



**HAL**  
open science

# Suivi de l'impact des grands ongulés sur la régénération du chêne en chênaie pure (Forêt de Vierzon)

Lucie Guinaliu-Buttarelli

► **To cite this version:**

Lucie Guinaliu-Buttarelli. Suivi de l'impact des grands ongulés sur la régénération du chêne en chênaie pure (Forêt de Vierzon). Sylviculture, foresterie. 2019. hal-03345947

**HAL Id: hal-03345947**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03345947v1>**

Submitted on 16 Sep 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Rapport de stage

Suivi de l'impact des grands ongulés sur la régénération du chêne en  
chênaie pure (*Forêt de Vierzon*)



- ❖ Encadré par Mr. Anders Mårell,  
Chargé de Recherche à l'Irstea
- ❖ Irstea  
Domaine des Barres  
45290 Nogent-sur-Vernisson

## **RAPPORT DE STAGE**

2em année d'ingénieur, AgroParisTech-Nancy  
Parcours Gestion des Milieux Naturels Ouverts et Boisés  
Niveau assistant ingénieur  
Année 2018-2019

<b>Auteure</b> Mlle Guinaliu-Buttarelli Lucie	<b>Période</b> 17 Juin 2019 – 30 Aout 2019
<b>Lieu de stage</b> Irstea, centre de Nogent-sur-Vernisson	<b>Maître de stage</b> Mr. Anders Mårell Chargé de recherche à l'Irstea
<b>Intitulé de l'étude</b>  Suivi de l'impact des grands ongulés sur la régénération du chêne sessile en chênaie pure (Forêt de Vierzon)	
<b>Mots clefs</b> Dégâts du gibier Equilibre sylvo-cynégétique Forêt tempérée Régénération naturelle Chêne sessile Ongulés	<b>Nombre de pages</b> 44

# 1 TABLE DES MATIERES

---

1.	Irstea .....	5
1.1	Présentation de l'institut.....	5
1.2	Centre de Nogent-sur-Vernisson.....	5
2	Résumé .....	6
3	Introduction .....	9
4	Matériels et méthodes.....	12
4.1	Site d'étude .....	12
4.1.1	Réseau REGEBLOC .....	12
4.1.2	Forêt domaniale de Vierzon .....	12
4.2	Protocoles.....	13
4.2.1	Suivis des glandées .....	14
4.2.2	Suivis des semis .....	14
4.3	Analyses statistiques .....	16
4.3.1	Impacts directs des ongulés .....	16
4.3.2	Impacts de la végétation concurrente et des conditions édaphiques .....	16
5	Résultats .....	17
5.1	Impacts directs des ongulés sauvages sur la régénération .....	17
5.1.1	Les glandées .....	17
	.....	18
5.1.2	Taux de survie.....	19
5.1.3	Causes probable de mortalité .....	21
5.1.4	Abondance des semis (donnée été 2018 ONF) .....	23
5.1.5	Croissance des semis (données Automne 2018).....	24
5.2	Impacts indirects des ongulés sauvages à travers la végétation interférente (données ONF)	25
5.2.1	Taux de survie (données flore ONF, données semis Irstea) .....	25
5.2.2	Abondance des semis.....	28
5.2.3	Croissance des semis (données Automne 2018).....	30
6	Discussion .....	33
6.1	Une première prédation par les sangliers.....	33
6.2	L'herbivorie des cervidés dans un deuxième temps .....	34
6.3	L'impact de la végétation spontanée .....	35
6.4	Les contraintes édaphiques : Compaction et engorgement .....	37
7	Conclusion.....	39

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier le centre Irstea de Nogent sur Vernisson pour m'avoir accueilli au sein de l'unité de recherche EFNO durant ces 10 semaines de stage pendant lesquels j'ai acquis de nombreuses connaissances sur la faune sauvage, la régénération du chêne et l'analyse de données. Ce stage a été une très bonne expérience et m'a permis d'avoir une vision globale du monde scientifique ; de la récolter de données sur le terrain et de leur analyse à la recherche bibliographique et la rédaction d'un article.

Pour tout cela je tiens à remercier chaleureusement Anders Mårell, chef de l'équipe FONA de m'avoir confié ce stage et m'avoir encadré pendant toute sa durée. Merci d'avoir pris le temps de répondre à mes interrogations et permis d'aller régulièrement sur le terrain ainsi que pour le temps consacré à la relecture de mon rapport.

Merci à toute l'équipe FONA pour votre bonne humeur tout au long du stage. Merci à Jean-Pierre Hamard d'avoir pris le temps de me faire découvrir le protocole d'OPTIMix. Merci à Laura Chevaux pour ton aide en statistique et modélisation. Merci à Adélie pour ta bonne humeur au bureau comme sur le terrain et pour l'initiation à l'escalade.

Je remercie également l'ensemble du personnel Irstea que j'aurai côtoyé tout au long du stage et qui m'aura permis de faire de nombreuses activités et de passer du bon temps en dehors des heures de travail. Merci à Guillem pour m'avoir permis de courir après volants et frisbee. Merci à ma colocataire de bureau Leen d'avoir rythmé mes journées en musique. Merci également à Aurore Callas de l'ONF d'avoir partagé ses données de terrain REGEBLOC avec moi.

Je vous souhaite à tous une très bonne continuation.

# **1. IRSTEA**

---

## **1.1 PRESENTATION DE L'INSTITUT**

Anciennement CEMAGREF, L'Irstea (institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture) est un établissement public à caractère scientifique et technologique placé sous la double tutelle des ministères en charge de la recherche et de l'agriculture, en étroite collaboration avec le ministère de l'Environnement. Elle est divisée en 3 départements scientifiques ; Eaux, Ecotechnologie et Territoires subdivisés en unités de recherches différentes selon les centres régionaux. L'ensemble de l'Irstea fusionnera à compter de la date du 1 Janvier 2020 avec l'INRA pour former l'INRAE.

## **1.2 CENTRE DE NOGENT-SUR-VERNISSON**

Le centre de Nogent-sur-Vernisson se trouve dans le Loiret (45) et abrite l'unité de recherche Ecosystèmes Forestiers. Cette unité contribue à une meilleure connaissance du fonctionnement des écosystèmes forestiers de plaine, de leurs facultés d'adaptation face aux pratiques de gestion, à l'augmentation des populations d'ongulés et aux changements climatiques, afin de proposer les modes de gestion les mieux adaptés aux situations locales. Cette unité de recherche est elle-même subdivisée en 4 équipes scientifiques dont l'équipe FONA (interactions Forêt Ongulés Activités humaines) dans laquelle j'effectue mon stage sous la tutelle de Mr. Anders MÅRELL, responsable d'équipe.

Les principales thématiques de l'équipe FONA sont les suivantes :

- Le renouvellement de la forêt en présence d'ongulés sauvages
- Les effets des ongulés sauvages sur le fonctionnement et la biodiversité des écosystèmes forestiers
- Les ongulés sauvages, des ingénieurs de l'écosystème

## 2 RESUME

---

Dans un contexte de pression croissante des ongulés sauvages sur la filière bois, la sylviculture doit s'adapter afin de garantir un bon renouvellement des peuplements forestiers. Nous avons étudié les réponses des semis de chêne sessile (*Quercus petraea*) et de la végétation adventice face à la pression d'herbivorie des principaux ongulés sauvages de plaine (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* et *Sus scrofa*). Nous avons effectué le suivi d'une cohorte de semis de chênes sessiles de 2018 et étudié son comportement en fonction de deux grands paramètres :

- La présence ou l'absence de prédation par les ongulés grâce à un dispositif d'enclos et d'exclos.
- Les modalités édaphiques et la présence ou l'absence de végétation concurrente grâce à deux modalités de travail : une modalité témoin sans intervention et une modalité dite VEGHYDR sur laquelle les graminées ont été supprimé, le sol décompacté et des sillons creusés.

Nous avons montré qu'au cours des deux premières saisons de végétation, les principaux dégâts sont dus aux populations de sangliers. Ils représentent 12% des dégradations des semis (2em facteur de dégradation après les limaces et les insectes phytophages) et la première cause de mortalité (40%). Conséquences de leur consommation importante de glands et de cotylédons et de la sélection d'une population peu favorable à la sylviculture. De fait les sangliers sont des omnivores opportunistes et s'attaquent aux glands les plus vigoureux en délaissant les moins appétents. Comme il existe une relation entre la taille du gland et la croissance et la survie des semis, cela a un effet négatif sur ces deux derniers paramètres. Lorsque les cotylédons disparaissent, l'impact des sangliers diminue. Les semis ne sont alors plus consommés mais peuvent encore être piétinés ou arrachés par les sangliers à la recherche de nourriture. Les impacts des cervidés sont eux encore absents durant les deux premières saisons de végétation. Nous avons également constaté que le taux de survie des semis de chêne sessile augmente avec la densité de la végétation concurrente herbacée. Ce qui va à l'encontre de notre hypothèse de départ.

Enfin, il est ressorti de cette étude que la morphologie des semis au cours de leurs premières saisons de végétation est majoritairement dépendante de la qualité des glands plus que des variables biotiques et abiotiques étudiées

Les résultats de notre étude sont conformes à la littérature à l'exception de la corrélation positive observée entre le taux de survie des semis et la densité de végétation concurrente. Dans les prochaines années de suivi du dispositif, nous verrons si cette tendance est confirmée ou inversée.

Enfin il est apparu que la décompaction et le drainage du sol sont néfastes à l'installation de la régénération naturelle du chêne sessile. Ces travaux sont donc à éviter pour ce type de gestion de peuplement forestier. De plus, l'intérêt économique de la mise en place de clôtures autour des placettes de régénération n'est pas confirmé, puisque lorsque l'on exclut le sanglier, les autres causes de mortalité augmentent considérablement.

**Mots clefs :** Ongulés, régénération naturelle, chêne sessile, dégâts du gibier, équilibre sylvo-cynégétique, forêt tempérée.

## **Abstract**

In a context of the increasing pressure of wild ungulates on the timber industry, silviculture must adapt to ensure a good renewal of forest stands. We have studied the responses of sessile oak (*Quercus petraea*) seedlings and adventitious vegetation to herbivory pressure of the main wild ungulates of the plains (*Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* and *Sus scrofa*). We followed a cohort of sessile oak seedlings from 2018 and studied its behaviour according to two main parameters.

The presence or absence of predation by ungulates through a device of enclosures and exclosures.

The edaphic modalities and the presence or absence of competing for vegetation thanks to two working methods: a control modality without intervention and a so-called VEGHYDR modality on which the grasses have been removed, the soil decompaction and furrows dug.

We have shown that during the first two growing seasons, the main damage is due to wild boar populations. They represent 12% of seedling damage (2nd degradation factor after slugs and phytophagous insects) and the leading cause of death (40%). Consequences of their high consumption of acorns and cotyledons and the selection of a population unfavourable to forestry. Wild boars are opportunistic omnivores and attack the most vigorous acorns by neglecting the less palatable. As there is a relationship between acorn size, seedling growth and

survival, this harms these last two parameters. When the cotyledons disappear, the impact of wild boars decreases. They are no longer consumed but can still be trampled or snatched by wild boars in search of food. The impacts of cervids are still absent.

We also found that the survival rate of sessile oak seedlings increases with the density of competing for herbaceous vegetation. This goes against our original hypothesis.

Finally, it emerged from this study that the morphology of the seedlings during their first growing seasons is mainly dependent on the quality of the acorns rather than the biotic and abiotic variables studied.

The results of our study are consistent with the literature except for the positive correlation observed between seedling survival rate and competing for vegetation density. In the next years of monitoring the device, we will see if this trend will be confirmed or reversed.

Finally, it has become apparent that soil decompaction and drainage are detrimental to the establishment of the natural regeneration of sessile oak. This work is, therefore, to be avoided for this type of forest stand management. Besides, the economic value of placing fences around regeneration plots is not confirmed, since when excluding wild boar, the other causes of mortality increase considerably.

**Key Words:** Ungulates, natural regeneration, sessile oak, game damage, sylvo-cyenegetic balance, temperate forest.

### 3 INTRODUCTION

---

La forêt couvre 31% du territoire de la France métropolitaine. Soixante-sept pourcents de cette forêt est composés de feuillus, soit 9,9 millions d'hectares. Avec 44% du volume de bois vivant sur pied, les chênes y sont l'essence dominante et représentent 18% des prélèvements annuels (© IGN 2018), ce qui place la France comme premier producteur de chêne en Europe et le numéro 2 mondial (Forêt privée française- La sylviculture dynamique du chêne). Les essences majeures sont le chêne pédonculé (*Quercus robur*) et le chêne sessile (*Quercus petraea*). Ce dernier, objet de notre étude, se retrouve principalement en plaine et est très présent dans la moitié Nord de la France (Ministère de l'agriculture) où il apprécie particulièrement les sols frais et légèrement acides. Le chêne est un bois de bonne qualité utilisé, pour les meilleurs d'entre eux dans la tonnellerie et le tranchage de luxe. C'est donc une ressource économique très recherchée dans la filière forêt-bois française (The forest time).

En parallèle, on observe depuis les années 60 une augmentation et une expansion des populations d'ongulés sauvages. Ainsi, entre 1986 et 2012, les réalisations des tableaux de chasse nationaux du chevreuil (*Capreolus capreolus*) ont été multiplié par 4, celles du cerf (*Cervus elaphus*) par 4,5 et celles du sanglier (*Sus scrofa*) par 6 (Saint-Andrieux, Barboiron, 2013). Conséquences des mutations du monde rural et de l'éradication des grands prédateurs (Côté et al. 2004) mais également des politiques de reboisement et de la généralisation du plan de chasse depuis 1979 (Klein et al. 2008 ; ONCFS 2011).

Ces populations peuvent entraîner d'importantes pertes économiques en sylviculture (Conover, 1997) notamment au niveau de la régénération forestière (Zamora et al. 2001) et ce phénomène ne cesse de prendre de l'ampleur. La pression des ongulés sur la capacité de régénération des chênes dépend de la densité des populations (Miller et al. 1982, Ritchie et Olf 1999), de la quantité de ressources disponibles et de son organisation dans l'espace. Les régimes alimentaires des ongulés sont généralistes (Andersen et al. 1998) et englobent par exemple les herbacées et les semis ligneux (Klein et al. 2008). De ce fait, ils perturbent la végétation de sous-bois en ayant un effet sur la croissance et le recouvrement des plantes (Casabon et Pothier, 2007 ; Tremblay et al. 2007). L'impact des ongulés sur les peuplements de chênes est généralement positif pour des densités de population faibles à moyenne. Ils limitent la compétition végétale sur les ressources du sol (eau et nutriments) et l'accès à la lumière en consommant semis-ligneux et herbacés comme la molinie bleue (*Molinia careulea*) (Fernandez, 2015). Mais ces effets deviennent négatifs lorsque ces mêmes densités augmentent (Rooney &

Waller, 2003; Côté et al. 2004). En effet, la croissance des populations d'ongulés sauvages accroît les dégâts sur les jeunes peuplements et remettent en cause la gestion durable des forêts en France mais aussi en Europe (Saint-Andrieux et Barboiron, 2013).

Les dégradations constatées se répartissent sur l'ensemble des niveaux de la régénération. Dans un premier temps, on observe la prédation du sanglier sur les glands et la destruction des tout jeunes semis. Problèmes qui risquent d'amplifier dans les années à venir du fait du réchauffement climatique entraînant une intensification et une régularisation des fructifications forestières favorables au développement des populations de sangliers (Touzot, 2019). Dans un deuxième temps, apparaît l'abroustissement des jeunes plants par les cervidés. Et enfin les dégâts dû à l'écorçage et au frottis qui influent la survie, la croissance et la qualité du bois (Cohen, 1992). Ce sont donc tous les stades de la régénération qui sont menacés. C'est pourquoi la recherche de l'équilibre forêt-gibier et des concertations forestiers-chasseurs est devenu un point important des politiques publiques (Mårell et al. 2019) ainsi que la recherche d'une gestion adaptative. Car si la disponibilité alimentaire est proportionnelle à la densité d'ongulés la régénération sera moins impactée (Tremblay et al. 2007).

Ce sont donc des rapports complexes qui relient population d'ongulés et régénération des peuplements de chênes qui nécessitent des études approfondies sur le sujet et la compréhension des dynamiques forestières globales. De fait, l'impact des cervidés sur la régénération basse (supérieure à 20cm) et haute est bien documenté (). En revanche, on en sait moins sur l'influence des ongulés et en particulier des sangliers sur l'installation de la régénération.

C'est pourquoi dans le cadre de nos recherches, nous évaluons l'impact des populations d'ongulés sauvages de plaine sur l'implantation et le développement d'une cohorte de chênes sessiles et de la végétation interférente qui l'entoure.

Nous pensons que les grands ongulés ont:

- 1) un impact direct négatif sur la régénération du chêne à travers la survie des glands et des semis ainsi que la croissance des jeunes plants.
- 2) un impact indirect positif via une réduction de la compétition interspécifique (Hobbs, 1996).

Pour tester nos hypothèses, nous avons étudié l'impact de la présence des grands ongulés sauvages sur la qualité de la régénération des semis en chênaie pure en suivant une cohorte apparue en 2018 ainsi que sur la dynamique végétale qui l'entoure à l'aide d'un dispositif d'enclos/exclos (zone non accessible aux ongulés/zone accessible). A cela, nous avons ajouté

différents modes de gestions du sol forestier. Avant l'apparition de la cohorte, nous avons traité mécaniquement (décompaction et assainissement du sol) et chimiquement (herbicide) des planches de régénération. Nous les avons ensuite comparés à des planches témoins, sans intervention, afin d'appréhender l'impact de ces travaux sur le développement des chênes et le comportement des ongulés. En effet le site d'étude présente un régime hydrique alternatif et [Lefèvre \(2006\)](#) a montré que le drainage du sol améliore la croissance des plantations de chênes sessiles. Nous cherchons donc à évaluer l'impact de l'assainissement sur l'implantation d'une régénération naturelle. L'idée est de pouvoir donner des recommandations sur le mode de gestion de la forêt en prenant en compte la pression des ongulés et les propriétés du sol.

Les données récoltées depuis 2018 ont permis le suivi des différentes dynamiques au cours de l'implantation de tout jeunes semis de chêne. Et nous avons comparé le taux de survie, la morphologie et l'abondance des semis de chêne, ainsi que la dynamique de la végétation interférente, majoritairement représenté par la molinie bleue en fonction de l'herbivorie et des modalités de travail du sol.

## 4 MATERIELS ET METHODES

---

### 4.1 SITE D'ETUDE

Dans le cadre de notre étude, un site localisé en forêt domaniale de Vierzon et appartenant au réseau REGEBLOC a été utilisé pour étudier l'impact des ongulés sauvages sur la régénération du chêne sessile.

#### 4.1.1 Réseau REGEBLOC

Le dispositif REGEBLOC (REGEneration naturelle en situation de BLOCage) est un projet en partenariat avec l'INRA, l'ONF et l'ONCFS. Il s'intéresse, sur 4 sites (figure 1), aux difficultés de régénération des forêts françaises dans deux contextes forestiers différents dont les chênaies sur stations acides et hydromorphes avec concurrence de la molinie. Le but de ce projet est de comprendre les causes de blocage de la régénération, ici du chêne sessile, et de trouver des solutions afin de lever les contraintes.

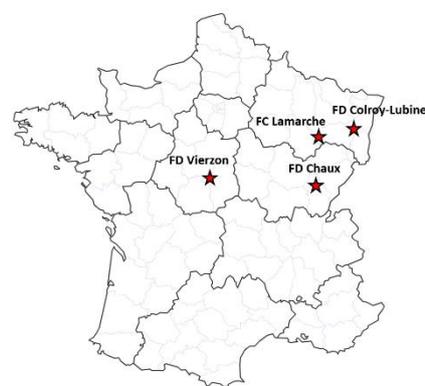


Figure 1 : Localisation du réseau REGEBLOC

#### 4.1.2. Forêt domaniale de Vierzon

Dans le cadre de ce stage, nous avons travaillé en forêt domaniale de Vierzon (région Centre-Val de Loire, département du Cher – 18). Créée par l'Homme et d'une superficie de 5 298 hectares, elle correspond au contexte de chênaie acide décrit ci-dessus. Les sols sableux y sont pauvres et à fort contraste hydrique et le relief de plateau est relativement plat avec une altitude variant de 120 à 190 mètres d'altitude. Les chênes pédonculés et sessiles représentent 70% des essences implantées dans la forêt suivi par les résineux apparu dès le XIXe siècle suite aux difficultés de maintenir le chêne. Des dépérissements importants de chênes y sont observés depuis les années 1990 (©ONF).

## 4.2 PROTOCOLES

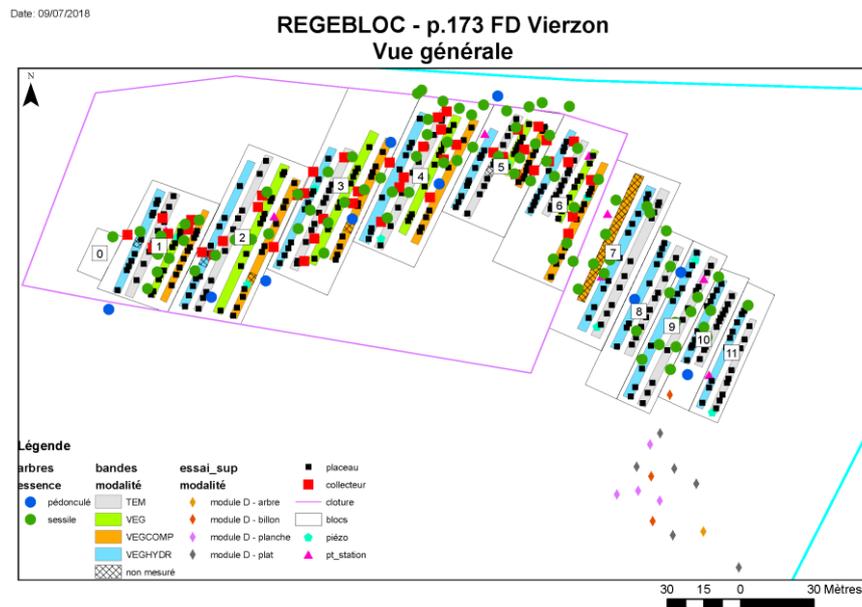


Figure 2 : Dispositif REGEBLOC en forêt domaniale de Vierzon.

La parcelle d'étude est divisée en 12 blocs, 6 en enclos (clôturés) et 5 en exclos (non clôturés), eux-mêmes subdivisées en bandes suivant quatre modalités différentes.

- Témoin sans intervention : **TEM**
- Suppression de la végétation concurrente : **VEG**
- Suppression de la végétation concurrente et décompactage du sol : **VEGCOMP**
- Suppression de la végétation concurrente, décompactage et billonnage : **VEGHYDR**

Dans le cadre du stage je ne m'intéresse qu'aux modalités TEM et VEGHYDR sur lesquelles nous avons suivi la production de glands et la cohorte de chênes sessiles 2018, puisque ce sont les seules modalités communes à l'enclos et l'exclos.

### 4.2.1 Suivis des glandées

**Objectifs** : Suivi de la fructification des chênes sur le dispositif et de la prédation sur les glands en fonction de l'herbivorie et du couvert végétal. Les nombres de glands seront comparées entre enclos et exclos et entre les modalités TEM et VEGHYDR (pour 2019 seulement).

**Méthode** : Chaque bande comprend 10 placeaux de 0.25m<sup>2</sup> (carrés de 50cm de côté) tous les 5m.

Le comptage s'effectue manuellement sur une journée. Il se fait en 2 étapes. D'abord visuellement sans retirer la litière puis en l'enlevant afin d'avoir un comptage exhaustif.

**Fréquence de mesure** : Une fois par an.

### 4.2.2 Suivis des semis

#### 4.2.2.1 Mesures IRSTEA

**Objectifs** : Suivi de l'évolution des semis de manière individuelle en fonction de différentes contraintes (herbivorie, végétation concurrente, compacité du sol, hydromorphie).

**Méthodes** : Une parcelle est divisée en blocs comprenant chacun une bande de modalité TEM et une bande de modalité VEGHYDR. Le suivi des semis s'effectue sur des placeaux de 1m<sup>2</sup>. Chaque bande présente 10 placeaux afin de prendre en compte l'hétérogénéité du milieu. Ces derniers se situent au milieu des bandes de travail. Dans le cas de la modalité VEGHYDR, chaque placeau doit recouvrir la bosse du billon, un creux et deux côtés d'un billon.

Pour retrouver leurs emplacements les placeaux sont matérialisés soit par un piquet en leur centre soit par 2 piquets aux extrémités d'une diagonale du carré.

**Mesures** : Le suivi des individus se fait par cohorte. Pour chaque semis est noté :

- Son emplacement au sein du placeau
- Son statut (Mort ou Vivant)
- Ses dommages primaires et secondaires ainsi que les symptômes et les causes.
- S'il est étiqueté ou non.

On suit au maximum 4 semis par placeau.

**Fréquence de mesure** : Tous les ans en période de végétation.

#### 4.2.2.2 Mesures ONF

**Objectifs :** Suivre l'évolution globale de la régénération des semis de chêne en fonction de différentes contraintes (herbivorie, végétation concurrente, compacité du sol, hydromorphie).

**Méthodes :** Identique aux mesures de l'IRSTEA.

**Mesures :** Pas de suivi individualisé des semis.

- Nombre de semis vivants sur chacun des placeaux.
- Mesure de la hauteur des 3 plus grands semis.
- Taux de recouvrement par espèce de la végétation concurrente, noté en pourcentage, par tranche de 10%. Si une espèce a un taux de recouvrement < 10%, la noter p. Les mousses seront simplement notées "mousses", sans distinction d'espèce.
- Taux de recouvrement global de la végétation concurrente. Tout ce qui est dans le placeau doit être compté, même les feuilles dont la tige se trouve hors du placeau.

**Fréquence de mesure :** Une fois par an. En fin de végétation pour les semis (Septembre) et fin de printemps (Juin) pour la végétation concurrente.

Comme notre protocole de suivi des semis ne s'intéresse qu'au maximum à 4 semis d'une même cohorte sur un placeau. Statistiquement, il est délicat d'avoir des conclusions sur l'impact du taux de recouvrement sur le taux de survie des semis sur un même placeau. Nous avons donc rassemblé les taux de recouvrement par classe pour regrouper nos semis tout en prenant en compte la présence ou non de l'enclos, les modalités de gestion du sol, un nombre équivalent de semis dans chacune des classes et une certaine cohérence biologique des classes de recouvrement.

### **4.3 ANALYSES STATISTIQUES**

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Rstudio (version 1.1.456, Copyright © 2009-2018 Rstudio, Inc.).

#### **4.3.1 Impacts directs des ongulés**

Nous avons utilisé des modèles linéaires (LM) pour décrire les effets de la prédation des ongulés sur la croissance des semis. Et des modèles linéaires généralisés (GLM) ont été utilisés pour décrire les effets de la prédation des ongulés sur le nombre de glands par plateau, la survie des semis de chênes et leur densité. Un modèle nul a été pris comme référence afin de tester les différentes modalités de l'expérimentation. Afin de conserver le modèle le plus explicatif et le plus parcimonieux nous avons basé notre sélection sur le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc). Lorsque la différence entre la plus petite valeur d'AICc et les autres AICc était inférieure à 2, nous avons estimé que ces modèles avaient le même potentiel explicatif et nous avons retenu le plus parcimonieux. C'est-à-dire celui au degré de liberté le plus faible.

#### **4.3.2 Impacts de la végétation concurrente et des conditions édaphiques**

Selon la même méthode des modèles linéaires (LM) et linéaires généralisés (GLM) ont été utilisés pour différencier les effets de la présence-absence de la végétation concurrente, des effets des conditions édaphiques sur la survie, la densité et la croissance des semis.

## 5 Résultats

### 5.1 IMPACTS DIRECTS DES ONGULES SAUVAGES SUR LA REGENERATION

#### 5.1.1 Les glandées

La qualité de la glandée 2019 étant moindre par rapport à celle de 2018, les données ont été analysées séparément afin de ne pas inclure un biais dans l'interprétation des résultats.

- Clôtures

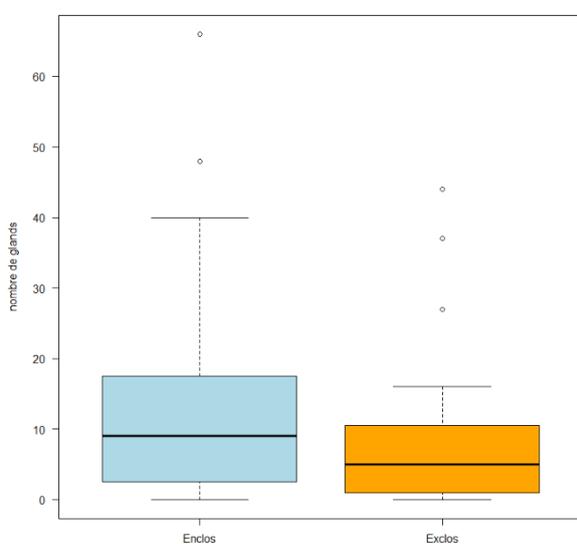


Figure 3 : Nombre de glands moyen par placeau-2018.

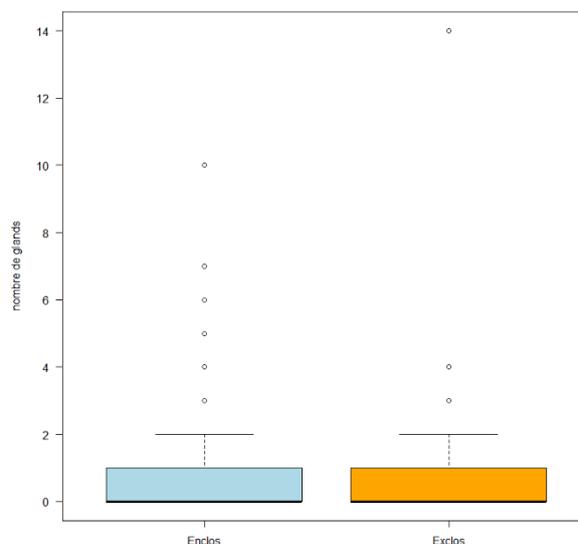


Figure 4 : Nombre de glands moyen par placeau-2019.

En 2018, les glands ont été comptés sur la modalité TEM uniquement. La moyenne du nombre de glands par placeau est 1,7 fois plus faible en exclos qu'en enclos.

En 2019, les glands ont été comptabilisé sur les modalités TEM et VEGHYDR. Les placeaux en exclos contiennent en moyenne 1.8 fois moins de glands que ceux en enclos. Ce qui est similaire aux résultats de l'année précédente malgré un nombre de glands total très inférieur.

- Modalités (données 2019)

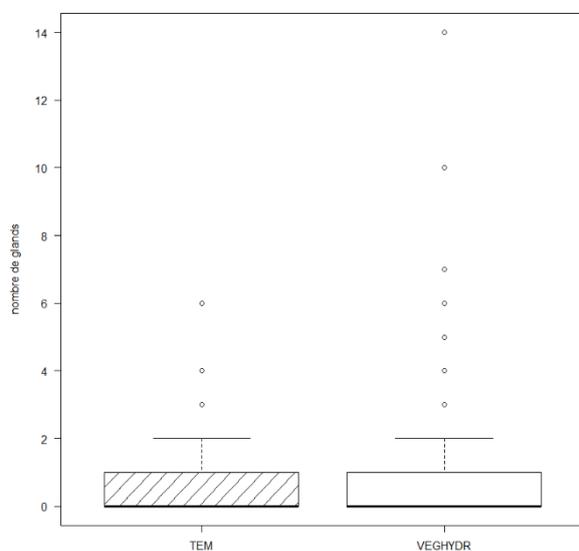


Figure 5 : Nombre moyen de glands par plateau en fonction des modalités-2019.

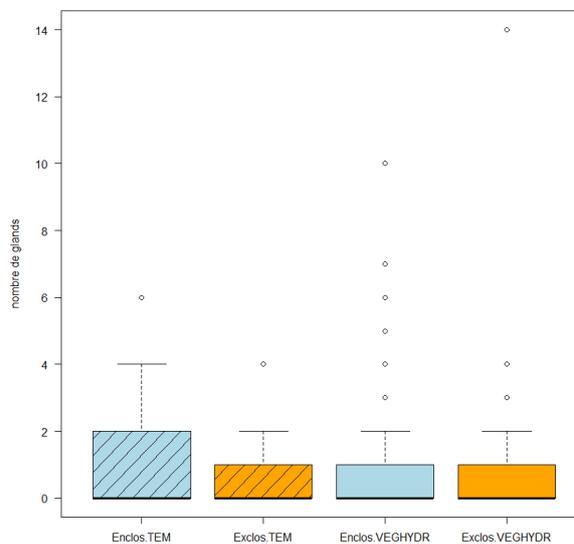


Figure 6 : Nombre de glands moyen en fonction des modalités et de l'herbivorie-2019.

Le nombre moyen de gland est 1,4 fois plus faible sur les planches TEM que sur les planches VEGHYDR.

Lorsque l'on prend en compte les clôtures, cette différence entre les modalités se retrouve uniquement dans le cas de l'exclos. Le nombre moyen de glands y est 2,15 fois plus faible sur les placeaux TEM que sur les placeaux VEGHYDR. En revanche, au sein de l'enclos il n'y a pas de différence entre les deux modalités.

Tableau 1 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc)

Modèles	N	df	AICc
<b>inter=glm(nbr_glands~modalite*cloture, poisson())</b>	<b>200</b>	<b>4</b>	<b>616.9856</b>
complet=glm(nbr_glands~modalite+cloture, poisson())	200	3	619.3105
Prot=glm(nbr_glands~protection, poisson())	200	2	621.2314
nul=glm(nbr_glands~1, poisson())	200	1	634.0844
Mod=glm(nbr_glands~modalite, poisson())	200	2	631.9855

Tableau 2 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « nombre de glands »

	Estimate	Std. Error	z value	P( >  z  )
(Intercept)	-0.9676	0.2294	-4.218	2.47e-05 ***
modaliteVEGHYDR	0.7691	0.2275	2.771	0.00558 **
Clotureoui	1.0282	0.2688	3.826	0.00013 ***
modaliteVEGHYDR :clotureoui	-0.6987	0.3379	-2.068	0.03865 *

Le modèle sélectionné est un modèle à une interaction simple entre le type de clôture et le type de modalité de traitement du sol.

Selon le [tableau 2](#) l'ensemble des variables a un effet significatif ( $p < 0,05$ ) sur l'abondance de glands. La modalité VEGHYDR et la présence de clôture influe positivement cette abondance. De plus on remarque que les modalités de protection ont un impact plus grand que les modalités TEM et VEGHYDR.

### 5.1.2 Taux de survie

- Du gland au semis

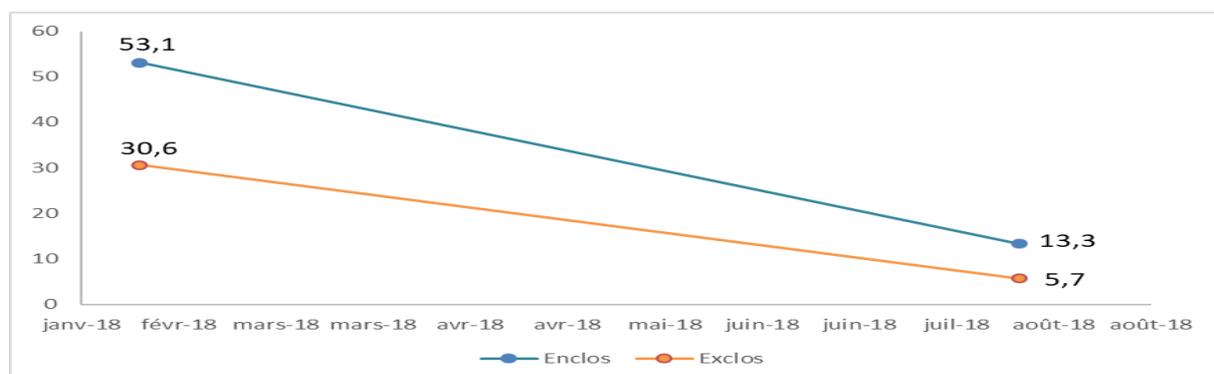


Figure 3 : Suivi du nombre moyen d'individus vivants sur 1m<sup>2</sup> entre l'état de glands en Février 2018 et l'état de semis après germination de ces mêmes glands en Août 2018.

Le nombre de glands sur les placeaux de 0.25m<sup>2</sup> a été mesuré en Février 2018 par l'IRSTEA. Ces chiffres ont été ramenés à 1m<sup>2</sup> pour correspondre à la surface de comptage de semis réalisé par l'ONF en Août 2018. Sur le [graphique 7](#), on constate qu'en enclos le taux de survie est de 25% contre seulement 18.6% en exclos. Entre Février et Août 2018, la différence entre les deux modalités de clôture du nombre d'individus a diminué de 34%.

- **Suivi des semis**

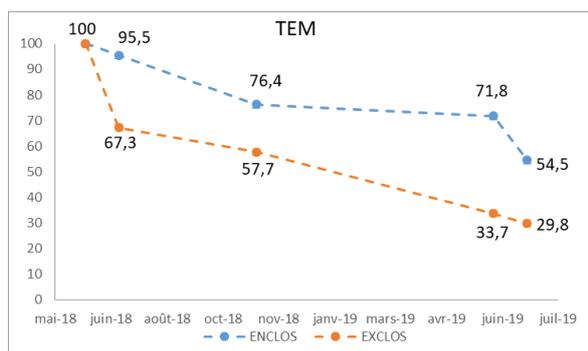


Figure 8 : Taux de survie sur la modalité TEMOIN.

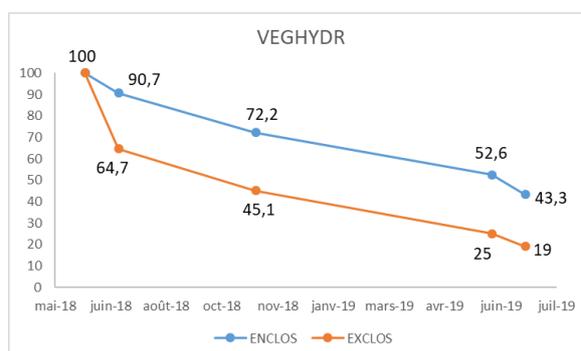


Figure 9 : Taux de survie sur la modalité VEGHYDR.

Le taux de survie entre Juin 2018 et Juillet 2019 est plus élevé dans les enclos. Notamment en raison de la perte significative d'individus en exclos, observée entre Mai et Juin 2018. Durant ce mois, dans l'exclos, 33% des individus sur TEM et 35% sur VEGHYDR sont morts soit respectivement 7,2 et 3.8 fois plus que dans l'enclos.

De plus le taux de survie est plus important sur la modalité TEM que sur la modalité VEGHYDR. L'écart se creuse entre les deux dispositifs jusqu'à Juillet 2019, mois durant lequel on observe une brusque augmentation du taux de mortalité au sein de l'enclos.

### 5.1.3 Causes probable de mortalité

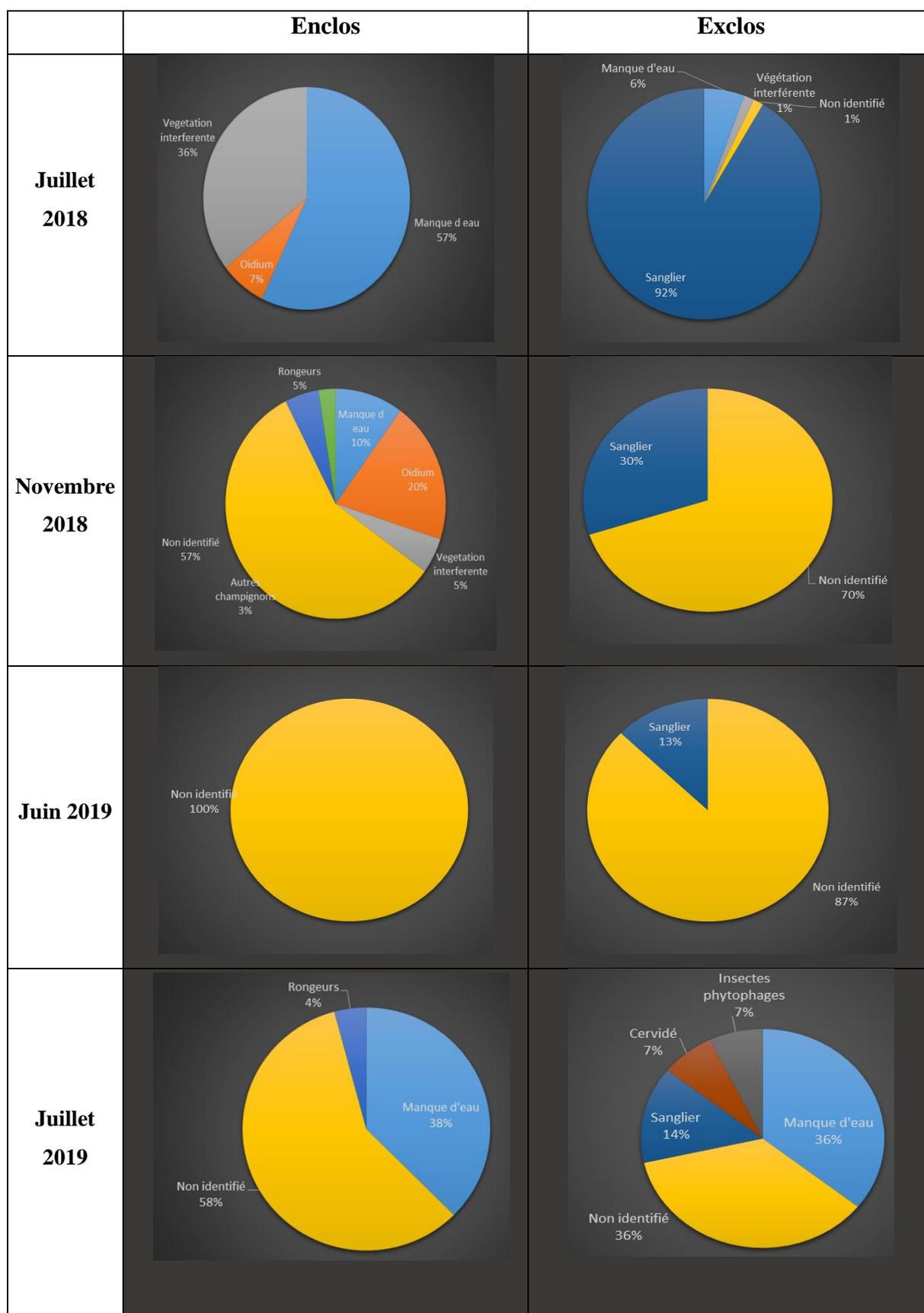


Figure 10 : Répartition des différentes causes de dommages des semis morts en fonction des mois.

- **Juillet 2018**

Au sein de l'enclos, les morts souffraient majoritairement de stress hydrique (57%) et de la compétition de la végétation interférente (36%). Tandis qu'en exclos, les sangliers ont causé 92% des dégâts constatés.

- **Novembre 2018**

En enclos, la problématique du stress hydrique (10%) et de la compétition végétale (5%) est nettement moins importante au sein de l'enclos par rapport aux données de Juillet 2018. En revanche la présence d'Oïdium sur les individus morts à plus que doublé passant de 7% à 20%. En exclos, le nombre de semis touchés par les dégâts de sangliers a été divisé par 3. Enfin, la proportion de dégâts dont la cause est non identifiée correspond à plus de la moitié des semis morts de l'enclos et plus des deux tiers des semis morts de l'exclos.

- **Juin 2019**

Nous n'avons pas pu déterminer la cause de la mort de l'ensemble des semis de l'enclos et d'une grande majorité des semis de l'exclos. La seule cause de dégât identifiée sont les sangliers et l'on constate que la proportion de morts due aux sangliers a été divisée par 2 depuis le relevé précédent.

- **Juillet 2019**

La problématique du sanglier est restée identique avec le mois précédent et les premiers dégâts de cervidés sont apparus. Enfin, on remarque que la proportion de morts en raison d'un stress hydrique est équivalente sur les deux modalités de clôture et que les dégâts non identifiés sont moins nombreux qu'en Juin 2019.

### 5.1.4 Abondance des semis (donnée été 2018 ONF)

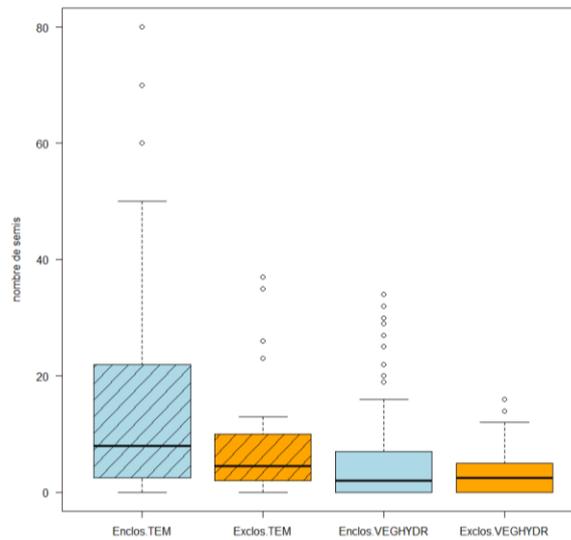


Figure 11 : Densité de semis au mètre carré selon les modalités et l'herbivorie.

Il y a en moyenne 1,8 fois plus de semis au sein de l'enclos qu'au sein de l'exclos et 2,3 fois plus sur les planches TEM que sur les planches VEGHYDR.

Tableau 3 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « nombre de semis »  
 $glm(nbr\_semis \sim modalite * protection, poisson())$  :  $AICc = 3323.158$

	Estimate	Std.	z value	P( >  z  )
(Intercept)	2.72020	0.03313	82.103	< 2e-16 ***
modaliteVEGHYDR	-0.98108	0.05503	-17.828	< 2e-16 ***
protectionExclos	-0.77144	0.06282	-12.280	< 2e-16 ***
modaliteVEGHYDR :protectionExclos	0.273559	0.10797	2.534	0.0113 *

Le modèle sélectionné est un modèle à une interaction simple entre le type de clôture et le type de modalité de traitement du sol.

Comme dans le cas des glands, l'ensemble des variables explicatives sont significatives sur la densité de semis de chênes. La modalité VEGHYDR et l'absence de protection contre les ongulés ont un impact négatif sur le nombre de semis au mètre carré.

### 5.1.5 Croissance des semis (données Automne 2018)

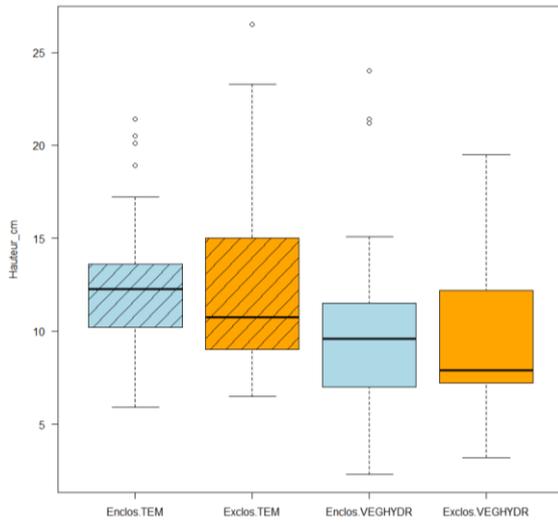


Figure 12 : Hauteur des semis en fonction des modalités TEM et VEGHYDR et de l'herbivorie.

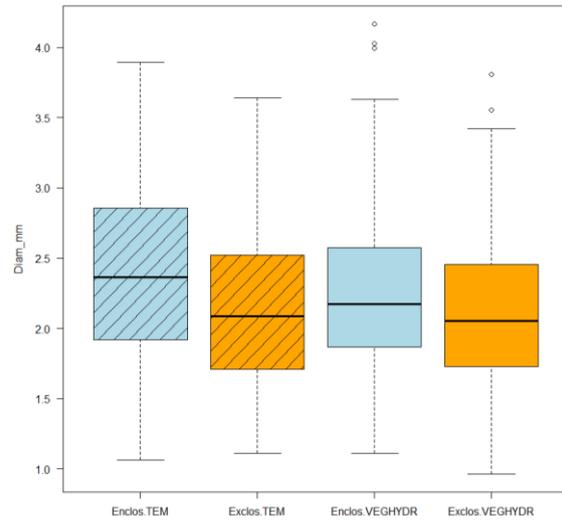


Figure 13 : Diamètre des semis en fonction des modalités TEM et VEGHYDR et de l'herbivorie.

#### Hauteur des semis

La hauteur des semis est 1,2 fois plus importante sur la modalité TEM que sur la modalité VEGHYDR. De plus sur une même modalité la taille des semis est plus grande en enclos qu'en exclos. En revanche la hauteur moyenne des semis, toutes modalités confondues, est équivalente entre enclos et exclos.

#### Diamètre des semis

Le diamètre moyen des semis est similaire à la fois entre les modalités TEM et VEGHYDR et entre les modalités d'herbivorie. Toutefois, comme pour la hauteur des semis, sur une même modalité le diamètre moyen des semis est plus large en enclos qu'en exclos.

Tableau 4 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « hauteur des semis »  
 $mod=lm(Hauteur\_cm \sim Modalite)$ , 1395.843

	Estimate	Std. Error	z value	P( >  z  )
(Intercept)	12.1888	0.3202	38.071	< 2e-16 ***
modaliteVEGHYDR	-2.4062	0.4868	-4.943	1.41e-06 ***

Le modèle sélectionné est un modèle linéaire simple à une seule variable explicative. La variable modalité montre que les travaux mécaniques et chimiques du sol ont un impact négatif sur la hauteur des semis.

Tableau 5 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « diamètre des semis »  
 prot= lm (Diam\_mm ~Protection), AICc = 533.1050

	Estimate	Std. Error	z value	P(>  z  )
(Intercept)	2.36058	0.05701	41.406	< 2e-16 ***
ProtectionExclos	-0.20172	0.08832	-2.284	0.0232 *

Le modèle sélectionné est un modèle linéaire simple à une seule variable explicative. Le diamètre des semis est corrélé négativement à l'absence de clôture mais la significativité est faible.

## 5.2 IMPACTS INDIRECTS DES ONGULES SAUVAGES A TRAVERS LA VEGETATION INTERFERENTE (DONNEES ONF)

### 5.2.1 Taux de survie (données flore ONF, données semis Irstea)

- Selon le taux de recouvrement de la végétation interférente

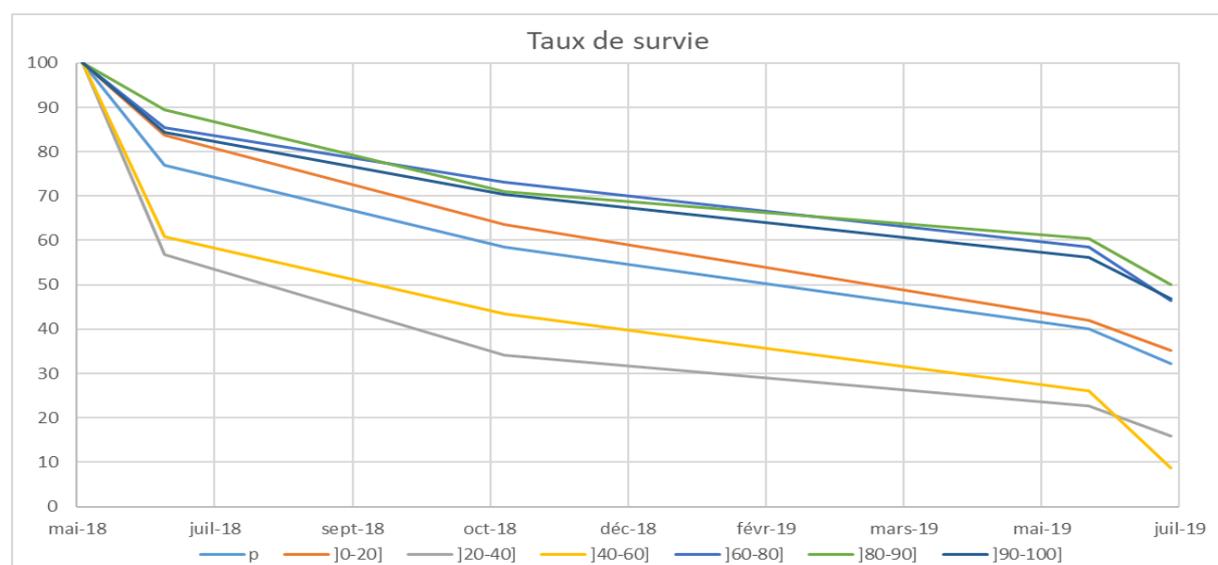


Figure 14 : Taux de survie des semis de chêne en fonction du taux de recouvrement de la végétation interférente.

Trois groupes se détachent du graphique selon le taux de recouvrement de la végétation interférente. Ils correspondent respectivement aux taux de recouvrement suivants: ]p-20], ]20-60] et ]60-100]. Le taux de survie est le plus faible pour les recouvrements intermédiaires et le plus fort pour les taux de recouvrements les plus importants.

*Tableau 6 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente*

<b>Modèles</b>	<b>N</b>	<b>df</b>	<b>AICc</b>
modal=glm(Statut ~modalite + protection, poisson())	41	3	372.638
<b>recouvrement=glm(Statut~tx_recouvrement + protection,</b>	<b>41</b>	<b>3</b>	<b>368.049</b>

*Tableau 7 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « Statut »*

	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>z value</b>	<b>P( &gt;  z  )</b>
(Intercept)	2.21696	0.315	7.029	2.08e-12 ***
ProtectionExclos	-2.06676	0.31888	-6.481	9.09e-11 ***
Tx_recouvrement	0.12043	0.05027	2.396	0.0166 **

Le modèle sélectionné est un modèle linéaire généralisé dont les variables explicatives sont les modalités de clôture et le taux de recouvrement de la végétation interférente. Cette dernière variable est plus explicative que les modalités édaphiques et a un effet positif sur le taux de survie des semis contrairement à l'absence de protection contre les ongulés.

- Selon la hauteur de la végétation interférente

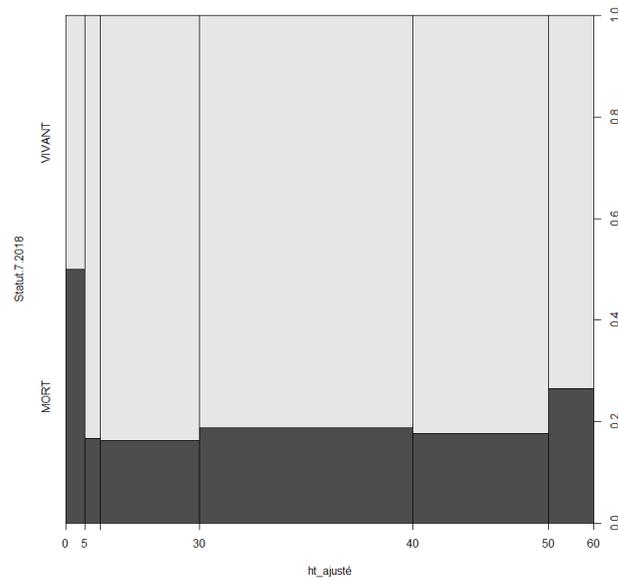


Figure 15 : Taux de survie des semis de chêne en fonction de la hauteur de la végétation interférente

Tableau 8 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente.

Modèles	N	df	AICc
Reg_mod = lm( Statut.7.2018 ~ modalite+protection )	412	3	372.4776
<b>Reg_ht = lm( Statut.7.2018 ~ ht_2018+protection )</b>	<b>412</b>	<b>3</b>	<b>343.5451</b>

Tableau 9 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « Statut Juillet 2018 »

	Estimate	Std. Error	z value	P(>  z  )
(Intercept)	1.950882	0.483427	4.036	5.45e-05 ***
Ht_2018	0.018651	0.009975	1.870	0.0615 .
ProtectionExclos	-2.072662	0.326446	-6.349	-2.16e-10 ***

Sur le graphique 15, la proportion de semis morts est plus importante lorsque les hauteurs de la végétation concurrente sont faibles voir nulles. Mais ce sont des classes de hauteurs pour laquelle nous avons peu de semis donc nous ne pouvons pas conclure sur l'effet de la taille de la végétation interférente. De plus l'étude statistique sur R ne trouve pas de corrélation entre la hauteur de la végétation concurrente et le taux de survie des semis. La seule

variable significative est la modalité de protection et donc la présence ou l'absence de la pression des ongulés sauvages.

### 5.2.2 Abondance des semis

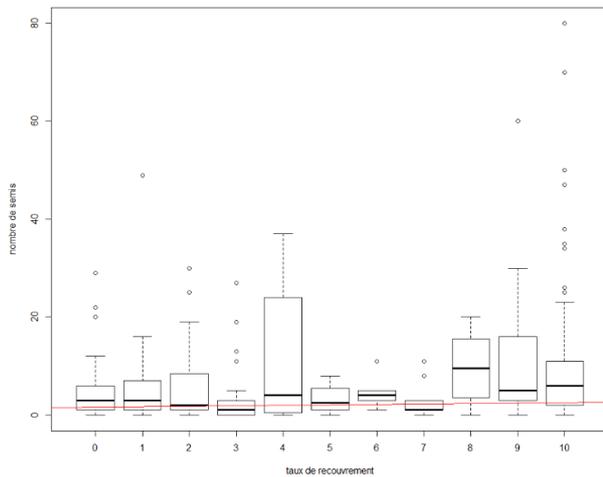


Figure 16 : Densité de semis au mètre carré en fonction du taux de recouvrement de la végétation interférente.

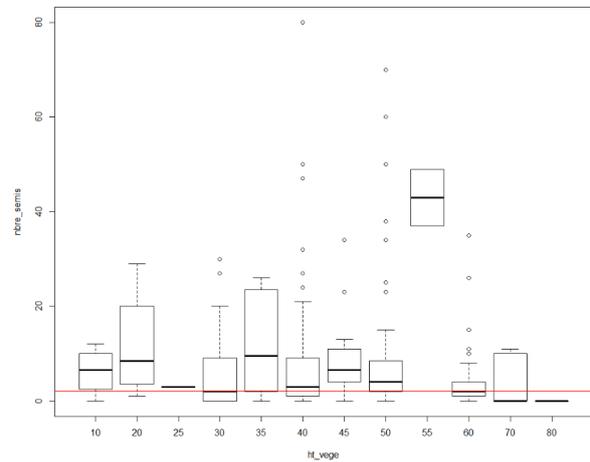


Figure 17 : Densité de semis au mètre carré en fonction de la hauteur de la végétation interférente.

**Taux de recouvrement :** La densité moyenne varie entre 2,7 et 11,6 semis par placeau avec une moyenne globale de 7,9. Mais nous n'observons aucune tendance entre abondance de semis et taux de recouvrement.

**Hauteur :** De même le nombre moyen de semis en fonction de la hauteur de la végétation interférente varie entre 0,0 et 9,3 avec une moyenne globale de 7,8 sans pour autant qu'il ne se dégage de tendance générale.

*Tableau 10 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente*

Modèles	N	df	AICc
<b>modal=glm(nbr_semis~modalite*protection, poisson())</b>	<b>251</b>	<b>3</b>	<b>3327.407</b>
recouvrement=glm(nbr_semis~tx_recouvrement+protection, poisson())	251	3	3459.888

Tableau 11 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « nombre de semis »

	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>z value</b>	<b>P( &gt;  z  )</b>
(Intercept)	2.69477	0.03198	84.25	< 2e-16 ***
modaliteVEGHYDR	-0.91244	0.04750	-19.21	< 2e-16 ***
protectionExclos	-0.68287	0.05126	-13.32	< 2e-16 ***

Tableau 12 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente

<b>Modèles</b>	<b>N</b>	<b>df</b>	<b>AICc</b>
Mod_densite = glm( nbr_semis ~ modalite+protection )	251	3	3327.407
<b>Ht_densite = lm( nbr_semis ~ ht_vege + protection )</b>	<b>251</b>	<b>3</b>	<b>3717.481</b>

Tableau 13 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « nombre de semis »

	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>z value</b>	<b>P( &gt;  z  )</b>
(Intercept)	2.2394077	0.0878851	25.481	<2e-16 ***
ht_vege	0.0001909	0.0019887	0.096	0.924
ProtectionExclos	-0.5917457	0.0514733	-11.496	<2e-16 ***

D'après les modèles choisis grâce à l'AICc, ce n'est pas la végétation interférente qui explique la densité de semis sur chaque plateau. En effet les modalités édaphiques priment sur le taux de recouvrement de la végétation concurrente (tableau 10). Tandis que même si le modèle choisi dans le tableau 12 comprend la hauteur de la végétation interférente comme variable explicative de l'abondance de semis, on remarque dans le tableau 13 que cette variable n'a pas d'effet significatif ( $p > 0,05$ ).

### 5.2.3 Croissance des semis (données Automne 2018)

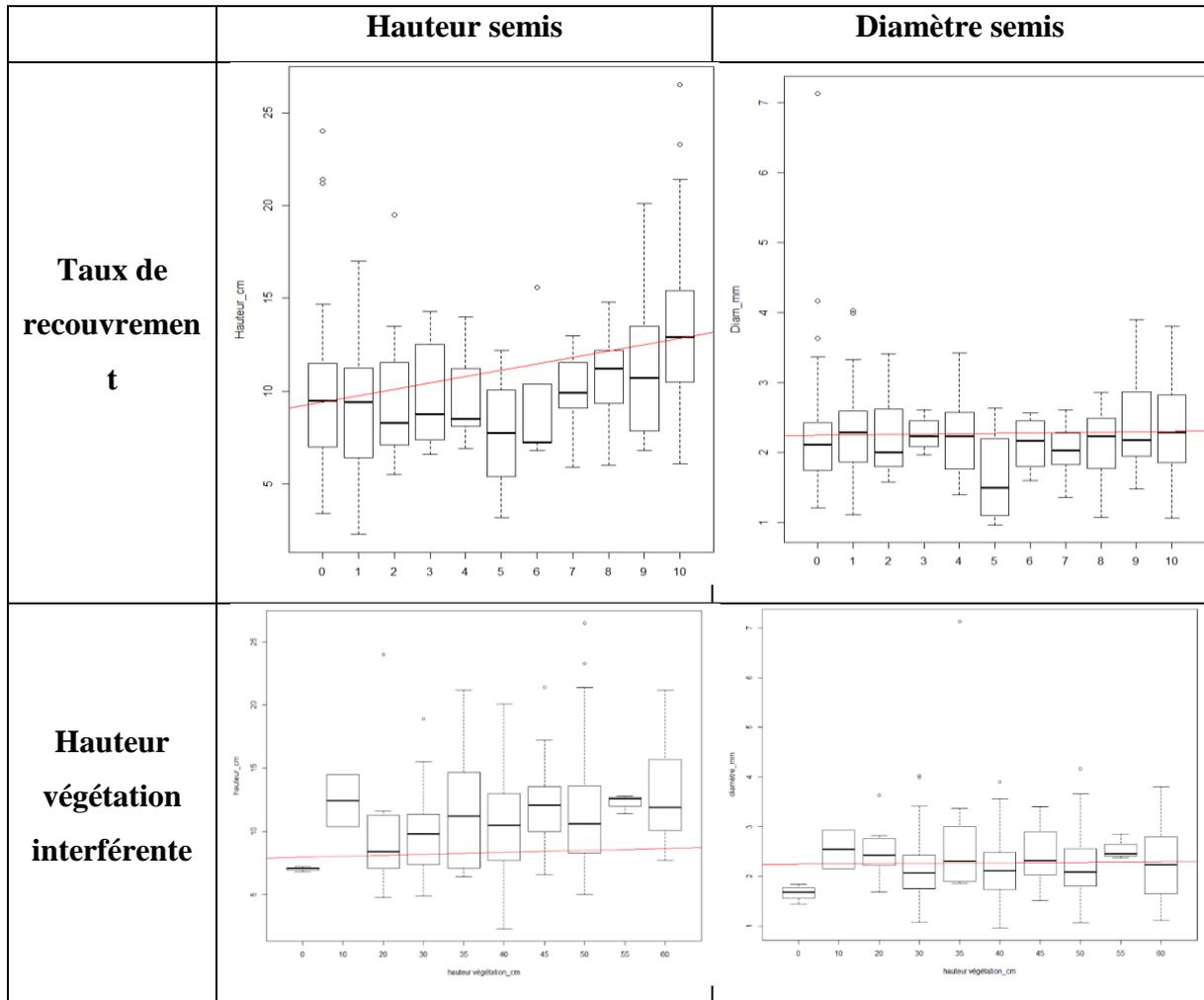


Figure 18 : a) Hauteur moyenne des semis en fonction du taux de recouvrement  
 b) Diamètre moyen des semis en fonction du taux de recouvrement  
 c) Hauteur moyenne des semis en fonction de la hauteur de la végétation interférente  
 d) Diamètre moyen des semis en fonction de la hauteur de la végétation interférente

Les graphiques 18a et 18c montrent que la taille des semis est positivement corrélée à la hauteur de la végétation interférente et à son taux de recouvrement pour lequel cette corrélation est plus forte. En fonction du taux de recouvrement et de la taille de la végétation interférente les hauteurs moyennes des semis sont respectivement comprises entre 8,1 et 15,2 cm et 6,8 et 14,4 cm avec une moyenne globale de 11,2 cm.

En revanche sur les graphiques 18b et 18d aucun lien n'est visible entre le diamètre de la tige des semis et la végétation concurrente.

Tableau 14 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente

Modèles	N	df	AICc
<b>Recouvrement_diam = lm( Diam_mm ~modalite+protection )</b>	<b>251</b>	<b>4</b>	<b>477.6631</b>
Modalite_diam = lm( Diam_mm~tx_recouvrement+protection )	251	4	480.2312

Tableau 15 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « diamètre des semis »

	Estimate	Std. Error	z value	P( >  z  )
(Intercept)	2.235870	0.074118	30.166	<2e-16 ***
Modalite	0.016903	0.009819	1.721	0.0864 .
ProtectionExclos	-0.195013	0.080783	-2.414	0.0165 *

Tableau 16 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente

Modèles	N	df	AICc
<b>Recouvrement_haut = lm( Hauteur_cm ~ modalite+protection )</b>	<b>251</b>	<b>4</b>	<b>1382.379</b>
Modalite_haut = lm( Hauteur_cm ~ tx_recouvrement+protection )	251	4	1392.874

Tableau 17 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « hauteur des semis »

	Estimate	Std. Error	z value	P( >  z  )
(Intercept)	9.16859	0.44938	20.403	<2e-16 ***
Modalite	0.35872	0.05953	6.026	6.06e-09 ***
ProtectionExclos	-0.50140	0.48980	-1.024	0.307

D'après les tests AICc, nous constatons que le taux de recouvrement n'est pas le facteur explicatif de la croissance en hauteur et en diamètre des semis de chêne mais bien les modalités édaphiques du sol (décompaction et assainissement du sol). Cela est surtout vrai pour la croissance en hauteur des semis pour laquelle l'effet positif de la modalité VEGHYDR est plus forte et plus significative que pour la croissance du diamètre.

Tableau 18 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente

Modèles	N	df	AICc
Mod_diam = lm( Diam_mm ~ modalite+protection )	412	4	480.2312
<b>Ht_diam = lm( Diam_mm ~ ht_2018+protection )</b>	<b>412</b>	<b>4</b>	<b>470.7160</b>

Tableau 19 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer «Statut Juillet 2018»

	Estimate	Std. Error	z value	P( >  z  )
(Intercept)	2.164609	0.163491	13.240	<2e-16 ***
Ht_2018	0.004024	0.003820	1.054	0.293
ProtectionExclos	-0.192207	0.083382	-2.305	0.022 *

Tableau 20 : Sélection d'un modèle selon le critère d'information d'Akaike ajusté à de petits échantillons (AICc) afin de différencier les effets des conditions édaphiques de ceux de la végétation concurrente

Modèles	N	df	AICc
<b>Ht_hauteur = lm(Hauteur_cm ~ ht_2018+protection )</b>	<b>412</b>	<b>4</b>	<b>1364.223</b>
Mod_hauteur = lm(Hauteur_cm ~ Modalite+protection )	412	4	1392.874

Tableau 21 : Etude des effets des différentes variables explicatives retenues par la sélection de modèles sur la variable à expliquer « hauteur des semis »

	Estimate	Std. Error	z value	P( >  z  )
(Intercept)	7.87309	1.02016	7.717	3.14e-13 ***
Ht_2018	0.08006	0.02383	3.359	0.000909 ***
ProtectionExclos	-0.31740	0.52029	-0.610	0.542411

Contrairement au taux de recouvrement, c'est bien la taille de la végétation concurrente qui prime sur les modalités édaphiques pour la croissance en hauteur et en diamètre des semis. Le modèle du [tableau 21](#) montre que plus la végétation interférente est haute plus les semis sont grands, mais au vue de l'estimateur (0,08006) cette effet est relativement faible. En revanche, le [tableau 19](#) met en évidence que la taille de la végétation concurrente n'a pas de réel impact sur la croissance en diamètre des semis.

## 6 DISCUSSION

---

### 6.1 UNE PREMIERE PREDATION PAR LES SANGLIERS

Comme nous le supposons au départ, l'étude a montré une différence notable du nombre de glands et du taux de survie des semis entre les dispositifs d'enclos et d'exclos (figures 3, 4 et 7) du fait de la prédation par les ongulés sauvages (figure 10).

Dans un premier temps, cela s'explique par la présence de sangliers dans l'exclos. Ces derniers sont d'importants consommateurs de fruits forestiers et les glands de chêne sont une ressource qu'ils apprécient beaucoup (Brandt et al. 2006) car à haute valeur énergétique (Ben Ammar, 2013).

Sur l'année 2019, on remarque que la quantité de glands est plus faible sur la modalité VEGHYDR que sur la modalité TEM (figure 5). Mais du fait d'un trop faible nombre de répétitions, ces résultats sont non significatifs. Nous ne pouvons donc pas conclure sur un quelconque effet de ces modalités sur la prédation des glands. Nous supposons qu'il s'agit d'un effet aléatoire dû à une fructification hétérogène d'un arbre à un autre. Pour confirmer cela nous aurons eu besoin de collecteurs sur l'ensemble du dispositif pour quantifier les glandées en fonction de l'emplacement. On pourrait également penser à des dégâts de rongeurs car ils peuvent être importants sous un tapis d'herbacés (Bonfils and al. 2010) mais on ne retrouve pas cette distinction au sein de l'enclos ce qui semble écarter cette dernière hypothèse.

Les pertes constatées sur la figure 7, entre le stade gland et le stade semi, remettent en évidence la différence entre les modalités de clôture, au stade de la glandée comme vu précédemment mais aussi sur les premiers mois de vie des semis. Du fait de la prédation des glands par les sangliers, le nombre d'individus de départ est plus faible en exclos. Et on remarque que le taux de survie y est également plus faible. On peut l'expliquer de la manière suivante : la consommation des glands par les sangliers se porte sur les plus appétents, donc les plus gros et les plus beaux (Stiles et Dobi, 1987). Cela entraîne une sélection des populations de chênes et une différenciation des communautés entre enclos et exclos. En effet, Kormanik (1998) écrit que la hauteur, le diamètre au collet et le taux de survie des semis sont significativement reliés à la masse des glands (Thripathi, 1990 ; Lone, 1996 ; Aizen, 1996 ; Bonfils, 1998 ; Guoke, 1999). Et effectivement pour une modalité donnée, les semis de l'enclos sont plus grands et ont un diamètre plus large que ceux qui se trouvent en exclos et qui ont réchappé à la prédation du sanglier (figures 12 et 13). De plus, en consommant les plus beaux

individus cela peut également avoir un impact négatif sur le taux de germination des glands puisque les plus vigoureux auront disparus (Gomez, 2004). Au sein de l'exclos, on a donc moins de glands et parmi eux encore moins d'individus aptes à germer et former un semis viable et vigoureux d'où un taux de survie plus faible au cours de la germination.

Dans un deuxième temps, nous avons observé que la prédation des sangliers agit tant au niveau des graines que des jeunes semis. En effet, les cotylédons du chêne ont la particularité de persister et d'être consommables plusieurs mois après germination (Brandt et al. 2006). Les sangliers arrachent alors les jeunes semis de l'année afin de consommer les réserves des cotylédons. Cela explique le taux de mortalité important des semis entre les mois de Juin et Juillet 2018 (figures 8 et 9). En revanche, les dégâts dus aux sangliers durant l'été 2019 sur la cohorte 2018 montrent qu'ils piétinent et arrachent ces semis, alors sans intérêt nutritif, en retournant la terre à la recherche de nourriture auprès de la cohorte 2019. Ils ont donc un impact majeur sur le taux de survie des semis lors de la première année, bien que la proportion d'individus touchés par les dégâts de sangliers diminue au cours du temps (figure 10). Nous supposons que cette tendance sera confirmée sur les prochaines campagnes de relevés.

## 6.2 L'HERBIVORIE DES CERVIDES DANS UN DEUXIEME TEMPS

L'expérience n'ayant débutée que l'année dernière, il est encore tôt pour analyser l'influence des cervidés sur la régénération du chêne et la cohorte 2018. Sur la figure 10, les dégâts de cervidés par abrouissement apparaissent pour la première fois en Juillet 2019. En effet, les cervidés ne s'intéressent qu'aux semis de plus de 20 cm de haut (Borkowski et al. 2017). Mais à ce stade, l'intervention des cervidés reste encore très minime. Un seul individu à était décrit comme abrouiti lors de l'été 2019. Les semis sont donc encore trop jeunes et trop petits pour être sous la pression de l'herbivorie des cervidés. L'impact de l'abrouissement augmentera sans doute dans les prochains relevés, car le taux d'abrouissement d'une parcelle dépend de la taille des chênes. En effet, il est quasi-nul en dessous de 20 cm, maximal aux alentours de 40 à 80 cm puis diminue fortement (Borkowski et al. 2017). L'herbivorie aura alors principalement un impact sur la morphologie et la croissance des semis (Saint-Andrieux et Barboiron, 2013), car l'abrouissement reste un facteur de mortalité mineur chez le chêne (Götmark et al. 2005). Par ailleurs, les dommages liés aux cervidés sont saisonniers car l'abrouissement a moins d'effet sur les chênes en hiver qu'au printemps. En effet, en hiver, les réserves se situent dans les parties ligneuses. On observe alors une diminution de la croissance

des semis mais peu de mortalité tandis qu'au printemps, les feuilles abrouties ont une grande importance pour la survie du chêne.

Pour pouvoir adapter la sylviculture, il faut donc prendre en compte l'intensité du dommage, sa récurrence et sa spatialité au sein du peuplement (Saint-Andrieux et Barboiron, 2013). Ce qui est dépendant de l'état général de la forêt de Vierzon et ancre cette étude dans un cadre plus général. De plus, la présence d'enclos ne suffit pas à la régénération car sans abrouuissement les espèces tolérantes à l'ombre comme le hêtre ou la ronce peuvent prendre le dessus (Laurent et al. 2017).

### 6.3 L'IMPACT DE LA VEGETATION SPONTANEE

Levy (1990) a démontré que la présence d'un tapis herbacé dense est l'une des causes de la mortalité et de la réduction de croissance des semis de chêne. Nous savons également qu'au sein des enclos la couverture de semi-ligneux a tendance à augmenter au profit de la ronce (Boulanger and al. 2018) et que les cervidés ont un effet structurant de la composition végétale et ce sur le long terme (Boulanger and al. 2015). Nous avons donc cherché dans quelle mesure les ongulés impactent la régénération du chêne sessile à travers la végétation concurrente.

**Taux de survie** : Sur notre première analyse descriptive (figure 14), nous constatons qu'il y a trois groupes distincts : le premier avec des taux de recouvrement allant de nuls à 20%, puis de 20 à 60% et enfin de 60 à 100%. Notre hypothèse de départ était la suivante : plus le taux de recouvrement est important plus le taux de mortalité augmente au sein de l'enclos du fait de la concurrence végétale. Au sein de l'exclos, nous avons supposé que la végétation interférente peut constituer une protection contre les ongulés sauvages en masquant la présence des semis et qu'il y aurait alors un effet compensatoire entre compétition interspécifique et diminution de la prédation des ongulés. Cela a été démontré pour les arbustes (Borkowski et al. 2017) mais nous nous demandons ici si c'est également le cas avec la molinie, espèce majeure de notre station d'étude.

De manière générale, nous constatons que le taux de survie est le plus faible pour les recouvrements intermédiaires et le plus fort pour les taux de recouvrements les plus importants (figure 14). Ce qui va à l'encontre de notre hypothèse de départ et des conclusions de Lévy (1990). Hypothèse une nouvelle fois infirmée par notre modèle statistique (tableau 7). Ce modèle prédictif indique que le taux de survie des semis augmente avec le taux de recouvrement

de la végétation interférente. Ainsi, la présence de végétation interférente a un effet positif sur le taux de survie des semis de chêne.

D'après Jensen (2012), la présence de végétation concurrente diminue le taux d'abrouissement et augmente le taux de survie les premières années. Cela peut être dû à la protection contre les onglés mais aussi à l'ombre maintenue sur les semis pendant les périodes de chaleurs et la constitution d'un micro-climat favorable plus humide ainsi que d'une barrière contre les vents desséchants qui limitent le stress hydrique. Cet effet positif a été démontré pour les semis-ligneux de sous-bois (Demolis et Jamey, 1998) mais pas pour les herbacées comme la molinie. En effet d'après Lévy (1990), sous un tapis de graminées le sol est plus humide qu'un sol nu uniquement en début de printemps. La tendance s'inverse ensuite très rapidement et la concurrence végétale assèche le sol au dépend de la survie des semis. Le taux de survie plus important pour de forts taux de recouvrement de végétation interférente est alors à mettre en parallèle des conditions édaphiques du sol. En effet, la molinie est très abondante sur la modalité TEM et beaucoup moins sur la modalité VEGHYDR suite au traitement graminicide. Hors, le sol des planches VEGHYDR a également été décompacté et assaini. Ce qui a pour effet d'assécher d'autant plus le sol et de défavoriser la levée des semis (Lévy, 1990). Dans ce cas, il se peut que le drainage ait un impact plus négatif sur le taux de survie des plants de régénération que la présence de molinie. C'est pourquoi, on aurait l'impression que la densité de molinie a un impact positif sur la survie des semis.

En revanche, la hauteur de la végétation interférente n'a pas d'influence significative sur la survie des individus (tableau 9). Sur la figure 15, le taux de mortalité semble supérieur pour des hauteurs de végétation très faible mais cela est seulement dû au faible nombre de semis comptabilisé dans cette classe. De plus, à ce stade de vie les semis dépendent peu de la lumière car ils puisent encore dans les réserves de leurs cotylédons. Ils peuvent de cette manière vivre un an à l'ombre grâce aux réserves du gland. Ce n'est que l'année suivante, que la concurrence pour la lumière peut se faire sentir sur les semis. Le manque de lumière est d'ailleurs la première cause de mortalité des jeunes chênes (Lemaire, 2010). De ce fait au cours des prochains relevés un lien plus évident pourrait apparaître entre la densité de végétation concurrente et le taux de mortalité des semis.

**Croissance des semis :** Nous n'observons aucun lien entre le taux de recouvrement et la hauteur de la végétation interférente et le diamètre des semis (figures 16b et 16d). En effet l'épaisseur de tige à ce stade dépend avant tout de la qualité du gland initiale (Aizen, 1996).

En revanche on observe que les semis ont tendance à être plus grand lorsque le taux de recouvrement et la hauteur de la végétation interférente augmente (figures 16a et 16c). En effet

même si la survie immédiate des semis de dépend pas encore de l'accès à la lumière, la compétition est déjà présente.

Dans les années suivantes, sans l'apport nutritif des glands, la présence de végétation interférente pourra avoir un impact important sur la morphologie des semis voir leur taux de survie. En effet il pourrait y avoir une concurrence racinaire avec notamment un feutrage difficile à traverser pour le pivot des semis. De plus cette végétation représente un abri où les rongeurs peuvent se développer et constituer un risque supplémentaire pour la constitution d'une bonne régénération (Lemaire, 2010).

**Densité de semis :** Nous constatons que l'effet sur la densité de semis est négligeable d'un point de vu biologique. Ce qui confirme les résultats de Götmark (2011), qui avait été démontré que le microenvironnement protégé généré par les plantes environnantes ne permet pas d'établir plus de semis mais d'obtenir des individus plus vigoureux.

#### **6.4 LES CONTRAINTES EDAPHIQUES : COMPACTION ET ENGORGEMENT**

**Taux de survie :** Le taux de survie des semis est plus élevé sur les planches témoins en enclos comme en exclos (figures 8 et 9). Le travail mécanique et le désherbage chimique sont donc des travaux et un coût supplémentaire qui n'ont pour le moment pas d'effet positif sur la survie des jeunes plants et même plutôt des effets négatifs.

De plus, l'écart se creuse entre les deux modalités. Mise à part le premier mois et les dégâts dus aux sangliers, la mortalité semble plus constante dans le temps sur les planches VEHYDR que sur les planches TEM.

Mais l'espacement temporel des relevés peut masquer des pertes ponctuelles. Ainsi, y a eu une période de sécheresse entre Août et Septembre 2018 à l'origine d'une mortalité importante chez les jeunes plants qui n'est pas aussi visuelle que la canicule de l'été 2019 du fait de relevés plus distants. Par ailleurs, on remarque que l'intensité de la mortalité due à ce dernier épisode de fortes chaleurs est plus importante dans l'enclos (figure 8 et 9). Il se pourrait que cela soit dû à l'emplacement des placeaux. En effet, il nous semble que le couvert arboré est plus dense dans l'exclos que dans l'enclos, ce qui aurait limité la sécheresse dans cette zone. On peut également supposer que ce résultat est la conséquence de la sélection des populations pas les sangliers. En effet, en privilégiant des individus plus petits, ils auraient réduit le besoin en eau et la transpiration de ces semis et donc augmenté la résistance au stress hydrique de la population de l'exclos. Enfin, il est aussi possible que cette grande perte au sein de l'enclos soit également la conséquence simple du plus grand nombre de semis par rapport à l'exclos et donc d'un plus

grand nombre de morts puisque la [figure 10](#) ne montre qu'une légère différence entre la proportion de semis ayant souffert d'un manque d'eau entre l'enclos et l'exclos.

Pour ce même épisode de chaleur, on remarque au sein de l'enclos, un taux de mortalité plus grand sur les planches TEM que sur les planches VEGHYDR (24% contre 18%). Tandis qu'au sein de l'exclos le taux de mortalité est plus fort sur les planches VEGHYDR que sur les planches TEM (24% contre 12%), ([figures 8 et 9](#)). D'après la sélection des modèles selon l'AICc des [tableaux 6 et 8](#), c'est la compétition végétale qui serait néfaste à la régénération plus que l'assainissement et la décompaction du sol. Cela va à l'encontre des conclusions du paragraphe précédent. Mais il y a encore une grande part de variabilité non expliquée et une partie pourrait être due à l'assainissement du sol et à sa décompaction. Et cet effet pourrait même être plus important que la compétition végétale. Il n'y a donc pas forcément contradiction avec nos conclusions précédentes.

Donc de manière générale les modalités de VEGHYDR ont un effet négatif sur l'implantation et la survie des semis de chêne mais il est difficile de le différencier des effets de la végétation concurrente.

**La morphologie des semis :** A l'aide de nos modèles, nous avons vérifié l'importance de la décompaction du sol. Nos hypothèses de départ étaient les suivantes : la décompaction du sol facilite l'implantation des et donc améliore à la fois la croissance et le taux de survie des semis de chêne. En revanche, la formation des sillons pour assainir le sol augmente le taux de mortalité en période de sécheresse. L'effet positif sur le trop plein d'eau en période hivernale serait à vérifier avec des individus plus âgés.

Le [tableau 17](#) montre un léger lien positif entre le travail du sol et la croissance en hauteur des semis. Cette croissance est dépendante de la compétition végétale interspécifique ([figures 16a et 16c](#)) et de la qualité du gland de départ. L'influence du gland sur la croissance et la survie du semi n'est plus effective pour l'été 2019 puisque les cotylédons ont disparus, mais les données utilisées datent de l'automne 2018. Les nouvelles mesures se feront au cours de l'automne 2019 et les prochains résultats montreront peut être une influence plus grande de la décompaction du sol. De même, le diamètre des semis n'était pas encore dépendant des conditions du milieu et l'effet positif de la décompaction du sol que l'on constate sur le modèle prédictif du [tableau 15](#) n'est pas significatif à ce stade.

**La densité de semis** au m<sup>2</sup> n'est pas influencée par le taux de recouvrement de végétation interférente mais dépend plutôt de la décompaction du sol. D'après notre modèle, la décompaction et l'assainissement du sol ont un effet négatif sur le nombre de semis ce qui contredit notre hypothèse de départ selon laquelle elle aurait un effet positif.

## 7 CONCLUSION

---

Cette étude a révélé que les sangliers ont un impact majeur négatif sur l'implantation des semis de chêne au cours de la première année, et qu'ils participent à la sélection d'une population de glands peu favorable à une régénération de bonne qualité. La prédation des cervidés est d'abord absente avant d'apparaître timidement au cours de la deuxième saison de végétation.

La végétation concurrente a peu d'influence au cours de la 1ère année des semis contrairement à un sol nu, assaini et décompacté, qui sèche trop vite et présente un risque majeur pour des jeunes plants qui n'ont encore que des racines superficielles.

Enfin, il a été mis en évidence que la décompaction du sol et son assainissement sont des actions néfastes à la croissance des semis et que durant la première saison de végétation, leur croissance est principalement le résultat de la qualité des glands initiaux.

Notre étude s'est attardée sur une petite parcelle de la forêt domaniale de Vierzon mais il est important d'étendre nos résultats et la compréhension de la forêt sur de grandes superficies. En effet, la présence d'ongulés et ses impacts dépendent de l'organisation des ressources. Par exemple, plus il y a d'abris dans la forêt plus l'abrutissement des jeunes arbres est important (Götmark et al. 2005). De plus le projet REGEBLOC en forêt de Vierzon est récent. La compréhension complète des objets d'études ne se fera qu'au cours des prochaines années grâce à la continuité du suivi de la cohorte 2018.

Dans l'état actuel, l'étude déconseille la décompaction et l'assainissement du sol dans le cas d'une régénération naturelle et ne peut pas encore affirmer si la pose d'enclos présente un intérêt économique.

## Bibliographie

### Ouvrages et Articles

AIZEN, M.A., HILARY WOODCOCK, 1996. "Effects of acorn size on seedling survival and growth in *Quercus rubra* following simulated spring freeze" Revue canadienne de botanique, **74**(2): 308-314.

ANDERSEN, R., P. DUCAN, J.D.C. LINNELL, 1998. "The European Roe Deer : the Biology of Success." Scandinavian University, Oslo, Norway. 376p.

BEN AMMAR, A., 2013 « Etude de quelques aspects écologiques (Régime alimentaire et utilisation des habitats) de deux espèces de mammifères : le Sanglier *Sus scrofa* et le Porc épic *Hystrix cristata* dans le Djurdjura (Forêt de Darna) »

BIDEAU, E., M.L. MAUBLANC, D. PICOT, J.P. HAMARD, P. BALLON AND J.F. GERARD, 2015. « Short-term browsing by roe deer has little effect on survival and growth of sessile oak seedlings ». Scandinavian Journal of Forest Research, **31**: 40-45.

BONFIL, C. 1998. "The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae)"

BONFILS, P., F. DIETIKER, E. FÜRST, D. HORISBERGER, P. JUNOD, S. MEIER, M. MONNIN, P. PITTET, P. SCHNEIDER, H. WALTHER, 2010: « Régénération naturelle des chênes sessile et pédonculé ». proQuercus (éd.) Fiche technique. 2ème éd. 8 p.

BORKOWSKI, J., D. DOBROWOLSKA, W. DĄBROWSKI, R. BANUL, D. ZAŁUSKI, 2017. "Young conifer stands form a deer browsing refuge for an oak admixture: silvicultural implications for forest regeneration under herbivore pressure". European Journal of Forest Research **136**: 787-800

BOULANGER, V., C. BALTZINGER, S. SAÏD, P. BALLON, J.F. PICARD, J.L. DUPOUEY, 2015. « Decreasing deer browsing pressure influenced understory vegetation dynamics over 30 years ». Annals of Forest Science, **72**: 367-378.

BOULANGER, V., J.L. DUPOUEY, F. ARCHAU, V. BADEAU, C. BALTZINGER, R. CHEVALIER, E. CORCKET, Y. DUMAS, F. FORGEARD, A. MARELL, P. MONTPIED, Y. PAILLET, J.F. PICARD, S. SAÏD, 2018. "Ungulates increase forest plant species richness to the benefit of non-forest specialists". Global Change Biology, **24** :485-495.

BRANDT, S., E. BAUDET, J. VASSANT, S. SERVANTY, 2006. « Régime alimentaire du sanglier en milieu forestier de plaine agricole ». Faune sauvage **273**

CASABON, C., D. POTHIER, 2008. "Impact of deer browsing on plant communities in cutover sites on Anticosti Island" Ecoscience **15**: 389-397.

COHEN, P., 1992. "Le grand gibier : les espèces, la chasse, la gestion". Hatier, 316p.

CONOVER, M.R., 1997. « Monetary and intangible valuation of deer in the United States. » Wildlife Society Bulletin **25**: 298-305

CÔTÉ, S.D., T.P. ROONEY, J.P. TREMBLAY, C. DUSSAULT, D.M. WALLER, 2004. « Ecological impacts of deer overabundance ». Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics.

FERNANDEZ M., 2015. "Absorption racinaire de l'azote minéral chez le chêne sessile (*Quercus Petraea* (Matt.) Liebl.) et la molinie bleue (*Molinia Caerulea* (L.) Moench) en compétition : caractérisation cinétique et structurale ». Agris.

GOMEZ, J.M., 2004. "Bigger is not always better: conflicting selective pressures on seed size in *Quercus ilex*". Evolution, international journal of organic evolution, **58**:71-80.

GOMEZ, J.M., J.A. HODAR, R. ZAMORA, J. CASTRO, D. GARCIA, 2001. "Ungulate damage on Scots pines in Mediterranean environments: effects of association with shrubs". Canadian Journal of Botany, **79**: 739-745

GÖTMARK, F., A. BERGLUND, K. WIKLANDER, 2005. "Browsing damage on broadleaved trees in semi-natural temperate forest in Sweden, with focus on oak regeneration". Scandinavian Journal of Forest Research, **20**: 223-234.

GÖTMARK, F., K.M. SCHOTT, A.M. JENSEN , 2011. "Factors influencing presence-absence of oak seedlings after conservation-oriented partial cutting of high forest in Sweden." Scandinavian journal of forest, **26**:135-145.

GUOKE, MARINUS J.A.WERGER<sup>A</sup>, 1999. "Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and the effect of acorn size." Acta Oecologica **20**(6): 579-586

HOBBS, N.T., 1996. « Modification of ecosystems by ungulates. » Journal of Wildlife Management **60**(4): 695-713

JENSEN, A.M. , F. GÖTMARK, M. LÖF , 2012. "Shrubs protect oak seedlings against ungulate browsing in temperate broadleaved forests of conservation interest: a field experiment ». Forest Ecology and Management.

KLEIN, F., A. ROCQUENCOURT, BALLON, 2008 « Les cervidés en forêt : un développement récent et généralisé » Technique et faune sauvage, ONF et Cemagref

KORMANIK, P., S.S. SUNG, T.L. KORMANIK, S.E. SCHLARBAUM, S.J. ZARNOCH, 1998. "Effect of acorn size on development of northern red oak 1-0 seedlings". Revue canadienne de recherche forestière, **28**(12): 1805-1813

LAURENT, L., A. MARELL, P. BALANDIER, H. HOLVECK, S. SAÏD, 2017. "Understory vegetation dynamics and tree regeneration as affected by deer herbivory in temperate hardwood forest". iForest, **10**:837-844.

LEFEVRE, Y., F. LEBOURGEOIS, N. BREDAS, 2006. "Comportement des essences forestières sur sol à nappe temporaire". Revue Forestière Française, **58** : 295-304.

LEMAIRE, J., 2010. « Le chêne autrement : Produire du chêne de qualité en moins de 100 ans ».

LEVY, G., H. FROCHOT, M. BECKER, 1990. "Installation des peuplements de chêne et facteurs du milieu". Revue Forestière Française, **42** : 240-245

LONE, T.J., R.H. JONES, 1996. "Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats". Tree, **11** : 1-8

MÂRELL, A., J.P. HAMARD, A. DE LAURISTON, 2019. « La gestion adaptative de l'équilibre forêt-gibier : de quoi s'agit-il ? » Forêt entreprise, **247**, 58p

MILLER, G.R., J.W. KINNAIRD, R.P. CUMMINS. 1982. "Liability of saplings to browsing on a red deer range in the Scottish highlands". Journal of Applied Ecology **19** : 941-951

RITCHIE, M.E., H. OLFF. 1999. "Herbivores diversity and plant dynamics: compensatory and additive effects". In Olf, H., V.K. Brown and R.H. Drent. (eds.) *Herbivores between plants and predators*. Blackwell Science, Oxford

ROONEY, T.P., K. GROSS. 2003. "A demographic study of deer browsing impacts on *Trillium grandiflorum*." Plant Ecology **168**: 315-324.

ROONEY, T.P., WALLER D.M., 2003. " Direct and indirect effects of white-tailed deer in forest ecosystems". Forest Ecology and Management, **181**: 165-176.

SAINT-ANDRIEUX, C., A. BARBOIRON, 2013. « Progression des grands ongulés sauvages en France – situation en 2010. » Forêt entreprise, **210**.

STILES, E.W., E.T. DOBI, 1987. « Scatterhoarding of horsechestnuts by eastern gray squirrels". Bull. New Jersey Acad,**32**: 1-3.

TOUZOT, L., M. GAMELON, E. BAUBET, S. VENNÉ, J.M. GAILLARD, 2019. « Réponse des populations de sangliers à la variabilité de disponibilités des fructifications forestières dans un contexte de changement climatique ». Réseau d'ongulés sauvages, **23**.

TREMBLAY, J.P., J. HUOT, ET AL. (2007). "Density-related effects of deer browsing on the regeneration dynamics of boreal forest." Journal of Applied Ecology **44**(3): 552-562.

TRIPATHI, R.S., M.L. KHAN, 1990. "Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest". Oikos, **57**: 289-296

### **Sites internet**

INRA, « REGEBLOC, REGenération naturelle en situation de BLOCage : comprendre les causes de blocage et tester des solutions mécaniques pour lever les contraintes », <https://www6.inra.fr/renfor/Reseaux-d-experimentation/REGEBLOC> (24/06/2019)

Ministère de l'agriculture, « *Quercus petraea* Liebl, Caractéristiques générales de l'espèce », [https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/160104\\_qpe\\_fiche\\_nr.pdf](https://agriculture.gouv.fr/sites/minagri/files/160104_qpe_fiche_nr.pdf) (24/06/2019)

OPTIMIX, « OPTMix (Oak Pine Tree Mixture) : Un dispositif expérimental en forêt tempérée », [https://optimix.irstea.fr/?page\\_id=25](https://optimix.irstea.fr/?page_id=25) (24/06/2019)

The forest time, Chêne pédonculé/ Chêne sessile, <https://www.the-forest-time.com/fr/guide-des-essences/le-chene-pedonculechene-sessile> (24/06/2019)