations de gestion pour l'ensemble des forêts du Conseil Départemental de la Nièvre, sur les volets de l'adaptation au changement climatique, de la gestion forestière et de l'amélioration de l'accueil de la biodiversité. Dans un second temps des propositions ciblées pour la forêt du Crot de la Voèvre sont présentées.

# Sommaire

I. Introduction.....	1
II. Présentation de la structure.....	1
1. L'institution et son fonctionnement.....	1
2. Organigramme.....	1
3. Objectifs et missions du Service Patrimoine Naturel (SPN) du CD58.....	2
4. Politique forestière du Conseil Départemental de la Nièvre.....	2
III. Réalisation de l'étude.....	3
1. États des lieux.....	3
1.1 Présentation des forêts Départementales.....	3
1.2 États des connaissances naturalistes dans les forêts du Département.....	3
1.3 Climat actuel et futur :.....	3
1.4 La disponibilité en eau dans le sol.....	4
2. Diagnostic.....	5
2.1 Choix et présentation des sites d'études:.....	5
2.2 Choix des placettes d'étude.....	6
2.3 Matériels et méthodes.....	6
2.3.1 Présentation des protocoles.....	6
2.3.1.1 L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) et le Degré de Naturalité (DN).....	6
a) L'Indice de Biodiversité Potentielle.....	6
b) Le Degré de Naturalité.....	7
2.3.1.2 Le suivi des Carabidae.....	7
a) Le choix d'une famille d'insectes bio-indicateurs.....	7
b) Le choix d'une méthode adaptée aux objectifs poursuivis.....	8
2.3.1.3 L'estimation de la réserve utile maximum (RUM).....	8
2.3.2 Récapitulatif de l'échantillonnage :.....	9
3. Résultats.....	10
3.1 Résultats de l'IBP :.....	10
3.1.1 Rappel de l'échantillonnage.....	10
3.1.2 Résultats par placette.....	10
3.1.3 Résultats par facteurs.....	10
3.1.4 Analyse des résultats par type de peuplement.....	12
3.1.5 Focus sur les arbres porteurs de dendromicrohabitats (DMH) à partir des données des relevés déplafonnés.....	12
3.1.6 Focus sur le bois mort dans la forêt du Crot de la Voèvre.....	13
3.1.7 Focus sur les Très gros bois (TGB).....	14
3.1.8 Bilan bois mort et très gros bois.....	14
3.1.9 Focus sur la diversité en essences.....	14
3.2 Résultats Degré de Naturalité.....	15
3.3 Bilan IBP et DN.....	16
3.4 Résultats du suivi des Carabidae.....	16
3.4.1 Données issues des deux premiers passages au Crot de la Voèvre.....	16
3.4.2 Écologie des Carabidae trouvés au Crot de la Voèvre.....	17
3.4.3 Comparaison avec les autres sites suivis :.....	18
3.4.4 Risques de biais.....	18
3.4.5 Données annexes.....	19
3.4.6 Bilan Carabidae.....	19
3.5 Résultat des sondages pédologiques .....	19
3.5.1 Calcul de la réserve utile maximale.....	19
3.5.2 Comparaison des résultats obtenus avec la carte du réservoir utile maximale (RUM) utilisée dans ClimEssence.....	20
3.5.3 Hydromorphie du sol.....	20

3.5.4 Bilan RUM.....	21
3.6 Participation au suivi des mares au bois malade et dans des prairies à proximité.....	21
4. Analyses et propositions de gestion intégrant les données et conclusions de l'ensemble des protocoles.....	21
4.1 Analyse critique de la gestion de l'ONF sur les forêts départementales étudiées.....	21
4.2 Orientations de gestion générale pour les forêts du département.....	21
4.2.1 Diversifier la forêt en essences.....	22
a) Changement climatique et diversification en essences.....	22
b) Introduction d'essences exotiques.....	22
c) Les mécanismes potentiels d'adaptation des forêts.....	23
potentiels.....	23
d) Le rôle des espaces protégés.....	23
4.2.2 Favoriser la régénération naturelle des forêts.....	23
4.2.3 Réfléchir à expérimenter la migration assistée.....	24
4.2.4 Adapter la charge du peuplement aux capacités du sol en termes de réserve utile.....	24
4.2.5 Poursuivre la conversion des forêts en futaie irrégulière.....	24
4.2.6 Mettre en place des aires de conservation sur au moins 10 % de la forêt certifiée, conformément au référentiel FSC.....	24
4.2.7 Mettre en place des îlots de sénescence, réseau d'espaces en libre évolution.....	24
4.2.8 Conserver la richesse des forêts en dendromicrohabitats.....	25
4.2.9 Restaurer le bois mort au sol et le bois mort sur pied.....	25
4.2.10 Préserver la qualité des sols.....	26
4.2.11 Restaurer la naturalité des forêts.....	26
4.2.12 Développer un réseau de mares dans les forêts.....	26
4.2.13 Effectuer des suivis de la biodiversité et du milieu.....	26
4.2.14 Prévenir le risque incendie.....	27
4.3 Propositions de gestion ciblées pour la forêt de Saint-honoré-les-Bains (annexe 28).....	27
4.3.1 Récapitulatif des enjeux particuliers de la forêt de Saint-honoré-les-Bains.....	27
4.3.2 Propositions pour le volet gestion sylvicole et dérèglement climatique.....	27
4.3.3 Propositions de gestion pour le volet hydrique.....	28
4.3.4 Propositions de gestion pour le volet biodiversité.....	28
4.3.5 Propositions de gestion pour le volet accueil du public.....	29
IV. Analyse critique.....	29
V. Conclusion.....	30
VI. Bibliographie.....	31
VII. Annexes.....	34
Table des annexes.....	34

## Index des figures

Figure 1: Ce graphique est issu du rapport du GIEC de 2022, résumé pour les décideurs. () Il compare les niveaux de risque pour six atteintes aux écosystèmes selon le nombre de degré de réchauffement. GIEC, Summary for Policymakers IPC CAR6 SYR, 2023, 36p.....	4
Figure 2: Sur cette carte de la réserve utile maximale, plus on va dans le bleu foncé, plus la RUM est forte. Plus on est dans le rouge, plus la RUM est faible. « Copyright CNPF/ONF, tous droits réservés » www.climessences.fr.....	5
Figure 3 : Carte de la forêt du Crot de la Voèvre avec l'échantillonnage des placettes IBP ainsi que de leur scores respectifs, en pourcentages.....	10
Figure 4: Représentation graphique du score des placettes de l'IBP peuplement et gestion en fonction de l'IBP contexte. Ce graphique est issu du tableur de saisie des données édité par le CNPF. ....	10
Figure 5: Ce graphique est édité avec le tableur du CNPF. Il permet d'effectuer une analyse par facteurs. Dans les colonnes du tableau "Scores IBP", ne pas tenir compte des surfaces indiquées, qui ne sont pas valables dans le cas d'un échantillonnage typologique) mais seulement des pourcentages.....	11
Figure 6 : Boite à moustache représentant les scores IBP par type de peuplement, Forêt du Crot de la Voèvre.....	12
Figure 7: Cette boîte à moustache permet d'identifier les types de DMH qui sont les plus représentés au sein de l'échantillon des 13 placettes.....	12
Figure 8: Ce graphique affine l'analyse de la richesse en DMH sur chaque placette.....	12
Figure 9 : Les données en histogramme correspondent aux nombres de gros bois morts au sol relevés et les points aux diamètres maximums mesurés.....	13
Figure 10: Les données en histogramme correspondent aux nombres de gros bois morts sur pied relevés et les points aux diamètres maximums mesurés.....	13
Figure 11: Représentation du nombre de très gros bois vivant au diamètre supérieur à 67,5 cm et leur diamètre maximum relevé sur chaque placette.....	14
Figure 12 : Carte représentation la répartition et l'abondance des Bmg sol, Bmg pied et TGB pour toutes les placettes inventoriées. Lecture : La placette CV 10 contient une quantité importante de TGB vivant (8) peu de Bmg sol (1) et aucun Bmg pied. Forêt du Crot de la Voèvre.....	14
Figure 13: Diagramme représentant le nombre de placettes dans lequel une essence est trouvée.....	15
Figure 14: Diagramme du nombre d'essences pour chaque placette.....	15
Figure 15: Graphique des résultats du Degré de naturalité.....	15
Figure 16: Résultat par critère du DN pour l'ensemble des placettes.....	16
Figure 17: Loges de pics dénombrés avec le BN. Comparaison avec l'IBP.....	16
Figure 18: Résultats en nombre d'individus par espèce.....	17
Figure 19: Richesse spécifique.....	17
Figure 20: Richesse spécifique par piège par typologie de l'autécologie des espèces.....	17
Figure 21: Exigences écologiques des espèces de Carabidae du Crot de la Voèvre.....	17
Figure 22: Comparaison des résultats de Carabidae pour les 4 sites étudiés.....	18
Figure 23: Calcul de la RUM.....	19
Figure 24: Carte de la RUM pour les 4 sondages. Les points sont proportionnels à la taille de la RUM.....	19
Figure 25: Carte de la RUM centrée sur la forêt du Crot de la Voèvre (cercle rouge). « Copyright CNPF/ONF, tous droits réservés » www.climessences.fr.....	20

## **Index des tableaux**

Tableau 1: Tableau récapitulatif de l'échantillonnage des différents protocoles dans la forêt du Crot de la Voèvre.....	9
Tableau 2: Tableau des marques d'hydromorphies du sol pour les 4 sondages de la forêt du Crot de la Voèvre.....	20
Tableau 3: Tableau comparatif des préconisations en arbres habitats et en arbres morts, de l'ONF (6), du référentiel FSC (42), de l'ouvrage Naturalité des eaux et forêts (52) et de SYLV'ACCTES(51).....	25

## I. Introduction

La préservation des forêts est aujourd'hui mise en danger par le dérèglement climatique en cours, causé par l'intensification des activités humaines depuis la révolution industrielle. Le réchauffement de la planète s'effectue avec une extrême rapidité qui met en difficulté l'adaptation des écosystèmes. La biodiversité forestière est la grande oubliée dans la majorité des stratégies d'adaptation des forêts alors que sa conservation est indispensable au maintien des services écosystémiques. (8) Pour les espèces forestières, la pression du dérèglement climatique se rajoute aux autres pressions anthropiques exercées en forêt par les activités extractives de bois et le raccourcissement du cycle de la sylvogénèse. En effet, entre 25 à 50 % des espèces saproxyliques, qui dépendent du bois mort pour leur cycle de vie, sont menacées d'extinction (6) et 40 % des oiseaux forestiers ont besoin de cavités pour se reproduire. Les insectes sont très peu étudiés en forêt même dans les sites protégés alors qu'ils représentent 90 % des espèces forestières. (55)

Le Conseil Départemental de la Nièvre est propriétaire de 360 ha de forêts et a souhaité engager une réflexion sur l'évolution de la gestion de ses forêts afin de répondre aux enjeux multiples de préservation du patrimoine naturel, des services écosystémiques et de l'adaptation au changement climatique. Mon alternance s'inscrit dans cette démarche et a pour objectif d'apporter des réponses à la problématique technique suivante : **comment favoriser la biodiversité et la résilience des forêts départementales dans un contexte de changement climatique ?**

Ma mission d'apprentissage porte sur l'amélioration des connaissances sur les forêts départementales pour une meilleure prise en compte des enjeux de biodiversité et de la vulnérabilité des habitats forestiers face aux changements climatiques. Elle se décline en deux objectifs principaux :

- ◆ Évaluer la biodiversité forestière et les milieux par la mise en place de suivis naturalistes dans les forêts départementales, avec également pour objectif à long terme de pouvoir documenter l'impact du changement climatique et d'établir des corrélations entre les différents paramètres.
- ◆ Proposer de nouvelles orientations politiques de gestion sylvicole pour le CD 58 face à l'enjeu de préservation de la qualité patrimoine forestier dans la Nièvre.

## II. Présentation de la structure

### 1. L'institution et son fonctionnement

Le Conseil Départemental de la Nièvre (CD 58) est une collectivité territoriale issue de l'acte 1 de la décentralisation en 1982. Juridiquement, le Département est considéré comme une personne morale de droit public. Le **président du CD** est l'organe exécutif. Les décisions sont votées par **l'Assemblée départementale** et les **Commissions permanentes** prennent des décisions par délégation de l'Assemblée.

Les conseils départementaux possèdent des compétences obligatoires et facultatives. **La politique de préservation du patrimoine naturel dépend de la compétence « aménagement du territoire et environnement »**. Juridiquement les espaces naturels sensibles (ENS) ont été créés lors de la loi sur la protection de la nature de juillet 1976. Cet outil a été attribué aux conseils départementaux en 1985 ; le CD 58 l'a mis en oeuvre dès 1991.

### Le Budget de la collectivité :

Le budget prévisionnel de la Direction du développement territorial, dont dépend le Service Patrimoine Naturel (SPN) s'élevait à 3,7 M€ pour les dépenses de fonctionnement et 2,5M€ pour les dépenses d'investissement pour 2022.

Le Service Patrimoine Naturel est financé par la Taxe d'Aménagement anciennement la TDENS (Taxe Départementale pour les Espaces Naturels Sensibles). Pour la Nièvre le taux est fixé à 1,5 %, ce qui correspond en moyenne à 700 000 € par an. Il est réparti à 1,12 % pour le CD et 0,38% pour le CAUE de la Nièvre (Conseil d'architecture, d'urbanisme et d'environnement).

### 2. Organigramme

Voir l'annexe 1 pour l'organigramme général du CD 58 et annexe 2 organigramme DGA

Le service patrimoine naturel comprend une cheffe de service, une chargée de mission biodiversité, un chargé de mission espaces naturels sensibles, une secrétaire en charge de la comptabilité du service, de l'animation de l'agenda nature et des appels à projets biodiversité dans les collèges, un chargé de mission itinérance à vélo, deux apprenties et une stagiaire.

### 3. Objectifs et missions du Service Patrimoine Naturel (SPN) du CD58

#### Rapide historique des temps forts de la politique Biodiversité du Département :

- 1991 : instauration de la politique ENS
  - 2018 : validation de la Stratégie Départementale et Partenariale pour la Biodiversité
  - 2020 : validation de la Stratégie d'adaptation au changement climatique
  - 2021 : colloque des 30 ans de la politique ENS, avec affichage de 4 nouvelles orientations politiques.
- En 2022, suite à la concertation citoyenne « Imagine la Nièvre », 30 engagements ont été pris par le CD58 dont l'engagement 24 « Poursuivre une politique d'acquisition et de sauvegarde de la biodiversité forestière ». Cela implique une stratégie d'acquisition foncière d'espaces clés de la biodiversité forestière et s'appuie sur le renforcement du réseau de forêts dont le Département est déjà propriétaire.

- **Les Espaces Naturels Sensibles**

Le Schéma Directeur des ENS, initié en 1996, fait l'objet d'une révision entamée en 2022. Actuellement, **22 ENS** sont gérés (820 ha) dont **7 à dominante forestière** et **15 ouverts au public, qui bénéficient d'animations natures**. La gestion de ces espaces peut être assurée en régie ou déléguée à un partenaire par le biais de convention comme avec le CEN Bourgogne (CENB) et le Parc Naturel Régional du Morvan (PNRM), ou l'ONF pour les forêts départementales relevant du régime forestier.

- **Biodiversité** : le SPN mène régulièrement des études sur la biodiversité des ENS et effectue des actions d'accompagnement et de sensibilisation à la prise en compte de la biodiversité dans la Nièvre. La mise en œuvre de deux protocoles d'évaluation de la biodiversité forestière a été initiée dans les forêts départementales en 2022 : l'indice de Biodiversité Potentielle (IBP) et le Degré de Naturalité (DN).

A titre d'exemple, en 2021, le SPN a mené une étude (37) sur la zone humide du domaine de la Beue à Varennes-Vauzelles pour évaluer le bilan hydrique en utilisant notamment le modèle de Biljou et proposé des projections climatiques sur différents scénarios. (29) En 2022, plusieurs protocoles LigéO (53) ont été déployés sur 4 ENS pour suivre l'évolution des zones humides à moyen et long terme ; ils reposent sur la caractérisation de la flore (niveau d'engorgement), de l'humidité du sol (pédologie) et des variations des niveaux d'eau de la nappe d'accompagnement / souterraine peu profonde enregistrés par des piézomètres.

#### 4. Politique forestière du Conseil Départemental de la Nièvre

Historiquement, le CD58 a acquis des forêts depuis 1978, certaines dans un objectif de préservation du patrimoine naturel et d'autres dans le but d'être une vitrine des pratiques de gestion durable et de soutenir la filière bois sur le territoire. Les aménagements forestiers initiés en 2007 répondent à cet objectif et orientent une majorité des forêts dans la conversion en futaie irrégulière. Les forêts ont été certifiées PEFC (Pan European Forest Certification) et FSC (Forest Council Stewardship) et sont soumises au régime forestier. L'ONF est l'assistant de gestion pour le CD58.

**Le CD58 s'oriente actuellement vers une politique de préservation écologique de ses forêts**, avec l'engagement 24 « Poursuivre une politique d'acquisition et de sauvegarde de la biodiversité forestière » dans le cadre de la concertation citoyenne « Imagine la Nièvre ».

Récemment, le CD 58 s'est engagé dans une démarche de **conservation de la biodiversité forestière** avec la mise en place d'îlots de sénescence en zone Natura 2000, avec 9 ha engagés en 2021 sur le mont Préneley. Cela s'accompagne d'une **amélioration des connaissances naturalistes et scientifiques** sur les forêts départementales. Une réflexion globale a été engagée avec l'ONF pour systématiser l'irrégularisation du traitement des massifs forestiers départementaux.

Les élus du CD 58 se sont engagés à acquérir et/ou conserver 1 000 ha de forêt dans le cadre de la stratégie d'adaptation aux changements climatiques. Les acquisitions vont porter sur des « hot spots » de biodiversité d'habitats forestiers ou de milieux associés comme les zones humides et les tourbières ou encore des zones stratégiques pour les corridors écologiques.

Sur l'ensemble de ces questions, le Département travaille avec un réseau d'acteurs locaux reconnus : l'ONF, le PNR Morvan, les Groupements forestiers citoyens, le CEN Bourgogne, le Conservatoire Botanique National du Bassin Parisien (CBNBP).

### Dépenses et recettes pour les forêts

Les forêts départementales rapportent annuellement 7 500 € au titre de la location des baux de chasse. Les coupes de bois permettent des recettes variables selon les années avec par exemple 35 000 € pour l'année 2022, et 34 000 € pour les îlots de sénescence. Pour l'année 2021, à contrario les recettes sont seulement de 7 363 €. Les dépenses concernent les travaux sylvicoles, les coupes de bois, l'assurance, les travaux de restauration, les acquisitions foncières de nouvelles parcelles... Pour l'année 2021, les dépenses s'élèvent à 10 000 € pour le fonctionnement et 45 000 € pour l'investissement.

## III. Réalisation de l'étude

### 1. États des lieux

#### 1.1 Présentation des forêts Départementales

**Le Département possède 360 ha de forêts réparties sur 7 sites :** le Mont Préneley, le Briot, le saut du Gouloux, le Crot de la Voèvre, le Bois Bidault, le Bois malade et la Peupleraie de Decize. (*annexe 2*) Le Chêne sessile, le Chêne pédonculé, le Charme commun et le Hêtre font partie des essences principales rencontrées sur les forêts.

**Cinq forêts font l'objet de plans d'aménagements :** le Mont Préneley (2) pour la période 2011-2030, le Bois Bidault, le Bois malade, le Briot et le Crot de la Voèvre pour la période 2008-2027 (50). Auparavant, seule la forêt du Crot de la Voèvre avait fait l'objet d'un aménagement effectif de 1980 à 2007, qui visait alors à une conversion en futaie régulière de chênes et de hêtres. Sur l'ensemble des forêts, les aménagements actuels visent à convertir les peuplements en futaie irrégulière, à l'exception du Bois malade, des parcelles en régénération au Crot de la Voèvre et de certaines parcelles au Mont Préneley. Deux sites sont dépourvus de plans d'aménagement forestier : le Saut de Gouloux sur lequel un travail est cependant engagé avec la commission départementale de la nature, des paysages et des sites ; la peupleraie de Decize qui est en cours de requalification en milieu humide boisé, les peupliers malades ayant fait l'objet d'une exploitation en 2022-2023.

#### 1.2 États des connaissances naturalistes dans les forêts du Département

En 2022, sur la peupleraie de Decize les volets flore et pédologie du protocole LigéO (33) ont été effectués ainsi que des inventaires des odonates et des lépidoptères.

En 2022, les protocoles Degrés de Naturalité (52) et Indice de Biodiversité Potentiel (28) ont été commencés sur la forêt du Crot de la Voèvre et du Briot.

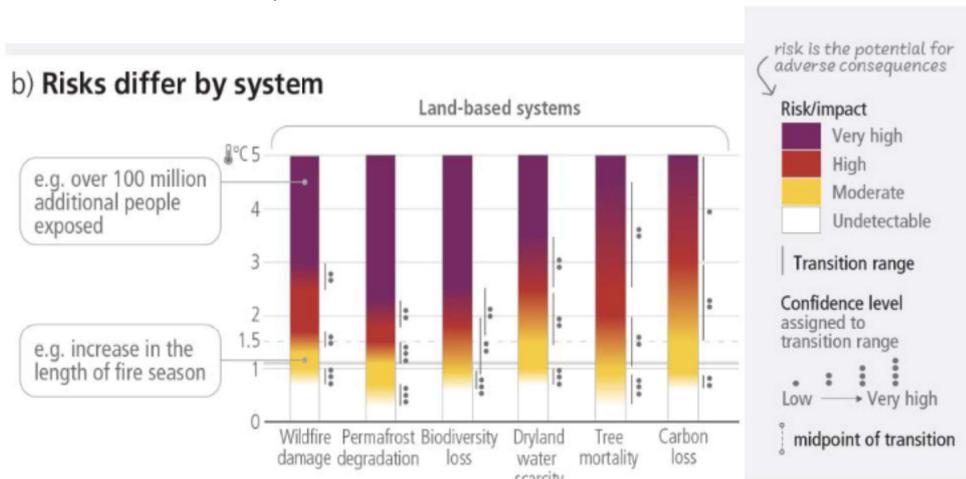
En 2022 et 2023, des inventaires ornithologiques ont été réalisés sur les ENS départementaux, dont les massifs forestiers.

Le Mont Préneley intègre une partie de la tourbière du port des Lamberts classée Réserve Naturelle Régionale. De plus il contribue fortement à l'alimentation hydrique de la tourbière. À ce titre, Le PNRM a étudié le fonctionnement hydrologique du site et l'impact de la desserte forestière. Par ailleurs, en 2020, le PNR du Morvan a identifié et diagnostiqué les forêts matures et a inventorié les coléoptères saproxyliques en 2022. Depuis 2011, l'ONF effectue le suivi sanitaire des hêtraies par placettes permanentes.

#### 1.3 Climat actuel et futur :

Le dérèglement climatique entraîne cinq perturbations majeures sur les écosystèmes forestiers : la hausse des températures, l'intensification des aléas climatiques, la modification des précipitations, la modification des saisons et le changement d'aires de répartition des espèces. (51) D'après le GIEC, les forêts risquent de subir des dégradations et des dépérissements massifs à cause du changement climatique et des pressions anthropiques.

Ces impacts sont déjà en cours et pour exemple en 2021, l'IGN a constaté une augmentation de 30 % du stock d'arbres de moins de 5 ans morts sur pied. (7) Le dépérissement de la forêt amazonienne fait partie des 15 points de bascules identifiés. De plus le GIEC souligne que « la sauvegarde de la biodiversité et des écosystèmes est fondamentale pour un développement résilient au changement climatique, compte tenu des menaces qu'il fait peser sur eux et de leur rôle dans l'adaptation et l'atténuation (confiance très élevée) ». (1) En effet, les forêts sont également des solutions d'atténuation et d'adaptation au changement climatique par les services écosystémiques qu'elles rendent : puits de carbone, réserve de biodiversité, meilleure infiltration de l'eau/plus faible ruissellement, épuration de l'eau, ressource durable (énergie, construction), microclimat forestier plus frais, amélioration de la qualité de l'air etc.



La biodiversité apparaît comme plus menacée que les arbres puisqu'elle va déjà subir à faible réchauffement des conséquences négatives très élevées.

Figure 1: Ce graphique est issu du rapport du GIEC de 2022, résumé pour les décideurs. (1) Il compare les niveaux de risque pour six atteintes aux écosystèmes selon le nombre de degré de réchauffement. GIEC, Summary for Policymakers IPC CAR6 SYR, 2023, 36p.

#### La Nièvre comprend deux zones climatiques distinctes :

- ◆ À l'ouest le Val de Loire et le Centre Nièvre sont caractérisés par un climat continental sous influence océanique avec comme moyennes annuelles des températures de 10 à 12°C et des précipitations entre 700 et 900 mm.
- ◆ À l'est le Morvan connaît un climat montagnard avec pour moyennes annuelles des températures qui varient entre 8 et 10°C et des précipitations entre 1200 et 1600 mm.

#### Les tendances évolutives (20)

Entre les deux périodes 1959-1968 et 2009-2018 le réchauffement est de + 1°C pour l'Ouest de la Nièvre et de + 1,5°C dans le Morvan. Cette différence est le témoin d'un réchauffement climatique plus intense dans les zones de montagnes. Selon le scénario pessimiste RCP 8.5, en 2050 : l'augmentation de la température atteindra +2° à + 2,5°C. Le nombre de jours d'été où la température maximale dépasse les 25°C est actuellement compris entre 30 et 40 jours et pourrait doubler. Les vagues de chaleurs vont passer de 15 jours à 1,5 mois. On va assister à une division par deux des jours de gels.

Les précipitations seront relativement stables en quantité mais avec un déséquilibre de leur répartition : une augmentation des précipitations en hiver et une baisse en été, automne et printemps. Ces évolutions climatiques vont s'accompagner d'un fort impact sur la ressource en eau avec une diminution des débits des rivières de 10 % à 30 %, une augmentation de l'évapotranspiration de 17 % à 32 %. Au final, l'évolution du climat impliquerait une modification saisonnière avec une saison estivale et une saison des pluies.

#### 1.4 La disponibilité en eau dans le sol

La réserve utile est déterminante pour le nombre de jours sans précipitations supportés par les essences en place. En effet selon la capacité de la réserve utile, le seuil critique pour le stress hydrique des arbres arrive plus ou moins rapidement. Les conséquences pour les végétaux en place, pour la micro et macrofaune du sol dépendent donc de cette réserve utile en période de sécheresse. Cette carte de la réserve utile maximale est focalisée sur la Nièvre. Elle est issue du projet ClimEssences (13) qui se base sur les données de l'European Soil DataBase avec une résolution de 1 km, qui prend en compte les deux types de sols majoritaires pour chaque pixel. La fonction de pédo-transfert utilisée est celle d'AL Majou et al, calée sur le triangle européen à 5 textures.

Dans le département de la Nièvre, on constate de fortes disparités en termes de réserve utile maximale, le Morvan étant caractérisé par des RUM plus faibles, s'expliquant par sa géologie granitique.

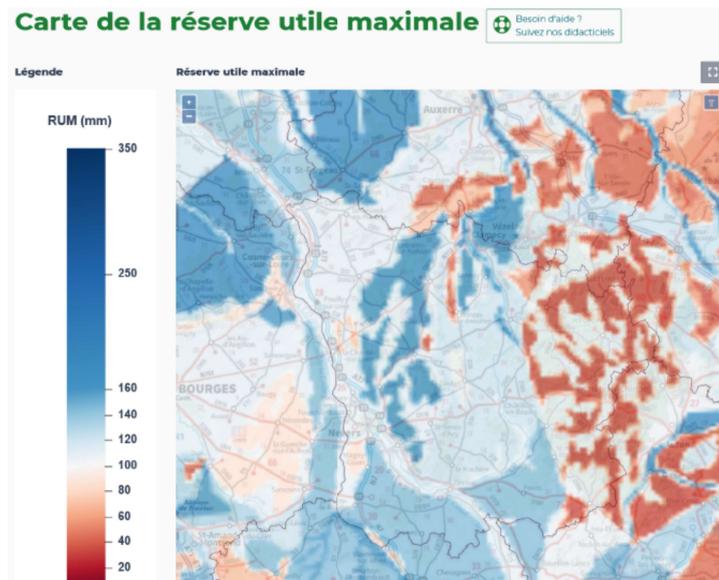


Figure 2: Sur cette carte de la réserve utile maximale, plus on va dans le bleu foncé, plus la RUM est forte. Plus on est dans le rouge, plus la RUM est faible. « Copyright CNPF/ONF, tous droits réservés » [www.climessences.fr](http://www.climessences.fr)

Cependant, si cette résolution permet de dégager des tendances à l'échelle de grands massifs forestiers ou de régions forestières, elle est en revanche trop faible pour réaliser des analyses précises à l'échelle d'une parcelle. (13) En effet, les sols minoritaires ne sont pas pris en compte, les variations micro-topographiques non plus et la profondeur du sol est classiquement sous-estimée pour les sols forestiers. De plus le modèle ne prend pas en compte l'influence de la topographie sur les apports en eau.

## 2. Diagnostic

Pour répondre à la problématique posée, j'ai effectué une étude comparative de 10 protocoles différents. (15) Quatre protocoles différents ont été validés en interne : un suivi indirect de la biodiversité avec l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) et le Degré de Naturalité (DN), un

suivi direct avec la famille des Carabidae comme taxon indicateur et un diagnostic hydrique du milieu avec des sondages pédologiques pour calculer la réserve utile disponible pour les peuplements en place et plus globalement l'écosystème.

### 2.1 Choix et présentation des sites d'études:

J'ai privilégié les sites forestiers ayant été peu suivis jusque-là, en sélectionnant une certaine diversité de milieux et en tenant compte des contraintes de distance. Le site de Decize s'est rajouté à la liste dans le but d'effectuer un suivi du milieu et d'améliorer la connaissance du site avant la rédaction du futur plan de gestion. Au final, les protocoles ont été déployés sur les 4 sites suivants : (annexe 3)

**Le Crot de la Voèvre, Saint-honoré-les-Bains** : C'est une forêt de 62 ha. Elle est située aux portes du PNRM, dans une zone Natura 2000, une ZNIEFF de type I et une ZNIEFF de type II. Elle est située géologiquement sur des argiles vertes, localement sableuses. Il s'agit d'un ancien taillis sous futaie. L'essence dominante est le chêne, accompagnée par le hêtre et le charme en sous-étage.

**Le Bois malade, Vitry-Laché** : Cette forêt de 92 ha est située dans le Bazois, à proximité des étangs de Baye et de Vaux. Elle est concernée par une ZNIEFF de type I et une de type II. On y trouve principalement des chênes, avec un surtaillis de charme, qui est également présente en arbres de franc pied, des merisiers et des trembles. Il s'agit d'un ancien taillis sous futaie.

**Le Saut de Gouloux, Gouloux** : Le site de 9 ha est situé sur une faille géologique à la confluence entre la Cure et le Caillot dans le PNRM. Une faille géologique a créé une cascade sur le Caillot d'où le Saut de Gouloux. C'est un site classé loi 1930, en espace naturel sensible et concerné par une ZNIEFF de type I et une de type II. Le Saut de Gouloux est également d'intérêt historique pour les activités anciennes de flottage de bois. Il s'agit de l'ENS le plus fréquenté du Département, avec 50 000 à 80 000 visiteurs par an. La forêt abrite une forte diversité de milieu. En effet, le long du Caillot, un peuplement d'épicéas subsiste rive gauche, rive droite une plantation d'essences mélangées a eu lieu suite à une coupe rase d'épicéas scolytés en 2016. Des chênes, charmes, hêtre, bouleaux poussent avec difficulté sur les pentes avec des blocs de granit. Sur le plateau on retrouve un peuplement de feuillus. Jusqu'à présent le site ne fait pas l'objet d'un aménagement forestier.

**La peupleraie de Decize** : Il s'agit d'une ancienne prairie humide de 32 ha qui a ensuite été mise en culture de maïs puis des peupliers ont été plantés dans les années 70 avec des replantations dans les années 90. Des problèmes de faible croissance et de dépérissements très importants se sont rapidement manifestés. Le choix a été de restaurer la zone humide initiale par des coupes de peupliers et le rebouchage des drains sur 2,8ha du site. Cette restauration s'est accompagnée de la création de mares favorable aux amphibiens et à la Cistude d'Europe, dont l'une des six populations de Cistude de Bourgogne est située à 1,5 km du site.

## 2.2 Choix des placettes d'étude

Les sites sont d'une superficie trop importante pour pouvoir mettre en œuvre les protocoles sur la totalité de leur surface. C'est pourquoi le choix a été fait de mettre en place des placettes d'étude représentatives des différents peuplements pour l'Indice de Biodiversité Potentielle et le Degré de Naturalité. Les placettes de piégeages pour le suivi des Carabidae sont déterminées sur une sélection au jugé des placettes de l'IBP. L'échantillonnage des placettes sera détaillé dans les parties suivantes relatives aux différents protocoles.

Le nom des placettes commencent par les lettres caractéristiques du site (CV, BM, SG, D) et s'en suit par une numérotation aléatoire.

## 2.3 Matériels et méthodes

### 2.3.1 Présentation des protocoles

#### 2.3.1.1 L'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) et le Degré de Naturalité (DN)

Ces protocoles permettent d'effectuer des suivis indirects des forêts, c'est-à-dire basés sur les habitats, avec une méthode d'évaluation standardisée pour pouvoir effectuer des comparaisons avec d'autres peuplements et évaluer leur évolution à moyen et long terme.

**a) L'Indice de Biodiversité Potentielle** a été conçu par Laurent Larrieu et Pierre Gonin en 2008 (24) et a depuis été actualisé régulièrement. J'ai mis en œuvre la version v3.0 qui date de mars 2022, la plus récente en date. Il permet d'évaluer la capacité d'accueil de la forêt pour la biodiversité. L'IBP repose sur sept facteurs liés au peuplement : la diversité en essences autochtones, la structure verticale de la végétation, les bois morts sur pied de grosse dimension, les bois morts au sol de grosse dimension, les très gros bois vivants, les arbres vivants porteurs de dendromicrohabitats et les milieux ouverts florifères. Trois facteurs liés au contexte viennent compléter le protocole à savoir les milieux aquatiques, les milieux rocheux et la continuité temporelle de l'état boisé. Ce dernier facteur correspond à l'ancienneté de la forêt, c'est-à-dire une forêt qui n'a pas fait l'objet de défrichement depuis le minimum forestier au début du XIXe siècle. On la détermine en se référant aux cartes de l'état-major (1820-1866), aux photographies aériennes pour la période plus récente, ainsi qu'aux indices de changement d'occupation des sols.

Pour chaque facteur un score de 0, 1, 2 ou 5 est possible selon les seuils définis par le protocole. Par exemple, pour le facteur diversité en essence, la présence est évaluée au niveau du genre taxonomique et non de l'espèce : 5 genres différents ou plus donnent le score 5, 3 à 4 genres le score 2, 2 genres le score 1 et 1 genre le score 0. Le score final est obtenu en additionnant les notes des 10 facteurs. Le meilleur score possible est 50, mais pour faciliter la lecture, les scores sont présentés en pourcentages. Plus la note du peuplement est élevée, plus sa capacité à accueillir la biodiversité l'est également.

Il est possible d'effectuer les relevés de manière plafonnée ou déplafonnée. En plafonnant, on s'arrête de compter lorsqu'on atteint le score maximal de l'IBP, par exemple lorsqu'on dénombre 5 genres d'essences différentes. Lorsque l'on déplafonne les relevés, on compte tous les éléments ciblés par les facteurs, par exemple on cherchera à dénombrer toutes les essences présentes sur la placette au-delà de 5. On peut également mettre en œuvre un déplafonné partiel en choisissant des plafonds pour certains facteurs ou certains éléments. (23) Déplafonner les relevés prend plus de temps sur le terrain mais en contrepartie cela permet d'analyser plus finement les données notamment dans le cas de suivi à long terme.

Au cours de mon alternance, j'ai mis en œuvre l'IBP dans 4 forêts départementales et son déploiement sera poursuivi dans les autres forêts. J'ai effectué les relevés de façon déplafonnée pour tous les facteurs (sauf pour les notes 1 des facteurs de bois morts et de très gros bois). J'ai proposé un échantillonnage typologique pour

lequel il est recommandé de définir 5 à 8 placettes représentatives par type de peuplement (28). Pour cela sur QGIS, à partir d'une grille de points aléatoires, j'ai réalisé une présélection de placettes en me basant sur les cartes de peuplement issues de l'Aménagement de l'ONF tout en évitant les zones perturbées. (15). L'échantillonnage doit couvrir au minimum 10 à 20 % de la surface totale pour avoir une représentativité statistique. J'ai suivi une formation d'une journée sur l'IBP avec Céline Emberger dans le cadre des rencontres FSC.

**b) Le Degré de Naturalité** a été développé par Magalie Rossi au WWF (52) en 2013. Il vise à estimer la naturalité de la forêt et l'impact anthropique. Le DN est initialement plutôt destiné à des forêts préservées, à forte naturalité (52). Si à court terme il peut se révéler être un outil d'analyse moins précis pour la gestion, il permettra à moyen et long terme de mesurer l'amélioration de la préservation des forêts et le retour potentiel à une plus forte naturalité. Il permet également de prendre du recul par rapport aux scores favorables obtenus par certaines placettes avec l'IBP. En effet l'IBP se réfère à la biodiversité ordinaire des forêts gérées et le DN au bon état écologique de forêts subnaturelles. Le DN se met en œuvre également sur des placettes de 1 ha et je l'ai déployé sur les mêmes placettes que pour l'IBP. Le DN permet d'obtenir deux niveaux d'analyses en effectuant deux calculs différents. Les indices génériques sont calculés en routine et sont destinés à toutes les forêts qu'elles soient gérées ou non. Pour les forêts subnaturelles qui atteignent des scores très élevés, il est également possible de calculer les indices hauts-lieux pour affiner l'analyse. (52)

Le protocole est composé de deux indices. L'indice de naturalité (IN) est basé sur 8 critères qui reflètent les 8 qualités écologiques élémentaires pour le fonctionnement des forêts naturelles et agissent en clé de voûte pour le soutien de la biodiversité. Il s'agit de la diversité en essences, (à l'espèce et non au genre), de l'indigénat, de la diversité des microhabitats des arbres, de la complexité structurale, de la maturité, de la dynamique naturelle de l'écosystème, de la continuité temporelle des forêts, des vieux bois et de l'ancienneté de la forêt. On retrouve certains critères communs à l'IBP, mais ce sont bien souvent les seuils qui diffèrent. Ainsi on prend en compte comme critère de maturité dans ce protocole les très très gros bois (TTGB) (leur diamètre est déterminé par rapport à la hauteur maximale du peuplement et varie globalement de 90 à 110 cm) et non les très gros bois (TGB). À noter que pour l'évaluation des microhabitats, ce protocole se base sur la typologie de Larieu et Gonnin de 2008 (52). Elle est donc différente de la version utilisée actuellement par l'IBP qui est la typologie européenne de 2017 (11).

L'indice d'empreinte humaine (IE) mesure l'empreinte humaine sur plusieurs périodes historiques : ancienne (médiévale, gallo-romaine), 1800-1960 concernant les déboisements et les usages ; l'empreinte contemporaine avec la gestion forestière actuelle ; les empreintes plus globales comme le défrichement, la fragmentation des forêts, l'introduction d'espèces envahissantes, le dérèglement climatique.

Pour l'IBP et le DN, j'ai eu besoin du matériel suivant : un compas forestier, une chaînette relascopique, un télémètre, un appareil photo et des fiches de relevé. (*annexe 4* et *annexe 5*)

### **2.3.1.2 Le suivi des Carabidae**

#### **a) Le choix d'une famille d'insectes bio-indicateurs**

La famille des Carabidae, aussi appelés carabiques, appartient à l'ordre des Coléoptères et s'identifie avec des critères bien précis (*annexe 7*). En France 1320 espèces de Carabidae, appartenant à 13 sous-familles, ont été répertoriées. Leur taille peut varier de 1 mm à 40 mm. Le cycle de vie se déroule sur une année pour la majorité des espèces de prairies et sur plusieurs années pour les espèces forestières. Certaines espèces peuvent voler et d'autres sont dépourvues d'ailes. La très grande majorité des espèces sont des prédatrices de petits invertébrés. (19)

Les Carabidae sont des **insectes bio-indicateurs**. En effet ils sont sensibles à la variation du milieu au niveau du sol, à la présence de micro-habitats, à l'abondance de leurs proies et à l'hygrométrie du milieu. Selon les espèces la capacité de dispersion est variable, pouvant être très faible pour celles qui n'ont pas d'ailes. L'évolution des cortèges d'espèces permet donc de mesurer l'évolution des habitats, la continuité forestière et le fonctionnement de l'écosystème par leur rôle de prédateurs et les variations d'hygrométries du milieu. Leur étude revient donc à effectuer des **suivis directs du milieu**. De fait, avec le changement climatique, les conditions d'accueil de la biodiversité optimale diagnostiquée avec des indicateurs comme l'IBP ne refléteront plus forcément une diversité spécifique réelle et la présence d'un cortège d'espèces complexe lié à l'habitat

forestier étudié. Le taxon à étudier doit pouvoir comporter des espèces sensibles à différentes conditions de milieu et avoir un positionnement clé au sein des réseaux trophiques. Les Carabidae répondent bien à ces exigences. En effet, les Carabidae sont très sensibles à la perte de couvert forestier, qui entraîne une augmentation de la température et une baisse de l'humidité ne serait-ce que par la forte diminution de la microfaune que cela entraîne. Par exemple, une étude au Québec a montré la modification du cortège des espèces forestières suite à des problématiques de défoliation d'érable. (16)

#### **b) Le choix d'une méthode adaptée aux objectifs poursuivis**

La méthode d'inventaire des Carabidae est standardisée, (43) mais on trouve plus de retour d'expérience en milieu agricole (38, que forestier. Ceci-dit, plusieurs études ont été réalisées dans des forêts (22, notamment en réserve naturelles (26,5,31), dans des peupleraies (18), dans les forêts des pays de la Loire (30) et de Bretagne (14,19). Ce taxon est également utilisés pour mesurer l'impact des coupes rases en forêt. (16)

Ce suivi a pour objectif de comparer dans le temps l'évolution des cortèges de Carabiques en fonction des changements climatiques et des perturbations causées par la gestion. Pour cela, il était important de couvrir géographiquement l'ensemble de la forêt et de répartir les placettes de suivi selon les différents peuplements et les caractéristiques stationnelles (zones humides, ou plus sèche). Cependant de par le choix de couvrir les abords des cours d'eaux, certains emplacements de pièges présentent des différences d'hydromorphies au sein d'une même placette. Le protocole a été conçu comme un outil pour le gestionnaire et n'a pas pour but de réaliser un inventaire faunistique exhaustif ni d'effectuer des recherches sur l'autécologie des espèces.

Pour répondre à cet objectif, l'idéal aurait été de pouvoir mettre en place 4 pièges (espacés de 20 à 40 m) par placettes et environs 5 à 6 placettes de suivi par forêt. Pour cause de contraintes de temps et de logistique, nous avons retenu 2 pièges par placettes (le minimum afin d'avoir un réplicat et de limiter les risques de pertes de données en cas d'incident sur un piège) et de 3 à 5 placettes selon les sites. La distance entre les pièges doit être de 20 à 30 m afin qu'ils soient considérés comme des réplicats indépendants (5) La densité de piège à l'hectare est en moyenne de 0,3 pièges à l'ha pour les 4 sites étudiés. Le protocole Carabidae a été mis en œuvre sur une sélection au jugé de placettes représentatives des différents peuplements. Les placettes elles-mêmes sont celles issues de l'échantillonnage typologique de l'IBP.

Suite à mes différentes analyses bibliographiques, j'ai choisi le rythme de 3 passages par an pour contacter les espèces printanières et estivales. (43) Le premier passage a été effectué début avril à mi-avril ; le deuxième mi-mai à début juin et le dernier mi-juillet à fin juillet. Les pièges utilisés sont des pièges Barber qui se composent d'une écocup enterrée au ras du sol et remplie d'un mélange de saumure avec du produit vaisselle. Une protection est installée dessus pour éviter que le piège déborde en cas de pluies importantes. (annexe 10). Les pièges sont relevés 15 jours après leur installation. Le suivi devrait dans l'idéal être mis en œuvre 3 années consécutives afin d'établir une base de données solide pour identifier le cortège d'espèces caractéristiques de chaque site avant d'être reproduit tout les 5 ans pour permettre d'effectuer le suivi du milieu. (43)

Pour déterminer les espèces, j'ai réalisé une liste des espèces potentielles de la Nièvre à partir de plusieurs sources bibliographiques. Je me suis appuyée sur plusieurs guides de détermination (bibliographie pour la détermination des carabidae). J'ai pu bénéficier d'un accompagnement sur les espèces délicates à déterminer par Mathurin Carnet, entomologiste professionnel à la Société d'Histoire Naturel d'Autun (SHNA-OFAB). (annexe 20)

Matériel utilisé : 32 écocups, protections transparentes avec tiges filetées (fabriquées par les services techniques), gros sel, flacons entomologiques de différentes tailles, alcool à 70°, bac de tri, pinces souples, liquide vaisselle bio sans parfum, loupe binoculaire, boîte de pétri, lampe, plantoir, petit tamis. (annexe 10 et 18)

#### **2.3.1.3 L'estimation de la réserve utile maximum (RUM)**

Ce protocole vise à évaluer la réserve utile maximale du sol selon les différentes stations afin de cartographier et d'anticiper les zones où l'impact des stress hydriques sera le plus déstabilisant pour les écosystèmes.

La réserve utile maximale correspond à la quantité d'eau maximale accessible et disponible pour les plantes que le sol est en capacité de contenir sur la profondeur maximale d'enracinement. La réserve utile maximum peut être comparée à un verre qui serait en capacité de contenir une certaine quantité d'eau. (13) Le verre est plus ou moins rempli selon les saisons et la pluviométrie. Les arbres ont des systèmes racinaires très puissants qui sont

potentiellement capables, selon les espèces, d'aller chercher l'eau très profondément dans le sol. Ainsi la profondeur maximale d'enracinement des arbres peut être facilement sous-estimée. Les sondages pédologiques s'effectuent traditionnellement autour de 1m de profondeur mais pour éviter de sous-estimer la réserve utile maximum, il est recommandé d'effectuer des sondages pédologiques les plus profonds possibles, d'au moins 1,50m. (36)

La RUM est calculée avec l'épaisseur de chaque horizon à la texture homogène auquel on applique un coefficient issu des classes de pédo-transfert d'Al Majou. (46) Le pourcentage d'éléments grossiers en surface et dans les horizons est également pris en compte. En effet, hormis des cas particuliers notamment avec celui de la craie, les éléments grossiers ne sont pas en capacité de retenir l'eau et diminuent donc par leur présence la capacité de la RUM. (46) La RUM est calculée avec la formule suivante :

$$RU = (1 - A_{roc}) \sum (1 - CC_i) \times (\Theta_{2,0}^i - \Theta_{4,2}^i) \times Ep_i$$

RU = réservoir utile du profil de sol en mm  
 A<sub>roc</sub> = proportion des affleurements rocheux à la surface du sol variant entre 0 et 1  
 CC<sub>i</sub> = proportion de charge en éléments grossiers de l'horizon i, variant entre 0 et 1  
 Θ<sub>2,0</sub><sup>i</sup> - Θ<sub>4,2</sub><sup>i</sup> = teneur en eau entre le point de flétrissement permanent et la capacité au champ en mm par cm de sol (voir classes de pédotransfert d'Al Majou)  
 Ep<sub>i</sub> = épaisseur de l'horizon i en cm

J'ai déterminé l'échantillonnage sur QGIS en positionnant des transects et en plaçant les points de relevés sur les lignes topographiques des forêts à intervalles réguliers. L'objectif est de faire un état des lieux global de la RUM dans la forêt. Des relevés supplémentaires seraient nécessaires notamment au Crot de la Voevre pour appréhender plus finement la répartition de la RUM à l'échelle de la forêt.

J'ai effectué les sondages pédologiques avec une tarière qui mesure 2,50 m lorsque toutes les rallonges sont utilisées. En cas de blocages dans la progression avec la tarière (cailloux, sol très compact) j'ai utilisé un fer à béton de 2 m de long afin de pouvoir sonder au mieux la profondeur. J'ai caractérisé pour chaque horizon les paramètres suivants : la texture, la proportion d'éléments grossiers, les couleurs avec la charte Munsell, les taches d'hydromorphie, la proportion de racines, la plasticité, l'adhésivité et la friabilité ainsi qu'un test à l'acide chlorhydrique. J'ai utilisé le protocole LigéO pour ce faire, dont j'ai légèrement modifié les fiches terrains pour les adapter aux besoins de prospection à une profondeur importante. Comme ce protocole a déjà été déployé sur 4 ENS du Département par Magalie Kerbouche (33) cela permet d'harmoniser la récolte des données pédologiques. Pour la détermination de la texture, je me suis appuyée sur le triangle de Jamagne. (36)

Matériel utilisé : acide chlorhydrique (HCl) dilué à 10 % , tige filetée de fer à béton longueur 2 m avec poignée soudée, tarière à rallonge permettant d'atteindre 2,50m, charte Munsell, couteau, mètre (5m), gouttière en plastique, fiches terrain (annexe 6)

### 2.3.2 Récapitulatif de l'échantillonnage :

Tableau 1: Tableau récapitulatif de l'échantillonnage des différents protocoles dans la forêt du Crot de la Voëvre.

Forêt	Commune	Surface (en ha)	Nombre de placettes IBP/DN	Surface inventoriée IBP/DN (en %)	Nombre de placettes Carabidae	Nombre de pièges Carabidae	Densité de piège à l'ha	Sondages pédologie
Bois malade	Vitry-Laché	92,03	16	17	5	10	0,1087	4
Crot de la Voevre	Saint-honoré-les-Bains	62,41	13	21	4	8	0,1282	4
Saut de Gouloux	Gouloux	9,41	4	43	4	8	0,8502	5
Peupleraie de Decize	Decize	31,61	1	NC	3	6	0,1899	NC

Globalement la pression d'échantillonnage est différente selon les sites, ce qui est à prendre en compte dans l'analyse des résultats. Cela s'explique par une volonté de couvrir les différents types de peuplements. Ainsi au saut de Gouloux, les types de milieux sont très différents malgré la petite taille du site. (annexe 7)

### 3. Résultats

Je ne présenterai ici que les résultats détaillés de la forêt du Crot de la Voëvre à Saint-honoré-les-Bains. Les autres résultats font l'objet d'un rapport interne pour le CD58.

#### 3.1 Résultats de l'IBP :

##### 3.1.1 Rappel de l'échantillonnage

Sur cette forêt il y a 13 placettes IBP de 1 ha chacune, ce qui représente 21 % de la surface totale de la forêt. Les placettes sont réparties dans 5 peuplements différents.

##### 3.1.2 Résultats par placette (annexe 11)

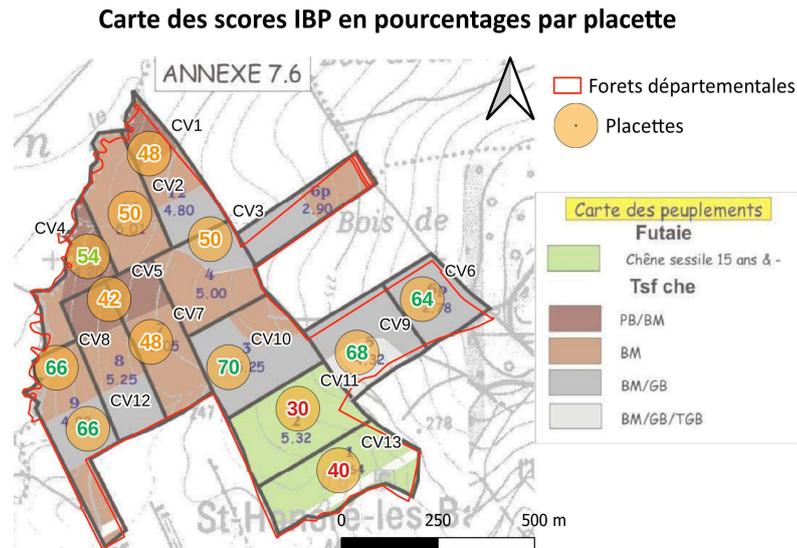


Figure 3 : Carte de la forêt du Crot de la Voëvre avec l'échantillonnage des placettes IBP ainsi que de leur scores respectifs, en pourcentages.

À l'échelle de la forêt, les placettes qui obtiennent les scores les plus importants se trouvent dans les peuplements de gros bois et très gros bois ainsi que dans un peuplement de bois moyen en bord de rivière (CV8). Les deux placettes qui obtiennent les plus mauvais scores (CV11 et CV13) se trouvent dans de très jeunes peuplements de 30 ans et moins, issues de plantation de chêne sessile en 1992.

La forêt du Crot de la Voëvre reflète une diversité de situations pour l'accueil de la biodiversité, avec un noyau de placettes qui obtient des scores assez favorables. En effet, on a 4 placettes avec un résultat IBP assez fort, 5 placettes avec un résultat IBP moyen et 2 avec un résultat IBP assez faible. Aucune placette n'a un résultat

jugé faible pour sa capacité à accueillir la biodiversité. Les placettes CV2 et CV9 se caractérisent en atteignant pratiquement un résultat fort au niveau des facteurs « contexte ». Elles ont donc un potentiel important d'accueil de la biodiversité en améliorant les facteurs « peuplements et gestion ».

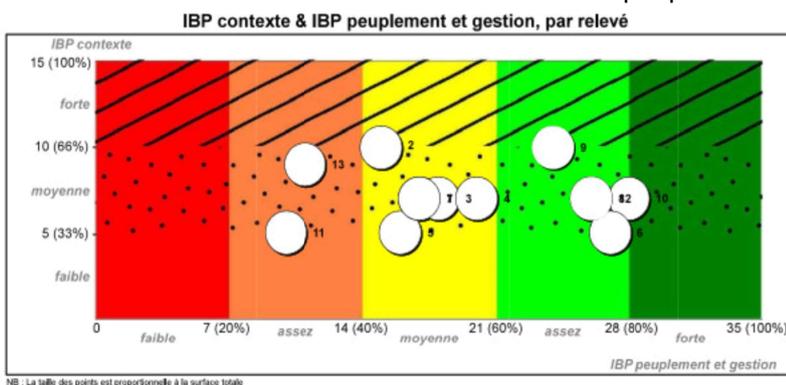


Figure 4: Représentation graphique du score des placettes de l'IBP peuplement et gestion en fonction de l'IBP contexte. Ce graphique est issu du tableur de saisie des données édité par le CNPF.

##### 3.1.3 Résultats par facteurs

La figure 5 détaille la répartition des scores de l'IBP par facteur pour l'ensemble des placettes de la forêt du Crot de la Voëvre. Les facteurs où un peu plus de la moitié des placettes obtiennent le score maximal sont la diversité en essences autochtones, les arbres porteurs de dendromicrohabitats les milieux ouverts florifères et la

continuité temporelle de l'état boisé. La forêt du Crot de la Voèvre a pour 54 % des placettes une diversité d'essence supérieure ou égale à 5 genres autochtones différents. Pour 48 % des placettes, le nombre de genres autochtones est compris entre 2 et 5. Pour le critère des arbres vivants porteurs dendromicrohabitats, le score maximal est atteint par 85 % des placettes. 100 % des placettes ont une forte continuité temporelle de l'état boisé, ce qui s'explique par le fait que toute la forêt est ancienne et n'a pas, à la connaissance du service patrimoine naturel, fait l'objet de travail du sol pour des opérations de plantations.

Les facteurs suivants ont un score intermédiaire majoritaire : Il s'agit des très gros bois vivants (entre 2 et 5 très gros bois repérés dans la placette), des milieux aquatiques (avec 1 type de milieu identifié) et de la structure verticale de la végétation (entre 3 et 4 strates en majorité). Les fortes carences de la forêt se trouvent dans le bois mort sur pied de grosse dimension : 54 % des placettes n'atteignent pas le seuil de diamètre 37,5 cm pour les arbres morts sur pieds et 38 % atteignent le seuil avec seulement entre 1 et 3 arbres recensés.

### Répartition de la surface totale des relevés en fonction de l'IBP

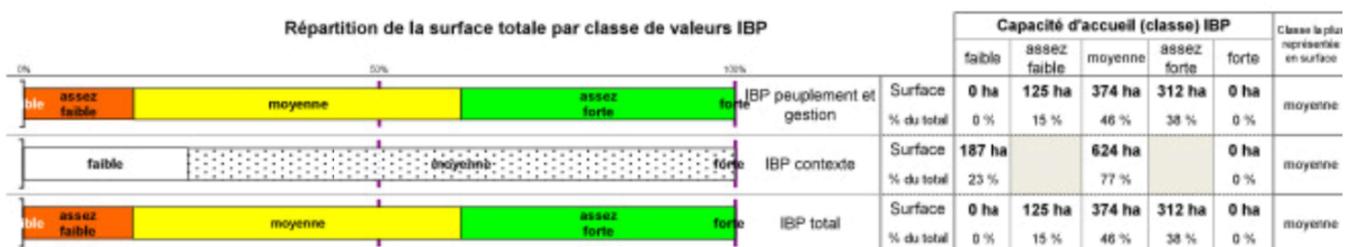
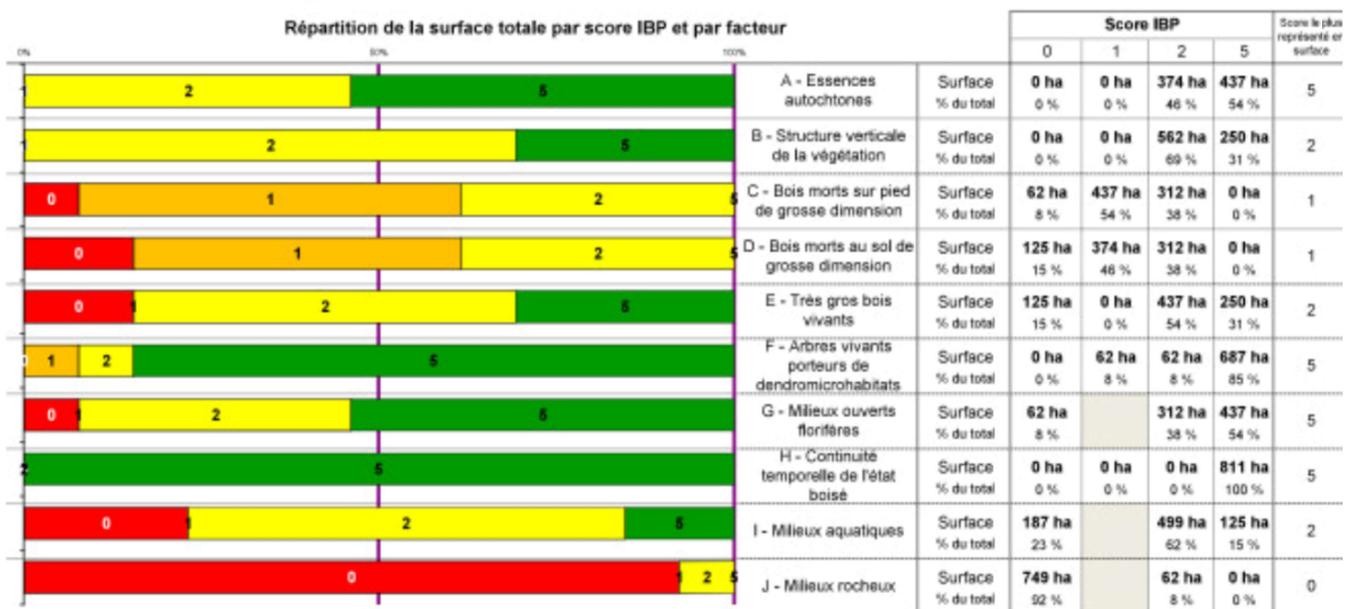
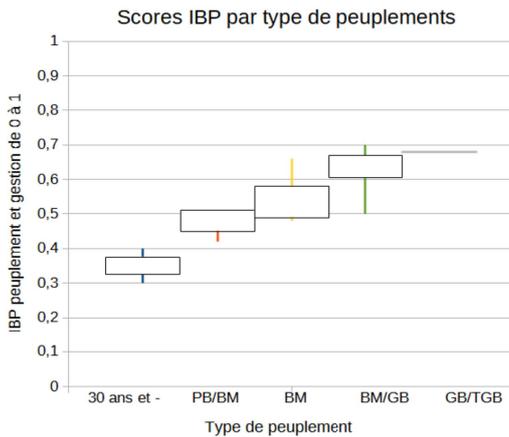


Figure 5: Ce graphique est édité avec le tableur du CNPF. Il permet d'effectuer une analyse par facteurs. Dans les colonnes du tableau "Scores IBP", ne pas tenir compte des surfaces indiquées, qui ne sont pas valables dans le cas d'un échantillonnage typologique) mais seulement des pourcentages.

Lecture : Pour le facteur diversité en essences, un peu plus de la moitié des placettes obtient la note maximale.

Pour le bois mort au sol, on peut constater un pourcentage équivalent à celui du bois mort sur pied pour le seuil intermédiaire mais on observe une dégradation pour le seuil plus faible. En effet, 2 placettes ne comportent pas de bois mort au sol d'un diamètre supérieur à 17,5 cm. **Pour ces deux critères concernant le bois mort, aucune des 13 placettes n'atteint le score maximum à savoir plus de 3 bois mort de grosse dimension (supérieur à 37,5 cm) sur pied ou au sol.** Enfin le résultat au niveau des milieux rocheux est très faible et s'explique par la configuration naturelle de la forêt.

### 3.1.4 Analyse des résultats par type de peuplement



On constate sur cette forêt que les placettes situées dans les peuplements les plus jeunes sont également celles qui ont les scores IBP les plus faibles. À l'inverse, les placettes situées dans des peuplements matures ont les scores IBP les plus importants. Ces résultats sont cohérents avec les études effectuées sur le sujet. (23) Les paragraphes suivants comportent une analyse des résultats focalisée sur plusieurs facteurs de l'IBP à savoir les dendromicrohabitats, les très gros bois, le bois mort au sol et sur pied et la diversité en essence.

Figure 6 : Boîte à moustache représentant les scores IBP par type de peuplement, Forêt du Crot de la Voèvre.

### 3.1.5 Focus sur les arbres porteurs de dendromicrohabitats (DMH) à partir des données des relevés déplafonnés

#### Comparaison de la représentation des types de DMH sur l'ensemble des placettes

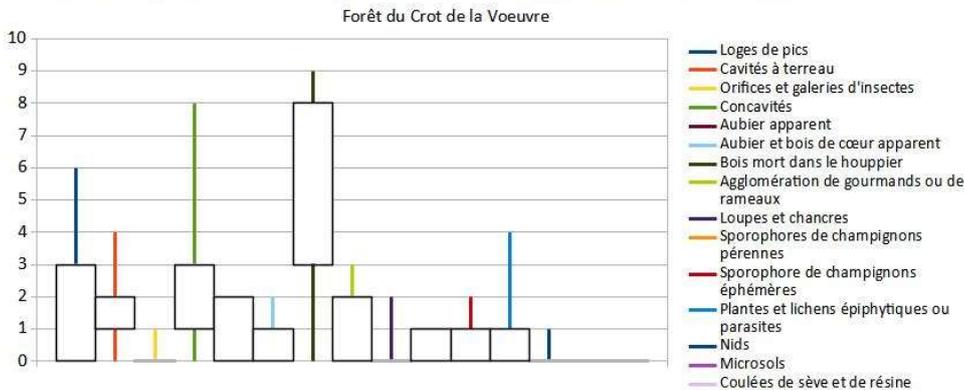


Figure 7: Cette boîte à moustache permet d'identifier les types de DMH qui sont les plus représentés au sein de l'échantillon des 13 placettes.

Sur 85 % des placettes, le score maximal est atteint pour le critère « arbres porteurs de dendromicrohabitats ». Les deux placettes qui n'obtiennent pas le score maximal sont constituées de peuplements très jeunes. Pour affiner la comparaison des placettes entre elles, j'ai réalisé une analyse plus approfondie des dendromicrohabitats sur arbres vivants, à partir des données déplafonnées. Les résultats sont présentés par

type de peuplement : 30 ans et moins, petit bois/bois moyen, bois moyen, bois moyen/gros bois, gros bois/très gros bois. Au sein de chaque type de peuplements, les placettes sont classées par leurs scores IBP, du plus faible au plus élevé.

Sur ce graphique, on peut identifier les types de DMH les plus fréquents dans la forêt : Le bois mort dans les houppiers, les concavités, les loges de pics et les cavités à terreau. Il existe une diversité notable d'autres types de DMH observés sur le terrain, bien qu'ils soient chacun peu fréquents, par exemple : l'aubier apparent, les agglomérations de gourmands et de rameaux, les sporophores de champignons éphémères et les plantes et lichens épiphytiques ou parasites

#### Somme des DMH relevés tout types confondus par placette

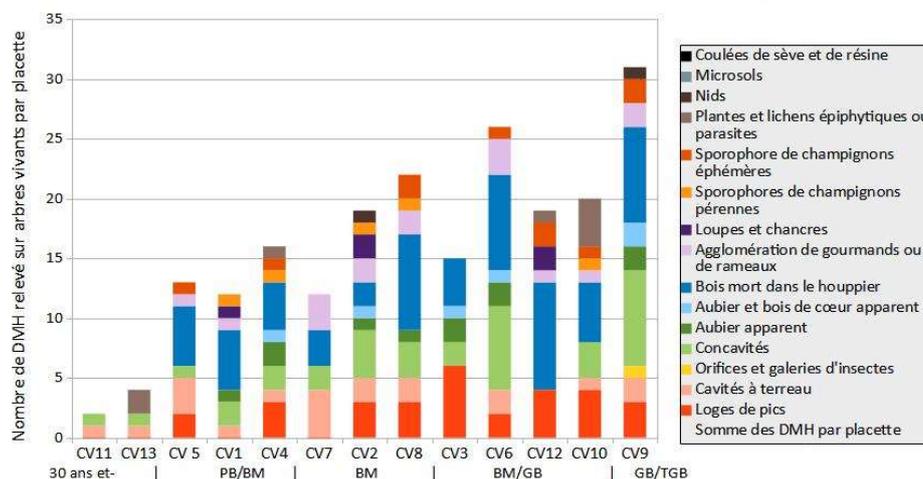


Figure 8: Ce graphique affine l'analyse de la richesse en DMH sur chaque placette.

lichens épiphytiques ou parasites (mousses, lierres, lianes). D'autres types sont clairement rares comme les orifices et galeries d'insectes, les loupes et chancre, les sporophores de champignons pérennes et les nids (diamètre > 50 cm). Ces types peu fréquents et rares sont à cibler pour l'amélioration des capacités d'accueil de la biodiversité de la forêt. Les microsols et les coulées de sève n'ont été identifiés sur aucune des placettes. Les microsols situés en hauteurs peuvent être

difficiles à détecter, leur absence n'est donc pas certaine. Les arbres porteurs de microhabitats patrimoniaux ou plus rares à l'échelle de la forêt sont donc à repérer et à préserver.

Sur la figure 8, on peut remarquer que plus on va vers des peuplements de gros bois, plus on constate une augmentation globale du nombre de DMH relevés. Selon le type de peuplement, on constate des variations importantes dans la richesse et la composition en DMH. Cependant, il existe d'importantes variations entre le nombre de types différents de DMH abritées par les placettes et cela (*annexe 12*) ne semble pas être en lien avec les types de peuplements.

### Conclusion sur les dendromicrohabitats

Les placettes étudiées dans la forêt du Crot de la Voèvre présentent une richesse importante en DMH par rapport aux références en forêts exploitées puisque la majorité obtient le score maximum pour ce critère dans l'IBP. De plus, grâce à l'analyse des relevés déplafonnés, des disparités importantes au niveau des types de DMH s'observent selon les placettes et selon les peuplements. Globalement et assez logiquement les peuplements les plus matures atteignent de plus grandes quantités et diversité de DMH comparativement aux peuplements plus jeunes. Cependant la diversité et le nombre des DMH varient fortement selon les placettes et résultent également des choix de gestion de préserver certains arbres sénescents, ce qui favorise le développement de microhabitats. Afin d'améliorer l'accueil de la biodiversité, des arbres de gros diamètres sont à favoriser ou à préserver dans l'ensemble des peuplements. Les arbres porteurs de microhabitats doivent également être préservés en ciblant en priorité les types plus rares à l'échelle de la forêt et ceux qui abritent des espèces protégées ou des espèces patrimoniales forestières (comme les pics, les chauves-souris, le grand capricorne, etc). (21)

### 3.1.6 Focus sur le bois mort dans la forêt du Crot de la Voèvre

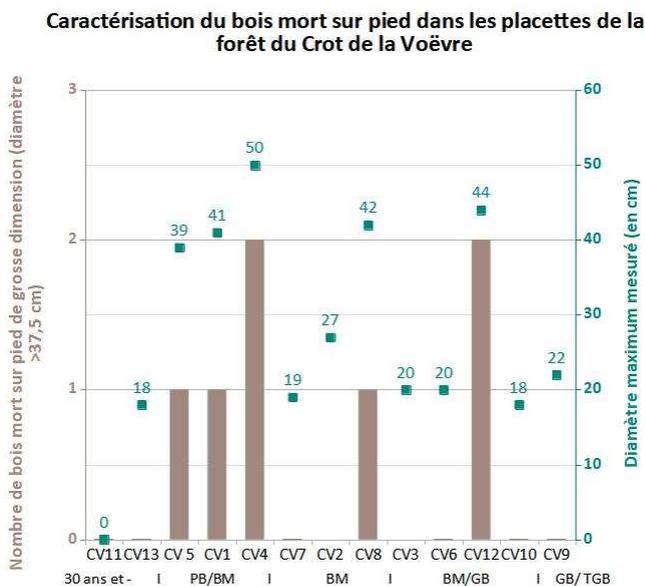


Figure 10: Les données en histogramme correspondent aux nombres de gros bois morts sur pied relevés et les points aux diamètres maximums mesurés.

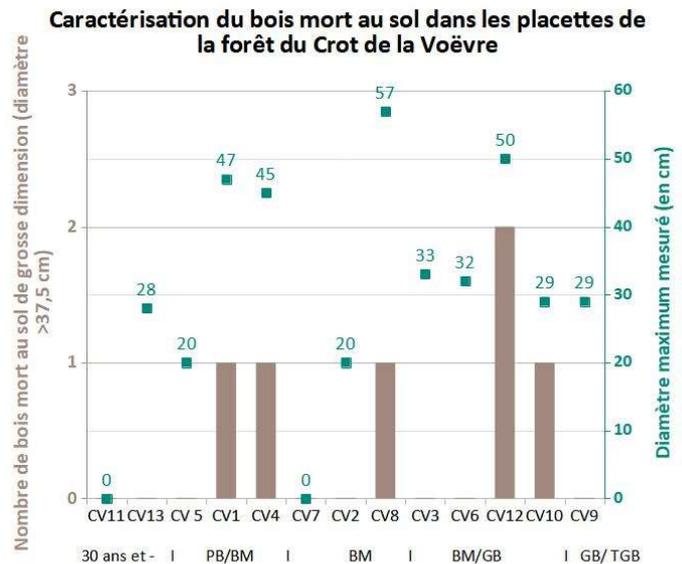


Figure 9: Les données en histogramme correspondent aux nombres de gros bois morts au sol relevés et les points aux diamètres maximums mesurés.

Sur ces graphiques, seuls les gros bois morts de diamètre supérieur à 37,5 cm sont comptabilisés. Dans le calcul de l'IBP, il faut 3 gros bois morts à l'hectare pour obtenir le score 5. Les bois morts moyens qui ont des diamètres compris entre 17,5 cm et 37,5 cm sont également comptabilisés. Leur seule présence donne le score le plus faible pour ce critère, c'est-à-dire 1. Ils reflètent peu les capacités d'accueil de la forêt pour la biodiversité, notamment pour les espèces qui ont besoin de diamètres de bois mort importants. C'est pourquoi je ne les ai pas comptabilisés dans ce graphique mais j'ai tout de même indiqué le diamètre maximum de bois mort atteint sur chaque placette, afin d'offrir une vision plus complète de ce facteur. La forêt du Crot de la Voèvre présente un déficit important en bois mort comparativement aux références en forêt exploitée. En effet, aucune des placettes étudiées n'atteint le score maximal pour le critère gros bois mort au sol ou gros bois mort sur pied.

CV12 est la placette la plus riche en bois mort sur pied et au sol. Ensuite CV4, CV1 et CV8 présentent au moins un gros bois mort de chaque type. Le diamètre le plus important pour les gros bois morts sur pied est de 50 cm (CV4) et de 57 cm (CV8). La distribution en bois mort ne semble pas varier selon le type de peuplements à l'exception de CV11 et CV13 qui ont des peuplements très jeunes. Cette distribution est assez marquée sur certaines placettes. Elle pourrait être expliquée par l'impact de la gestion mais je n'ai pu avoir accès à l'historique complet des coupes réalisées depuis la mise en place de l'aménagement forestier.

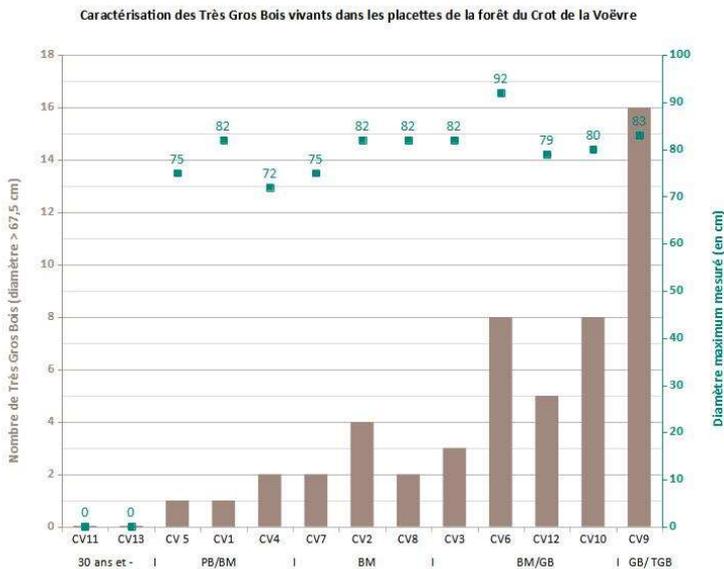


Figure 11: Représentation du nombre de très gros bois vivant au diamètre supérieur à 67,5 cm et leur diamètre maximum relevé sur chaque placette.

inventorié n'atteint les seuils de très très gros bois (TTGB) (52). Il serait intéressant de développer cette classe de peuplement à l'échelle de la forêt (accueil de la biodiversité, notamment des espèces rares, cycle du bois mort, rôle dans la fertilité, semenciers...).

### 3.1.7 Focus sur les Très gros bois (TGB)

Assez logiquement, le nombre de très gros bois augmente avec la maturité du peuplement mais il est intéressant de constater que même dans les parcelles de petit bois ou de bois moyens on relève en moyenne 2 TGB par hectare. Ceci résulte des choix de gestion passés lors de la régénération de ces parcelles forestières et probablement de l'historique ancien de gestion en taillis sous futaie. Ces pratiques de préservations de TGB dans des jeunes peuplements sont à préserver et à développer. En effet ces TGB permettent une hétérogénéité à l'échelle de la parcelle et ont une plus grande probabilité d'abriter des microhabitats. Par ailleurs, il est intéressant de constater que le diamètre de la majorité des TGB plafonne autour de 80 cm de diamètre, ce qui correspond au diamètre d'exploitabilité des TGB de l'ONF. À l'échelle de l'ensemble des placettes, aucun arbre

### Composition des placettes étudiées en gros bois mort au sol (BMg sol), gros bois mort sur pied (BMg pied) et très gros bois vivant (TGB)

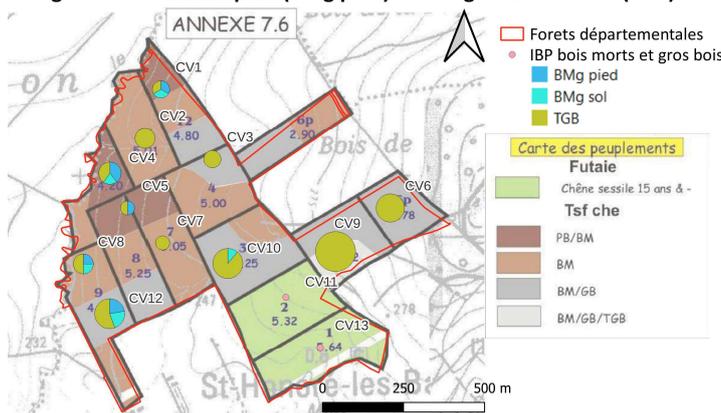


Figure 12 : Carte représentation la répartition et l'abondance des Bmg sol, Bmg pied et TGB pour toutes les placettes inventoriées. Lecture : La placette CV 10 contient une quantité importante de TGB vivant (8) peu de Bmg sol (1) et aucun Bmg pied. Forêt du Crot de la Voëvre.

### 3.1.8 Bilan bois mort et très gros bois

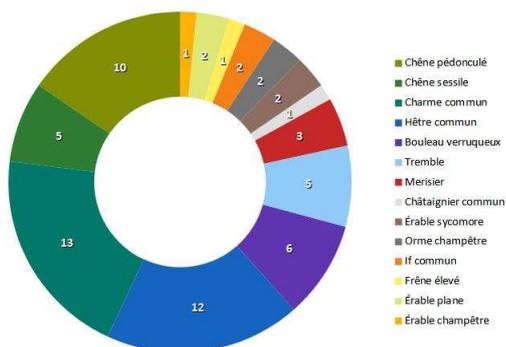
Cette carte nous permet de localiser les atouts et faiblesses des placettes en termes de très gros bois vivants et de gros bois mort.

Parmi les placettes riches en très gros bois vivants, CV12 est celle qui comporte le plus de gros bois mort au sol et sur pied. Au contraire les placettes CV9, CV6 et CV10 abritent beaucoup de très gros bois vivants mais quasiment pas de gros bois mort. CV1 et CV4 sont les placettes qui présentent une répartition égale de très gros bois vivants, et de gros bois morts au sol et sur pied, malgré les faibles quantités pour chaque catégorie. CV11 et CV13 n'abritent aucun bois dans toutes les catégories.

### 3.1.9 Focus sur la diversité en essences

Ce graphique traduit la présence ou l'absence de l'espèce au sein d'une placette et non le taux de recouvrement de l'espèce. Dans l'IBP, une espèce est comptabilisée à partir du moment où un individu de plus de 50 cm de hauteur est présent.

Fréquence des essences pour l'ensemble des placettes



Lecture : on retrouve le tremble dans 5 placettes

Figure 13: Diagramme représentant le nombre de placettes dans lequel une essence est trouvée.

Le Chêne est représenté dans l'ensemble des 13 placettes avec une prédominance du chêne pédonculé, ce qui traduit une certaine humidité stationnelle (49). Cependant il pousse potentiellement hors station dans certaines placettes de la forêt, c'est à dire dans des zones où les capacités hydriques lui sont insuffisantes. (50) Le cortège d'accompagnement est composé du Charme, du Hêtre, du Tremble et du Bouleau. Le Hêtre est globalement maintenu en sous étage mais on trouve de beaux individus dans les peuplements les plus âgés. 8 autres essences ont été identifiées ponctuellement dans certaines placettes, principalement celles où la régénération est récente.

Diversité d'essence présente dans chaque placette

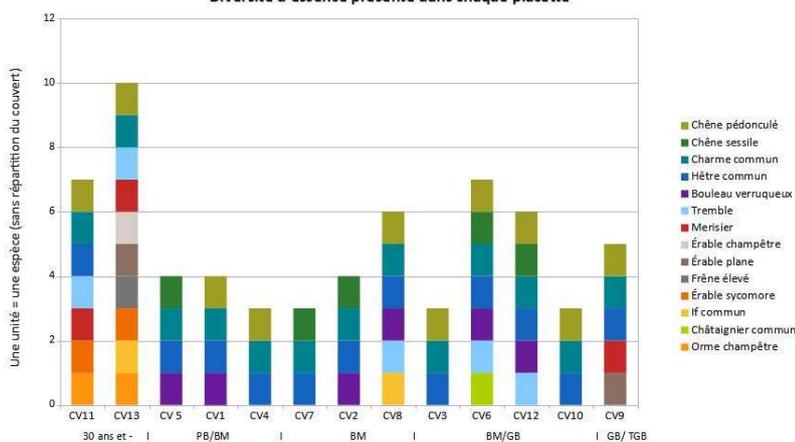


Figure 14: Diagramme du nombre d'essences pour chaque placette

CV6 est un cas un peu particulier puisque la placette abrite une zone de régénération naturelle d'environ 800 m<sup>2</sup> suite à des chablis de tremble. On y observe alors une régénération diversifiée. CV11 et CV13 présentent une forte diversité en essences qui s'explique par la régénération assez récente de ces parcelles et un moindre effet de la sélection par le gestionnaire forestier. En effet, pour les autres placettes, la perte de diversité en essences s'explique en grande partie par le martelage au profit du chêne (avec conservation d'un cortège d'espèce accompagnatrice) et également par la perte d'espèce pionnières comme le bouleau au fur et à mesure de la prise en maturité des peuplements. La compétition entre les arbres joue également un rôle au profit des essences dominantes et d'ombre comme le hêtre. Ceci-dit la diversité importante en essences trouvée dans CV11 et CV13 témoigne de certaines possibilités de résilience et de régénération spontanée de la forêt.

Résultats des placettes suivant l'indice générique de naturalité et l'indice générique d'empreinte humaine

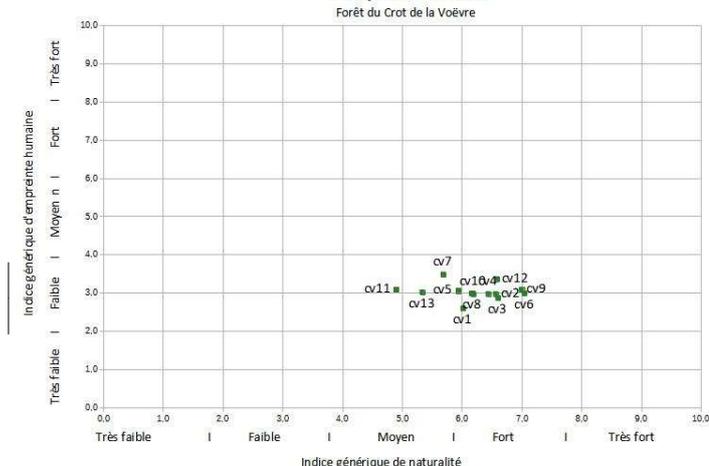


Figure 15: Graphique des résultats du Degré de naturalité

### 3.2 Résultats Degré de Naturalité

Dans l'ensemble, les placettes du Crot de la Voëvre atteignent des résultats plutôt bons grâce à une empreinte humaine faible et une naturalité assez élevée notamment en comparaison avec les sites étudiés par Magalie Rossi, qui sont à haute naturalité avec un indice générique de naturalité très fort. (annexe 8) Une majorité de placettes obtient un indice générique de naturalité fort et environ 1/4 des placettes un indice moyen. L'empreinte humaine est jugée faible. Les écarts entre les placettes semblent moins marqués que les résultats plus contrastés de l'IBP.

À l'échelle de la forêt, les points forts identifiés sur la figure 16 sont la diversité spécifique, la patrimonialité, l'indigénat et l'ancienneté. Les points moyens se trouvent dans les microhabitats, la structure et la dynamique. Le manque de maturité constitue le gros point faible de la forêt. (annexe 15)

**Boite à moustache représentant la dispersion des scores obtenus par critères pour l'ensemble des placettes**

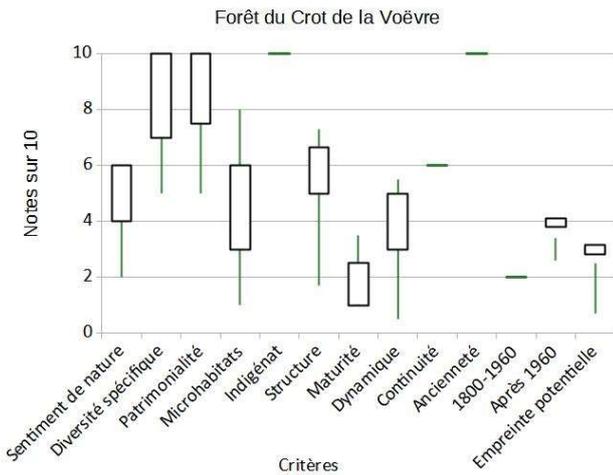


Figure 16: Résultat par critère du DN pour l'ensemble des placettes.

C'est donc principalement ces critères qu'il faut cibler pour améliorer la naturalité de la forêt. Ces résultats diffèrent sur certains points de ceux obtenus par l'IBP notamment en ce qui concerne la diversité spécifique et les microhabitats. La diversité spécifique ne suit pas le même calcul que celui mis en œuvre dans l'IBP. En effet, il faut plus de 6 essences pour obtenir la note de 10 mais on comptabilise les espèces et non plus les genre . De plus, le houx est comptabilisé dans les essences. La maturité est comptabilisée à partir du volume de bois mort au sol supérieur à 30 cm de diamètre, la présence de très très gros bois (TTGB) et l'âge du peuplement. Il n'y a aucun TTGB comptabilisé sur les placettes, le stock de bois mort est très faible et les peuplements sont principalement jeunes ou adultes.

Remarque: Le sentiment de nature et la patrimonialité ne sont pas pris en compte dans le calcul des indices étudiés précédemment. La patrimonialité permet de mettre en évidence la politique de conservation. Le sentiment de nature, reflète notre ressenti sensible et émotionnel en forêt mais reste subjectif par définition.

**Comparaison du comptage des loges de pics dans le DN et l'IBP.**

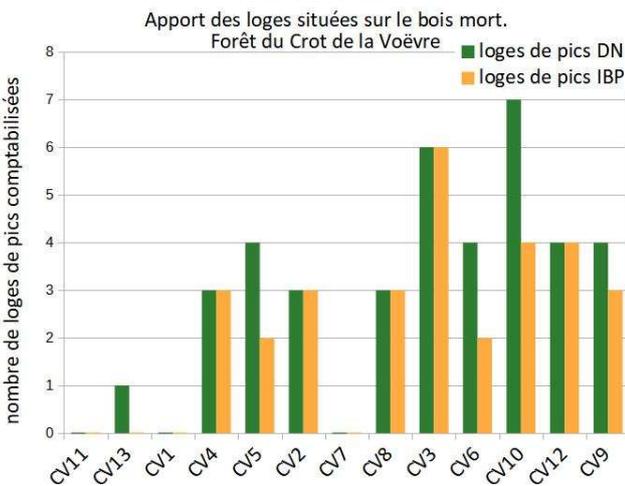


Figure 17: Loges de pics dénombrés avec le BN. Comparaison avec l'IBP.

Pour les microhabitats, la typologie utilisée est différente et les loges de pic présentes sur arbres morts ou vivant comptent pour presque 1/3 de la note. Sur le graphique suivant, on voit l'apport des loges de pics situées sur les arbres morts. Il n'y a pas de correspondance avec la présence de gros bois mort sur pied. En effet les loges sur bois mort ont été principalement repérées sur du bois de faible diamètre alors que sur les arbres vivants, elles se situent plutôt sur des gros bois ou des très gros bois. La conservation de gros bois mort sur pied est donc également un enjeu pour la conservation de l'avifaune cavernicole. Le pic épeiche, le pic épeichette et le pic cendré sont présents dans la forêt.

**3.3 Bilan IBP et DN**

Globalement la forêt du Crot de la Voëvre a des capacités d'accueil de la biodiversité moyennes à plutôt fortes. Les placettes avec les meilleurs scores se situent dans les peuplements de gros bois à très gros bois. Des coupes trop importantes dans ses peuplements feraient chuter le potentiel de la forêt. Les points forts de la forêt se trouvent dans les arbres vivants porteurs de microhabitats, l'ancienneté de la forêt, les milieux ouverts florifères et la présence d'essences autochtones. La présence de gros bois mort au sol et sur pied est en fort déficit sur la forêt. Cependant les résultats encourageants de l'IBP en termes de DMH sont à nuancer avec ceux obtenus pour le Degré de Naturalité, protocole destiné aux forêts à forte naturalité. La forêt est caractérisée par une empreinte humaine faible mais également par le manque de maturité et de dynamique de l'écosystème. Un bref aperçu des résultats sur les autres site est disponible en annexe. (annexe 13, 14 et 16)

**3.4 Résultats du suivi des Carabidae**

**3.4.1 Données issues des deux premiers passages au Crot de la Voëvre**

Au Crot de la Voëvre, j'ai collecté et déterminé au total 203 Carabidae appartenant à 13 espèces différentes. (annexe 17) Les 3 passages diffèrent entre eux de par la composition des cortèges d'espèces et l'abondance des

populations présentes. En effet, les deux passages printaniers apparaissent un peu plus diversifiés et avec des abondances relativement faibles sauf pour *Carabus nemoralis* déjà bien implanté sur l'ensemble de la forêt. On

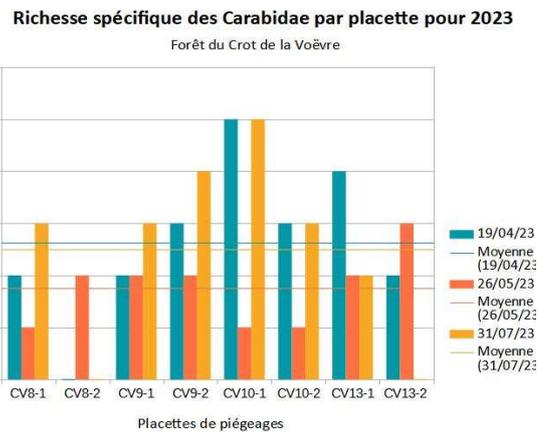
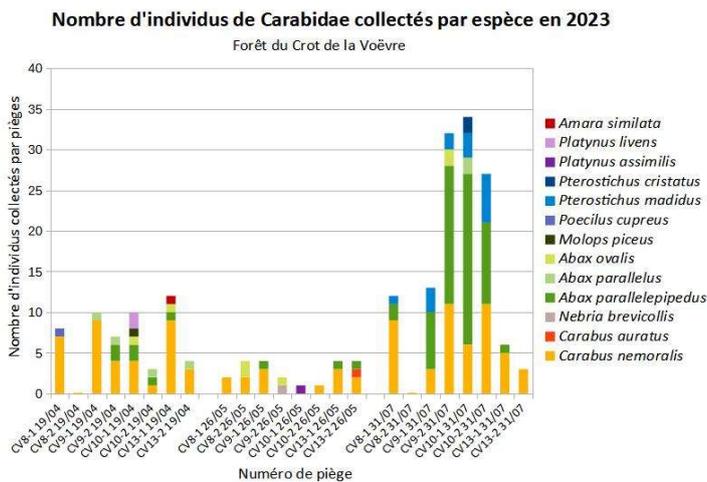


Figure 18: Résultats en nombre d'individus par espèce

Figure 19: Richesse spécifique

constate une diminution du nombre d'espèces capturées au cours du 2<sup>e</sup> passage par rapport au 1<sup>er</sup>. Cela peut s'expliquer en grande partie par des conditions météorologiques plus sèches et moins propices aux populations de carabiques notamment celles liées aux milieux humides et prédatrices des gastéropodes. Le 3<sup>e</sup> passage à contrario a bénéficié d'une météo humide et douce. Il se caractérise par une explosion de la population d'*Abax parallelepipedus* jusque-là disséminée sur la forêt et par l'apparition de deux nouvelles espèces non contactées auparavant : *Pterostichus madidus* et *Pterostichus cristatus*. Le premier est très commun en forêt ; au Bois malade et au Saut de Gouloux il est également contacté seulement lors du 3<sup>e</sup> passage ce qui pourrait laisser présager une préférence estivale. *Carabus nemoralis* a clairement une population abondante sur l'ensemble de la forêt, présente en toute saison. J'ai observé une espèce supplémentaire *Calosoma inquisitor* forestier et prédateur de chenilles qui n'a pas été attrapé dans les pièges.

### 3.4.2 Écologie des Carabidae trouvés au Crot de la Voëvre

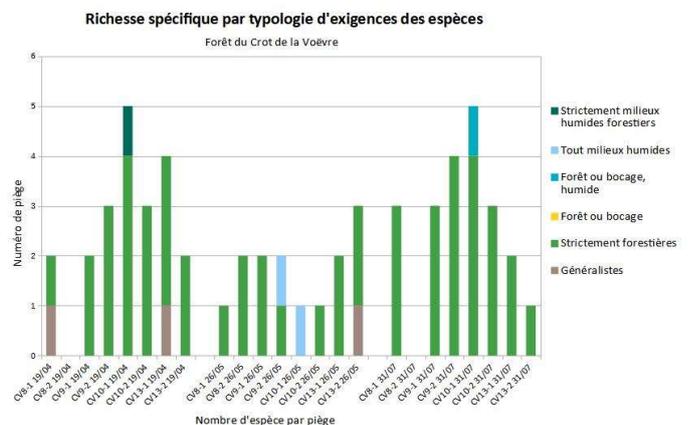
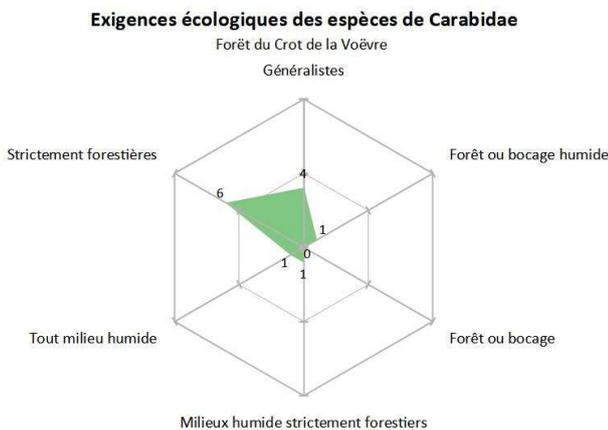


Figure 21: Exigences écologiques des espèces de Carabidae du Crot de la Voëvre

Figure 20: Richesse spécifique par piège par typologie de l'autécologie des espèces

J'ai établi ces graphiques après avoir réalisé une synthèse sur l'écologie des espèces trouvées dans la forêt (annexe 22). L'écologie de la forêt est bien marquée par le suivi des Carabidae. En effet, une majorité des espèces est forestière. Quelques-unes sont généralistes c'est-à-dire qu'elles se retrouvent dans tout type de milieu. Trois espèces sont fortement liées aux milieux humides et ont été trouvées sur CV9 et principalement sur CV10. Cette placette est traversée par un cours d'eau temporaire, bien présent l'hiver et en début de printemps mais rapidement à sec à partir de mai. La présence de *Platynus livens* et *Platynus assimilis*, liés tous deux aux milieux humides avec présence d'eau libre, traduit le rôle important exercé par ce cours d'eau. *Pterostichus cristatus* est quant à lui associé aux milieux plus frais. Le renforcement du jeu de données pourra permettre de mieux caractériser le cours d'eau et son écosystème. *Abax parallelepipedus* est une espèce à large amplitude peu indicatrice. Cependant, une étude menée en forêt de Fontainebleau a mise en évidence que les 3 *Abax* étaient caractéristiques des forêts matures, et que plus les *Abax parallelepipedus* devenaient dominants, plus on

était en présence d'un peuplement âgé. *Carabus nemoralis* peut être trouvé en abondance dans des forêts à faible continuité spatiale, au contraire de *Carabus violaceus* qui nécessite des grands massifs forestier. (16)

### 3.4.3 Comparaison avec les autres sites suivis : (annexe 19 , 21)

Les 3 passages donnent lieu à d'importantes variations d'abondance des populations selon les sites. Au total, pour l'ensemble des sites, ce sont 396 individus piégés appartenant à 33 espèces différentes. La richesse spécifique correspond au nombre d'espèces observées. Le site du bois malade concentre de loin la plus importante richesse spécifique avec 19 espèces alors que c'est sur ce site que la pression d'échantillonnage est la plus faible. Sur ce site, une espèce supplémentaire trouvée hors des pièges est à rajouter : *Elaphrus cupreus* qui est un carabique semi-aquatique trouvé hors du protocole sur les bords de la mare de CV12.

Le Saut de Gouloux présente des conditions climatiques montagnardes. Au premier passage la majorité des individus n'étaient probablement pas encore sortis de leurs loges hivernales. Le nombre d'individus augmente

fortement lors du deuxième passage. Si ces périodicités se confirment sur les prochaines années de passage, l'évolution de ce paramètre sera intéressante à observer avec le changement climatique. Au saut de Gouloux une espèce exclusivement montagnarde a été trouvée : *Harpalus laevipes*. Ainsi que d'autres espèces à tendance montagnarde comme *Licinus hoffmannseggii*, *Pterostichus oblongopunctatus*, À la Peupleraie de Decize, le site était très fortement inondé au premier passage, ce qui a pu retarder l'émergence ou la recolonisation par d'autres espèces. Malgré un petit pic au deuxième passage, le nombre d'individus contactés reste très faible, avec néanmoins une richesse spécifique

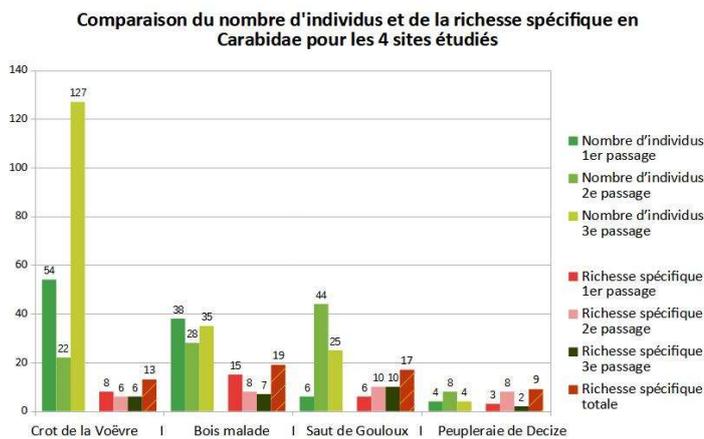


Figure 22: Comparaison des résultats de Carabidae pour les 4 sites étudiés

importante. La population semble très dispersée et le cortège ne semble pas encore pouvoir être identifiable même s'il reflète pour le moment en majorité des espèces généralistes, avec quelques espèces de milieux ouverts et de milieu humide. On ne retrouve qu'une seule espèce plutôt forestière mais qui est également affiliée au milieu humide, *Clivina fossor*. Cependant des études menées en picardie dans les peupleraies montrent qu'elles abritent une certaine diversité de Carabidae avec notamment des espèces de milieux humides et de bocages pour les jeunes peupleraies ainsi que des espèces forestières pour les vieilles peupleraies. Les espèces généralistes sont plus fréquentes dans les jeunes peupleraies. (18) La peupleraie de Decize était implantée depuis environ 50 ans avant sa coupe en 2022. Si un cortège d'espèces de bocages ou forestières était présent avant la coupe, il est probable qu'on l'aurait retrouvé au piège Barber malgré la modification des habitats puisque ces espèces ont une durée de vie de plusieurs années. Des jeunes bosquets de chênes conservés sur le site peuvent également servir de zones refuges. Les travaux de restauration l'année précédente ont probablement eu un impact sur les populations mais on ne peut pas le documenter en l'absence d'inventaires les années précédentes. La caractérisation du cortège principalement de milieu ouvert tend à témoigner de l'absence de continuité forestière. L'absence des espèces de bocages et forestières dans cette peupleraie est-elle due à l'absence de corridors écologiques ou un couvert clairsemé causé par le dépérissement des peupliers ?

### 3.4.4 Risques de biais

Ces résultats sont à interpréter en prenant en considération les potentiels risques de biais. En effet, on constate une diminution des nombres d'individus piégés au second passage. Cela pourrait peut-être s'expliquer par une plus grande dispersion des individus dans la forêt ou des conditions météorologiques moins favorables. Le piège CV10\_1 du 2<sup>e</sup> passage a été retrouvé à sec avec des débris d'insectes. Comme il s'agissait d'une nouvelle espèce contactée, j'ai néanmoins conservé le Carabidae présent dans le piège. J'ai positionné mes pièges en ciblant de potentiels abris pour les carabiques comme des souches, bois mort, mousses, etc. afin de maximiser les potentiels de captures. La qualité et la fonctionnalité de l'habitat présents à proximité du piège peuvent influencer les résultats de capture. Le piégeage répété au même endroit pourrait localement affaiblir certaines populations, surtout s'il était réalisé en continu pendant plusieurs années (43).

Un jeu de données sur au moins deux années permettrait une interprétation plus solide des résultats de piégeages.

### 3.4.5 Données annexes

Les pièges Barber ne sont malheureusement pas très sélectifs. De nombreux autres taxons d'invertébrés du sol ont été retrouvés dans les pièges comme d'autres espèces de coléoptères, des mille-pattes, des fourmis, des cloportes, des araignées, des bourdons, des grillons, des sauterelles, etc. mais également de nombreuses limaces, quelques micros mammifères (rongeurs et musaraignes), et quelques amphibiens en migration. À l'exception des limaces, et des amphibiens déterminés sur place, tous les individus contenus dans les pièges ont été conservés dans l'alcool afin de pouvoir être valorisés. Les araignées ont été mises de côté afin d'être déterminées par un spécialiste. J'ai participé à la détermination des micros mammifères en interne. Les autres taxons ont été confiés au réseau bénévole d'entomologistes.

### 3.4.6 Bilan Carabidae

Le suivi de l'année 2023 permet d'établir une liste d'espèces de bases pour la forêt. Les exigences écologiques des espèces caractérisent bien les forêts avec un cortège d'espèces typiquement forestières et quelques unes liées au milieu humide, qui seront donc sensibles à des modifications du couvert forestier et de l'hygrométrie. Par ailleurs, Les espèces indicatrices de milieu humides, de climat frais et de montagnes seront particulièrement à suivre pour analyser les modifications de leurs habitats induits par le dérèglement climatique. Un renforcement du suivi sur certaines placettes en augmentant le nombre de piège pourrait être envisagé.

Ces données devront être renforcées par un suivi du même type en 2024 et dans l'idéal en 2025 également afin de pouvoir établir le cortège d'espèces caractéristiques de la forêt. En effet, 2 années successives d'études sont indispensables pour étudier les insectes avec un jeu de données conséquent et dépasser les variations météorologiques.(30) De plus, au vu de la vitesse à laquelle s'effectue le changement climatique en cours, il est nécessaire de pouvoir identifier rapidement le cortège d'espèces indicatrices avant qu'elles ne subissent trop fortement la perte de leur habitat, et qu'on ne puisse donc pas mesurer l'impact sur ces espèces.

## 3.5 Résultat des sondages pédologiques

### 3.5.1 Calcul de la réserve utile maximale

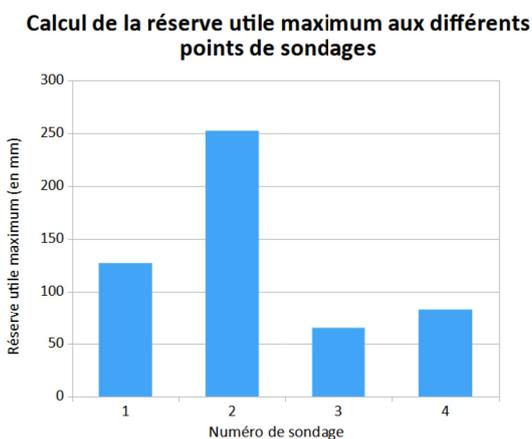


Figure 23: Calcul de la RUM

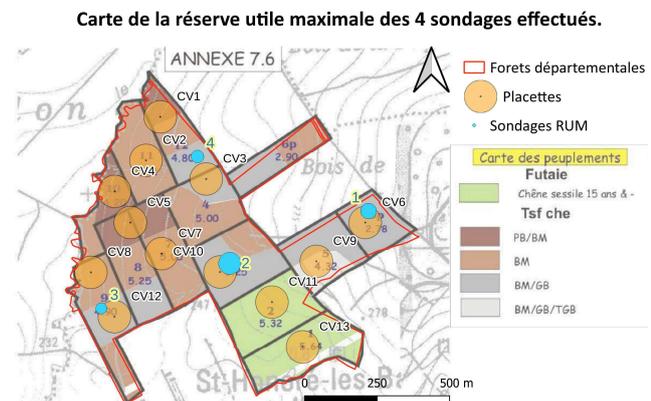


Figure 24: Carte de la RUM pour les 4 sondages. Les points sont proportionnels à la taille de la RUM

À partir des données relevées lors de la phase terrain, j'ai procédé au calcul de la réserve utile maximale. (annexe 25 et 23) Pour le sondage 1, je n'ai pas atteint la profondeur maximale, j'ai sondé jusqu'à 1,50 m avant d'être bloquée dans ma progression. On observe de grandes disparités à l'échelle de la forêt. Le deuxième sondage est caractérisé par une réserve utile maximale très importante. A l'inverse le sondage 3, qui se situe le plus en bas de vallon, est celui qui comporte une réserve utile maximale la plus limitante. J'ai effectué deux sondages à 25 m d'intervalle afin d'être sûre de ne pas avoir l'effet d'une micro topographie ou d'être sur un caillou en profondeur. Sur la placette du sondage 3, lors du protocole IBP j'ai constaté des signes de dépérissements sur les chênes pédonculés. C'est la seule placette sur laquelle des dépérissements de chênes

sont vraiment marqués. Les faibles capacités de la réserve utile maximum pourrait expliquer en partie ce phénomène.

### 3.5.2 Comparaison des résultats obtenus avec la carte du réservoir utile maximale (RUM) utilisée dans ClimEssence

Dans le modèle ClimEssence, les modélisations sont basées sur la carte de la réserve utile maximale européenne. Cette estimation est simplifiée pour le bon fonctionnement du modèle et pouvoir produire des cartes à grande échelle. Le paramètre du RUM peut fortement varier localement selon la topographie, la structure des sols.

En zoomant sur la forêt du Crot de la Voèvre à Saint-honoré-les-Bains, on constate que la fourchette de réserve utile maximale est comprise entre 100 et 130 mm. La RUM au niveau du sondage 1 se trouve dans la fourchette donnée, la RUM du sondage 2 est beaucoup plus importante. Les peuplements situés topographiquement au niveau du sondage 2 seront moins sujets au risque de déficit hydrique et seront donc susceptibles d'avoir une meilleure résilience face au changement climatique.

En revanche les RUM des sondages 3 et 4 sont très largement inférieures aux données de la carte ; sur la carte ci-contre, ils devraient être en orange.

Au niveau du sondage 3, les apports sont supérieurs aux pertes. En effet, lors des précipitations l'eau ruisselle vers la rivière en suivant la topographie. Jusqu'à récemment cet

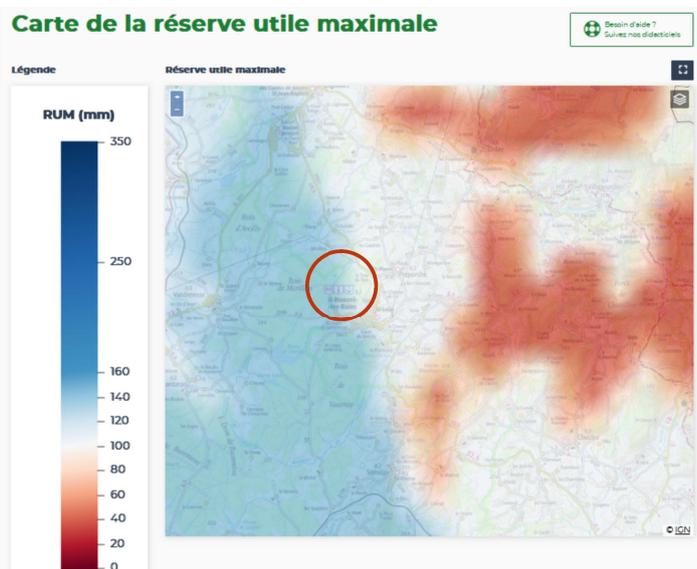


Figure 25: Carte de la RUM centrée sur la forêt du Crot de la Voèvre (cercle rouge). « Copyright CNPF/ONF, tous droits réservés » [www.climesences.fr](http://www.climesences.fr)

avantage en termes d'alimentation en eau des peuplements situés en fond de versant devait permettre de compenser la faible RUM constatée. Mais avec le changement climatique et la modification du régime de répartition des pluies, (annexe 24) ces peuplements risquent de fortement se retrouver en difficulté, avec un déficit hydrique supérieur aux estimations faites dans climessence, d'autant plus qu'ils sont constitués en majorité de chênes pédonculés, qui ont pour optimum des sols profonds bien alimentés en eau.

Le sondage 4 (annexe 25) a été fait dans une zone d'environ 0,5 ha avec des conditions stationnelles très particulières. En effet, il y a actuellement des dépérissements importants de bouleaux constatés et les quelques chênes sessiles qui y poussent restent petits. La végétation est différente et reflète un sol plus acide. Lors du sondage, j'ai observé un horizon de 22cm composé de matières organiques peu décomposés, comme des fragments de charbons de bois. Des analyses supplémentaires seraient nécessaires pour approfondir l'historique et le diagnostic de cette station. Le RUM assez faible contribue probablement aux conditions particulières de cette station qui va être à l'avenir probablement plus exposée au risque de déficit hydrique que ce que suggèrent les modélisations de ClimEssences.

### 3.5.3 Hydromorphie du sol

Tableau 2: Tableau des marques d'hydromorphies du sol pour les 4 sondages de la forêt du Crot de la Voèvre.

Profondeurs d'apparition (en cm)	Sondage 1	Sondage 2	Sondage 3	Sondage 4
Tâches d'oxydation	19-40	3-60	18-46	22-46
Tâches d'oxydation et un peu de réduction	40-105	60-158 et 167-203	46-67	46-71
Tâches de réduction	105	158-167		

Les sondages ont été effectués le 6 juin pour le premier et le 26 juin pour les 3 suivants, en butée jusqu'à la roche pour les sondages 3 et 4. Les horizons avec des tâches d'oxydation sont en majorité sur des couleurs rouille (de chroma > 5 et value > 5) avec des traînées grises. (4). L'horizon réduit débute à bien plus de 50 cm de profondeur. Pour cette raison, on ne peut être en présence de réductisols. L'horizon contenant des tâches d'oxydation débute à moins de 50 cm de profondeur et perdure sur au moins 50 cm de profondeur : ce sont donc des rédoxisols, qui sont des sols caractéristiques de zones humides. (4)

### **3.5.4 Bilan RUM**

Les sondages pédologiques permettent d'affiner la connaissance des stations forestières et d'estimer précisément la Réserve Utile Maximale. Ces prospections ont permis de montrer que de fortes disparités pédologiques existaient sur l'ensemble de la forêt. Des sondages supplémentaires notamment entre les sondages 2 et 3 permettraient de mieux cibler la diminution de la RUM ainsi que des sondages dans les parties nord et sud de la forêt. Un zonage plus précis des variations de la RUM permettra ainsi d'affiner la compréhension du sol et de pouvoir guider les orientations de gestion. Un aperçu des résultats pour les autres sites est disponible en annexe. (*annexe 26*)

### **3.6 Participation au suivi des mares au bois malade et dans des prairies à proximité**

J'ai participé à la mise en œuvre du volet amphibien du protocole LigéRO (53) sur 3 mares prairiales situées dans une prairie appartenant au CD58 à proximité des étangs de Baye et Vaux ainsi que sur une mare que j'ai découverte au Bois malade. Le protocole vise à identifier les espèces d'amphibiens présentes sur la mare, ainsi que leurs abondances respectives, afin de les comparer à une liste d'espèces de référence. Il comporte un temps d'écoute, un temps de parcours d'observation de la mare à la lampe dans une zone située à 2 m de la berge et un temps de prospection avec un filet troubleau. Lors du deuxième passage, nous avons également posé des nasses dans l'après-midi pour les relever la nuit venue. Au total 4 espèces ont été identifiées sur la mare du bois malade : La salamandre tachetée, la grenouille verte, le triton alpestre et le triton palmé.

## **4. Analyses et propositions de gestion intégrant les données et conclusions de l'ensemble des protocoles**

### **4.1 Analyse critique de la gestion de l'ONF sur les forêts départementales étudiées**

La gestion mise en œuvre par l'ONF peut être critiquée sur certains points, notamment la diminution de la diversité en essences, le rajeunissement des forêts ainsi qu'une faible prise en compte de la conservation du bois mort. En effet, l'aménagement 2008-2027 (50) conçu par le gestionnaire ONF prévoyait une diminution de la diversité en essences au profit du Chêne. On entend par mélange d'essences le fait d'obtenir un réel mélange à l'étage dominant et non pas de favoriser quelques essences nobles en accompagnement du chêne. Les constats récents effectués en interne après une coupe d'éclaircie au bois malade renforcent la nécessité d'affirmer dès maintenant et avant même la fin de l'aménagement l'objectif de favoriser la diversification en essences. Par ailleurs pour 2023, nous avons constaté des travaux d'éclaircies, avec des coupes effectuées au mois de juin en pleine période de reproduction de la faune.

Cependant des points positifs ressortent également comme la conversion en futaie irrégulière adoptée dès 2008 pour la majorité des forêts, la conservation dans les parcelles régénérées de quelques très gros bois.

### **4.2 Orientations de gestion générale pour les forêts du département**

Au sein du SPN, nous avons au cours de réunion et de visites sur le terrain défini les objectifs généraux de gestion des forêts du CD58 :

- ◆ Augmenter la résilience des forêts départementales face au changement climatique
- ◆ Améliorer la capacité d'accueil de la biodiversité dans les forêts du CD 58
- ◆ Maintenir l'état boisé
- ◆ Concilier les activités de production avec la préservation de la biodiversité

Les forêts départementales sont rattachées au Service Patrimoine Naturel et ont vocation à intégrer le réseau de sites Espaces Naturels Sensibles du département. Elles sont soumises au régime forestier et l'ONF assure leur gestion pour le compte du Département. À ce titre, la politique forestière doit permettre de préserver la biodiversité, d'améliorer les capacités d'accueils de la forêt pour la biodiversité et de restaurer la naturalité des

forêts. Les forêts du Département sont toutes des forêts anciennes, ce qui signifie qu'il n'y a pas eu de défrichement depuis au minimum 1850. Elles sont donc susceptibles d'abriter des espèces floristiques et faunistiques peu mobiles, caractéristiques des forêts anciennes.

Ce volet préconisations de gestion correspond à la deuxième mission principale de mon alternance. Mes réflexions ont été alimentées par les échanges en interne, les rencontres avec le conseiller ONF pour le CD58 et le groupement forestier le Chat Sauvage, mes recherches bibliographiques et les résultats des différents protocoles que j'ai mis en œuvre.

#### Propositions :

**4.2.1 Diversifier la forêt en essences.** Une forêt diversifiée en essences est plus résiliente face aux aléas. Dans une perspective d'incertitude sur les capacités d'adaptation des peuplements au changement climatique, la **diversification en essences** permettra de limiter des scénarios de dépérissements massifs et les risques sanitaires (effet de dilution des parasites, maladies). Une forêt diversifiée est également plus accueillante pour la biodiversité ; elle présente alors une action favorable au bon fonctionnement de l'écosystème et au maintien des services écosystémiques.

Les actions concrètes seront de **favoriser la diversité spontanée des essences dans les semis par des dégagements et détourages au stade perchis, qui peuvent s'effectuer par annelage**. Il ne s'agit donc plus de **travailler seulement au profit des arbres d'avenir pour la production** mais également de **sélectionner les arbres selon leur capacité à accueillir la faune et à résister aux aléas climatiques**.

L'objectif serait d'amener progressivement au minimum 20 % de mélange à l'étage dominant (51) au fur et à mesure des opérations de martelage. Dans l'idéal il faudrait qu'une essence ne couvre pas plus 40 % du couvert.

##### **a) Changement climatique et diversification en essences**

Des modélisations de la compatibilité des essences avec le futur climat selon les différents scénarios du GIEC sont disponibles sur le site de ClimEssences. (13) À partir de l'étude de l'aire de répartition naturelle actuelle d'une essence considérée, climessence nous indique si l'essence pousse actuellement dans une zone géographique qui a des conditions climatiques semblables à celles projetées pour 2050 ou 2070 sur le territoire que l'on étudie.

Par exemple, les essences courantes actuellement dans les forêts du Département comme le hêtre, le chêne pédonculé, le charme voire le chêne sessile sembleraient ne pas être adaptées au climat futur projeté sur le territoire de la Nièvre. Pour les secteurs géographiques où le climat actuel est similaire au climat projeté sur les forêts départementales, ces essences ne sont pas ou peu présentes.

##### **b) Introduction d'essences exotiques**

Face à cela, l'introduction d'essences forestières exotiques est une tendance officielle de la filière bois et qui est testée actuellement dans le monde forestier notamment en forêt publique à travers le dispositif îlots d'avenir dans le cadre du programme de recherche RENEssences.

L'objectif de ces tests d'essences est dans un premier temps d'évaluer le potentiel de ces essences à s'acclimater et à supporter les conditions du dérèglement climatique, pour dans un second temps étendre leur implantation afin d'assurer une production de bois. L'introduction d'essences exotiques est donc une potentielle solution d'adaptation qui peut être un filet de sécurité pour tenter de maintenir le couvert boisé en cas de dépérissement massif et brutal des essences forestières autochtones.

Cependant de nombreuses inconnues et problèmes subsistent. Tout d'abord, il s'agit bien d'un dérèglement climatique et non d'un réchauffement. Les essences exotiques devront pouvoir s'adapter aux conditions climatiques actuelles et futures et à la survenue d'événements extrêmes (tempêtes, incendies, sécheresses, ravageurs...) dans un écosystème et un microbiote inconnus.

La société botanique de France a effectué une synthèse scientifique sur cette question, en publiant un livre blanc sur l'introduction d'essences exotiques en forêt (17). Les listes MFR autorisant la plantation d'essences exotiques en France n'ont pas été soumises à une validation scientifique. (17) Ces introductions d'essences peuvent faire peser de nombreux risques sur les forêts actuelles tels que l'introduction de parasites ou de maladies, la modification de l'habitat, une atteinte à la biodiversité, une augmentation du risque incendie par plus forte inflammabilité pour certaines espèces, ainsi que le risque de voir une espèce devenir envahissante. En

effet la flore et la faune locale n'ont pas coévolué avec cette essence. Les forêts de Douglas en Amérique du Nord abritent une riche flore et faune locale alors qu'en France dans les plantations effectuées les sols n'ont pas de couverts végétaux, ce qui les fragilise et les expose à des risques d'érosion plus importants. La flore locale ne s'est toujours pas adaptée à des espèces introduites il y a plus de 2 000 ans comme le Noyer ou le Châtaignier.

L'introduction d'essences peut également se solder par un échec en cas de non acclimatation ou peut s'avérer être un problème supplémentaire pour les écosystèmes actuels, d'autant plus qu'il s'écoule en moyenne 170 ans entre la date d'introduction d'une essence forestière et le moment où elle devient problématique. (17)

### **c) Les mécanismes potentiels d'adaptation des forêts**

Les arbres disposent de plusieurs mécanismes d'adaptation. Le principal est leur très forte diversité génétique. Les chênes font partie des végétaux ayant les plus grandes capacités adaptatives (35) permises par la sélection naturelle. D'autres mécanismes sont étudiés sans que leur part effective dans l'adaptation des arbres soit encore bien connue, comme les mécanismes épigénétiques qui permettent des modifications réversibles de l'expression des gènes induite par l'environnement et dont certaines peuvent être transmises. (34) Les mutations somatiques peuvent se produire par méiose chaque année au niveau des bourgeons de l'arbre, mais elles restent rares (environ 45 sur un chêne centenaire) et n'interviennent pas forcément sur un gène codant. Un dernier mécanisme découvert récemment pourrait résider dans l'adaptation plus rapide du microbiote de l'arbre en symbiose avec lui. En effet les arbres dépendent entièrement des micro-organismes les accompagnants. À titre d'exemple, les champignons mycorhiziens sont responsables à 98 % de l'alimentation en eau des arbres. (10) Ces micro-organismes ont pour le coup des capacités d'adaptations beaucoup plus rapides. (17)

Dans le passé, notamment lors du petit âge glaciaire, une partie des arbres a dépéri mais une autre a réussi à s'adapter très rapidement. Cependant ces variations du passé ont été rapides mais pas aussi intenses que celles que l'on va connaître aujourd'hui et sur les années à venir. (34)

### **d) Le rôle des espaces protégés**

L'introduction d'essences non autochtones de la région considérée modifie le fonctionnement des sols et les habitats de la forêt. Elles entraînent une atteinte à la biodiversité d'autant plus que leur présence devient dominante. (17).

Au-delà des choix globaux sur les stratégies d'adaptation des forêts, les forêts du Département pourront devenir des espaces naturels sensibles, qui sont des aires terrestres protégées considérées par la Stratégie nationale des aires protégées. Pour cette raison, il est donc indispensable de préserver les écosystèmes dans leur intégrité et viser à améliorer la résilience de ces forêts ainsi que de favoriser la régénération naturelle. En effet, l'introduction d'essences exotiques apparaît donc non compatible avec un objectif prioritaire de préservation de la biodiversité. Si l'on se réfère à l'auto saisine du CSRPN de la région Grand Est sur le sujet en 2021, il est recommandé dans les espaces protégés sous statut particulier (Natura 2000, ENS) de planter si nécessaire des essences autochtones locales non présentes dans la forêt et en zone de protection forte de maintenir le cortège d'espèces autochtones, sans aucune introduction allochtone. (3) De plus il est indispensable d'avoir des espaces forestiers témoins des mécanismes d'adaptations naturels des forêts.

#### **4.2.2 Favoriser la régénération naturelle des forêts.**

Un raccourcissement des cycles sylvicoles et donc des générations d'arbres peut favoriser les possibilités d'adaptation en augmentant les générations de semis. C'est à coordonner avec la conversion en futaie irrégulière qui pourra permettre de renouveler en permanence le stock de semis et de baliveaux.

Cependant une conversion trop rapide peut perturber le peuplement, apporter trop de lumière aux chênes avec une perte d'ambiance forestière, l'apparition de défaut dans le bois, une plus grande fragilité aux vents... De plus raccourcir les cycles sylvicoles va à l'encontre des objectifs de conservation. La régénération de la forêt doit donc s'inscrire dans une irrégularisation des peuplements avec un maintien de très gros bois et une préservation d'arbres sénescents afin d'obtenir quelques très très gros bois.

Pour favoriser la sélection naturelle des individus qui auront de meilleures capacités à résister, il est important de faire évoluer les pratiques de sélection des arbres. En effet, la sélection doit prendre en compte d'autres critères que ceux d'un bois sans défaut et productif afin de maximiser la diversité génétique. (34) À l'échelle du territoire, renforcer les corridors écologiques contribuera à favoriser les flux des gènes des arbres par les

migrations des espèces nécessaires à la pollinisation des fleurs et à la dissémination des graines (insectes, geais des chênes, corvidés, renard). (34)

#### **4.2.3 Réfléchir à expérimenter la migration assistée**

La migration assistée consiste à implanter des essences autochtones mais avec des origines du sud de la France ou de stations locales mais particulièrement thermophiles, ou de nouvelles espèces mais sans aller au-delà des barrières naturelles (océans, montagnes). (34) Pour des espaces protégés, le choix s'oriente donc vers des **essences déjà présente naturellement dans les habitats, non invasives**, et avec des **origines génétiques de la région méditerranéenne, sud atlantique ou provenant de contextes locaux avec des stations particulièrement chaudes ou sèches** (Hêtre, Chêne sessile, Charme, Érable champêtre). (47) Cela part du principe que ces écotypes, du fait du réchauffement climatique, vont être amenés à se déplacer vers le nord mais à leur rythme. L'intervention humaine consiste donc à accélérer leur déplacement compte tenu de la rapidité du bouleversement climatique. Cette méthode est actuellement expérimentée au sein de l'ONF et ClimEssences permet d'identifier des espèces du sud qui pourraient convenir aux conditions locales et au climat du futur. (13) Il conviendrait pour cela de procéder par des enrichissements dans des trouées de 2500 m<sup>2</sup> (51), l'enrichissement sous couvert contient un risque important d'échec en diversification. Elle pourrait également s'effectuer **sur des peuplements à reconstituer après un aléa**. Plusieurs structures de protection de la nature recommandent de ne pas effectuer ces expérimentations en zones Natura 2000 (51), au moins avant qu'elles ne soient validées (47). En effet, les risques sont d'entraîner une hybridation avec les peuplements locaux, ce qui contribue à augmenter leur diversité génétique mais pourrait également entraîner une perte de leur écotype et les fragiliser (17). Les arbres implantés appartenant à des espèces déjà rencontrées sur le territoire, les impacts sur la biodiversité et sur les sols devraient être minimes. Cela permettrait d'augmenter la résilience de la forêt et par ce fait de pérenniser l'état forestier tout en étant compatible avec les objectifs de conservation du milieu.

#### **4.2.4 Adapter la charge du peuplement aux capacités du sol en termes de réserve utile**

Si l'arbre participe au cycle de l'eau et peut jouer un rôle dans la formation des précipitations, c'est parce qu'il évapore énormément d'eau. C'est pendant leur phase de croissance que les arbres consomment le plus d'eau. Sur les sols à plus faible réserve utile, réduire le chargement du peuplement peut permettre de réduire le stress hydrique. (17) Irrégulariser le peuplement consiste à avoir plusieurs classes d'âge en permanence et donc à stabiliser la demande en besoins en eau et réduire le pic de demande lors de la phase de croissance.

#### **4.2.5 Poursuivre la conversion des forêts en futaie irrégulière**

La futaie irrégulière permet de pratiquer une **sylviculture à couvert continu** et de limiter les risques lors des phases de régénération (concurrence des herbacées, exposition à de fortes chaleurs pour les semis). La futaie irrégulière permet une hétérogénéité des strates et crée donc des conditions plus favorables à l'accueil de la biodiversité. En effet, la gestion en futaie irrégulière apparaît plus favorable pour la biodiversité à l'échelle de la parcelle. Elle permet de travailler à couvert continu tout en conservant l'ambiance forestière, et cela évite la coupe de régénération qui prend l'effet d'une coupe rase avec émissions de carbone, déstabilisation et érosion des sols, perte d'habitat des espèces liés à un couvert forestier dense et impact négatif fort sur les espèces peu mobiles. À l'échelle du massif cependant, la futaie régulière peut favoriser une hétérogénéité entre les parcelles qui peut être bénéfique pour certaines espèces avec des capacités importantes de déplacement. L'objectif sera donc de poursuivre la conversion en futaie irrégulière en gardant des petites zones hétérogènes à l'échelle de la forêt (îlots de sénescence, de vieux bois, clairière etc).

#### **4.2.6 Mettre en place des aires de conservation sur au moins 10 % de la forêt certifiée, conformément au référentiel FSC**

Dans le référentiel FSC (qui est en cours de révision), des **réseaux d'aires de conservation** doivent être constitués : au moins 1 % d'îlots de sénescence et 2 % d'îlot de vieillissement (d'une taille supérieure à 0,5ha), de zones supérieures à 1 ha de forêt semi naturelles gérées pour préserver la naturalité des peuplements, de zones de hautes valeurs de conservation (HVC) comme des ZNIEFF, Natura 2000, forêts de protection etc et d'habitats favorables à la biodiversité. (42) L'âge d'exploitation du peuplement est doublé dans un îlots de vieillissement Leur surface doit être de minimum 0,5ha avec une surface optimale à 3ha.

#### **4.2.7 Mettre en place des îlots de sénescence, réseau d'espaces en libre évolution**

Les zones de libre évolution sont des zones refuges pour la biodiversité forestière et où la sélection des individus ne s'effectuent pas sous l'action anthropique. Ce sont des zones dans lesquelles aucune coupe ni exportation de matériau n'est faite pendant au moins 30 ans en zone Natura 2000. Les îlots de sénescence sont également inscrits dans les aménagements forestiers. **La mise en place des îlots de sénescences** permet donc de répondre aux enjeux de conservation des espèces. De plus, face aux incertitudes liées au changement climatique, ces îlots permettront de laisser la dynamique naturelle s'exprimer, de favoriser la résilience des forêts et d'être riches en enseignements scientifiques. Deux stratégies complémentaires sont possibles pour la mise en œuvre des îlots de sénescence. Soit ils peuvent être répartis de façon uniforme sur la forêt : ils profitent alors aux espèces à faibles capacités de dispersion (insectes saproxyliques, champignons). Soit ils peuvent être disposés de façon à former un corridor, ce sont alors les espèces avec des capacités importantes de dispersion qui sont ciblées (oiseaux, chiroptères...). (6) L'ONF préconise d'installer en zone Natura 2000 jusqu'à 3 % d'îlots de sénescence et 5 % d'îlots de vieux bois, voire plus en zone de montagne. La taille optimale d'un îlot de sénescence est de 3ha, afin d'éviter les effets de lisière. Dans le cadre d'une trame de vieux bois, une distance de 1km entre les îlots est considérée comme optimale. (6)

Concrètement, déjà 9 ha sont engagés au Mont Préneley depuis 2021 et il est prévu pour 2024 de contractualiser des îlots de sénescence au Crot de la Voèvre, à Saint-Honoré-Les-Bains. Les contractualisations en zone Natura 2000 s'effectuent pour 30 ans et donnent lieu à une indemnisation financière.

#### 4.2.8 Conserver la richesse des forêts en dendromicrohabitats

Les forêts du Département inventoriées abritent de nombreux arbres porteurs de DMH et dépassent largement les minimums recommandés. Par exemple, dans la forêt de Saint-honoré-les-bains la moyenne de DMH par placette est égale à 16 ainsi que la médiane de l'échantillon. Les arbres sénescents semblent liés à la présence de Très gros bois. Cette observation est confirmée par les études effectuées sur le sujet (10). Ce capital d'arbres porteurs de DMH et d'arbres sénescents est donc à conserver. Pour les parcelles qui en comportent le moins, des arbres sénescents à conserver pourraient être identifiés afin de favoriser la formation de DMH. Pour les parcelles riches en DMH, les arbres porteurs des types de microhabitats les plus rares, lents à renouveler ou qui abritent des espèces patrimoniales devront être marqués et préservés (24) (par ex les cavités, orifices d'insectes, loges de pic..). Les arbres porteurs de microhabitats plus fréquents à l'échelle de la forêt ou qui se renouvellent rapidement pourront faire l'objet d'une exploitation tout en s'assurant d'en garder un minimum à l'ha. Par exemple bois mort dans le houppier, agglomération de gourmands, mousses sur le tronc (dans les forêts où ces types sont abondants). Ces exemples sont à adapter à la réalité rencontrée dans la forêt. D'un point de vue maillage, des arbres sénescents isolés à l'échelle des parcelles seront à compléter par des bouquets d'arbres-habitats. (42,6)

#### 4.2.9 Restaurer le bois mort au sol et le bois mort sur pied

Les forêts du département où l'IBP a été mis en œuvre présentent un déficit en bois mort de gros diamètre (> 37,5 cm) au sol et sur pied. Les bois morts sur pied ou au sol ne jouent pas les mêmes rôles écologiques et n'abritent pas les mêmes espèces. Globalement, plus le bois mort est de gros diamètre, plus il abrite des espèces rares. (23) (annexe 27) Celles-ci se raréfient d'autant plus que la tendance est au raccourcissement des cycles sylvicoles et à l'intensification de la gestion. De plus, le bois mort décomposé favorise la régénération des forêts et la reprise des semis en particulier en forêt de montagne. (54)

Le tableau suivant répertorie les préconisations des différentes structures concernant la conservation des arbres habitats et des arbres morts par ha.

Tableau 3: Tableau comparatif des préconisations en arbres habitats et en arbres morts, de l'ONF (6), du référentiel FSC (42), de l'ouvrage *Naturalité des eaux et forêts* (52) et de SYLV'ACCTES(51).

ONF	FSC	Naturalité des eaux et forêts	SYLV'ACCTES
1 arbre mort ou sénescent de diamètre supérieur à 35 cm et 2 arbres avec des cavités ou très vieux arbres.	Au moins 5 arbres habitats vivant. Tous les arbres morts sur pieds et au sol.	5 à 10 arbres morts sur pied et au sol.	4 arbres habitats vivant et 4 arbres sénescents ou mort, de diamètres importants. ()

La restauration du stock de bois mort va passer par la préservation des arbres porteurs de DMH pour favoriser un stock d'arbres sénescents qui pourront vieillir et devenir des d'arbres morts sur pied potentiellement d'un

diamètre important. Dans les parcelles fortement déficitaires, des actions de restauration pourront accélérer le processus notamment en effectuant des annelages d'arbres. (47) Ces opérations seront préférentiellement à effectuer dans des zones où il n'y a pas de dépérissement observé. Ces mesures vont favoriser l'apparition de chablis naturels et permettront à terme la restauration du stock de bois mort au sol. Dans les parcelles les plus carencées en bois mort au sol et dans celles riches en gros bois et très gros bois vivant des créations de chablis artificiel d'arbres (non débités une fois au sol) pourront être effectuées. (47)

#### **4.2.10 Préserver la qualité des sols**

Les sols sont l'avenir de la forêt en matière d'adaptation au changement climatique. En effet, les sols permettent l'alimentation en eau et en minéraux des arbres. Les sols en retour recyclent les minéraux et stockent du carbone. Les deux menaces principales qui pèsent sur la qualité des sols sont l'appauvrissement et le tassement des sols forestiers. Pour éviter cela, il est nécessaire de ne pas exporter les rémanents, sources de bois énergie (en effet, l'essentiel des minéraux se trouvent dans le bois jeune). Des pratiques pour laisser et favoriser le bois mort contribuent à maintenir la fertilité du sol. Afin d'éviter le tassement du sol, tous travaux mécanisés doivent s'effectuer dans des cloisonnements et à une période de l'année où le sol est portant. Dans les forêts du Département plusieurs sites ne disposent pas de desserte forestière. (50) Des modes alternatifs de débardage des bois (débardage par traction animale, câble) seront beaucoup plus favorables à la préservation des sols et en cohérence avec une exploitation extensive qui préserve la biodiversité.

#### **4.2.11 Restaurer la naturalité des forêts**

Les constats effectués permettent de montrer les points faibles des forêts étudiées, en plus de ceux déjà évoqués précédemment. Ils résident surtout dans le manque de diversité en essences, l'absence de très très gros bois, le faible stock de bois mort, de faibles dynamiques des écosystèmes. Les mesures favorables à la biodiversité ainsi qu'une augmentation de la maturité des forêts et du rétablissement de la dynamique forestière naturelle dans les zones d'îlots de sénescence vont contribuer à restaurer la naturalité des forêts. Cela passe également par une préservation du milieu avec des techniques de débardage sylvicole plus douces, effectuées pendant les périodes hivernales afin de minimiser le dérangement pour la faune sauvage.

#### **4.2.12 Développer un réseau de mares dans les forêts**

Avec le dérèglement climatique, les modifications du régime de précipitations et l'augmentation des sécheresses printanières, les amphibiens vont voir leurs habitats aquatiques indispensables à leur reproduction s'assécher plus rapidement ce qui peut se traduire par des échecs plus fréquents de la reproduction et à terme une diminution forte de leurs populations. Sur les 3 sites forestiers étudiés à minima la salamandre tachetée est présente. Dans la forêt du bois malade, les inventaires réalisés sur les mares ont révélé plusieurs espèces d'amphibiens. Les deux grandes mares existantes que j'ai trouvées lors de mes prospections, sont en phase de comblement et auraient besoin d'être restaurées. Plusieurs rigoles et fossés parcourent la forêt et abritent en début de printemps des larves de salamandres ; cependant cette année elles se sont asséchées avant que les larves n'aient atteint leur stade terrestre. La situation est sur ce point semblable au Crot de la Voëvre. La création de mares forestières, là où les conditions stationnelles s'y prêtent, permettrait d'agir pour la conservation des amphibiens et des autres espèces liées à ces milieux.

#### **4.2.13 Effectuer des suivis de la biodiversité et du milieu**

Des suivis de la biodiversité forestière sont indispensables à mettre en œuvre pour évaluer l'impact du changement climatique sur les espèces et évaluer celui des actions de gestion sylvicoles ou de restauration d'habitats naturels. Le déploiement à long terme de protocoles comme l'IBP et le suivi des Carabidae, répétés à régulièrement, par exemple tous les cinq ans, permettra de suivre les évolutions de la forêt. En parallèle, des inventaires sur des taxons variés comme les coléoptères saproxyliques, les chiroptères forestiers, les syrphes ainsi que des suivis floristiques..(15) peuvent être conduits pour continuer d'améliorer les connaissances sur la biodiversité des forêts.

La généralisation du protocole pédologique de diagnostic de la réserve utile maximum à l'ensemble des forêts départementales serait essentielle pour d'établir une base commune de diagnostic de vulnérabilité aux sécheresses répétées et au stress hydrique. Cela pourrait s'intégrer dans un déploiement de l'outil BioClimSol (44), développé par le CNPF et qui vise à effectuer un diagnostic de vulnérabilité intégrant les modélisations climatiques de ClimEssence et les différents facteurs stationnels qui peuvent localement amplifier ou atténuer ces scénarios. Le protocole ARCHI permet de détecter les dépérissements des arbres en observant leurs

ramifications aériennes. Il serait pertinent à déployer sur les forêts départementales afin de repérer et mesurer l'évolution des dépérissements ainsi que les signes de possible résilience.

#### **4.2.14 Prévenir le risque incendie**

Avec le changement climatique, le risque incendie devient élevé sur l'ensemble du territoire. En France, 9 incendies sur 10 sont d'origine humaine. De ce fait, les forêts qui accueillent du public sont plus à risque. Cela passe par la mise en place d'actions de sensibilisation. Sur le site très fréquenté du Saut de Gouloux, l'interdiction de faire du feu n'est actuellement pas mentionnée sur le panneau d'accueil et des traces de feu sont régulièrement observées. Prévenir le risque incendie passe également par éviter d'implanter des essences particulièrement inflammables comme l'eucalyptus, le pin maritime, le cèdre de l'atlas etc. (17)

### **4.3 Propositions de gestion ciblées pour la forêt de Saint-honoré-les-Bains (annexe 28)**

#### **4.3.1 Récapitulatif des enjeux particuliers de la forêt de Saint-honoré-les-Bains**

Cette forêt comporte un important potentiel d'accueil de la biodiversité qui est à préserver. Mais de nombreux points peuvent être améliorés comme la présence de gros bois mort, très très gros bois vivants, diversité en essences, hétérogénéité des strates. À l'échelle de la forêt, les ressources hydriques font l'objet de disparités importantes. En hiver et au printemps la forêt comporte un réseau dense de milieux humides (mares, fossés, cours d'eau temporaires). Ces milieux sont à préserver et à pérenniser. Cette forêt comporte un enjeu important en termes d'accueil du public. En effet, elle fait l'objet d'une fréquentation régulière d'habitants locaux et des adeptes de cures thermales. De plus un sentier pédestre et un itinéraire VTT sont balisés sur la forêt. Cette fréquentation est à prendre en compte tant dans l'aspect paysager et esthétique ainsi que dans le zonage d'îlots de sénescence qui portent un risque plus élevé de chutes d'arbres.

Actuellement le Crot de la Voèvre se trouve à un carrefour de gestion. De fait, en l'absence de desserte fonctionnelle, l'exploitation de bois notamment de gros diamètre peut s'avérer compliquée et onéreuse. Cependant le site abrite la présence de peuplements de très gros bois qui concentrent des intérêts économique et écologique qui peuvent rentrer en contradiction dans leur réalisation. Tous ces enjeux seront à traiter au regard de la nécessaire adaptation de la forêt au dérèglement climatique.

#### **4.3.2 Propositions pour le volet gestion sylvicole et dérèglement climatique**

**4.3.2.1 Faire le choix d'une gestion extensive de la forêt.** Cela implique de ne pas réaliser le projet de création de desserte forestière et de basculer sur des modes plus doux de débardage des bois. Ce choix permet de concilier les enjeux de préservation des sols et d'accueil du public.

**4.3.2.2 Continuer l'irrégularisation de la forêt,** sans vouloir adopter un rythme trop intensif qui risquerait de perturber l'ambiance forestière et fragiliser les peuplements.

#### **4.3.2.3 Mener des expérimentations pour favoriser la régénération naturelle des peuplements.**

Afin de favoriser la régénération naturelle et la diversité en essences spontanées, des trouées artificielles d'environ 2500 m<sup>2</sup> pourraient être créées. Certains arbres pourraient être laissés au sol afin de participer à reconstituer le stock de bois mort et favoriser la croissance des semis. La création de trouées et de chablis artificiels sont à privilégier dans les zones à plus faible réserve utile, comme au niveau de CV12. Ces trouées peuvent être enrichies avec des plantations d'essences diversifiées autochtones mais qui s'annoncent plus résistantes aux sécheresses. Cependant, au vu du classement de la forêt de St Honoré en zone Natura 2000, il est déconseillé de tester des expérimentations de migration assistée avant qu'elles ne soient validées hors espaces protégés afin de s'assurer qu'elles ne comportent pas de risques pour la conservation des habitats et des espèces. Malgré cela une perte importante du couvert forestier même temporaire serait préjudiciable aux espèces forestières spécialisées. Ce choix est donc à mettre en perspective avec les enjeux de protection afin d'établir une analyse bénéfices/risques d'une expérimentation de ce type. Le maintien d'un cordon paysager le long des chemins doit être anticipé ainsi que des panneaux d'informations à destination du public. Un protocole de suivi de Carabidae un peu plus intensif (avec 4 pièges par placettes) pourrait être intéressant à mettre en œuvre dans une zone d'expérimentation de trouée et une zone de contrôle afin de mesurer l'impact des perturbations et l'évolution du milieu.

### **4.3.3 Propositions de gestion pour le volet hydrique**

**4.3.3.1 Étendre les sondages pédologiques pour calculer la réserve utile** à d'autres zones de la forêt en vue de pouvoir établir une cartographie de la réserve utile pour la forêt.

**4.3.3.2 Mettre en œuvre une étude du bilan hydrique dans différentes placettes expérimentales.**

Cela permettrait de diagnostiquer et d'analyser les flux hydriques qui ne sont pas pris en compte avec le simple calcul de la réserve utile, notamment les apports ou les pertes liées à la topographie du site.

**4.3.3.3 Réalisation d'un diagnostic de vulnérabilité à l'échelle de la forêt** pour évaluer la sensibilité des différents peuplements. Ce diagnostic pourrait s'appuyer sur l'outil BioClimSol. (44)

**4.3.3.4 Conception et réalisation d'un réseau de mares** en se basant sur les zones où les milieux aquatiques sont déficitaires dans l'IBP, les zones où le sol est favorable (pédologie) et sur une stratégie de réseau de mares pertinente.

### **4.3.4 Propositions de gestion pour le volet biodiversité**

**4.3.2.1 Préserver les capacités d'accueil de la biodiversité**

Tout d'abord, il est essentiel d'effectuer le marquage des arbres habitats sur l'ensemble de la forêt, en particulier lors du martelage avant le passage en coupe. Un marquage et un point GPS permettront d'identifier et de désigner les bouquets d'arbres habitats. D'autres mesures sont à mettre en place comme la préservation des zones de chablis et de régénération naturelle, le maintien de milieux ouverts florifères, la préservation de l'ambiance forestière lors des coupes.

**4.3.4.2 Restaurer le stock de gros bois mort**

Pour cela on peut agir de deux façons complémentaires. Dans une perspective de reconstituer le stock de bois mort à moyen et long terme, on va effectuer le marquage d'arbres sénescents ainsi que d'arbres présentant des signes de dépérissement. À court terme, dans les parcelles les plus déficitaires, des actions de restauration du stock de bois mort pourront être mises en place avec par exemple des expérimentations d'annelage et de chablis artificiels, sans débiter les troncs (47). Elles pourront être effectuées dans les placettes de suivi IBP avec par ordre de priorité CV2, CV9, CV6, CV3, CV10 et CV5.

D'autres pratiques sont à adopter lors des coupes et travaux comme couper les arbres avec des souches hautes (si cela n'entraîne pas de risque pour la sécurité des bûcherons), et ne pas démanteler les houppiers, ne pas exploiter les chablis (6), laisser sur place les surbilles et les bases de troncs sans valeur commerciale, couvrir les couches de sciure et de branchage. (21)

**4.3.4.3 Mettre en place des îlots de sénescence et des îlots de vieux bois.**

À l'échelle de la forêt, peu de peuplements disposent actuellement d'une maturité importante. Les placettes CV9, CV6 et CV10 sont les meilleures candidates. En effet ce sont ces 3 placettes qui regroupent le plus de très gros bois. CV9 et CV6 sont les placettes qui obtiennent les meilleurs scores dans le DN et ce sont celles qui concentrent le plus de microhabitats mais elles présentent de fortes carences en gros bois mort. De plus ces placettes ont une réserve utile suffisante pour pouvoir supporter une charge élevée de bois sur pied à l'ha.

Les îlots de sénescence doivent notamment être positionnés à au moins 30 m des chemins, doivent faire de façon optimale 3 ha d'un seul tenant et être mis en œuvre dans les parcelles abritant déjà de nombreux très gros bois. (6) Dans les parcelles 5 et 6, un îlot de sénescence de 3 ha pourrait être mis en place en respectant la distance de 30 m des chemins qui bordent ce bloc de deux parcelles. Les pertes d'exploitabilité pourront être compensées par la contractualisation d'un contrat Natura 2000 pour les îlots de sénescence. Dans la moitié sud de la parcelle 3, un îlot de vieillissement de 2,5 ha pourrait être mis en œuvre, avec un doublement de l'âge d'exploitabilité, dans le but d'obtenir des très gros et très très gros bois.

Afin de participer à la construction d'une trame vieux bois, il pourrait être judicieux de rencontrer les propriétaires forestiers voisins afin d'échanger avec eux sur le sujet.

**4.3.4.4 Améliorer la diversité en essences**

Cela passe par inscrire dans le prochain aménagement un objectif à long terme de mélange d'essences, et non plus une concentration de la production de chênes. Ces objectifs se traduiront concrètement lors des opérations

de dégagement et de dépressages dans les jeunes peuplements, de sélection des arbres d'avenir et de martelage.

#### **4.3.2.5 Diversifier les strates**

La conversion en futaie irrégulière à long terme va permettre d'atteindre une hétérogénéité des strates, plus favorable à l'accueil de la biodiversité. Lors des travaux et des coupes, un point de vigilance serait à mettre pour la conservation de la strate arbustive.

#### **4.3.4.6 Veiller à l'équilibre de la lumière entre conversion en futaie irrégulière, maintien de l'ambiance forestière et maintien des milieux ouverts florifères**

#### **4.3.4.7 Améliorer les connaissances naturalistes**

Les protocoles engagés, l'IBP, le DN, et le suivi des Carabidae, sont appelés à être reconduits et pérennisés. En effet, les données issues de 2023 permettent d'effectuer un état des lieux mais c'est véritablement la répétition de ces suivis dans le temps qui permettra de mesurer l'évolution du milieu et de valoriser pleinement ces protocoles.

En complément, d'autres études pourront être mises en œuvre. Dans les îlots de sénescence des suivis de la dynamique du bois mort à 15 -20 ans d'intervalle seraient pertinents à mettre en œuvre afin d'estimer le renouvellement des habitats de bois mort, ainsi que le suivi de coléoptères saproxyliques. D'autres suivis ciblés sur certains taxons (avifaune, chiroptères), permettront d'améliorer les connaissances générales de la forêt.

#### **4.3.5 Propositions de gestion pour le volet accueil du public**

**4.3.5.1 Réaliser une enquête sociologique** sur les habitudes, perceptions et liens qu'entretiennent les habitants et les touristes avec la forêt dans l'objectif de pouvoir les intégrer dans la gestion de la forêt.

**4.3.5.2 Sensibiliser le public** à la préservation du patrimoine naturel et aux actions de gestions effectuées.

Dans un objectif de prévention des risques d'accidents, il sera important d'informer le public des zones en îlots de sénescence et du risque de chute d'arbres et de branches.

### **IV. Analyse critique**

L'échantillonnage typologique effectué pour l'IBP et le DN comporte une part d'aléatoire du fait de la réalisation d'une grille systématique de points mais également une part de jugé du fait de l'ajustement de la sélection des placettes qui s'effectue sur SIG à partir des plans d'aménagements forestiers. Il était difficile d'avoir au moins 5 placettes pour un même type de peuplements, certains étant peu représentés dans les forêts. De plus les aménagements datent déjà de 15 ans et en l'absence d'historique de suivis des coupes il était difficile d'estimer leur évolution par le biais des coupes et travaux. Sur une parcelle de la forêt au Bois malade, une coupe a eu lieu juste après avoir réalisé l'IBP et entre deux passages de piégeage des Carabidae. L'IBP est un protocole solide, qui est beaucoup employé. Le risque de biais observateurs a été estimé à 10 % lors de la création de l'IBP. Depuis les retours d'expérience ont permis d'identifier les facteurs les plus délicats à observer. (28)

Le Degré de Naturalité est un protocole qui est destiné aux forêts gérées et subnaturelles mais il a principalement été déployé dans des forêts ayant une naturalité très forte. De plus ce protocole n'a pas été mis à jour depuis sa création et l'on retrouve peu de retour d'expérience à son sujet.

L'IBP et le DN étant des protocoles basés sur des indicateurs indirects, ils révèlent donc un potentiel de biodiversité par rapport à des facteurs ciblés qui ont été identifiés scientifiquement comme favorables à la biodiversité. (24) Ces indicateurs ont l'avantage de donner un diagnostic rapide et pas trop lourd à mettre en œuvre ainsi que les points d'amélioration possibles de la forêt. Cependant cela ne remplace pas une connaissance naturaliste de la forêt qui permet d'affiner une gestion conservatrice de la biodiversité.

La richesse spécifique est un paramètre à interpréter avec du recul. En effet, en forêt on identifie principalement 3 cortèges de Carabidae. Le cortège des forêts subnaturelles a une faible richesse spécifique mais avec des effectifs importants et il comporte des espèces très spécialistes. C'est elles qui sont le plus menacées par

l'exploitation forestière. Le cortège des forêts gérées abrite une plus grande richesse spécifique avec un peu plus d'espèces généralistes et moins d'effectifs. Et après une coupe forestière, c'est un cortège caractéristique des milieux ouverts qui s'installe avec des espèces plus petites, souvent ailées et plus mobiles, avec une forte richesse spécifique. Globalement plus la lumière est importante dans le peuplement, plus on observe des cortèges de milieux ouverts. Une forêt mature correspond donc à une richesse spécifique plus faible chez les Carabidae mais avec des espèces de plus grandes tailles et plus spécialisées. (16)

Le suivi des Carabidae s'est effectué grâce aux pièges Barber, qui permettent de détecter la majorité des espèces. Cependant les espèces ailées et très mobiles peuvent être sous détectées. Cela peut être un biais, notamment à la peupleraie de Decize. En effet, certaines espèces qui colonisent les milieux inondables sont ailées afin de pouvoir s'adapter aux variations de hauteur d'eau. (16)

L'échantillonnage des Carabidae est qualitatif, disposé sur les placettes sélectionnées au jugé parmi les différents types de peuplements et l'ensemble de la forêt. Il répond aux besoins du gestionnaire de connaissances d'espèces indicatrices dans les différents peuplements des forêts afin de pouvoir effectuer leur suivi. Un nombre plus important de pièges par placettes aurait été nécessaire afin d'effectuer un suivi quantitatif mais aurait été trop lourd à déployer. Toutefois des corrélations entre l'évolution des cortèges carabiques et le dérèglement climatique seraient difficiles à prouver d'un point de vue statistique en l'absence d'une parcelle témoin ne subissant pas ce facteur... Cependant une analyse quantitative serait pertinente pour évaluer une mesure de gestion, par exemple des créations de trouées et leur impact au sein du peuplement en termes d'apport de lumière. Mais dans cette optique les pièges d'études de Carabidae seraient à positionner une fois que la parcelle test sera choisie et identifiée.

L'estimation de la réserve utile pose un diagnostic de base dans l'évaluation de la vulnérabilité du peuplement. Toutefois il ne faut pas adopter une lecture binaire de ce paramètre dans le contexte du dérèglement climatique. Par exemple, la forêt de Chantilly fait partie des massifs forestiers en crise qui subissent actuellement des dépérissements massifs de chêne pédonculé. La réserve utile a été évaluée mais n'a pas permis de monter un lien avec les différents niveaux de dépérissement. (9)

Si le monde forestier a pris pleinement conscience ces dernières années des menaces que fait peser le changement climatique sur les forêts, il n'y a pas de position qui fasse consensus aujourd'hui quant à la stratégie à adopter pour y faire face. De nombreux acteurs, notamment l'ONF, misent sur une complémentarité des solutions envisagées. Les propositions de gestion de ce rapport s'inscrivent dans cette démarche de rechercher plusieurs solutions tout en faisant le choix de positionner l'objectif de préservation de la biodiversité comme prioritaire, ce qui s'inscrit dans les réflexions actuelles du CD58. La principale difficulté reste de penser la forêt sur 300 ans alors qu'on sait que le climat sera déjà radicalement différent dans 30 ans...

## V. Conclusion

Cette étude arrive à des résultats plutôt cohérents entre les différents protocoles sur la caractérisation de la biodiversité sur les 4 forêts départementales étudiées. En effet pour la forêt du Crot de la Voèvre, l'IBP nous indique des capacités d'accueil pour la biodiversité globalement moyenne à plutôt forte. Le Degré de Naturalité permet de caractériser cette forêt avec une naturalité plutôt forte. Ces deux protocoles mettent cependant l'accent sur le manque de gros bois mort et de maturité de la forêt. Le suivi des Carabidae a permis d'identifier au Crot de la Voèvre un cortège de base des espèces forestières témoignant d'une certaine continuité spatiale et temporelle de l'état boisé. Une réponse complète à la problématique dépendra de la mise en œuvre du suivi des Coléoptères carabiques dans le temps, notamment pour les espèces caractéristiques des milieux montagneux qui ont été détectées au Saut de Gouloux. De plus ce suivi des Carabidae constitue un apport de connaissances pour le territoire de la Nièvre, très largement sous prospecté pour ces espèces. La caractérisation de la réserve utile maximum a permis d'effectuer de tester une méthode et d'apporter des réponses sur ce facteur décisif dans la vulnérabilité des peuplements face à l'augmentation de la fréquence des sécheresses. Ces premiers résultats présentent une certaine hétérogénéité au Crot de la Voèvre dont le zonage pourrait être affiné.

Les propositions de gestion sont issues des résultats de ces protocoles et des recherches bibliographiques. Leur mise en œuvre devra s'inscrire dans le temps long de la forêt ce qui est rendu difficile par les incertitudes liées au dérèglement climatique, encore complexifiées par le risque d'effondrement du golf stream (41), et aux possibles adaptations et dépérissements des forêts ainsi que des espèces qu'elles abritent.

# Références Bibliographiques – Documents Consultés.

Marlène Crubillé

Mémoire Licence Pro

## 1 Bibliographie générale

- [1] *Adapter la gestion des forêts au changement climatique : analyse de FSC France du sixième rapport du GIEC*. Forest Stewardship Council (FSC) France. 2022. URL : <https://fr.fsc.org/fr-fr/newsfeed/les-forets-et-le-dernier-rapport-du-giec-analyse-de-fsc-france> (visité le 13/08/2023).
- [2] *Aménagement forestier, Forêt du Mont Prénéley Conseil Général de la Nièvre 2011 - 2030*. ONF, 2011.
- [3] *Auto-saisine du CSRPN Grand Est au sujet de la stratégie d'adaptation au changement climatique pour les forêts du Grand Est*. Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel du Grand Est. 2022. URL : [https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/avis2022-108\\_gt\\_forets-changement-climatique.pdf](https://www.grand-est.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/avis2022-108_gt_forets-changement-climatique.pdf).
- [4] Denis Baize et Michel-Claude Girard. *Référentiel pédologique 2008*. Editions Quae, 2009.
- [5] Thomas Barnouin, Fabien Soldati et Thierry Noblecourt. *Echantillonnage des Coléoptères saproxyliques et des Carabidae dans la Réserve Naturelle de Chalmessin (France, Haute-Marne). Rapport d'échantillonnage 2013*. ONF et Laboratoire National d'Entomologie Forestière, 2014.
- [6] Catherine Biache et al. « Vieux bois et bois morts. Guide technique. » In : *Office national des forêts, Direction forêts et risques naturels (DFRN) (2017)*.
- [7] *Bilan de santé des forêts françaises*. IGN. 2023. url : <https://www.ign.fr/reperes/bilan-de-sante-des-forets-francaises> (visité le 15/07/2023).
- [8] Christophe Bouget, Marion Gosselin et Fabien Laroche. « Changement climatique : la biodiversité forestière à la croisée des enjeux de conservation et d'atténuation ». In : *Sciences Eaux & Territoires pour tous 3 (2020)*, p. 84-89.
- [9] Hervé Bouler. « Ensemble Sauvons la forêt de Chantilly. Une recherche action collective de territoire face à un dépérissement forestier massif ». In : *Revue forestière française 74 (juin 2023)*, p. 165-175. doi : 10.20870/revforfr.2023.7590.
- [10] Jean-Jacques Brun, Marc Fuhr, Nicole Sardat, Jean André, Richard Eynard-Machet, Magali Rossi et Jean-Pierre De Palma. *Naturalité des eaux et des forêts*. Lavoisier, 2016.
- [11] Rita Bütler, Thibault Lachat, Frank Krumm, Daniel Kraus et Laurent Larrieu. « Guide de poche des dendromicrohabitats ». In : *Description et seuils de grandeur pour leur inventaire. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt WSL (2020)*.
- [12] *Catalogue des coléoptères de France, édition actualisé en temps réel*. coordonné 2014-2020 par Marc Tronquet. Association Roussillonnaise d'Entomologie, Perpignan. 2021.
- [13] *ClimEssences*. RMT Aforce. 2020. url : <https://climessences.fr/> (visité le 25/07/2023).
- [14] C Courtial et al. *Les Invertébrés des forêts bretonnes. Amélioration de l'état des connaissances, contribution à une meilleure intégration de la conservation de la biodiversité dans les pratiques des gestionnaires. Année 2016*. Rapport final du GREZIA pour le Conseil Regional de Bretagne et les Departements du Finistere, Morbihan, d'Ille-et-Vilaine et des Cotes d'Armor. 2017.
- [15] Marlène Crubillé. « Projet tutoré Apprentissage : Comment favoriser la biodiversité et la résilience des forêts départementales dans un contexte de changement climatique ? » Déc. 2022.
- [16] Roger Dajoz. *Les coléoptères : carabidés et ténébrionidés*. Lavoisier Tec&Doc, 2002.
- [17] Guillaume Decocq et al. *L'introduction d'essences exotiques en forêt : livre blanc*. Société botanique de France, 2021.
- [18] Olivier Denux, Sylvie Augustin et Alain Berthelot. « Biodiversité des Carabidae dans les peupleraies picardes (Coleoptera) ». In : *L'Entomologiste 63 (2007)*, p. 243-256.
- [19] P Devogel. *Les Carabidae - Listes départementales des invertébrés continentaux de Bretagne (Côtes d'Armor, Finistère, Ille-et-Vilaine et Morbihan)*. Document GREZIA pour la DREAL Bretagne, la Région Bretagne et l'Europe (fonds Feader). 2023.
- [20] *Diagnostic de vulnérabilité au changement climatique - Département de la Nièvre*. Conseil Général de la Nièvre et CEREMA. 2020. url : [https://nievre.fr/wp-content/uploads/2021/03/diagnostic-vulnerabilite-au-changement-climatique-Nievre\\_2020\\_compressed.pdf](https://nievre.fr/wp-content/uploads/2021/03/diagnostic-vulnerabilite-au-changement-climatique-Nievre_2020_compressed.pdf).

- [21] Benoît Dodelin et al. « Bois et forêts... à arbres vieux ou morts ». In : *Les cahiers techniques du Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels* (2010).
- [22] Benoît Dodelin et Guy Lempérière. « Observations sur les Carabiques (Coleoptera Carabidae) de la forêt domaniale de Bellevaux dans le Parc naturel régional du massif des Bauges (Savoie) ». In : *Publications de la Société Linnéenne de Lyon* 71.8 (2002), p. 309-316.
- [23] C Emberger, L Larrieu et P Gonin. *La biodiversité en forêt et son évaluation avec l'Indice de Biodiversité Potentielle*. 2013. url : <https://fr.slideshare.net/foretpriveefrancaise/ibp-formation-130527>.
- [24] Céline Emberger, Laurent Larrieu et Pierre Gonin. *Dix facteurs clés pour la diversité des espèces en forêts : Comprendre l'indice de biodiversité potentielle (IBP)*. CNPF-IDF, 2016.
- [25] Céline Emberger, Laurent Larrieu et Pierre Gonin. « Les bois morts et vieux ou gros arbres en forêt : quels atouts pour le forestier ? » In : *La biodiversité en forêt : qu'est-ce que ça rapporte ?* St Brisson, France, nov. 2018, 15 p. url : <https://hal.inrae.fr/hal-02791378>.
- [26] Sébastien Étienne et Aurélien Besnard. « Suivi des populations de Carabes, dont *Carabus auronitens cupreonitens*, dans la Réserve naturelle nationale de la forêt domaniale de Cerisy (Manche-Calvados)(Coleoptera, Carabidae) ». In : *Bulletin de la Société entomologique de France* 120.4 (2015), p. 417-429.
- [27] P Gonin et L Larrieu. *Indice de Biodiversité Potentielle (IBP Fr v3.0) : fiches de relevé*. 2022.
- [28] P Gonin et L Larrieu. *Méthodes de relevé de l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP)*. CNPF, INRAE Dynafor. 2022.
- [29] André Granier, Vincent Badeau et Nathalie Bréda. « BILJOU : un outil de simulation du bilan hydrique des forêts ». In : *Colloque SEMEAU*. 2012, np.
- [30] F Herbrecht, C Courtial et E Iorio. *La biodiversité des forêts ligériennes. Amélioration de l'état des connaissances et contribution à une meilleure intégration de sa conservation dans les pratiques sylvicoles - Volet Invertébrés*. Rapport GRECIA. 2019.
- [31] *Inventaire des Carabiques sur la Réserve Naturelle Régionale « Landes, Prairies et Etangs de Plounérin »*. 2017. url : [https://etang-moulin-neuf.n2000.fr/sites/etang-moulin-neuf.n2000.fr/files/documents/actualites/presentation\\_et\\_bilan\\_de\\_linventaire.pdf](https://etang-moulin-neuf.n2000.fr/sites/etang-moulin-neuf.n2000.fr/files/documents/actualites/presentation_et_bilan_de_linventaire.pdf).
- [32] AR6 SYR IPCC. *Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6)-Summary for Policymakers*. 2023.
- [33] Magalie Kherbouche. *Mise en place de protocoles de suivis de zones humides dans un contexte de changement climatique*. Document interne. Conseil Départemental de la Nièvre, 2022.
- [34] Antoine Kremer, Brigitte Musch et Éric Lacombe. *Le renouvellement naturel des forêts Que peut-on en attendre en contexte de crise ?* 2022. url : [https://www.youtube.com/watch?v=\\_eIzTrrVE1c](https://www.youtube.com/watch?v=_eIzTrrVE1c) (visité le 19/09/2022).
- [35] Antoine Kremer, Christophe Plomion et Thibault Leroy. *Changement climatique : la diversité génétique à l'origine de l'adaptation des arbres ?* 2023. url : <https://theconversation.com/changement-climatique-la-diversite-genetique-a-lorigine-de-ladaptation-des-arbres-203093> (visité le 20/07/2023).
- [36] Vincent Le Brun. « Participation à la réalisation d'une typologie de station pour le guide des stations du massif Vosgien ». 2022.
- [37] Renan Lehuédé. « Élaboration d'une méthode de simulation des conséquences du changement climatique sur le bilan hydrique des bassins versants de zones humides ». Mémoire de fin d'études. 2021.
- [38] Bernard Lemesle. *Agrobiologie et insectes du sol ; l'exemple des Carabidae (coleoptera), indicateurs de naturalité*. Site cultivé en culture biologique expérimentale d'Archigny (F. 86) Etude réalisée de juillet 2006 à juin 2007. 2008.
- [39] Joseph Levillain, Noémie Pousse et Ingrid Seynave. « Regain d'intérêt pour les données sol en forêt ? » In : *1001 usages des sols*. 2015.
- [40] J Maillat-Mezeray, C Dor et al. « Les entomophages en grandes cultures : diversité, service rendu et potentialité des habitats ». In : *Innovations Agronomiques* (2013).
- [41] Nastasia Michaels. « Le Gulf Stream donne d'inquiétants signes d'effondrement, alerte une étude controversée ». In : *Geo* (2023). url : <https://www.geo.fr/environnement/gulf-stream-donne-inquietants-signes-effondrement-alerte-etude-controversee-amoc-mega-courant-2025-2095-215897>.
- [42] Jean-Michel Mourey et Magali Rossi. *Fiche technique n°15 : Satisfaire aux exigences spécifiques au référentiel FSC*. ONF - DFRN/DCOM. 2020. url : <https://www.onf.fr/onf/+82e::satisfaire-aux-exigences-specifiques-au-referentiel-fsc.html>.
- [43] Louis-Michel Nageleisen et C Bouget. *L'étude des insectes en forêt : méthodes et techniques, éléments essentiels pour une standardisation. Synthèse des réflexions menées par le groupe de travail « Inventaires Entomologiques en Forêt »* (Inv. Ent. For.) ONF, 2009.
- [44] *Outil BioClimSol*. Centre National de la Propriété Forestière. url : <https://www.cnpf.fr/decouvrez-bioclimsol-0> (visité le 22/03/2023).
- [45] Charles Paillet. « Catalogue commenté provisoire des Carabiques de la Nièvre ». In : *L'entomologiste* 78 (2022).

- [46] Christian Piedallu, Noémie Pousse, Ary Bruand, Lucie Dietz et Julien Figuepron. « Estimer le réservoir en eau des sols. Quelles fonctions de pédotransfert le forestier doit-il utiliser ? » In : *Forêt entreprise* 242 (2018), p. 28-32.
- [47] *Programme Life, Action CO8 et CO9*. Document interne. Parc naturel régional des Vosges du Nord.
- [48] Jean-Claude Prudhomme. « Une étude locale de la biodiversité : inventaire des coléoptères du domaine de la Fondation Pierre Vérots à Saint-Jean-de-Thurigneux (Ain, France). 1. Les carabiques et cicindèles ». In : *Publications de la Société Linnéenne de Lyon* 83.5 (2014), p. 127-148.
- [49] Jean-Claude Rameau, Dominique Mansion, Gérard Dumé et Christian Gauberville. *Flore forestière française tome 1, Plaines et collines : Nouvelle édition revue et augmentée*. CNPF-IDF, 2018.
- [50] *Révision d'Aménagement forestier, Forêts du Conseil Général de la Nièvre, 2008 - 2027*. ONF, 2009.
- [51] Nicolas Rodrigues, Raphaëlle Hemeryck, Loïc Casset, Adrián Regos Sanz et Maxence Arnoulf. *Atelier 2 - Retours d'expérience sur des projets de SafN en milieu forestier - Forum Life Artisan Lille*. Office Français de la Biodiversité. 2022. url : <https://vimeo.com/691441457>.
- [52] M Rossi et D Vallauri. « Evaluer la naturalité. Guide pratique, version 1.2 ». In : *WWF France* (2013).
- [53] Brigitte Ruaux, Anaïs Giraud et Serge Gressette. *La boîte à outil de suivi des milieux humides sur le territoire Loire-Bretagne*. projet LigéRO, Conservatoire d'espaces naturels Centre-Val de Loire. 2021. url : [http://www.ligero-zh.org/images/fichiers/BA0\\_Liger0\\_v20210901\\_complet\\_web.pdf](http://www.ligero-zh.org/images/fichiers/BA0_Liger0_v20210901_complet_web.pdf).
- [54] Benjamin Stöckli et Monique Dousse. *La régénération des forêts de montagne sur du bois mort*. FNP, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, 1996.
- [55] Daniel Vallauri et Emmanuelle Neyroumande. « Les forêts françaises : une biodiversité à la fois riche et menacée ». In : *Responsabilité et environnement* 1 (2009), p. 75-81.

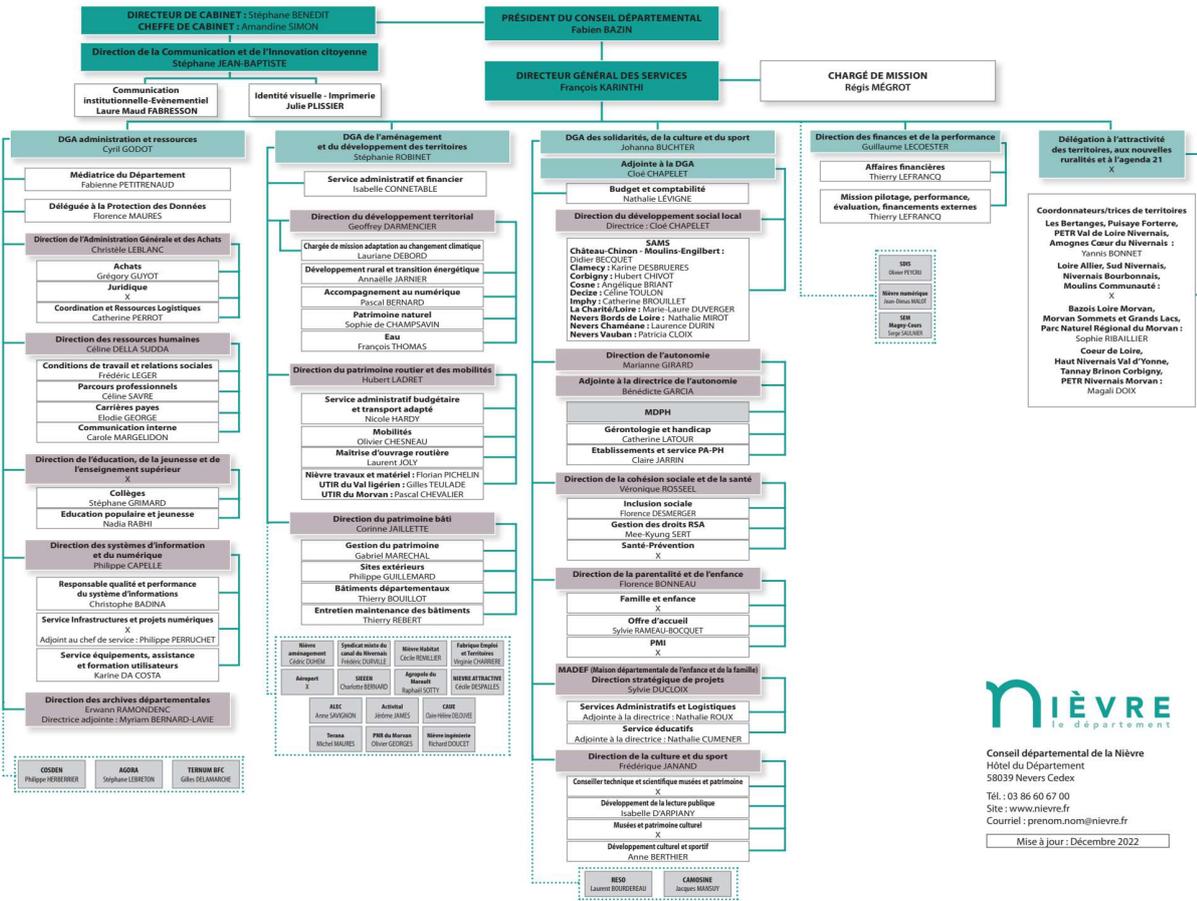
## 2 Bibliographie pour la détermination des Carabidae

- [C1] Jacques Coulon. « Les Bembidiina (Coléoptères Carabidae Trechinae) de la faune de France. Clés d'identification commentées ». In : *Publications de la Société Linnéenne de Lyon* (2005).
- [C2] Jacques Coulon, René Pupier, Eric Quéinnec, Eric Ollivier et Philippe Richoux. *Coléoptères carabiques : compléments aux deux volumes de René Jeannel, mise à jour, corrections et répertoire*. Fédération française des sociétés de sciences naturelles, 2011.
- [C3] Marlène Crubillé et Mathurin Carnet. *Les Carabinae : Carabes, Cychres et Calosomes. Clé de détermination pour les espèces de Bourgogne-Franche-Comté*. version de travail. 2021.
- [C4] Arnaud Horellou. « Les Amara de France continentale et de Corse ». 2015. url : [https://quelestcetanimal-lagalerie.com/wp-content/uploads/2022/01/Les\\_Amara\\_de\\_France\\_continentale\\_et\\_de\\_Corse.\\_A.\\_Horellou.pdf](https://quelestcetanimal-lagalerie.com/wp-content/uploads/2022/01/Les_Amara_de_France_continentale_et_de_Corse._A._Horellou.pdf).
- [C5] Karel Hurka et al. *Carabidae of the Czech and Slovak republics*. Ing. Vít Kabourek, 1996.
- [C6] René Jeannel. *Faune de France : Coléoptères carabiques*. 1942.
- [C7] Martin L Luff et Carl Hildebrand Lindroth. *The Carabidae (ground beetles) of Britain and Ireland*. T. 4. Handbooks for the Identification of British Insects. Royal Entomological Society, 2007.
- [C8] Piezo. *Clé des Abax pour identifier A. parallelepipedus; A. parallelus; A. carinatus; A. ovalis; A. pyrenaicus*. url : <https://www.insecte.org/forum/viewtopic.php?p=893246#p893246> (visité le 01/07/2023).
- [C9] Pierre Zagatti. « Coleoptera Carabidae Clé des tribus pour la faune de France ». url : <https://quelestcetanimal-lagalerie.com/wp-content/uploads/2022/01/coleoptera-tribus-carabidae.pdf>.

## Table des annexes

Annexe 1 : Organigramme général du Conseil Départemental de la Nièvre.....	35
Annexe 2 : Localisation des forêts du Conseil Départemental de la Nièvre.....	36
Annexe 3 : présentation des forêts départementales.....	37
Annexe 4 : Exemple de fiche relevé de l'Indice de Biodiversité potentiel.....	38
Annexe 5 : Exemple de fiche relevé du Degré de Naturalité, remplie avec une tablette étanche sur le terrain.....	40
Annexe 6 : Exemple de fiche de relevé LigéRO utilisée pour les sondages pédologiques.....	43
Annexe 7 : Récapitulatif de l'échantillonnage de l'ensemble des suivis effectués au Crot de la Voèvre, au Bois malade, au Saut de Gouloux et à la peupleraie de Decize.....	48
Annexe 8: Exemple de résultats du Degré de Naturalité pour des forêts à haute naturalité (52).....	46
Annexe 9 : Critères d'identification de la famille des Carabidae.....	47
Annexe 10 : Présentation des pièges Barber utilisés.....	48
Annexe 11 : Résultats détaillés par placettes de l'IBP édités avec le tableur du CNPF pour la forêt du Crot de la Voèvre.....	49
Annexe 12 : Diversité des types de DMH relevé dans les placettes de la forêt du Crot de la Voèvre.....	50
Annexe 13 : Comparaison des résultats de l'IBP pour les 4 sites étudiés.....	52
Annexe 14 : Aperçu synthétique des résultats de l'IBP sur le Bois malade et le Saut de Gouloux.....	53
Annexe 15 : résultats détaillés par placette pour le DN, édités avec le tableur du WWF, pour la forêt du Crot de la Voèvre.....	54
Annexe 16 : Aperçu synthétique des résultats du DN sur le Bois malade et le Saut de Gouloux.....	55
Annexe 17 : Quelques espèces de Carabidae caractéristiques des sites étudiés.....	56
Annexe 18 : Matériel de détermination utilisé.....	58
Annexe 19: Tableau des espèces trouvées sur les 4 sites inventoriés.....	59
Annexe 20 : Individus dont la détermination a été validée par Mathurin Carnet, entomologiste à la Société d'Histoire Naturelle d'Autun.....	60
Annexe 21 : Aperçu synthétique des résultats du suivi des Carabidae au Bois malade, au Saut de Gouloux et à la peupleraie de Decize.....	61
Annexe 22 : Tableau des caractéristiques écologiques des espèces trouvées sur les 4 sites d'inventaire. (38, 12, 31, 14 et bibliographie pour la détermination des Carabidae).....	62
Annexe 23 : Tableur pour le calcul de la RUM au Crot de la Voèvre.....	65
Annexe 24 : Modélisation de l'évolution du diagramme ombrothermique, selon les projections du GIEC pour 2070, par Climessence pour la forêt du Crot de la Voèvre à Saint-honoré-les-Bains.....	66
Annexe 25 : Photographies des 4 sondages pédologiques effectués dans la forêt du Crot de la Voèvre.....	67
Annexe 26 : Calcul de la RUM pour la forêt du Bois malade et du Saut de Gouloux.....	68
Annexe 27 : Infographie sur l'importance du gros bois mort en forêt (23).....	70
Annexe 28 : Carte récapitulant les propositions de gestion au Crot de la Voèvre.....	71

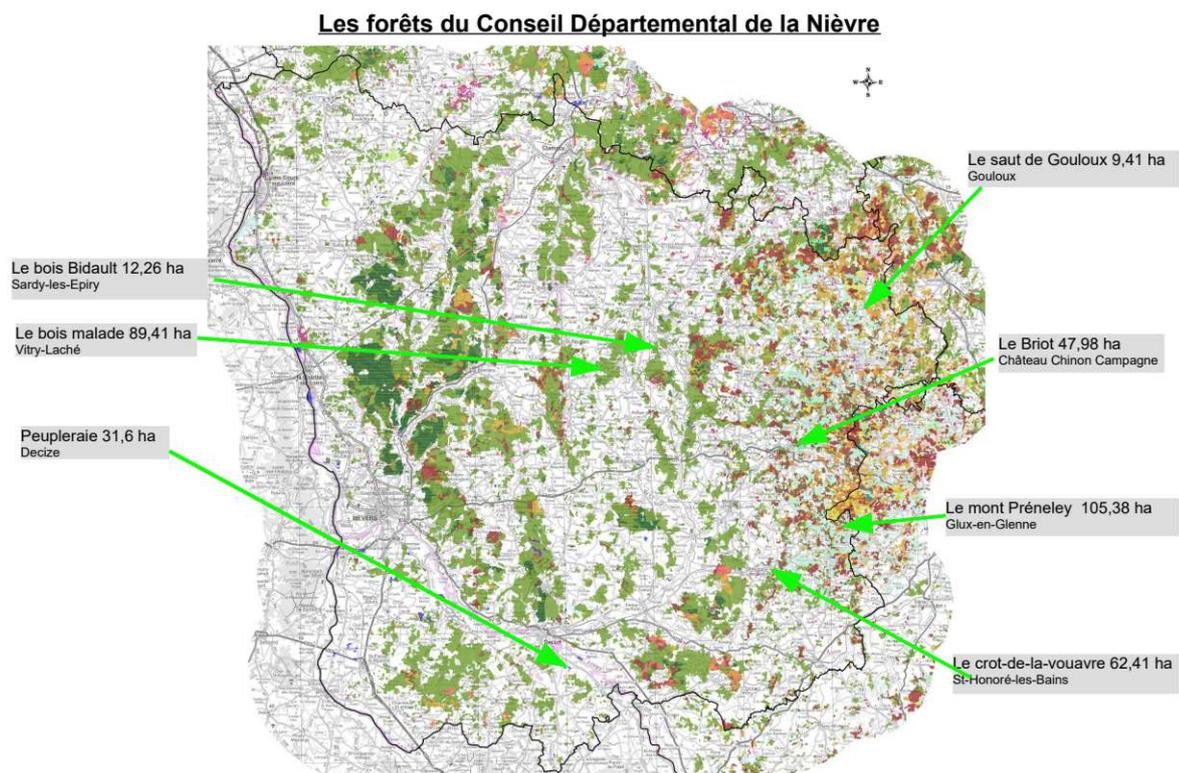
# Annexe 1 : Organigramme général du Conseil Départemental de la Nièvre.



Conseil départemental de la Nièvre  
 Hôtel du Département  
 58039 Nevers Cedex  
 Tél. : 03 86 60 67 00  
 Site : www.nievre.fr  
 Courriel : prenom.nom@nievre.fr

Mise à jour : Décembre 2022

## Annexe 2 : Localisation des forêts du Conseil Départemental de la Nièvre



CD Nièvre\_DGAADT\_DDT\_SPN – Juin 2021

Annexe 3 : présentation des forêts départementales (tableau issu de la base de données du CD 58 que j'ai complété suite à mes recherches)

SITES / COMMUNES	Surface (ha)	Année acquisition	Région naturelle et Géologie	Essence objectif et mode de traitement	Aménagement en cours	Outils juridiques
<b>LE CRÔT DE LA VOEUVRE</b> Saint Honoré les Bains	62,41	1978	Sologne Bourbonnaise Alluvions	Chêne sessile et hêtre Taillis sous futaie, conversion en futaie irrégulière	2008 – 2027	PNRM ZNIEFF I et II ZSC (Natura 2000)
<b>BOIS MALADE + PIERRE DU CHÊNE + BOIS SABOURDIN</b> Vitry-Laché	92,03	1979 – 2006 -2012	Plaines prémonvandelles Limons et alluvions	Chêne sessile et plantations de chêne pédonculé/frêne Taillis sous futaie, conversion en futaie irrégulière	2008 – 2027	ZNIEFF de type I et II à proximité de la zone N 2000 des étangs du Bazois
<b>LE BRIOT</b> Château-chinon-campagne	47,98	1993 -2020	Morvan Formations volcaniques et roches éruptives associées du Carbonifère	Chêne sessile – Hêtre Futaie, conversion en futaie irrégulière	2008 – 2027	PNRM ZNIEFF II et I
<b>LE BOIS BIDAULT</b> (Sardy-les-Epiry)	12,26	1999	Plaines prémonvandelles Formations carbonifères et permienes du Paléozoïque	Chêne sessile, Charme et Robinier (en taillis) Taillis et taillis sous futaie, évolution en peuplement irrégulier	2008 – 2027	Inscrit loi paysage (canal du Nivernais)
<b>LE SAUT DE GOULOUX</b> Gouloux	9,41	1980	Morvan Granite, sur faille géologique datant de la formation des Alpes	Chêne sessile et Épicéa Futaie, conversion en futaie irrégulière coupes sanitaires pour les épicéas	Pas d'aménagement	PNRM Site classé loi 1930 ZNIEFF I et II
<b>LE MONT PRENELEY</b> Glux en glenne	105,47	1999	Haut Morvan Montagnard Roches volcaniques Schistes et conglomérats Gréseux	Hêtre Futaie régulière, conversion en futaie irrégulière	2011 – 2030	PNRM ZSC (Natura 2000) APPB RNR Tourbières du Morvan ZNIEFF I et II Grand Site de France (avec le Mont Beuvray)
<b>PEUPLERAIE</b> Decize	31,61	1997	Alluvions	Peupleraie, restauration de la zone humide	Pas d'aménagement	Mesures compensatoires
<b>TOTAL</b>	<b>361,17</b>					

Annexe 4 : Exemple de fiche relevé de l'Indice de Biodiversité potentiel

 <b>Relevé IBP dans les forêts françaises par parcours en plein ou partiel</b>		<b>Régions atlantique, continentale et alpine</b> étages planitiaire, collinéen, montagnard et subalpin + étage montagnard méditerranéen																					
<b>PEUPELEMENT</b> <b>Composition</b> : essences qui ont accès à la lumière (~étage dominant), tout diamètre ; noter leur couvert libre relatif / peuplement en % . essences ≥ 15% : liste et % = <i>chêne (80%), hêtre (25%), charme</i> . essences < 15% : liste = <i>charme sur étage</i> <b>Structure</b> (tout diamètre) <input type="checkbox"/> peuplement clair = couvert total en permanence <40% Autres (couvert ≥40%), selon le couvert de F=futaie et T=taillis / couvert peuplement : T<25% : <input type="checkbox"/> F régulière <input checked="" type="checkbox"/> F régulière à sous-étage <input type="checkbox"/> F irrégulière T≥25% : <input type="checkbox"/> mélange F riche ≥25% + T <input type="checkbox"/> mélange F pauvre + T <input type="checkbox"/> T sans F <b>Couvert</b> (tiges précomptables) <input checked="" type="checkbox"/> fermé ≥75% <input type="checkbox"/> entrouvert 40-75% <input type="checkbox"/> ouvert <40% <b>Phase dynamique</b> (séparément pour mélange Futaie + Taillis) <input type="checkbox"/> irrégulière <input type="checkbox"/> régénération en cours <input type="checkbox"/> r. acquise <input type="checkbox"/> établissement (PB + qq BM) <input checked="" type="checkbox"/> croissance (BM-GB) <input type="checkbox"/> apogée (TGB-GB) <input type="checkbox"/> effondrement (ouvert, TGB, morts) Type peuplement et complément de description (Ho, D, antécédent...) : <i>G = 22</i>		<b>REFERENCES DU RELEVÉ</b> Date : <i>2/6/14</i> Nom relevé : <i>CV3</i> Surface parcourue (ha) = <i>2</i> Dimensions zone parcourue (m) : L x l = _____ cercle R = _____ Surf. totale (= S. parcourue si parcours en plein, sinon >) = _____ Nom des observateurs : <i>Monlière Coubille</i> Nom groupe (si IBP calculé sur groupe de relevés) : _____																					
<b>LOCALISATION DU RELEVÉ</b> Département : <i>58</i> Commune : <i>SE-Ho</i> Dossier : _____ Forêt : <i>Crot de la Vaux</i> Subdivision (de la forêt) : _____ Autre (parcelle...) : _____ Propriétaire, gestionnaire : _____ Contact accès forêt : _____ Coordonnées (et réf.) : _____ Alt. (m) : _____ Statut, gestion... : _____																							
<b>CRITERES DE DIAGNOSTIC IBP</b>																							
<b>Version IBP</b> : Région : <input type="checkbox"/> atlantique <input checked="" type="checkbox"/> continentale <input type="checkbox"/> alpine <input type="checkbox"/> méditerranéenne Etage : <input type="checkbox"/> planitiaire et collinéen <input type="checkbox"/> montagnard <input type="checkbox"/> subalpin <input type="checkbox"/> étage montagnard méditerranéen		Parcours : <input type="checkbox"/> en plein <input type="checkbox"/> partiel linéaire <input type="checkbox"/> partiel circulaire Observations dans la zone non parcourue : <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Fertilité : <input type="checkbox"/> fertile à moyennement fertile <input type="checkbox"/> très peu fertile Facteurs déplaçonnés <sup>3</sup> (A, B...) : _____																					
<b>A - Essences autochtones</b>	Nombre d'essences autochtones, vivantes h > 50 cm ou mortes, dans la liste ci-dessous (sans distinction d'espèces)	max <sup>3</sup> 5 (3 au subalpin)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>plan.</th> <th>coll.</th> <th>mont.</th> <th>subalpin</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0 ou 1 genre</td> <td>0 genre</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2 genres</td> <td>1 genre</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>3 ou 4 genres</td> <td>2 genres</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5 genres et +</td> <td>3 genres et +</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> score plafonné à 2 si le couvert de l'ensemble des essences autochtones < 50 % du peuplement décrit	plan.	coll.	mont.	subalpin	0	0 ou 1 genre	0 genre		1	2 genres	1 genre		2	3 ou 4 genres	2 genres		5	5 genres et +	3 genres et +	
	plan.	coll.	mont.	subalpin																			
0	0 ou 1 genre	0 genre																					
1	2 genres	1 genre																					
2	3 ou 4 genres	2 genres																					
5	5 genres et +	3 genres et +																					
Couvert de l'ensemble des autochtones / peuplement décrit		< 50 % ou ≥ 50 %																					
<b>B - Structure verticale de la végétation</b>	Strates présentes avec feuillage ≥ 20 % de la surface décrite (1 ligneux est compté dans toutes les strates occupées par son feuillage, autochtone ou non)																						
	herbacée et semi-ligneuse		0 : 1 strate																				
	ligneux très bas (< 1,5 m)		1 : 2 strates																				
	ligneux bas (1,5 à 7 m) ligneux intermédiaire (7 à 20 m) ligneux haut (> 20 m)		2 : 3 ou 4 strates 5 : 5 strates																				
<b>C - Bois morts sur pied de grosse dimension</b>	Nombre de bois morts (BM, autochtones ou non) de hauteur ≥ 1 m	max <sup>3</sup>	0 : BMg/ha < 1 et BMm/ha < 1																				
	BMg de grosse dimension : D > 37,5 cm (D > 17,5 cm sur stations très peu fertiles <sup>1</sup> & essences à faible croissance <sup>2</sup> )	3/ha	1 : BMg/ha < 1 et BMm/ha ≥ 1																				
	BMm de dimension moyenne : 17,5 < D < 37,5 cm (compter si BMg < 1/ha)	1/ha	2 : 1 ≤ BMg/ha < 3 5 : BMg/ha ≥ 3																				
<b>D - Bois morts au sol de grosse dimension</b>	Nombre de bois morts (BM, autochtones ou non) de longueur ≥ 1 m	max <sup>3</sup>	0 : BMg/ha < 1 et BMm/ha < 1																				
	BMg de grosse dimension : D > 37,5 cm (D > 17,5 cm sur stations très peu fertiles <sup>1</sup> & essences à faible croissance <sup>2</sup> )	3/ha	1 : BMg/ha < 1 et BMm/ha ≥ 1																				
	BMm de dimension moyenne : 17,5 < D < 37,5 cm (compter si BMg < 1/ha)	1/ha	2 : 1 ≤ BMg/ha < 3 5 : BMg/ha ≥ 3																				
<b>E - Très gros bois vivants</b>	Nombre d'arbres vivants (autochtones ou non) :	max <sup>3</sup>	0 : TGB/ha < 1 et GB/ha < 1																				
	TGB : D > 67,5 cm (D > 47,5 cm sur stations très peu fertiles <sup>1</sup> & essences à faible croissance <sup>2</sup> )	5/ha	1 : TGB/ha < 1 et GB/ha ≥ 1																				
	GB : 47,5 < D < 67,5 cm (à compter si TGB < 1/ha)	1/ha	2 : 1 ≤ TGB/ha < 5 5 : TGB/ha ≥ 5																				
<b>F - Arbres vivants porteurs de dendro-microhabitats (dmh)</b>	Nombre d'arbres à dmh (autochtones ou non ; plafond <sup>3</sup> : compter au maxi 2 arbres/ha par groupe de dmh ci-dessous et total plafonné à 8 arbres/ha)																						
	1 - Loges de pic																						
	2 - Cavités à terreau (ø > 10 cm ou > 30 cm si semi-ouvertes ou ouvertes)																						
	3 - Orifices et galeries d'insectes (ø > 2 cm)																						
	4 - Concavités (ø > 10 cm, prof. > 10 cm) : dendrotelme remplie d'eau ou concavité racinaire ou concavité à fond dur de tronc ou trou de nourrissage de pic																						
	5 - Aubier apparent : bois sans écorce ou blessure de feu (S > 600 cm <sup>2</sup> = A4) ou écorce décollée (décollement > 1 cm larg. et haut. > 10 cm)																						
	6 - Aubier et bois de cœur apparents : cime brisée (ø > 20 cm) ou bris de charpentièr au niveau du tronc (ø > 20 cm ou S > 300 cm <sup>2</sup> = A5) ou fente (larg. > 1cm, prof. > 10cm, long. > 30cm)																						
	7 - Bois mort dans le houppier : branches ou cime mortes (ø > 20 cm et L > 50 cm, ou ø > 3 cm et > 20 % du houppier mort)																						
	8 - Agglomérations de gourmands ou de rameaux : balais de sorcière (> 50 cm) ou brogne (avec > 5 gourmands)																						
	9 - Loupes et chancres (ø > 20 cm)																						
	10 - Sporophores de champignons pérennes : Polypore (ø > 5 cm)																						
	11 - Sporophores de champignons éphémères : Polypore annuel ou Agaricale charnu (ø > 5 cm ou nombre > 10)																						
	12 - Plantes et lichens épiphytiques ou parasites : mousses ou lichens foliacés/fruticuleux ou lierre/lianes (>20% du tronc pour au moins l'un de ces types), fougères (>5 frondes), qui (10 boules ø > 20cm)																						
	13 - Nids : gros nid de vertébré (ø > 50 cm)																						
	14 - Microsols (du houppier à toute hauteur dans l'arbre)																						
15 - Coulées de sève et de résine (coulée active > 20 cm)																							

*gros nid*

*copie block 2/2014*

G - Milieux ouverts florifères (MO)	MO à végétation florifère caractéristique (plantes à fleurs différentes de celles sous couvert, ou identiques mais à floraison abondante), permanents ou temporaires	% / à la surface parcourue	plan., coll., mont., subalpin
	surface trouées ou clairières (m²) =	1	0 0 %
	longueur lisières (m) = x 2 m = surface (m²) =		2 < 1 % ou > 5 % < 1 %
	peuplements peu denses ou à feuillage clair	1	5 1 à 5 % ≥ 1 %
IBP peuplement et gestion			33
H - Continuité temporelle de l'état boisé	Carte de l'état-major (= forêt ancienne si non défrichée après) :		0 : forêt récente (terrain défriché sur la totalité de la surface)
	Autres documents historiques : Sur le terrain, noter les éléments suivants : - dans les forêts présentes sur la carte de l'état-major : signes d'utilisation agricole (murette, terrasse...) indiquant un <b>défrichement postérieur à la carte</b> , soit en plein (score 0), soit partiel (score 2) ; signes indiscutables de <b>perturbation du sol sur la totalité de la surface</b> suite à plantation en plein, avec travail du sol en plein (score 2) - dans les forêts récentes : signes de <b>continuité boisée partielle</b> (vieux arbres reliques, zone rocheuse restée boisée, etc. : score 2)		2 : état boisé partiellement continu (défrichement localisé) ou continu mais reboisé avec travail du sol en plein 5 : forêt ancienne (terrain non défriché, même partiellement, et non reboisé avec travail du sol en plein)
I - Milieux aquatiques	Types présents, d'origine naturelle ou artificielle, permanents ou temporaires, parmi la liste suivante (max <sup>3</sup> 2 types)		
	Source ou suintement		
	Ruisseau, fossé humide non entretenu ou petit canal (largeur < 1 m)	1	
	Petit cours d'eau (l de 1 à 8 m)	3	
	Rivière ou fleuve, estuaire ou delta (l > 8 m)		0 : aucun type
	Bras mort		2 : 1 type
	Mer ou océan		5 : 2 types et plus
	Lac ou plan d'eau profond		
	Etang, lagune ou plan d'eau peu profond		
	Mare ou autre petit point d'eau		
J - Milieux rocheux	Types présents, de surface cumulée > 20 m², parmi la liste suivante (max <sup>3</sup> 2 types)		
	Falaise ou paroi rocheuse de hauteur supérieure à celle des arbres adultes		
	Paroi rocheuse de hauteur inférieure à celle des arbres adultes		
	Dalle		
	Lapiaz ou grande diaclase fraîche		
	Grotte ou gouffre		0 : aucun type
	Eboulis instable		2 : 1 type
	Amoncellement de blocs stables (éboulis stable, tas de pierre, ruine, murette > 20m)		5 : 2 types et plus
	Chaos de blocs > 2 m		
	Gros blocs (> 20 cm) ou affleurements autres que dalle ou lapiaz		
Banc de galets (hors lit mineur)			
Dépôt de sédiments fins, peu végétalisé (dépôt alluvial hors lit mineur, dune)			
Berge verticale meuble ou paroi de matériau meuble, peu végétalisée			
IBP contexte			7
IBP TOTAL			25

**CAS DU PARCOURS PARTIEL : relevé complémentaire en dehors de zone parcourue**

Reporter les informations connues + observations sans effort particulier de prospection, soit dans les zones remarquables non parcourues (lisières et particularités du relief comme les vallons, falaises...), soit pour les éléments visibles depuis la zone parcourue

**Facteur A - Essences autochtones**, non observées dans la zone parcourue :

**Facteur G - Lisières** ne recoupant pas la zone parcourue (exclure une lisière sur la totalité de sa longueur dès qu'elle recoupe la zone parcourue)  
Longueur (m) = x 2 m = surface (m²) = % par rapport à la surface totale =

**Facteur I - Milieux aquatiques**, non observés dans la zone parcourue : 1<sup>er</sup> type observé - nom =  
2<sup>e</sup> type observé - nom =

**Facteur J - Milieux rocheux**, non observés dans la zone parcourue : 1<sup>er</sup> type observé (de surface cumulée > 20 m²) - nom =  
2<sup>e</sup> type observé (de surface cumulée > 20 m²) - nom =

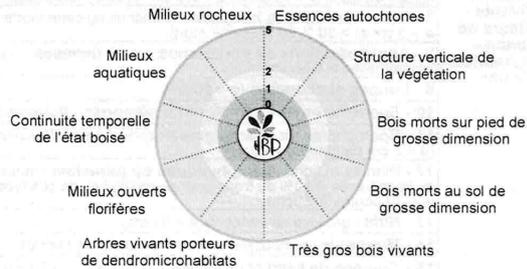
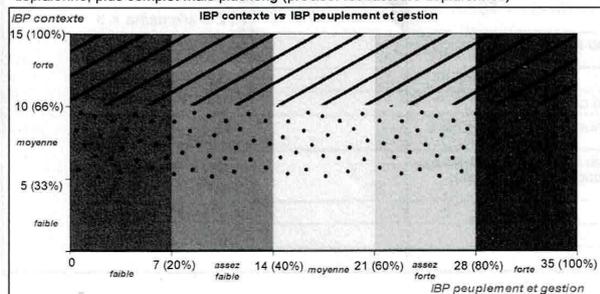
Espèces ou habitats remarquables observés : *vol cigogne blanche*

Commentaires sur les résultats IBP :

Préconisations de gestion :

Commentaires sur le relevé :

- stations très peu fertiles : lorsque les arbres ne peuvent pas atteindre les seuils de grosseur des TGB, même en fin de cycle biologique ; situations peu fréquentes (moins de 20 %)
- essences n'atteignant jamais de très grosse dimension (Aulne blanc et A. de Corse, Arbousier, Cerisier à grappes, Erable à feuilles d'obier et E. de Montpellier, Poiriers, Pommier, Sorbiers autres qu'Alisier torminal et Cornier...)
- seuil permettant l'attribution du score définitif, utilisé dans le cas de relevés plafonnés ; possibilité de comptabiliser les éléments au-delà de ce seuil si on souhaite un relevé déplafonné, plus complet mais plus long (préciser les facteurs déplafonnés)





# NATURALITÉ

## ÉVALUATION COMPLÈTE

© WWF France  
Plus d'informations : [www.foretsanciennes.fr](http://www.foretsanciennes.fr) Version 1.2

Échelle de peuplement (< 10 ha)

Autre :

Forêt :

---

Identification

Généralités

Numérotation :     Nature des données  Confidentielles  Publiques

Pays Code postal aa mm jj n°

Rédacteur(s) / Organisme(s) :  Photos de la parcelle :  Oui  Non

---

Localisation

Statut de propriété :  N° de la parcelle :  Surface de la parcelle (ha) :

Statut de protection le plus fort :  Latitude :  Longitude :

◆ Dessiner sur la carte 1 : 25 000 les contours de la parcelle et la zone échantillonnée fixés à la fiche.

Altitude moyenne(m) :  Pente (%) :  Exposition (°) :

---

Échantillonnage

Type de prospection :  Virée  Placette circulaire  Placette rectangulaire

Largeur (m) :  Longueur (m) :  Rayon (m) :  Coefficient de pente :

Surface décrite (m<sup>2</sup>) :  Coefficient multiplicateur pour ramener les comptages à l'ha : x

---

Consignes et seuils variables

Hauteur H Essence 1 :  /  m Essence 2 :  /  m

Hauteur de seuil des strates : 

DN
<input style="width: 30px;" type="text"/>
<input style="width: 30px;" type="text"/>
<input style="width: 30px;" type="text"/>

Arbustive  Très gros bois (TGB)  > 70  > 60  > 40  > 30

Arborescente basse  Très très gros bois (TTGB) Essence 1 : >  Essence 2 : >

Arborescente haute  Bois mort  > 30

---

Sentiment de Nature

1. LE NIVEAU RESENTI DANS CETTE PARCELLE EST-IL ?  Nul  Faible  Moyen  Fort  Très fort  Exceptionnel

2. RÉFÉRENCES précisez le nom de la forêt et/ou de la parcelle la plus proche où vous avez vécu un sentiment de nature équivalent ou supérieur. Equivalent :   
Supérieur :  Niveau :

3. EXPLIQUEZ en 6 termes maximum ce sentiment ou son origine

1.  3.  5.

2.  4.  6.

Seuil tel que défini par l'ITBP version 2.7 ACM. Domaine atlantique et continental : TGB 70 sauf peu fertile 40 ; bois mort 40 sauf peu fertile 20 ; 2 0 x4, arrondir aux 5 cm les plus proches. Plafonné à 120 cm. Plancher 30 cm.

---

Nature

DN

4. ARBRES Mettre en notes les essences présentes

Richesse en essences indigènes  0-1 0  2-4 5(A=7)  5 ou 6 7 (A, S=10)  ≥7 10

---

Diversité spécifique

5. ESPÈCES PATRIMONIALES FORESTIÈRES Citer, à partir des signes de présence :

Aucun signe  Présence probable  Présence avérée

---

Patrimonialité

6. HABITAT FORESTIER Corine Biotope Code :  Nom :

Autre 0  Habitat patrimonial 1

10. PART DES ARBRES INDIGÈNES DANS LE COUVERT TOTAL (%)

<25 0  [25-50] 1  [50-75] 2  [75-90] 4  [90-100] 7  100 10

Indigénat/Complexité structurale

11. STRUCTURE DU PEUPEMENT

Lande ou pâturage boisés 1  Matorral, maquis 2  Taillis 2  Mélange futaie taillis ou futaie claire 3  Futaie régulière ou régularisée 5 (A=10)  Futaie irrégularisée en diamètre avec ou sans taillis 7  Futaie irrégulière en diamètre et hauteur 10

12. SURFACE TERRIÈRE (Diamètre de précomptage = 17,5 cm)

]0-15] 0  ]15-20] 3  ]20-25] 5  ]25-30] 7  ]30-35] 9  > 35 10 G = 19 m<sup>2</sup>/ha

13. STRATIFICATION VERTICALE Cocher si au moins 20% de la surface

Herbacée 1  Arbustive 1  Arborescente basse 1  Arborescente haute 1  
 Muscinale 1  Sous-arbustive 1  Emergents<sup>4</sup> 1  Absence naturelle de sous-étage 1

Σ des notes individuelles des strates 1 0 2 5 (A=10) 3 10 >3 10

\* Précisez en note. <sup>1</sup> Te qui défini par l'IBP <sup>2</sup> Abréviations, A: Alluvial, stades à bois tendre; M: Méditerranéen (étages supra, méso et thermo méditerranéens); S: Subalpin.  
<sup>3</sup> Absence = 0; 1 type = 2; 2 types et plus = 5. <sup>4</sup> H > 1,25 x H<sub>0</sub>.

Maturité

16. AGE DU PEUPEMENT (hors arbres préexistants)

Très jeune 1/8 0  Jeune 1/4 2  Adulte 1/2 5  Mature 3/4 7  Âgé 4/4 10  Très vieux 10

17. GROS ARBRES VIVANTS À POLYPORES Ø > 30 cm

Pointage:  0  ]0-5]  > 5  
 Nombre: 1 /ha

19. TRÈS TRÈS GROS BOIS (TTGB)

Pointage:  < 1 0  [1-5] 3  ]5-10] 7  > 10 10  
 Nombre: 0 /ha

Origine:  Agropastorale  Forestière Diamètre maximum: 62 cm

20. VOLUME DE BOIS MORT (Diamètre > 30 cm, m<sup>3</sup>/ha)

< 1 0  ]1-5] 2  ]5-10] 3  ]10-20] 5  ]20-50] 7 (10 si H < 20)  > 50 10

Microhabitats des arbres

14. MICROHABITATS DES ARBRES VIVANTS Voir la typologie de l'IBP

Cavité creusée par les pics 0 1 2  Cavité remplie d'eau 0 1 2  Cavité de pied à fond dur 0 1 2  Cavité évolutive à terreau de pied 0 1 2   
 Bois sans écorce non carié 0 1 2  Charpentièrre ou cime brisée (ø > 20 cm) 0 1 2  Cavité évolutive à terreau de tronc 0 1 2  Fente et écorce décollée 0 1 2   
 Bois mort dans le houppier 0 1 2  Polypore 0 1 2  Coulée de sève active (résine exclue) 0 1 2  Liane (et gui) 0 1 2

Σ =  < 1 0 0  [1-5] 2 1  ]5-10] 5 3  ]10-15] 5 5  > 15 5 7

15. LOGES DE PICS<sup>1</sup>

Pointage:  0  ]0-5] 1  ]5-10] 2  > 10 3  
 Nombre: 2 /ha

Dynamique

23. STADES DE SUCCESSION<sup>4</sup>

Pionnier 0  Post-pionnier 4  Intermédiaire 7  Complet 10

24. PHASES DE LA SYLVIGENÈSE Cocher si tache > 200 m<sup>2</sup>

Régénération 1  Croissance 1  Maturité 2  Vieillessement 3  Eroulement 3

Continuité spatiale

25. SURFACE FORESTIÈRE EN CONTINUITÉ<sup>5</sup> (ha)

< 10 0  [10-100] 2  ]100-1000] 4  ]1 à 10000] 6  ]10 à 100000] 8  > 100000 10

Ancienneté

26. CONTINUITÉ DE L'ÉTAT BOISÉ DEPUIS 250 ANS

Avant 1790:  Bois 3 Minutes de l'État-major (1822-1866):  Labours, vignes, autre 0 0  Prairies, pâtures 0 1  Bois 2  
 En limite de bois (< 100 m), pâturage boisé, verger non labouré 2 3  Bois 5 5  Autre 0

<sup>1</sup> Sur arbres vivants et morts debout, En Corse, inclure les loges sculptées par Sitta whiteheadi. <sup>2</sup> Sommer les notes. <sup>3</sup> Moyenne entre l'indicateur 20 et la meilleure note des indicateurs 16 et 19. <sup>4</sup> À partir de la flore, évaluer l'équilibre relatif de la composition conditionnée par les seules variables abiotiques, à climat constant et à l'échelle humaine. <sup>5</sup> Il y a discontinuité si absence de couvert sur 100 m minimum. <sup>6</sup> Sommer les notes individuelles par date. Si la parcelle n'est pas boisée à une date, on ne compte pas les notes antérieures.

# Empreinte humaine

DN

1800-1960

## 27. USAGES AGRO-PASTORAUX ANCIENS

- Ancien chemin  Draille, reposoir  Pâturage (érosion, espèces indicatrices)  Arbre de forme champêtre  Abri, ruine  
 Muret, épierrement  Terrasse  Sol favorable pour le labour (pente < 30%, altitude < 2000 m)  Pas de traces mais usage probable  Pas d'usage

## 28. EXPLOITATION FORESTIÈRE ANCIENNE

- Charbonnière  souche/cépée > 60 ans<sup>2</sup>  
 Traces  Câble, lançage  Cernage, liège  Pas de traces mais usage probable  Pas d'usage  
 Période de la dernière coupe  1910-1960  1860-1910  Avant 1860

Après 1960

## 29. EXPLOITATION DU BOIS

- Date de la dernière coupe (années)  < 20  [20-60]  Aucune sur la période Date :   
 Nombre de souches par ha (ø franc pied > 17,5 cm; ø taillis > 7,5 cm)  > 400  ]100-400]  ]50-100]  ]1-10]  < 1

## 30. PRÉSENCE D'ESPÈCES INTRODUITES ENVAHISSANTES

- Envahissement généralisé  Présence ponctuelle en expansion  Présence ponctuelle stable  Absence  
 Urbanisation, transport  Pâturage, agriculture  Coupe rase, plantation  Non fragmenté  Discontinuité naturelle (fleuve, haute-montagne)

## 32. CHASSE

- Chasse interdite  Chassable mais peu accessible  Chassé, pas de traces d'activité  Chassé, signes diffus et ponctuels  Aménagement pérenne

## 33. ABROUTISSEMENT

- Aucun signe  Signes diffus ou ponctuels  Impact < 50% des tiges  Impact > 50% des tiges

## 34. FRÉQUENTATION

- Influence urbaine<sup>2</sup> :  < 50 000  50 000 - 250 000  250 000 - 1 million  > 1 million  
 Accès :  Pas de sentier à moins de 100 m  Sentier peu connu  Sentier populaire  Route < 100 m

## 35. DURABILITÉ DES USAGES (via le statut de protection effectif)

- Aucun statut de protection  UICN V<sup>8</sup>  Natura 2000  Réserve dirigée (RBD, RNN, RNR)  UICN I et II<sup>9</sup>

Pressions pour les 50 ans à venir

## 36. EXPLOITABILITÉ DU BOIS

- Facile  Moyenne  Difficile  Très difficile

## 37. INCENDIES D'ORIGINE HUMAINE

- Méditerranée  
 Sensibilité :  < 600 m  600-1000 m  Autre  
 Facteurs aggravants :  Aménagement ou urbanisation proche ou forte fréquentation  Sous-bois continu et inflammable

## 38. DÉFRICHEMENT AGRICOLE

- Statut foncier opposé  Possible et pente > 30%  
 Défrichement possible, pente < 30% et...  Zone agricole éloignée (> 5 km)  Zone agricole proche  Proche et contexte favorable

## 39. URBANISATION ET DÉVELOPPEMENT

- Foncier protégé<sup>12</sup>  Foncier non protégé  Aménagement (ou projet) dans les 5 km  Habitat diffus  Pression forte

## 40. ESPÈCES ENVAHISSANTES

- Risque d'envahissement généralisé  Présence diffuse ou ponctuelle et stable  Absence mais milieu sensible  Absence et milieu peu sensible

## 41. CHANGEMENT CLIMATIQUE (dici 2050, scénario +2°C)

- Habitat sans avenir forestier  Milieu résilient, changement d'habitat  Changement d'habitat peu probable  Dépérissement en cours imputable au climat

<sup>1</sup> Note maximale parmi les usages cochés. <sup>2</sup> Indiquer la densité en notes. <sup>3</sup> Somme, maximum 10. <sup>4</sup> [10 - note (ancienneté) + note (Usages agro-pastoraux) + note (exploitation forestière)] / 3. <sup>5</sup> Moyenne des 2 notes. <sup>6</sup> Il y a discontinuité si absence de couvert sur 100 m minimum. <sup>7</sup> Nombre d'habitants dans les communes des 50 km alentour. <sup>8</sup> Zone d'adhésion de FN, zone de cœur de FN exploitée, RNR et autres statuts UICN V. <sup>9</sup> Réserve intégrale, zone de cœur de FN non exploitée. <sup>10</sup> [3 x note 29 + 2 x note 35 + les autres notes] / 10. <sup>11</sup> Si Statut UICN I ou II, mettre 0. <sup>12</sup> Espaces protégés de catégorie UICN I à IV et propriétés publiques non aliénables ou assimilées.

Crot de la Vaevrae

**SITE**

Id. Crot de la Vaevrae

Date 26/05/23 Observateur Julien Curbale

N° du sondage 1

**CONTEXTE DU SONDAGE**

N° du relevé pédologique

Conditions d'observation

- type de temps :  ensoleillé  variable

- ambiance :  humide  sèche  froide  chaude

1 - Type d'observation  fosse pédologique  tarière

gouge  carottier

2 - Nappe  non visible  observable et profondeur : \_\_\_ cm

3 - Cause de l'arrêt

4 - Proposition GEPPA

**DESCRIPTION PÉDOLOGIQUE**

N° Profondeurs	Caractéristiques de l'horizon										Hydromorphie				Propriétés			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
Limites	Température	Clarté	Texture	Structure	Éléments grossiers	Racines	Tâches	Abondance	Taille	Forme	Humidité	Compacité	Plasticité	Adhésivité	Friabilité	Altération de la M.O.	Von-Post	
10-2	10/10	2	1	1	1	4	2	—	—	—	1	1	1	1	1	3	3	
2-19	10/10	4	3	3	3	3	3	—	—	—	2	3	3	3	2	1	1	
19-40	10/10	6	4	4	2	2	2	4	4	2	2	2	3	3	3	1	1	
40-62	10/10	6	4	4	2	2	2	4	4	2	2	2	3	3	3	1	1	
62-105	10/10	7	8	2	2	2	2	4	4	2	2	2	3	3	3	1	1	
105-133	10/10	8	8	3	3	2	2	4	4	2	2	2	3	3	3	1	1	
133-146																		

**VOUS-POST**

1 eau limpide

2 eau peu colorée

3 eau trouble pâle

4 eau trouble foncée

5 eau trouble et particules

6 1/3 du matériel passe entre les doigts

7 1/2 du matériel passe entre les doigts

8 2/3 du matériel passe entre les doigts

9 presque tout le matériel

10 tout le matériel

**ALTERATION DE LA M.O.**

1 végétaux identifiables

2 identifiables avec traces de décomposition

3 peu d'organes végétaux identifiables

4 non identifiable

**FRIABILITE (pouce/index)**

1 ne s'effrite pas

2 sous forte pression

3 s'effrite facilement

4 très légèrement pression

**ADHESIVITE (pouce/index)**

1 non collant

2 colle sans adhérer

3 adhère aux doigts

4 s'effrite nettement

**PLASTICITE (pouce/index)**

1 impossible de le former

2 se brise sous les doigts

3 sous faible déformation

4 ne rompt pas

**F** Faciès

1 sans

2 < 3 / dm<sup>2</sup>

3 8 à 32 / dm<sup>2</sup>

4 > 32 / dm<sup>2</sup>

**G** Tâches

1 sans

2 oxydation

3 réduction

**H** Abondance

1 < 5%

2 5 à 15%

3 15 à 40%

4 > 40%

**I** Taille

1 < 2 mm

2 2 à 6 mm

3 6 à 20 mm

4 > 20 mm

**J** Forme

1 irrégulières

2 arrondis

3 tronçonnées horizontales

4 tronçonnées verticales

**K** Humidité

1 sec

2 frais

3 humide

4 saturé

**L** Compacité (couteau pénétré)

1 sans effort

2 avec effort

3 incomplètement

4 pas ou de quelques mm

Ne renseigner qu'un descripteur (chiffre), le dominant, par critère (A-Q).

Critères facultatifs:  Critères liés à la caractérisation de la M.O.

**Pédologie**

par d'identification à H<sub>2</sub>O



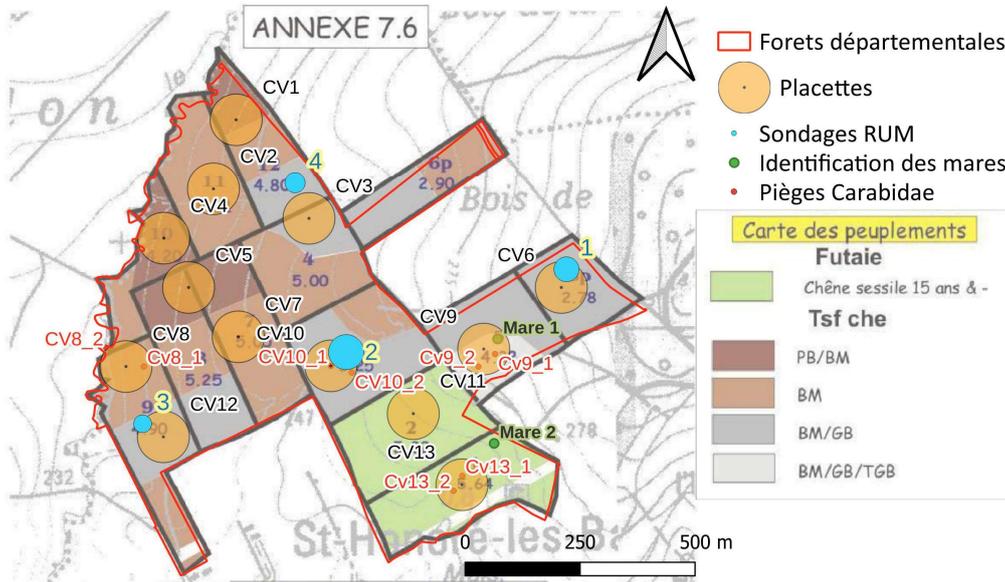
fiche terrain LigéRO modifiée

ANNEXES 1 : fiches techniques de terrain

Annexe 7 : Récapitulatif de l'échantillonnage de l'ensemble des suivis effectués au Crot de la Voèvre, au Bois malade, au Saut de Gouloux et à la peupleraie de Decize.

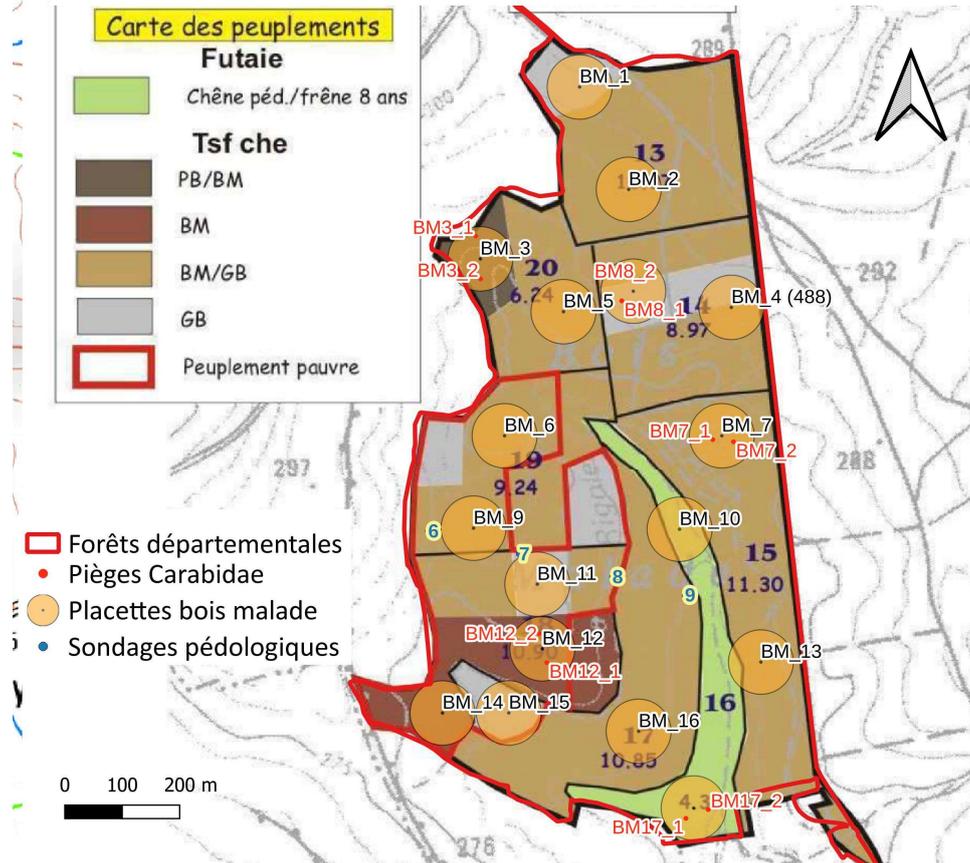
Au Crot de la Voèvre :

**Carte résumé de l'échantillonnage des protocoles mis en oeuvre**



Au Bois malade :

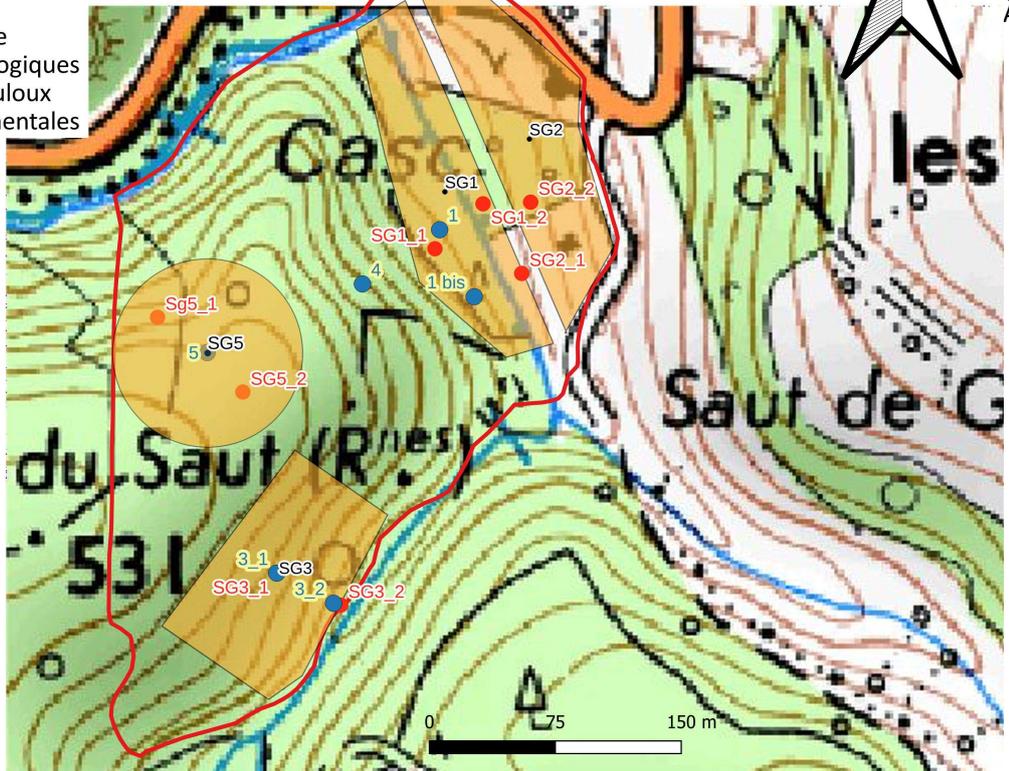
**Carte synthétique de l'échantillonnage des différents protocoles, Forêt du Bois malade**



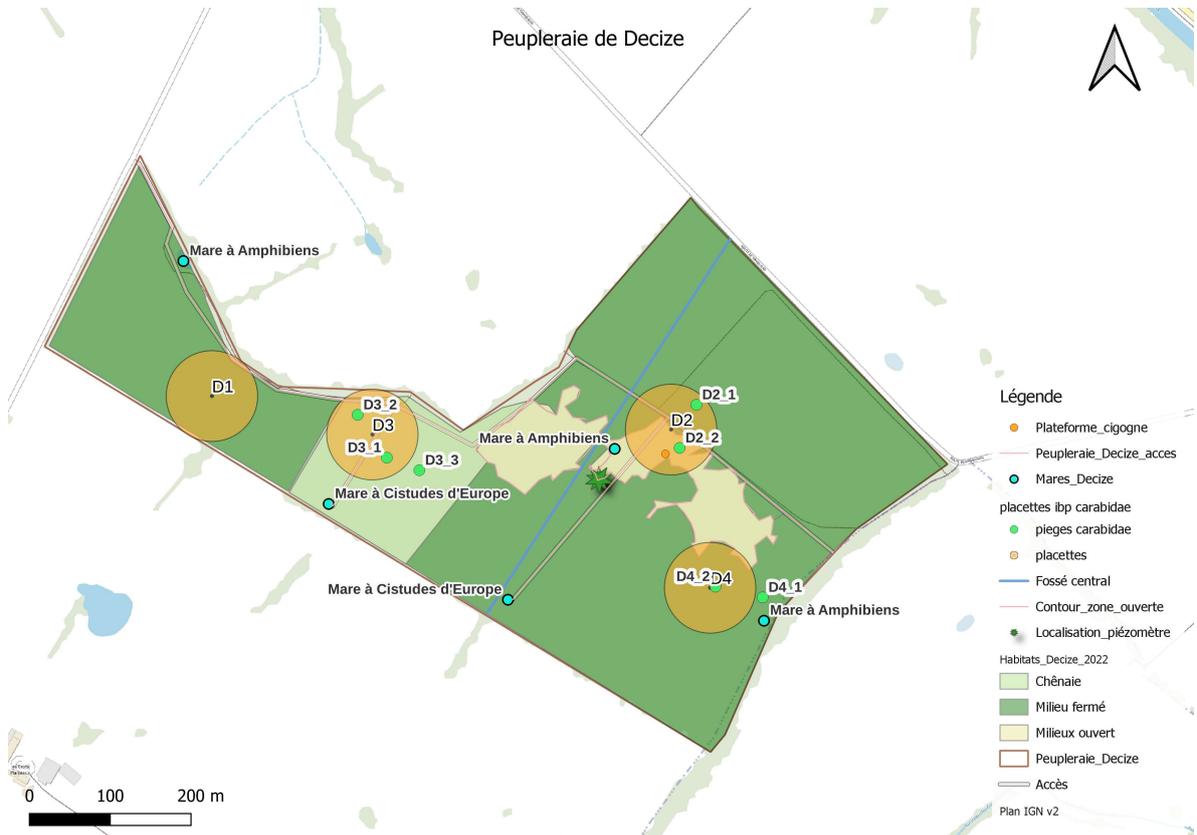
Au Saut de Gouloux :

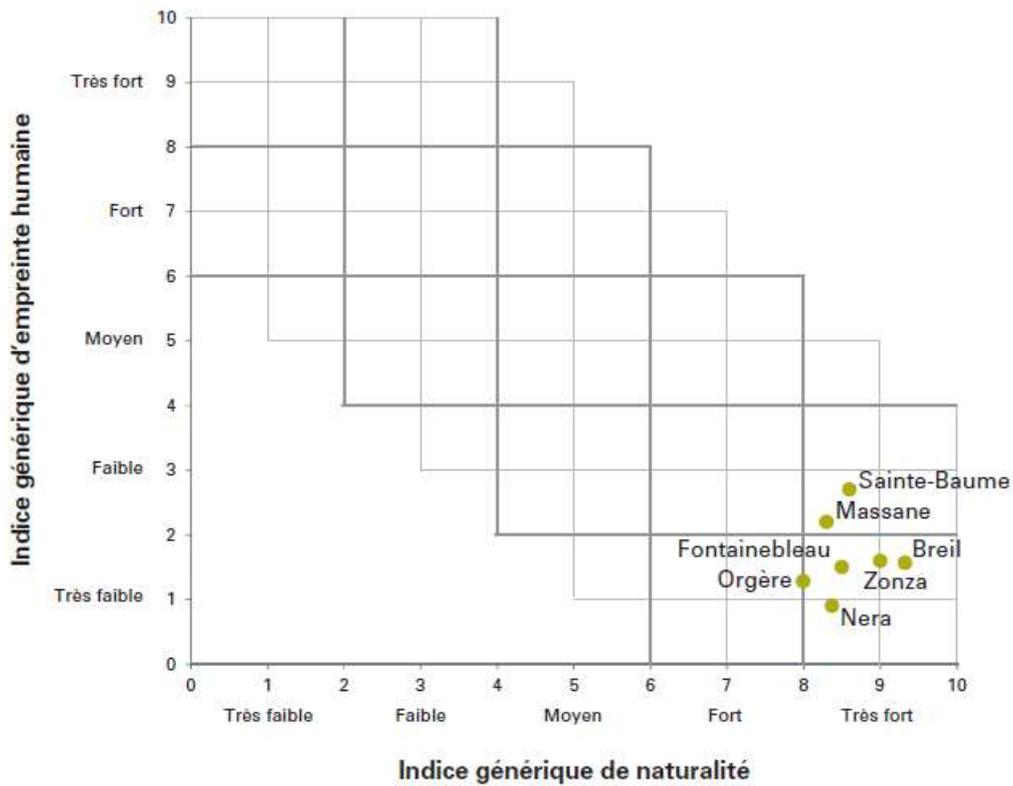
### Carte synthétique de l'échantillonnage des différents protocoles. Forêt du Saut de Gouloux

- pièges carabidae
- sondages pédologiques
- placettes Le Gouloux
- forêts départementales



peupleraie de Decize :

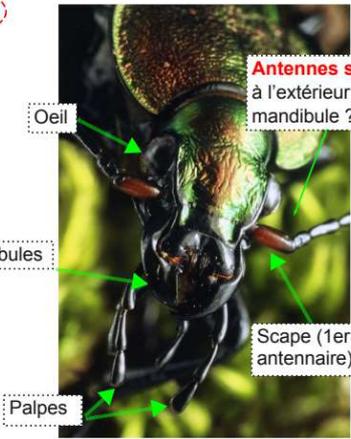
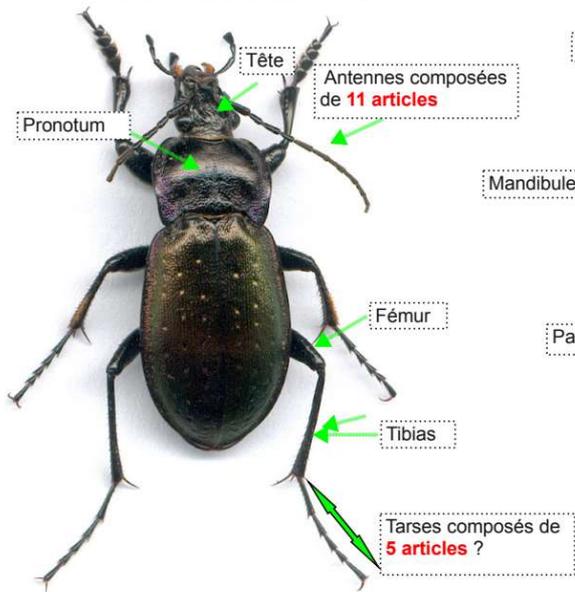




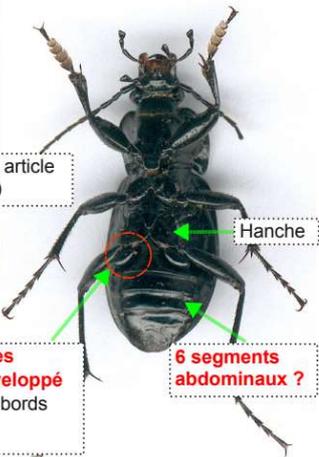
**Figure 11.** Position d'un peuplement suivant l'indice générique de naturalité (abscisse) et d'empreinte (ordonnée). Les peuplements figurant sur cette figure sont des évaluations provenant de Rossi et al. (2013).

**Est-ce bien un Carabidae?**

En **rouge**, les caractères à vérifier. Le coléoptère étudié doit tous les comporter pour faire partie de la famille des Carabidae.



**Antennes situées latéralement** à l'extérieur de la base des mandibule ?

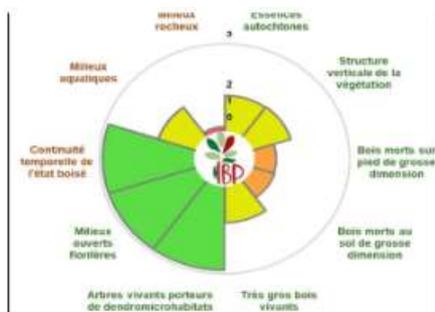
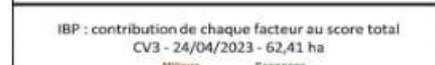
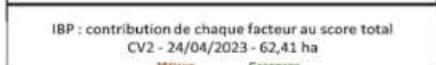
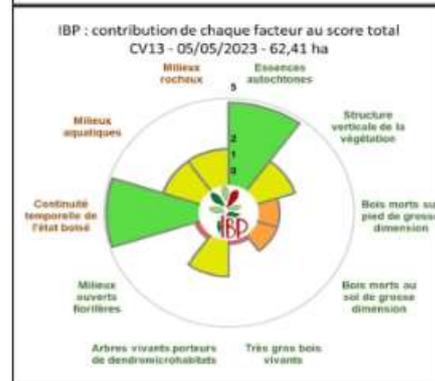
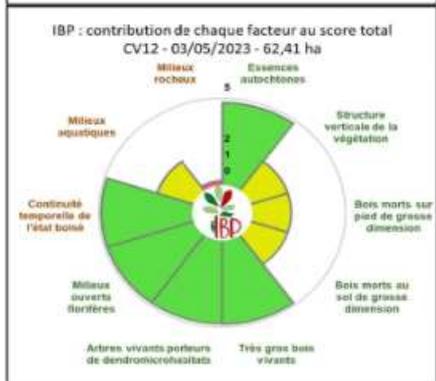
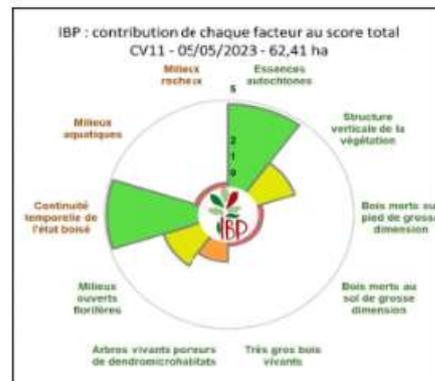
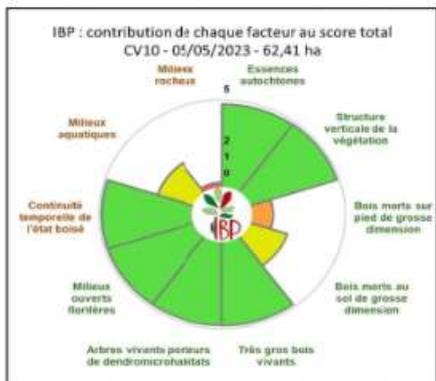
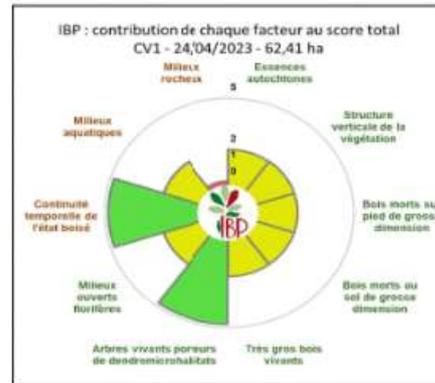
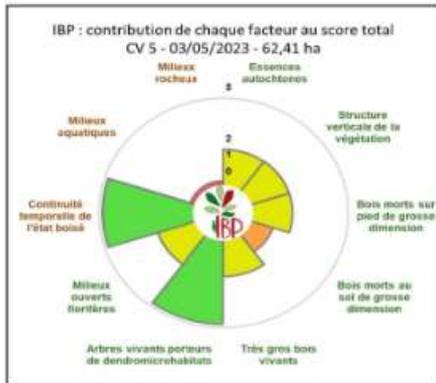


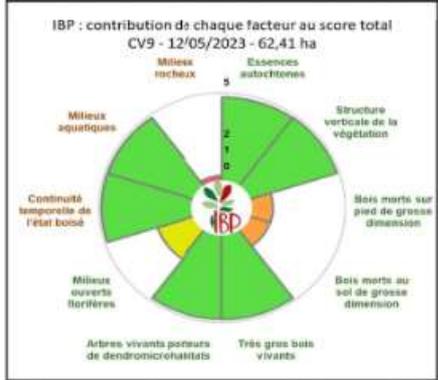
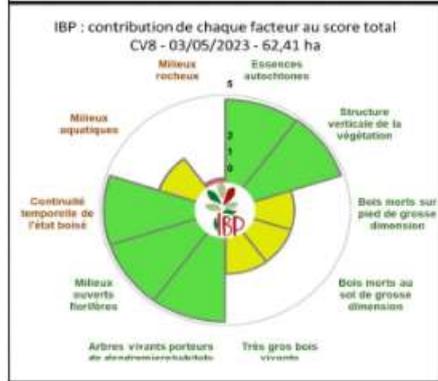
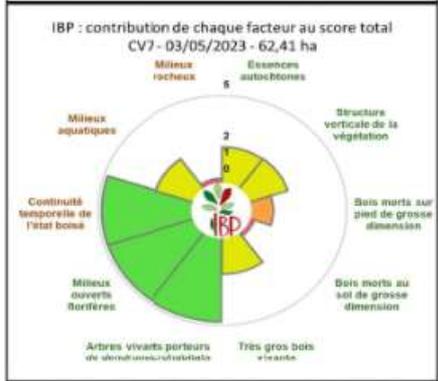
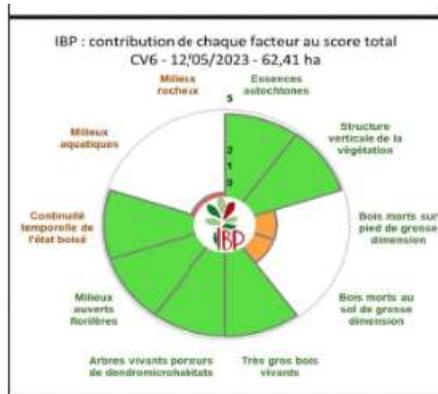
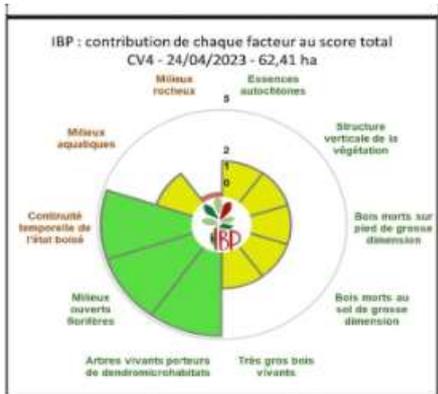
## Annexe 10 : Présentation des pièges Barber utilisés

Piège Barber posé le 4 avril 2023 au Saut de Gouloux. Le piège est composé d'une écocup remplie de saumure avec un peu de produit vaisselle. Le toit du piège (pour éviter les débordements) est fabriqué à base de plaque PVC ondulée et de tiges filetées, découpées par les services techniques du Département.

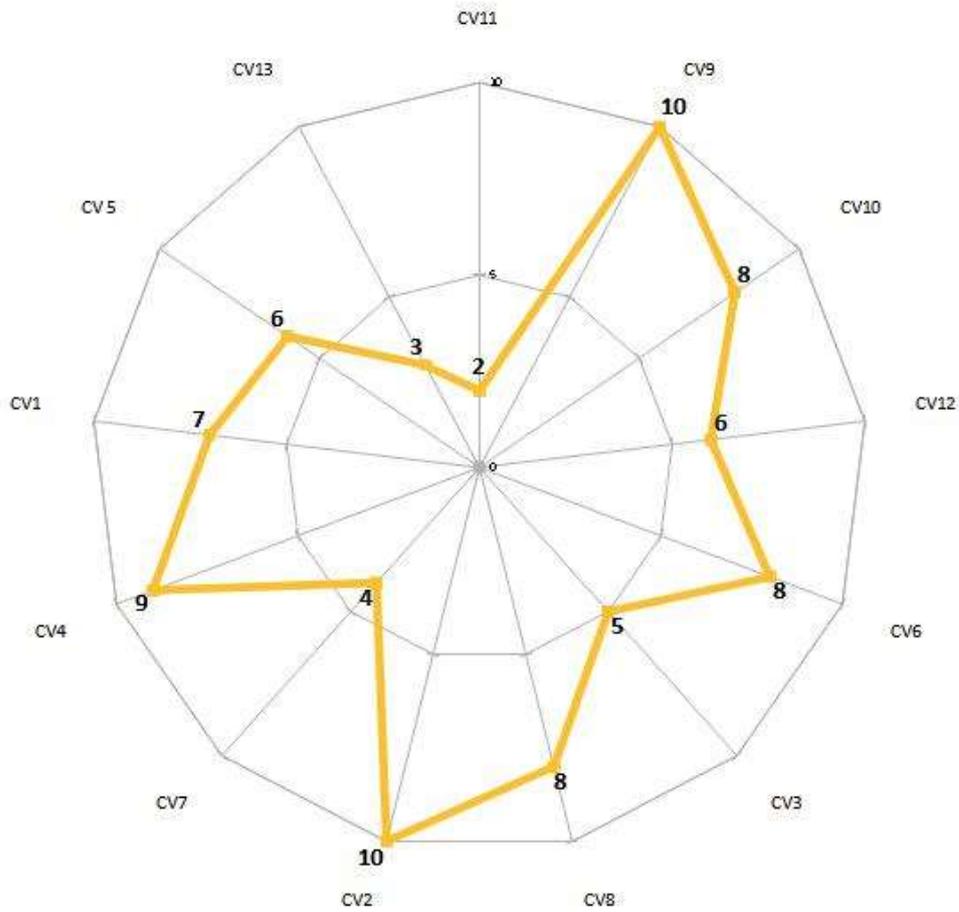


Annexe 11 : Résultats détaillés par placettes de l'IBP édités avec le tableur du CNPF pour la forêt du Crot de la Voèvre



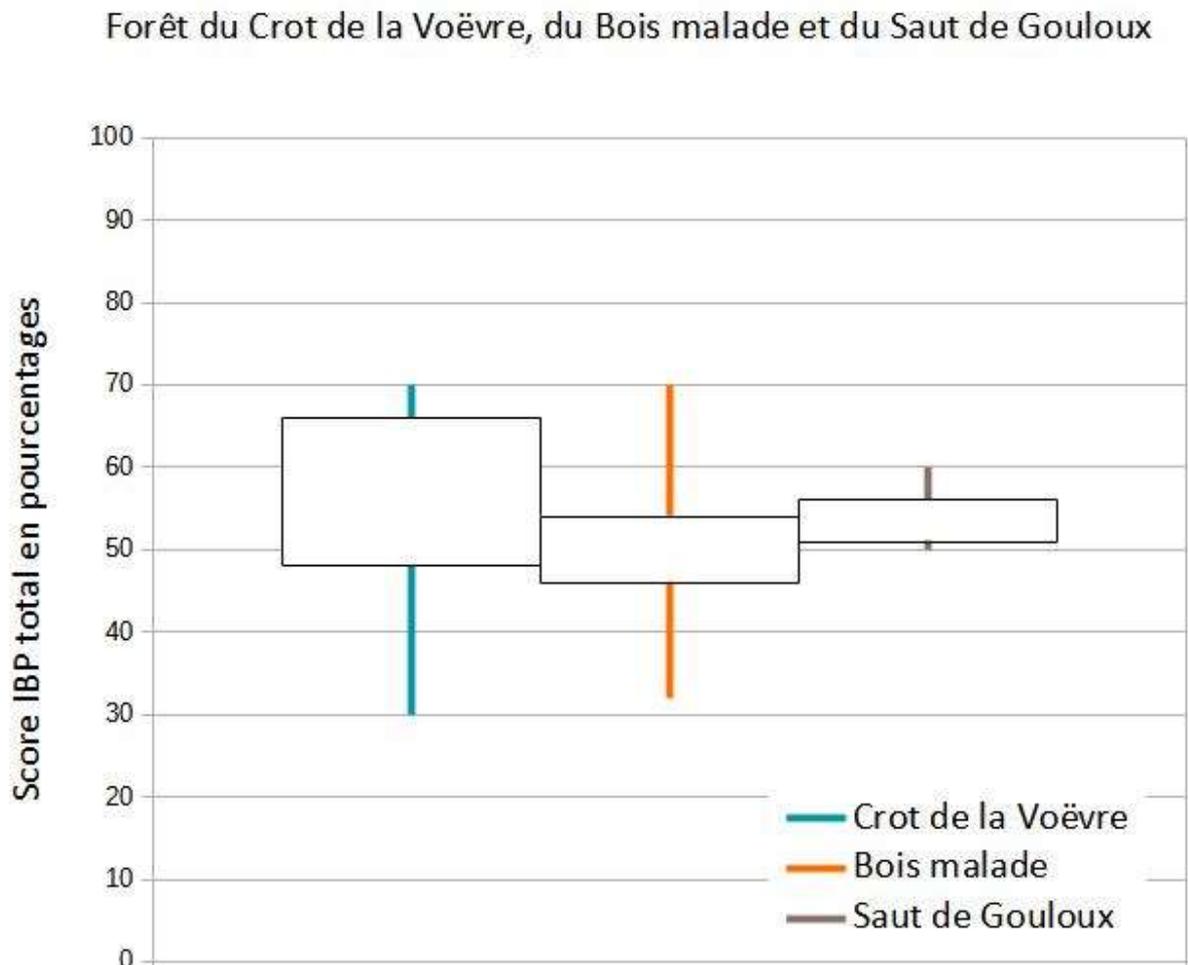


**Diversité des types de DMH par placette, sur 15 types possibles au total**



Sur ce graphique, on peut identifier les placettes contenant une grande diversité de types de DMH : CV2, CV9, CV4, CV10 et CV6. A l'inverse, les placettes CV11, CV3, CV7 et CV13 sont plus pauvres en DMH.

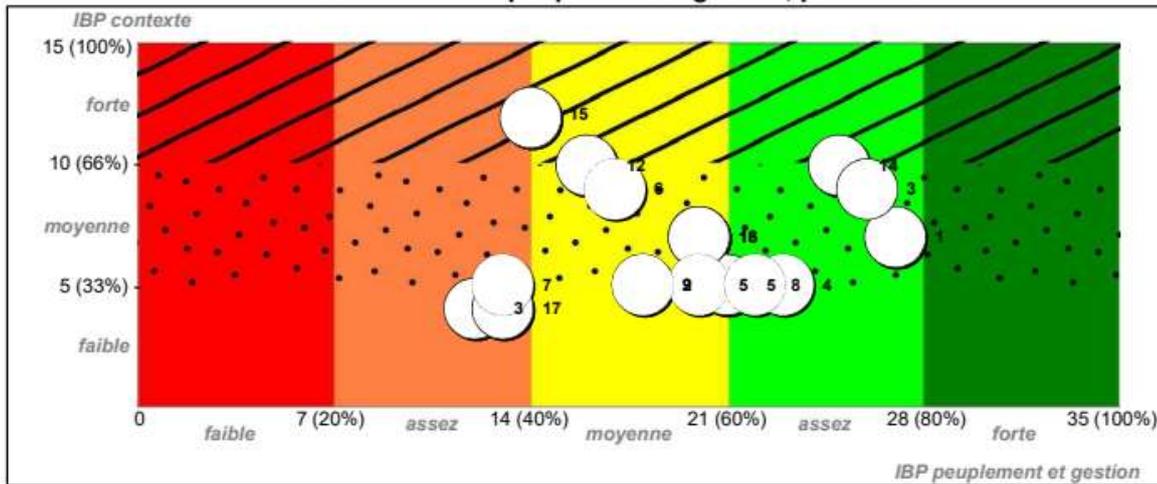
## Comparaison de la dispersion des scores de l'ensemble des placettes pour chaque forêt



La forêt du Crot de la Voëvre et celle du Bois malade ont des amplitudes semblables de scores, mais il y a une plus grande hétérogénéité dans les résultats au Crot de la Voëvre en comparaison avec le Bois malade. De fait, les placettes comprises entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>e</sup> quartile ont des scores IBP plus élevés au Crot de la Voëvre alors qu'elles se concentrent autour du score de 50 % au Bois malade. Bien que la forêt du bois malade ait 5 placettes qui obtiennent des résultats assez forts pour les facteurs peuplement et gestion, et 1 note forte pour les facteurs du contexte, une majorité de placettes ont des notes moyennes avec des scores de contexte assez faible. La forêt du Saut de Gouloux obtient 2 placettes assez fortes dans les résultats dont 1 avec un bon contexte de milieux rocheux et aquatiques. Le peuplement d'épicéa obtient une note moyenne mais avec un contexte assez fort.

Annexe 14 : Aperçu synthétique des résultats de l'IBP sur le Bois malade et le Saut de Gouloux

**IBP contexte & IBP peuplement et gestion, par relevé**



NB : La taille des points est proportionnelle à la surface totale

**Répartition de la surface totale des relevés en fonction de l'IBP**

Répartition de la surface totale par score IBP et par facteur

Facteur	Surface	% du total	Score IBP				Score le plus représenté en surface		
			0	1	2	5			
A - Essences autochtones	0 ha	0 %	92 ha	6 %	828 ha	53 %	644 ha	41 %	2
B - Structure verticale de la végétation	0 ha	0 %	0 ha	0 %	1380 ha	88 %	184 ha	12 %	2
C - Bois morts sur pied de grosse dimension	276 ha	16 %	460 ha	29 %	552 ha	35 %	276 ha	18 %	2
D - Bois morts au sol de grosse dimension	184 ha	12 %	644 ha	41 %	368 ha	24 %	368 ha	24 %	1
E - Très gros bois vivants	184 ha	12 %	184 ha	12 %	736 ha	47 %	460 ha	29 %	2
F - Arbres vivants porteurs de dendromicrohabitats	92 ha	6 %	92 ha	6 %	0 ha	0 %	1380 ha	88 %	5
G - Milieux ouverts florifères	460 ha	29 %			460 ha	29 %	644 ha	41 %	5
H - Continuité temporelle de l'état boisé	0 ha	0 %	0 ha	0 %	184 ha	12 %	1380 ha	88 %	5
I - Milieux aquatiques	644 ha	41 %			644 ha	41 %	276 ha	18 %	0
J - Milieux rocheux	1288 ha	82 %			276 ha	18 %	0 ha	0 %	0

Répartition de la surface totale par classe de valeurs IBP

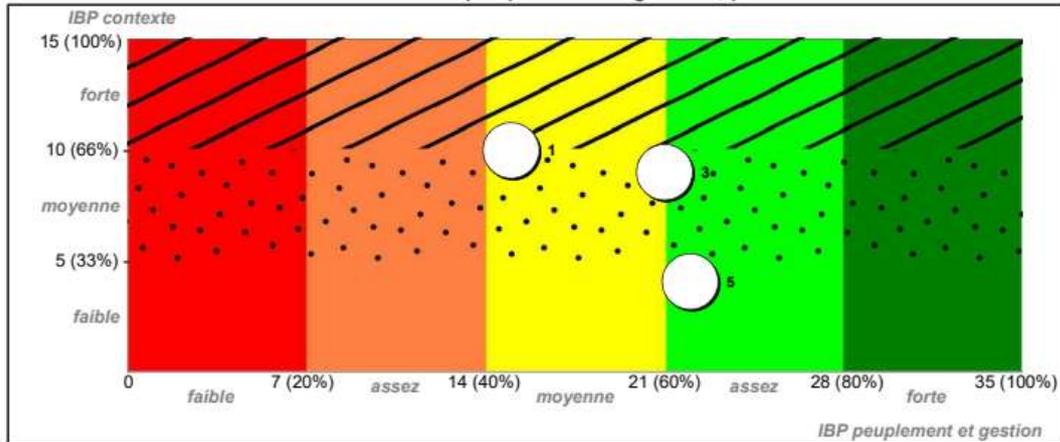
Classe	Surface	% du total	Capacité d'accueil (classe) IBP				Classe la plus représentée en surface				
			faible	assez faible	moyenne	assez forte		forte			
IBP peuplement et gestion	0 ha	0 %	368 ha	24 %	736 ha	47 %	460 ha	29 %	0 ha	0 %	moyenne
IBP contexte	828 ha	53 %			644 ha	41 %			92 ha	6 %	faible
IBP total	0 ha	0 %	276 ha	18 %	1012 ha	65 %	276 ha	18 %	0 ha	0 %	moyenne

Aperçu synthétique des résultats de l'IBP du Saut de Gouloux

15

:

## IBP contexte & IBP peuplement et gestion, par relevé



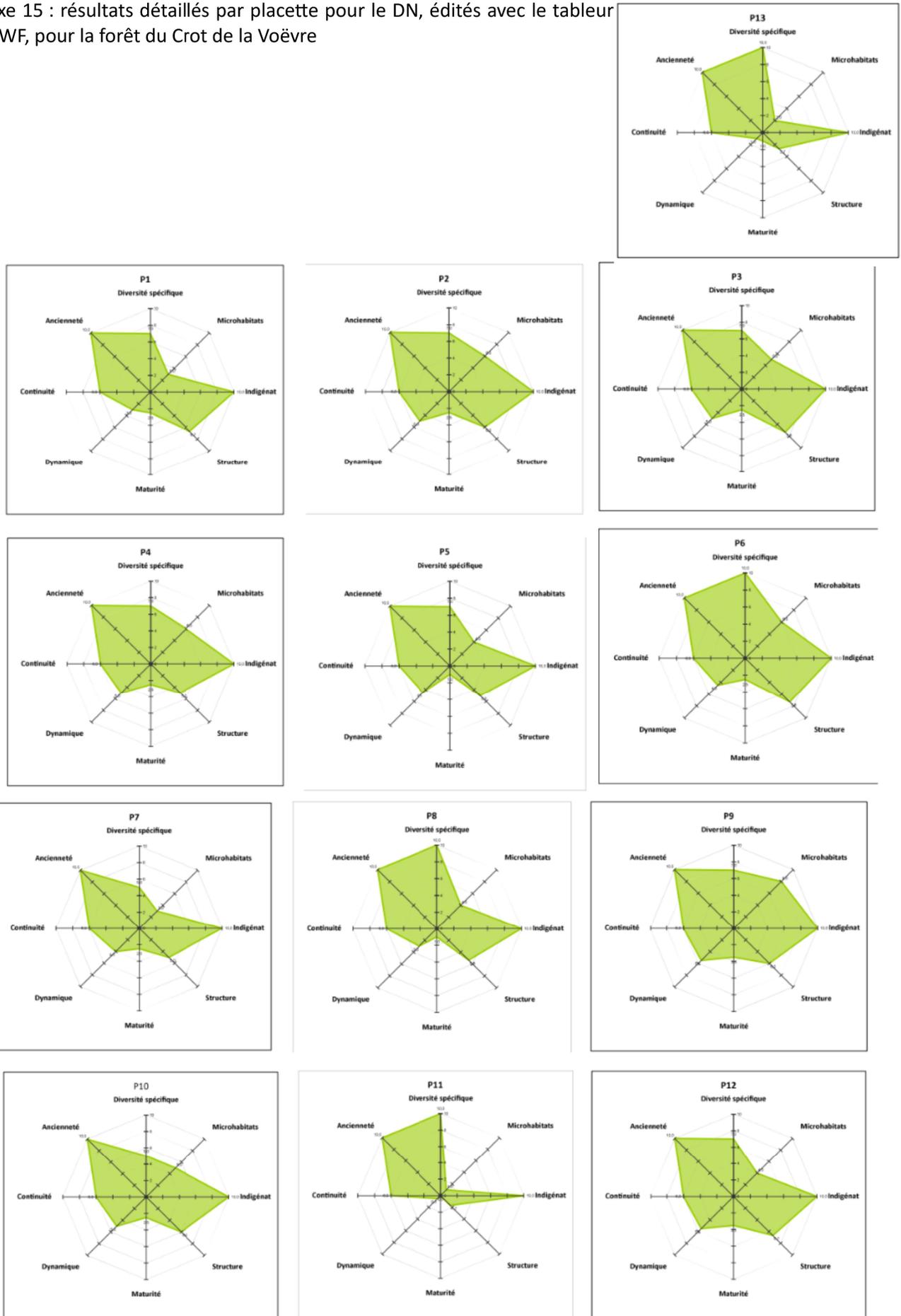
NB : La taille des points est proportionnelle à la surface totale

## Répartition de la surface totale des relevés en fonction de l'IBP

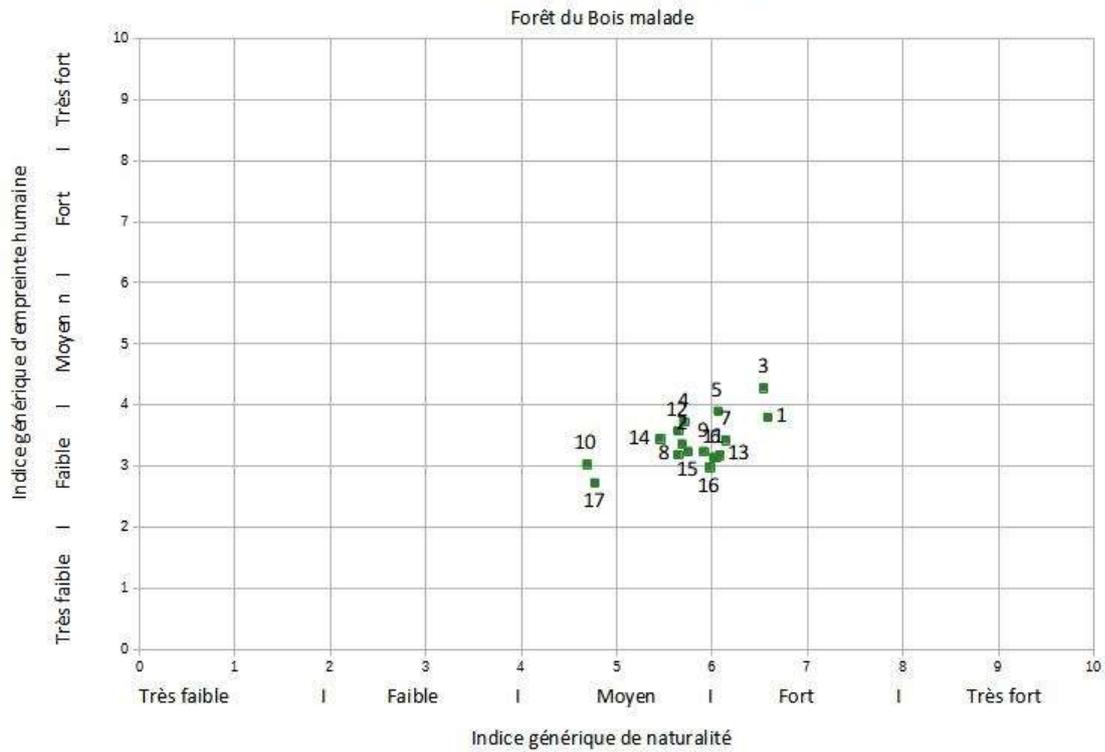
Répartition de la surface totale par score IBP et par facteur		Score IBP				Score le plus représenté en surface	
		0	1	2	5		
	A - Essences autochtones	Surface % du total	0 ha 0%	0 ha 0%	9 ha 33%	19 ha 67%	5
	B - Structure verticale de la végétation	Surface % du total	0 ha 0%	0 ha 0%	28 ha 100%	0 ha 0%	2
	C - Bois morts sur pied de grosse dimension	Surface % du total	0 ha 0%	19 ha 67%	9 ha 33%	0 ha 0%	1
	D - Bois morts au sol de grosse dimension	Surface % du total	0 ha 0%	0 ha 0%	9 ha 33%	19 ha 67%	5
	E - Très gros bois vivants	Surface % du total	0 ha 0%	9 ha 33%	19 ha 67%	0 ha 0%	2
	F - Arbres vivants porteurs de dendromicrohabitats	Surface % du total	0 ha 0%	0 ha 0%	9 ha 33%	19 ha 67%	5
	G - Milieux ouverts florifères	Surface % du total	9 ha 33%		9 ha 33%	9 ha 33%	0
	H - Continuité temporelle de l'état boisé	Surface % du total	9 ha 33%	0 ha 0%	19 ha 67%	0 ha 0%	2
	I - Milieux aquatiques	Surface % du total	9 ha 33%		9 ha 33%	9 ha 33%	0
	J - Milieux rocheux	Surface % du total	0 ha 0%		9 ha 33%	19 ha 67%	5

Répartition de la surface totale par classe de valeurs IBP		Capacité d'accueil (classe) IBP					Classe la plus représentée en surface	
		faible	assez faible	moyenne	assez forte	forte		
	IBP peuplement et gestion	Surface % du total	0 ha 0%	0 ha 0%	19 ha 67%	9 ha 33%	0 ha 0%	moyenne
	IBP contexte	Surface % du total	9 ha 33%		19 ha 67%		0 ha 0%	moyenne
	IBP total	Surface % du total	0 ha 0%	0 ha 0%	28 ha 100%	0 ha 0%	0 ha 0%	moyenne

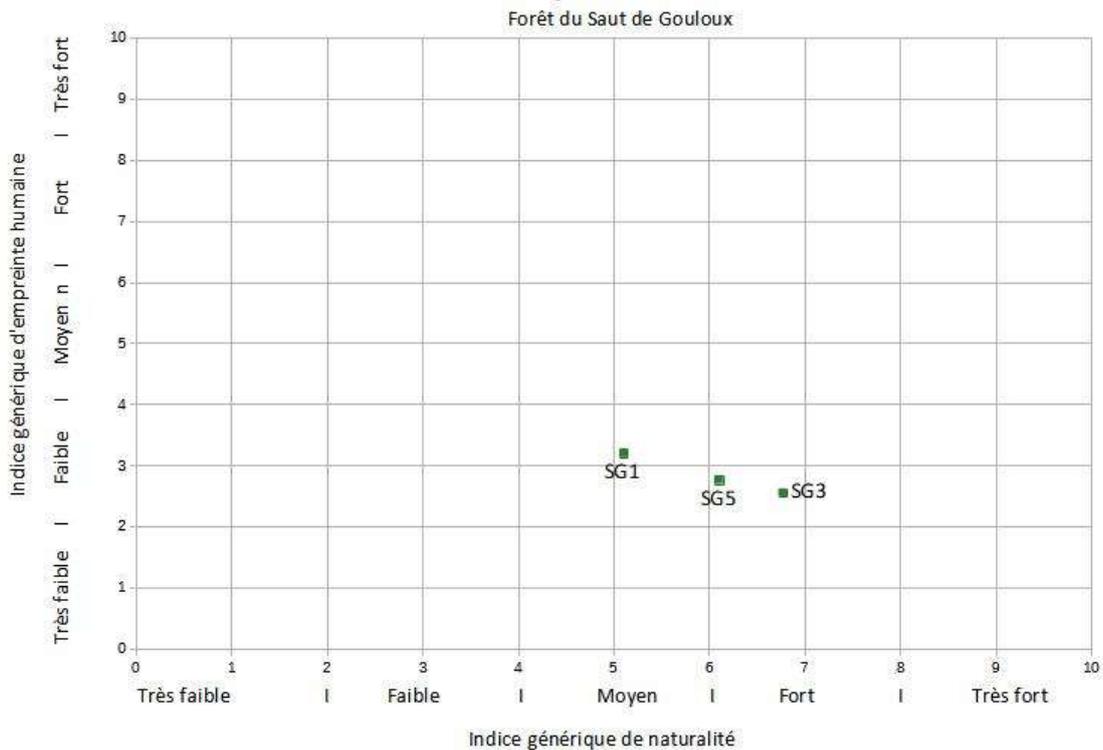
Annexe 15 : résultats détaillés par placette pour le DN, édité avec le tableur du WWF, pour la forêt du Crot de la Voèvre



**Résultats des placettes suivant l'indice générique de naturalité et l'indice générique d'empreinte humaine**



**Résultats des placettes suivant l'indice générique de naturalité et l'indice générique d'empreinte humaine**



Annexe 17 : Quelques espèces de Carabidae caractéristiques des sites étudiés.  
Crédits photos Marlène Crubillé



*Illustration 1: Calosoma inquisitor*



*Illustration 2: Carabus nemoralis*



*Illustration 3: Carabus granulatus*



*Illustration 4: Carabus violaceus*



*Illustration 6: Abax parallelepipedus*



*Illustration 5: Abax ovalis*



*Illustration 7: Diachromus germanus*



*Illustration 8: Licinus hoffmannseggi*



*Illustration 9: Clivina fossor*



*Illustration 10: Pterostichus cristatus*

Annexe 18 : Matériel de détermination utilisé.



Annexe 19: Tableau des espèces trouvées sur les 4 sites inventoriés.

	Espèces	Crot de la Voëvre	Bois malade	Saut de Gouloux	Peupleraie de Decize
1.	<i>Nebria brevicollis</i>	x			
2.	<i>Carabus nemoralis</i>	x	x		
3.	<i>Carabus auratus</i>	x	x	x	x
4.	<i>Carabus auronitens</i>		x	x	
5.	<i>Carabus violaceus</i>			x	
6.	<i>Carabus granulatus</i>		x		
7.	<i>Calosoma inquisitor</i>	x	x		
8.	<i>Cychrus attenuatus</i>			x	
9.	<i>Elaphrus cupreus</i>		x		
10.	<i>Clivina fossor</i>				x
11.	<i>Dyschirius globosus</i>			x	
12.	<i>Trechus obtusus</i>				x
13.	<i>Tachys bistratus</i>		x		x
14.	<i>Bembidion obtusum</i>				x
15.	<i>Poecilus cupreus</i>	x	x		x
16.	<i>Poecilus versicolor</i>				x
17.	<i>Pterostichus nigrita</i>		x	x	
18.	<i>Pterostichus madidus</i>	x	x	x	
19.	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>			x	
20.	<i>Pterostichus cristatus</i>	x	x	x	
21.	<i>Pterostichus niger</i>			x	
22.	<i>Abax parallelepipedus</i>	x	x	x	
23.	<i>Abax parallelus</i>	x	x	x	
24.	<i>Abax ovalis</i>	x	x	x	
25.	<i>Molops piceus</i>	x	x	x	
26.	<i>Platynus livens</i>	x	x	x	
27.	<i>Platynus assimilis</i>	x	x		
28.	<i>Amara similata</i>	x	x		
29.	<i>Amara ovata</i>		x		
30.	<i>Amara montivaga</i>		x		
31.	<i>Licinus hoffmannseggi</i>			x	
32.	<i>Diachromus germanicus</i>				x
33.	<i>Harpalus serripes</i>				x
34.	<i>Harpalus laevipes</i>			x	

Annexe 20 : Individus dont la détermination a été validée par Mathurin Carnet, entomologiste à la Société d'Histoire Naturelle d'Autun :

CV9-2 26/05/23 : *Nebria brevicollis*

CV13-1 19/04/23 : *Amara similata*

BM8-2 20/04/23 : *Amara ovata* et *Amara montivaga*

BM12-2 23/05/23 : *Amara ovata*

BM17-2 20/04/23 : *Pterostichus nigrita*

BM3-1 20/04/23 *Tachys bistriatus*

D2-2 30/05/23 : *Tachys bistriatus* et *Clivina fossor*

D3-3 17/04/23 : *Trechus obtusus* et *Bembidion obtusum*

D3-3 30/05/23 : *Harpalus serripes* et *Trechus obtusus*

SG2-1 18/04/23 : *Pterostichus nigrita* (individu femelle déterminée au génitalia pour s'assurer que ce n'était pas *Pterostichus rhaeticus* présent sur la commune voisine)

SG3-1 01/06/23 : *Pterostichus oblongopunctatus*

SG3-2 01/06/23 : *Pterostichus cristatus*

SG2-1 01/06/23 *Dyschirius globosus*

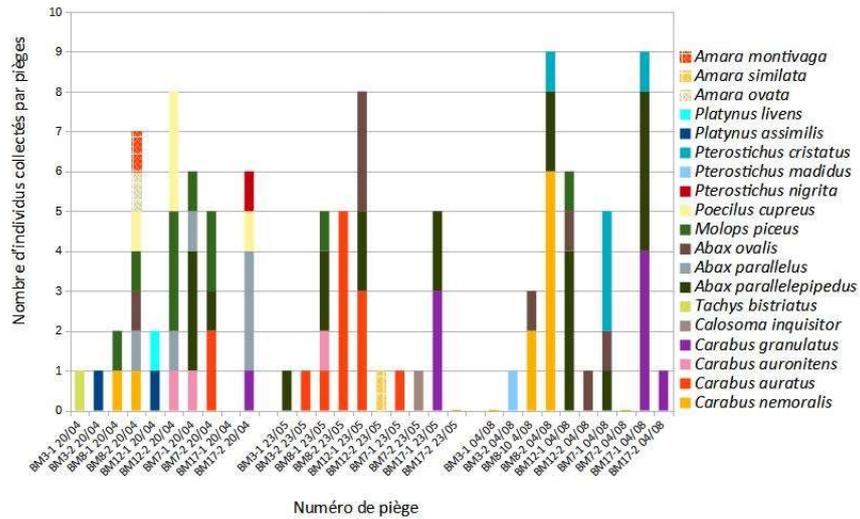
SG2-2 01/08/23 : *Harpalus laevipes*

SG2-1 01/08/23 : *Dyschirius globosus*

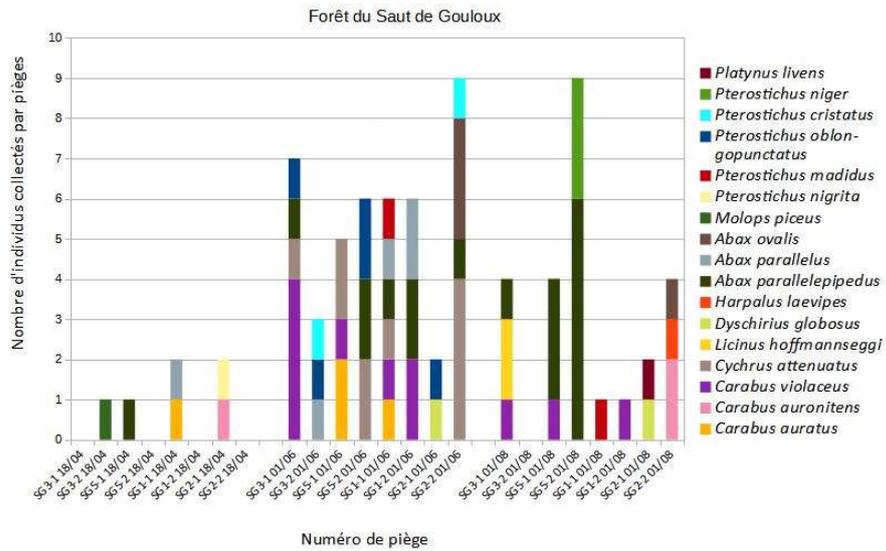
SG3-1 01/08/23 : 2 *Licinus hoffmannseggi*

Annexe 21 : Aperçu synthétique des résultats du suivi des Carabidae au Bois malade, au Saut de Gouloux et à la peupleraie de Decize

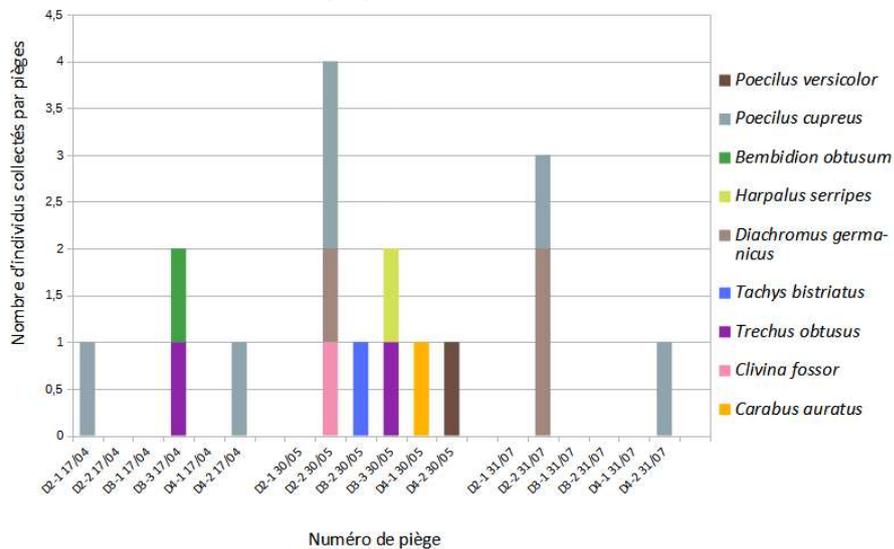
Nombre d'individus de Carabidae collectés par piégeage pour 2023 dans la forêt du Bois malade



Nombre d'individus de Carabidae collectés par piégeage pour 2023



Nombre d'individus de Carabidae collectés par piégeage pour 2023 dans la peupleraie de Decize



Annexe 22 : Tableau des caractéristiques écologiques des espèces trouvées sur les 4 sites d'inventaire. (38, 12, 31, 14 et bibliographie pour la détermination des Carabidae)

	Espèces	Autécologie
1.	<i>Nebria brevicollis</i>	Printemps et automne. Très répandu. Cette espèce a un régime alimentaire généraliste de prédateur de la microfaune : mollusques, arthropodes, grande consommatrice de collemboles et pucerons. Eurytope mais avec un minimum d'humidité. Hygrophile.
2.	<i>Carabus nemoralis</i>	Forestier. Fréquent et abondant, peu prospérer dans es bois de petites surfaces. Se nourrit de mollusques et de larves d'insectes.
3.	<i>Carabus auratus</i>	Forêt ou bocage. Sols frais humides à forte couverture végétale. Très répandu, généraliste il se trouve plutôt en milieu couvert. Il est ommun dans les champs. Carnivore : limaces, escargots, vers de terres, larves terricoles de taupins, tipules, chenilles, pucerons, autres carabiques
4.	<i>Carabus auronitens</i>	Forestier, fréquent et abondant. Absent apparemment des forêts sur alluvions sableux entre Loire et Allier. Forêt colline et montagne. Il est caractéristique des forêts sombres et humides, de chênes et de hêtre. Il se raréfie en forêts suite aux coupes et travail du sol important. Il préfère les sites d'une superficie importante, notamment dans les ancienne forêt humide.
5.	<i>Carabus violaceus</i>	Forêt ou bocage. Surtout dans les grandes forêts mais l'espèce s'aventure loin dans les champs en zone calcaire. Il nécessite des surfaces boisées plus importantes que le <i>nemoralis</i> . Il peut malgré tout être trouvé dans des parcs. Chasseurs de mollusques
6.	<i>Carabus granulatus</i>	Toutes zones humides : marais, bas fonds forestiers ou bocagers, abords de lacs, étangs, cours d'eaux... Prairies humides des grandes forêts hygrophile. Habitats ouverts ou fermés. Prairies ou sous les mousses des bois.
7.	<i>Calosoma inquisitor</i>	En forêt et au printemps, parfois abondant lors des pullulations de chenilles de Geometridae Arboricole, consomme des chenilles. Notamment la tordeuse du chêne
8.	<i>Cychrus attenuatus</i>	Forestier, spécialisé dans la chasse aux escargots
9.	<i>Elaphrus cupreus</i>	Queue d'étang. Bords d'étangs ou de mares en forêt, mais aussi boires du bord de Loire, toujours à l'ombre. Milieu humide avec eau de surface
10.	<i>Clivina fossor</i>	Dans la litière très humide en forêt, en bordure d'étang mais aussi en milieu ouvert. Principalement en forêt (bord d'étangs, mares, ruisseaux) aussi en prairies humides. Il chasse dans les galeries, en sol humiques.
11.	<i>Dyschirius globosus</i>	Espèce très commune, litière et débris végétaux près des étangs. Enterré dans la vase (bords d'étangs, mares tourbeuses, marécages) mais aussi parfois dans les sables du bord de Loire
12.	<i>Trechus obtusus</i>	Présente en laisses de crues, sous l'écorce des troncs en hiver ; forêt, prairies, rives de cours d'eau
13.	<i>Tachys bistratus</i>	Dans la litière en forêt, en bordure d'étang et en milieu ouvert. Bord de l'eau milieu découvert. Il est commun sous les pierres, au bord des eaux.
14.	<i>Bembidion obtusum</i>	Très répandu dans les cultures en particulier argilo-calcaires. Il peut pulluler en laisses de crues. On le trouve en milieux ouverts, dans des habitats secs à modérément humide
15.	<i>Poecilus cupreus</i>	Une des espèces les plus communes. Prédateur de limaces et de lombrics ainsi que de la microfaune et de quelques végétaux. Espèce la plus eurytope et la plus pionnière.
16.	<i>Poecilus versicolor</i>	Disséminé, bords de Loire, forêt, Morvan. Pionnière dans les champs cultivés. Régions fraîches et accidentées de toute la France.
17.	<i>Pterostichus nigrita</i>	Au bord des étangs, milieu humides.
18.	<i>Pterostichus madidus</i>	Un des carabiques les plus abondants en forêt. Des ripisylves de bord de Loire au Morvan. Surtout en forêt, on le trouve aussi en lisière des champs. Il est très commun en plaine et basse altitude.

19.	<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	Commun en forêt. Forêts de la plaine au Morvan. France septentrionale et moyenne, aussi dans les massifs montagneux dans les bois, sous les amas de feuilles mortes et de mousses
20.	<i>Pterostichus cristatus</i>	Presque exclusivement moitié est de la Nièvre (Morvan) recherche les milieux plus frais ?. Dans les endroits frais, sous les pierres et les amas de feuilles mortes dans les bois. Forêts de feuillus humides et prairies avec couvert
21.	<i>Pterostichus niger</i>	Forestier, surtout Morvan. Prédateur, hiverné à l'état larvaire, macroptère.
22.	<i>Abax parallelepipedus</i>	Forestier, dispersé. Dans les bois et les forêts, dans les mousses ou sous accumulation de feuilles mortes. Commun. Omnivores, carnivores, mollusques, larves
23.	<i>Abax parallelus</i>	Forestier, dispersé. France septentrionale et moyenne, pas plus au sud que le mont Pilat. Omnivores, carnivores, mollusques, larves
24.	<i>Abax ovalis</i>	Forestier. Le moins courant. Dispersé. France septentrionale et moyenne Omnivores, carnivores, mollusques, larves
25.	<i>Molops piceus</i>	Strictement forestier, montagnard ou collinéen. Plutôt ubiquiste
26.	<i>Platynus livens</i>	Zones humides en forêt. Aussi dans les ripisylves des bords de Loire.
27.	<i>Platynus assimilis</i>	Très commun dans tout lieu humide. (bords de rivières, d'étang, aussi en forêt). Forêt et lisières
28.	<i>Amara similata</i>	Commun, généraliste, prairiale, en forêt le long des chemins, collinéen. Aussi bien milieu ouvert que forêt. Granivores typiques
29.	<i>Amara ovata</i>	Commun, généraliste, forestier. Principalement milieux ouverts. Au bord des cours d'eau dans les endroits humides ?. Granivores typiques
30.	<i>Amara montivaga</i>	Surtout en montagne. En été, prés, bord de culture, rare. Tendance sabulicole.
31.	<i>Licinus hoffmannseggii</i>	Forêt. Orophile. Morvan et Bertranges. Apprécie les climats froids. Se trouve dans la moitié orientale de la France et dans le Massif central.
32.	<i>Diachromus germanicus</i>	Très répandu, plus fréquent en bocage ou en cultures que sous forêt. Très commun sur les poacées dont il se nourrit
33.	<i>Harpalus serripes</i>	Présent surtout sur sable ou granit mais pas exclusivement. Sur les terrains calcaires et sablonneux. Milieux ouverts
34.	<i>Harpalus laevipes</i>	Lormes, Morvan, montagnard. Tous les massifs montagneux

Annexe 23 : Tableur pour le calcul de la RUM au Crot de la Voèvre

Numéro du sondage : 1

RU = réservoir utile du profil de sol en mm  
 $A_{roc}$  = proportion des affleurements rocheux à la surface du sol variant entre 0 et 1  
 CC<sub>i</sub> = proportion de charge en éléments grossiers de l'horizon i, variant entre 0 et 1  
 $\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}$  = teneur en eau entre le point de flétrissement permanent et la capacité au champ en mm par cm de sol (voir classes de pédotransfert d'Al Majou)  
 $E_{p_i}$  = épaisseur de l'horizon i en cm

Calcul de la réserve utile maximale :

$$RUM = (1 - A_{roc}) \sum (1 - CC_i) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$$

Numéro de l'horizon	$A_{roc}$	CC <sub>i</sub>	Texture (selon Jamagne)	Type d'horizons	$\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}$	$E_{p_i}$	Calcul	(1-CC)	$(\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$	$(1-CC) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$	$(1-A_{roc})$
1	0,01	0	organique	humus		2		1			0,99
2		0	Limons argileux sableux	A	1,5	17		1	25,5	25,5	
3		0,1	Argileux sableux	B	1,24	21		0,9	26,04	23,436	
4		0,1	Argileux sableux	C	1,24	22		0,9	27,28	24,552	
5		0,4	Sableux argileux + graviers type granit rose	C	1,09	43		0,6	46,87	28,122	
6		0,4	Sableux argileux + graviers	C	1,09	28		0,6	30,52	18,312	
7		0,4	Sableux argileux graviers	C	1,09	13		0,6	14,17	8,502	
							$\sum (1 - CC_i) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$			128,424	
							RUM = $(1 - A_{roc}) \sum (1 - CC_i) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$			127,13976	

Numéro du sondage : 2

Calcul de la réserve utile maximale :

$$RUM = (1 - A_{roc}) \sum (1 - CC_i) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$$

Numéro de l'horizon	Profondeur de l'horizon en cm	$A_{roc}$	CC <sub>i</sub>	Texture (selon Jamagne)	Type d'horizons	$\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}$	$E_{p_i}$	Calcul	(1-CC)	$(\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$	$(1-CC) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$	$(1-A_{roc})$
1	0-3	0	0	sableux argileux	A	1,28	3		1	3,84	3,84	1
2	3-35		0	argileux sableux	A	1,53	32		1	48,96	48,96	
3	35-60		0	Argileux sableux	B	1,24	25		1	31	31	
4	60-120		0	Argileux sableux	C	1,24	60		1	74,4	74,4	
5	120-158		0	Argileux sableux	C	1,24	38		1	47,12	47,12	
6	158-167		0,05	Sableux argileux	C	1,09	9		1	9,81	9,81	
7	167-203		0	Sableux argileux	C	1,09	36		0,95	39,24	37,278	
								$\sum (1 - CC_i) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$			252,408	
								RUM = $(1 - A_{roc}) \sum (1 - CC_i) \times (\Theta_{2,0} - \Theta_{4,2}) \times E_{p_i}$			252,408	

Numéro du sondage : 3

Calcul de la réserve utile maximale :												
$RUM = (1 - A_{0,95}) \sum (1 - CC_i) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$												
Numéro de l'horizon	Profondeur de l'horizon	$A_{0,95}$	$CC_i$	Texture (selon Jamagne)	Type d'horizons	$\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}$	$E_{p_i}$	Calcul	(1-CC)	$(\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$	$(1-CC) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$	$(1-A_{0,95})$
1	0-3	0	0	humus	A	1,28	3		1	3,84	3,84	1
2	3-12		0,2	Limon sableux	A	1,5	9		0,8	13,5	10,8	
3	12-25		0	Sableux-argileux	B	1,28	13		1	16,64	16,64	
4	25-46		0,2	argileux sableux	C	1,24	21		0,8	26,04	20,832	
5	46-67		0,5	sableux argileux	C	1,24	21		0,5	26,04	13,02	
								$\sum (1 - CC_i) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$			65,132	
								$RUM = (1 - A_{0,95}) \sum (1 - CC_i) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$				65,132

Numéro du sondage : 4

Calcul de la réserve utile maximale :												
$RUM = (1 - A_{0,95}) \sum (1 - CC_i) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$												
Numéro de l'horizon	Profondeur de l'horizon	$A_{0,95}$	$CC_i$	Texture (selon Jamagne)	Type d'horizons	$\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}$	$E_{p_i}$	Calcul	(1-CC)	$(\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$	$(1-CC) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$	$(1-A_{0,95})$
1	0-22		0,15	Limon sableux	C	1,24	5		0,75	6,2	4,65	1
2	22-46	0	0	Limon sableux	A	1,5	22		1	33	33	
3	46-71		0,15	argile sableuse	B	1,24	24		0,75	29,76	22,32	
4	71-76		0,15	argile sableuse	C	1,24	25		0,75	31	23,25	
								$\sum (1 - CC_i) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$			83,22	
								$RUM = (1 - A_{0,95}) \sum (1 - CC_i) \times (\theta'_{2,0} - \theta'_{3,2}) \times E_{p_i}$				83,22

## Diagrammes ombrothermiques

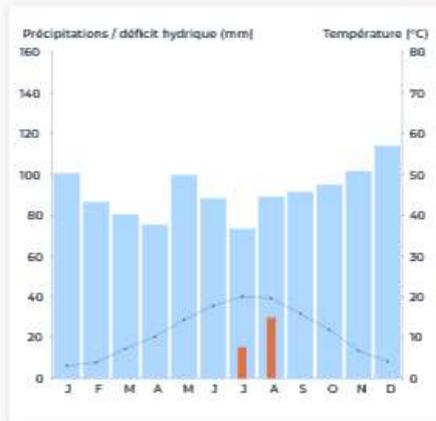
 Besoin d'aide ?  
 Suivez nos didacticiels

 Lat. 46.9157 - Lon. 3.8305

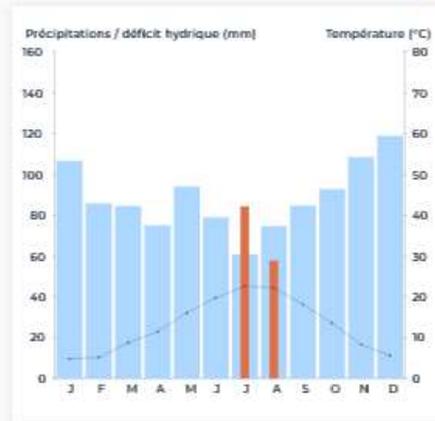
### Légende



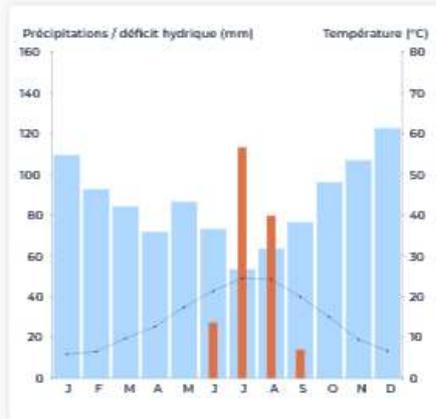
### Actuel



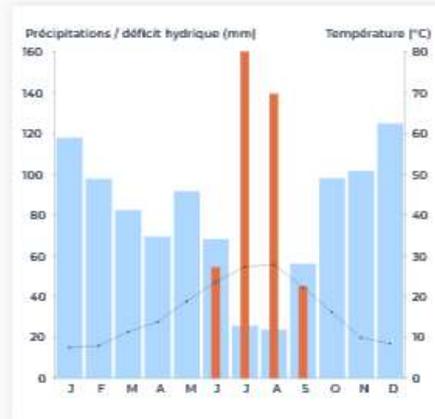
### Scénario optimiste, 2070



### Scénario Intermédiaire, 2070



### Scénario pessimiste, 2070



Annexe 25 : Photographies des 4 sondages pédologiques effectués dans la forêt du Crot de la Voèvre

Sondage 1 : le 26/05/26



Sondage 2 : le 06/06/23



Sondage 3 : le 06/06/23



Sondage 4 : le 06/06/23

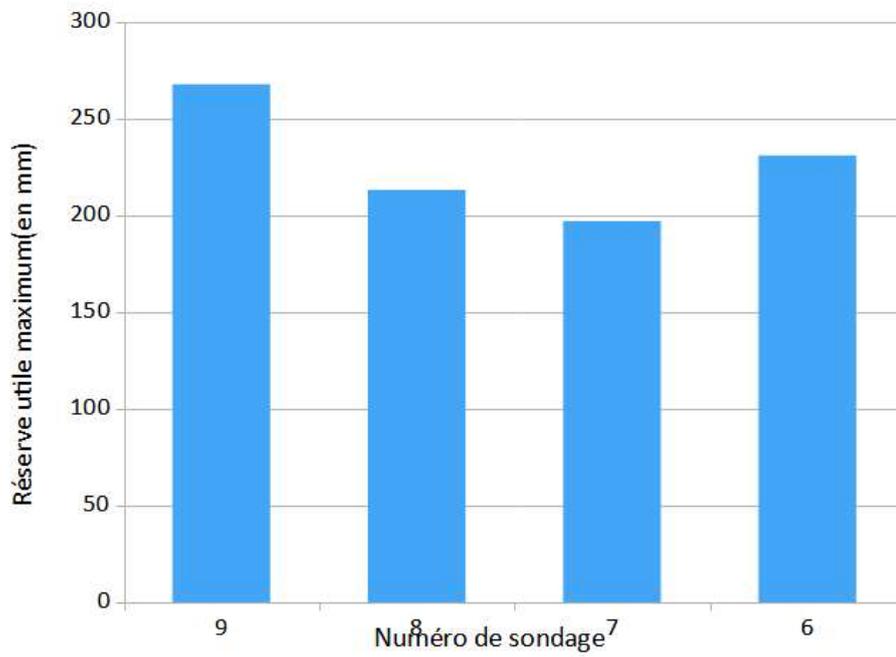


Zoom sur l'horizon A



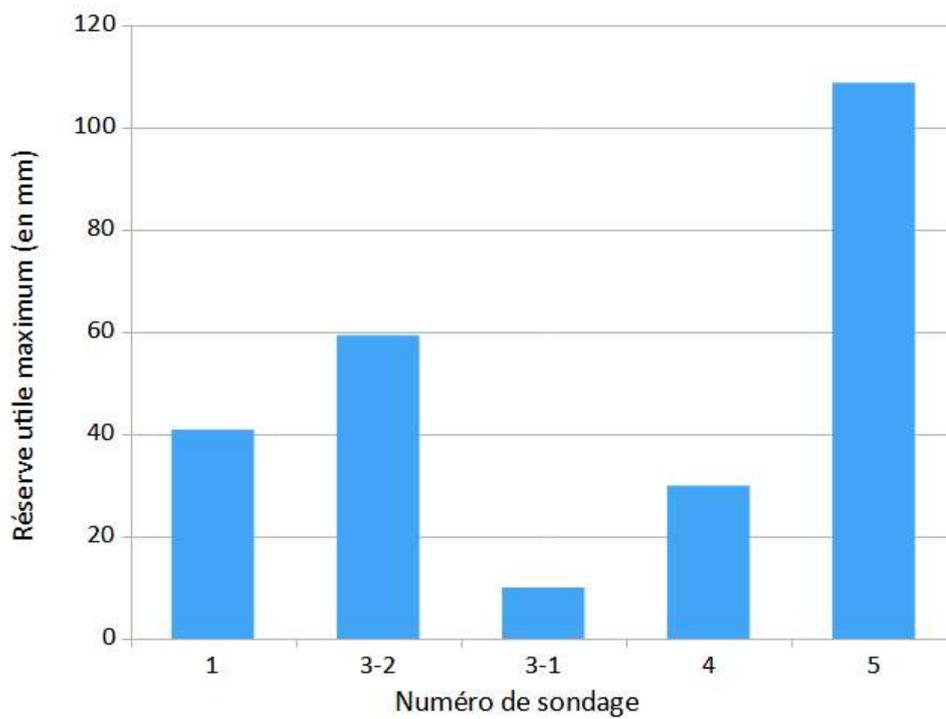
### Calcul de la réserve utile maximum aux différents points de sondages

Forêt du Bois malade



### Calcul de la réserve utile maximum aux différents points de sondages

Forêt du Saut de Gouloux





Annexe 28 : Carte récapitulant les propositions de gestion au Crot de la Voèvre, réalisée à partir des cartes géoréférencées des peuplements et des équipements de l'aménagement forestier.

Les délimitations pour les îlots de sénescence et de vieillissement ont été fait en respectant les 30m à proximité des chemins et les objectfs de surface. Les propositions de surface en trouées de régénération sont à affiner en améliorant le diagnostic de la RUM et en évaluant le risque de la proximité de la rivière (érosion, risque de matières en suspension etc)

### Composition des placettes étudiées en gros bois mort au sol (BMg sol), gros bois mort sur pied (BMg pied) et très gros bois vivant (TGB)

