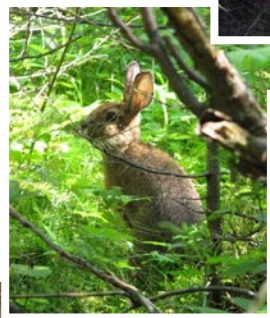


# Plantations et peuplements éduqués : Évaluation de la valeur faunique et des mesures d'atténuation pour le maintien de la biodiversité régionale

Rapport final  
13 septembre 2013



Présenté à  
**La Conférence régionale des élu(e)s  
de la Chaudière-Appalaches**  
par  
**Agence régionale de mise en valeur  
des forêts privées de la Chaudière**  
et  
**Ministère du Développement durable,  
de l'Environnement, de la Faune et des Parcs**



Agence régionale de mise en valeur  
des forêts privées de la Chaudière



# **Plantations et peuplements éduqués :** **Évaluation de la valeur faunique et des mesures d'atténuation** **pour le maintien de la biodiversité régionale**

**Rapport final**

13 septembre 2013

Présenté à

**La Conférence régionale des élu(e)s  
de la Chaudière-Appalaches**

par

**Agence régionale de mise en valeur  
des forêts privées de la Chaudière**

et

**Ministère du Développement durable,  
de l'Environnement, de la Faune et des Parcs**



Pour obtenir des renseignements complémentaires, veuillez vous adresser à :

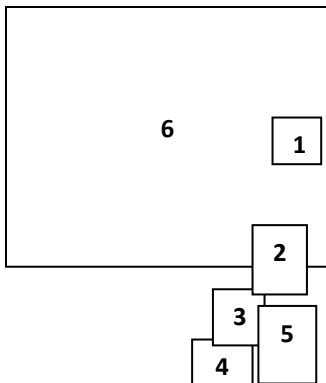
Agence régionale de mise en valeur  
des forêts privées de la Chaudière  
233, boulevard Frontenac Ouest, bureau 302  
Thetford Mines (Québec) G6G 6K2  
418-335-1112, poste 2  
[bdoyon@arfpc.ca](mailto:bdoyon@arfpc.ca)

Direction de la faune terrestre et de l'avifaune  
Ministère du Développement durable,  
de l'Environnement, de la Faune et des Parcs  
880, chemin Sainte-Foy, 2e étage,  
Québec (Québec) G1S 4X4  
418- 627-8694, poste 7485  
[pierre.blanchette@mrn.gouv.qc.ca](mailto:pierre.blanchette@mrn.gouv.qc.ca)

La présente publication est accessible dans Internet à l'adresse suivante : [www.arfpc.ca](http://www.arfpc.ca)

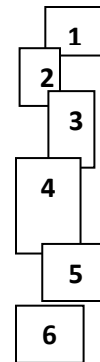
Photos en premier de couverture

1. R. Richard, Agence Chaudière
2. Agence Chaudière
3. B. Doyon, Agence Chaudière
4. D. Pouliot, MDDEFP
5. P. Blanchette, MDDEFP
6. B. Doyon, Agence Chaudière



Photos en quatrième de couverture

1. Agence Chaudière
2. R. Richard, Agence Chaudière
3. B. Doyon, Agence Chaudière
4. Agence Chaudière
5. Agence Chaudière
6. B. Doyon, Agence Chaudière



**Référence à citer :**

AGENCE RÉGIONALE DE MISE EN VALEUR DES FORÊTS PRIVÉES DE LA CHAUDIÈRE et MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT, DE LA FAUNE ET DES PARCS. 2013. Plantations et peuplements éduqués : Évaluation de leur valeur faunique et de mesures d'atténuation pour le maintien de la biodiversité régionale. Rapport final. Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière, Thetford Mines. 106 p.

## Remerciements

***Nos sincères remerciements s'adressent à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué de quelque façon à la réalisation de cette étude. C'est grâce à leur confiance, à leur acharnement et au grand professionnalisme dont ils ont fait preuve que ce projet a été mené à terme.***

### **Rédaction**

Renée Roy, Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière  
Pierre Blanchette, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs  
Martin Barrette, ministère des Ressources naturelles  
Bérénice Doyon, Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière

### **Collaboration**

André Desrochers, Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval  
Guy Prigent, ministère des Ressources naturelles  
Jean-François Dumont, ministère des Ressources naturelles  
Gilles Sauvestre, Office national des Forêts, France  
Pascale Forget, Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière  
Vincent Lévesque, Département des sciences du bois et de la forêt, Université Laval  
Robert Morisset, Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière  
Jean-Pierre Faucher, Agence de mise en valeur des forêts privées des Appalaches  
Laurence Cusseau, Université de Sherbrooke  
Membres des équipes terrains : Juliette Duranleau, Julie Huard, Alexandre Jodoin-Nicole, Éric Beaudoin,  
Matthieu Leclerc-Sirois, Renée Roy, Salomé Bonnefoi, René Richard, Pierre-Alexandre Dumas,  
Alex Dumond, Hugues Brunoni, Myriam Therrien, Josiane Côté, Rémy Morisset et Richard Morin

### **Correction et mise en page**

Carolyne Godbout, Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière

### **Révision linguistique**

Martine Blanchette

### **Partenaires financiers**

Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches  
Ministère des Ressources naturelles  
Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs  
Fondation de la faune du Québec  
Agence de mise en valeur des forêts privées des Appalaches  
Université Laval  
Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière



## Résumé

Depuis quelques années, le Québec vit une crise qui touche l'ensemble du secteur forestier. Un des enjeux qui est au cœur des préoccupations du domaine forestier est la conservation de la biodiversité. En Chaudière-Appalaches, tant en forêt privée que publique, l'aménagement forestier s'est intensifié au cours des dernières décennies. Les plantations de résineux et les autres peuplements éduqués, soit les peuplements régénérés naturellement et traités en éclaircie précommerciale (EPC), constituent maintenant une proportion non négligeable du paysage forestier régional. Avec la volonté d'accroître le rendement des forêts de la région et d'optimiser les investissements mis en jeu, la réalisation de nouvelles plantations et de travaux d'éducation risque de prendre davantage d'ampleur au cours des prochaines décennies. Ainsi, à l'échelle régionale, les éclaircies commerciales (EC) pourraient concerner une proportion non négligeable du territoire d'ici une vingtaine d'années. L'EC est un traitement relativement récent au Québec et ses effets sur la biodiversité sont peu documentés. Dans les forêts privées du Québec, le programme « Forêt-Faune », développé par la Fondation de la faune, inclut tous les travaux qui visent à concilier l'aménagement forestier avec les besoins en termes d'habitat des espèces fauniques du milieu. Ces travaux s'inscrivent dans une approche de gestion intégrée des ressources du milieu forestier. Bien que ce programme ait été développé à partir des connaissances les plus récentes, aucune étude n'a encore été faite dans le sud du Québec pour vérifier si les travaux prévus par les traitements d'aménagement forêt-faune produiraient les effets escomptés.

Le but de ce projet est, donc, de mesurer les effets des EC et des travaux forêt-faune d'EPC sur certaines espèces fauniques et de leur habitat ainsi que sur la productivité forestière. Le projet a également comme but d'évaluer la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués issus de travaux sylvicoles conventionnels comme milieu de vie pour certains groupes fauniques. Le projet comporte trois objectifs spécifiques:

Objectif 1 : Mesurer les effets à court terme des travaux forêt-faune sur la faune et sur la productivité forestière

Objectif 2 : Déterminer la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués en fonction des deux stades de développement étudiés

Objectif 3 : Mesurer les effets à court terme des EC sur la faune et sur la productivité forestière

Une approche de type BACI (*before-after control-impact*) a été mise en place afin d'atteindre les objectifs. Les espèces ou les groupes d'espèces visés étaient le lièvre d'Amérique, les amphibiens, les oiseaux forestiers et la végétation.

Les résultats obtenus concernant l'objectif 1 démontrent que les travaux forêt-faune semblent maintenir des conditions plus favorables pour le lièvre d'Amérique que les EPC systématiques, mais pas totalement. Une seule espèce d'oiseaux forestiers, la grive faune, a profité des travaux forêt-faune et ces derniers semblent avoir atténué les effets négatifs des EPC systématiques pour deux autres espèces, soit la paruline flamboyante et la paruline noir et blanc. Les effets du traitement forêt-faune sur les amphibiens furent similaires à ceux des EPC systématiques. Enfin, les travaux forêt-faune ont eu le même effet que les EPC systématiques sur l'obstruction latérale, sur l'abondance de débris ligneux et sur la densité des tiges.

Les résultats obtenus concernant l'objectif 2 démontrent que l'origine du peuplement a eu un effet significatif sur la disponibilité de chicots et de débris ligneux qui étaient significativement moindres dans les plantations par rapport aux peuplements régénérés. Les jeunes plantations supportaient une densité de lièvre plus élevée que les jeunes peuplements régénérés contrairement à ce qui était anticipé. L'origine du peuplement a eu peu d'effets sur l'abondance des amphibiens et sur la richesse spécifique aviaire. Par contre, l'origine du peuplement a un effet sur la composition d'espèces aviaire, dont la paruline du Canada qui a une présence moins élevée dans les plantations.

Les résultats obtenus concernant l'objectif 3 démontrent que l'EC a eu peu d'effets à court terme sur les espèces étudiées. La baisse de la densité de lièvre fut plus importante dans les EC par rapport aux sites témoins alors que l'on n'a observé aucun effet sur l'abonnce des amphibiens. La mésange à tête brune et la paruline à tête cendrée ont vu leur occurrence diminuer à la suite des travaux alors que celle du bruant à gorge blanche, celle du junco ardoisé et celle du roitelet à couronne rubis a augmenté.

La faible profondeur temporelle et la forte variabilité des mesures du volume marchand n'ont pas permis d'effectuer des comparaisons statistiques sur le rendement forestier.

Une discussion des résultats est présentée et des recommandations sont proposées à la lumière de ces résultats.



## Sommaire exécutif

### Contexte et objectif de l'étude :

Depuis quelques années, le Québec vit une crise qui touche l'ensemble du secteur forestier. En quarante ans, deux milliards de dollars ont été investis dans l'aménagement des forêts privées. En Chaudière-Appalaches, l'aménagement forestier s'est intensifié et la conversion des peuplements naturels, à dominance feuillue ou mixte, en plantation résineuse s'est largement répandue. Les plantations de résineux et les peuplements éduqués ont pris beaucoup d'ampleur dans le paysage régional et la tendance est à la hausse. Naturellement, cette région est principalement constituée de peuplements appartenant au domaine de l'érablière à bouleau jaune. La forêt de cette région recouvre la plus grande partie du territoire (74 %) et est de tenure privée en majorité (86 %).

Les forêts du Québec méridional abritent la biodiversité la plus riche du territoire. Il est donc primordial de les exploiter avec un souci de conservation. C'est dans cette optique que la Loi sur l'aménagement forestier durable, basée notamment sur l'aménagement écosystémique et la gestion intégrée des ressources, a récemment été adoptée au Québec. L'aménagement écosystémique implique un système de sylviculture qui s'inspire des perturbations naturelles qui vise à réduire les écarts entre la forêt aménagée et son état naturel de référence. Or, au Québec, les connaissances sur l'impact des peuplements aménagés concernant le maintien de la biodiversité sont rudimentaires.

De plus, la Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches (CRÉ) subventionne depuis 2006 des projets visant la réalisation de travaux sylvicoles avec des mesures d'atténuation fauniques (travaux forêt-faune), dans le cadre de son Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier – Volet II (PMVRMF-II). L'aménagement forêt-faune vise à maintenir des conditions minimales propices à plusieurs espèces fauniques et s'inscrit donc dans une approche de gestion intégrée des ressources. Toutefois, l'efficacité de ces travaux dans le contexte de la forêt régionale n'a pas encore été évaluée, ni même l'effet de ces travaux sur le rendement forestier. Il est donc essentiel de s'assurer que les travaux forêt-faune ne vont pas à l'encontre des objectifs de rendement forestier ou, au moins, que les bénéfices fauniques obtenus compensent les pertes potentielles en rendement forestier.

Le but de ce projet est de mesurer les effets des EC et des travaux forêt-faune d'EPC sur la valeur faunique et sur la productivité forestière. Le projet a également pour but d'évaluer la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués issus de travaux sylvicoles conventionnels comme milieu de vie pour certains groupes fauniques. Le projet comporte trois objectifs spécifiques:

1. Objectif 1 : Mesurer les effets à court terme des travaux forêt-faune sur la faune et sur la productivité forestière;
2. Objectif 2 : Déterminer de façon générale la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués en fonction des deux stades de développement;
3. Objectif 3 : Mesurer les effets à court terme des EC sur la faune et sur la productivité forestière.

Il était prédit, pour l'objectif un, que les peuplements non traités auraient une plus grande abondance d'attributs clés de la forêt naturelle pour la faune que les peuplements traités, mais parmi ces derniers, il était aussi prédit que ceux suivant les normes forêt-faune auraient plus d'attributs clés que ceux traités par EPC systématique. Ainsi, il était attendu d'observer la même tendance pour ce qui est de l'abondance ou de la présence des espèces fauniques qui sont associées à ces attributs. Enfin, il était prédit que la croissance moyenne des tiges ligneuses résineuses serait plus élevée dans les peuplements traités par EPC systématique et par les travaux forêt-faune que dans les peuplements non traités. Cependant, le rendement en volume ne serait pas différent entre les peuplements traités et non traités, car ce rendement serait distribué sur un nombre différent de tiges.

Pour ce qui est de l'objectif deux, il était prédit que les attributs clés de la forêt naturelle pour la faune suivraient un gradient d'abondance décroissant allant des peuplements régénérés aux peuplements éduqués et aux plantations. De plus, il était attendu que ce gradient serait davantage accentué dans les peuplements de stade de développement plus avancé par rapport aux jeunes stades de développement. Enfin, il était prédit que l'abondance ou la présence des espèces fauniques ciblées suivraient le même patron d'abondance que les attributs clés de la forêt naturelle.

Enfin, pour l'objectif trois, il était prédit que les peuplements traités par EC auraient un volume de débris ligneux au sol plus élevé que les peuplements non traités. Ainsi, les espèces dépendantes de cet attribut devraient être plus présentes dans les peuplements traités en EC que dans les peuplements non traités. Par contre, la diminution du couvert arborescent résultant de l'EC devrait entraîner une diminution de l'abondance ou de la présence des espèces fauniques typiques des forêts de couvert dense.

### **Matériel et méthode :**

L'approche expérimentale retenue consiste en une étude de type BACI (*before-after control-impact*). Ce projet a donc débuté au printemps 2008 avec la mise en place du dispositif et la prise de mesures avant traitement. La taille des interventions varie de 4 à 5 hectares. Afin de

comparer les caractéristiques forestières et fauniques des différents peuplements, les sites à l'étude ont été identifiés comme suit :

- Deux stades de développement:
  - Les **peuplements jeunes** (3 m) : strate dominante d'une hauteur allant de 1,5 m à 5 m. Ces peuplements sont en âge d'avoir une EPC.
  - Les **peuplements prématures** (30 ans) : strate dominante âgée de 20 à 40 ans. Ces peuplements sont en âge d'avoir une EC.
  
- Trois natures de peuplement :
  - Les **peuplements régénérés** (PR) : peuplements qui se sont régénérés naturellement après une coupe totale.
  - Les **peuplements éduqués** (PE) : peuplements s'étant régénérés naturellement, mais qui ont fait l'objet d'une EPC lorsque les tiges ont atteint environ 3 m de hauteur, c'est-à-dire il y a environ une vingtaine d'années.
  - Les **plantations** (PL) : peuplements issus de régénération artificielle et ayant subi un dégagement 2 à 3 ans après leur plantation. Ils ont également subi une EPC lorsque les tiges ont atteint 3 m de hauteur.
  
- Trois types de traitement :
  - Les **traitements réguliers** (REG) : traitements appliqués selon les normes conventionnelles (EPC pour le stade 3 m, et EC pour le stade 30 ans).
  - Les **traitements forêt-faune** (FF) : traitements qui comportent des mesures d'atténuation pour la faune (EPCIP pour les plantations et EPCRA dans les peuplements régénérés).
  - Les **témoins** (TEM) : peuplements qui n'ont reçu aucun traitement.

Pour chaque combinaison « nature de peuplement » \* « stade de développement » \* « type de traitement », dix relevés (répétitions) devaient être réalisés. La dispersion des sites sélectionnés couvre la majeure partie de la région Chaudière-Appalaches. Au total, 105 sites ont été échantillonnés, dont 78 en forêt privée et 27 en forêt publique.

A priori, quatre groupes fauniques ou espèces ont été retenus pour servir de base à l'étude : le **lièvre d'Amérique**, le **tétras du Canada**, les **oiseaux** et les **amphibiens**. Cette sélection a été faite selon l'importance des espèces et des groupes fauniques dans l'écosystème, selon leur qualité en tant qu'indicateur des caractéristiques du milieu, selon leur importance économique et selon la facilité à identifier leur présence, voire leur abondance. Le tétras du Canada a été abandonné après la première année de récolte de données considérant le manque d'observations dans les sites.

Le **lièvre** est un gibier d'importance économique et une proie pour plusieurs espèces. Il s'agit donc d'une espèce clé dans l'écosystème. Le lièvre fréquente des habitats lui procurant un couvert de protection efficace et une nourriture abondante. Le nombre moyen de fèces par unité de surface donnée peut être utilisé pour mesurer la densité relative des populations de cette espèce. Le décompte des fèces a eu lieu sur un réseau de 30 parcelles de rayon de 1 m sur chaque site au printemps. Les parcelles étaient nettoyées à l'automne afin de ne compter que les fèces d'hiver.

Les **amphibiens** constituent un groupe faunique sensible à la qualité de leur environnement, particulièrement en ce qui concerne l'humidité du sol, qui est souvent liée à l'ouverture du couvert végétal, à la compaction du sol, à la perturbation de la litière et aux débris ligneux au sol. La présence des amphibiens sur chacun des sites a été mesurée par comptage des individus observés sous 30 planchettes de bois de 30 cm x 30 cm. Le nombre d'individus trouvés, l'espèce et la distance museau-cloaque ont été notés pour chaque observation. De plus, une fouille active de 30 minutes a été réalisée sur trois parcelles de 11,28 m de rayon dans chacun des sites d'étude en 2011 et 2012.

Les **oiseaux** sont un groupe faunique abondant et diversifié connu pour avoir des exigences souvent fortes quant aux caractéristiques de leur milieu d'accueil. L'inventaire des oiseaux a consisté à identifier les espèces vues ou entendues au centre de chacun des sites durant 10 minutes lors de trois visites, chaque année. Une session d'appels fut aussi réalisée pour inventorier les espèces associées aux chicots et au bois mort (pics, sittelles, grimpereau) et pour une espèce désignée menacée par le COSEPAC, soit la paruline du Canada. De plus, un inventaire par houspillage (cri d'alerte de certaines espèces d'oiseaux face à un prédateur) a été réalisé afin de détecter la présence d'individus nicheurs selon l'observation d'indices de nidification.

Pour les mesures des attributs clés de la végétation et du rendement forestier, l'échantillonnage a été réalisé le long d'une ou de plusieurs virées d'une longueur totale de 200 m réparties uniformément dans le peuplement.

Le couvert forestier vertical a été évalué pour obtenir le pourcentage de couvert moyen pour chaque classe de hauteur du peuplement. Le pourcentage d'obstruction latérale moyen pour chaque site a été obtenu grâce à des mesures prises à l'aide d'une planche à profil. Le recouvrement de la végétation herbacée a été estimé visuellement, dans chaque parcelle, pour donner un pourcentage de recouvrement moyen par site et par type de végétation.

Des données concernant les arbres ont été relevées dans des parcelles de 400 m<sup>2</sup>. Le diamètre à hauteur de poitrine (dhp) des arbres et leur essence ont été notés pour permettre de calculer

le diamètre quadratique moyen, le pourcentage de surface terrière totale et la densité de tiges à l'hectare. De plus, pour 5 arbres-études représentatifs dans chacune des parcelles, la hauteur, l'état et l'âge ont été mesurés. Le dénombrement des gaules a eu lieu à l'intérieur de parcelles de 40 m<sup>2</sup>.

Les chicots ont aussi été dénombrés dans les parcelles de 400 m<sup>2</sup>. Pour chaque chicot, le dhp, la hauteur ainsi que l'état de dégradation ont été notés pour permettre de calculer le diamètre moyen, la hauteur moyenne, la classe moyenne de dégradation, le volume total à l'hectare et la densité totale des chicots pour chaque peuplement. Le recouvrement de débris ligneux au sol et leur stade de dégradation ont été évalués le long des virées pour permettre d'estimer leur volume à l'hectare.

## Résultats et discussion

Des analyses statistiques ont été réalisées en vue de déterminer si les écarts mesurés après les travaux étaient reliés au type de traitement (TEM, REG ou FF) qui a été appliqué, et ce, pour les variables considérées. L'effet de l'origine du peuplement étudié (PR, PE ou PL) a également été testé sur ces écarts.

### *Objectif 1 : Évaluer les effets à court terme sur la faune et sur la productivité forestière des travaux forêt-faune.*

Les travaux forêt-faune se distinguent des travaux d'EPC systématique au niveau du couvert forestier des essences feuillues, ce dernier ayant tendance à être plus élevé à la suite des travaux forêt-faune et dans les témoins. Toutefois, l'effet des travaux forêt-faune sur l'évolution de l'obstruction latérale n'était pas différent de celui de l'EPC systématique. Ce dernier résultat est décevant, car l'un des objectifs des traitements forêt-faune est de maintenir une obstruction latérale plus élevée. De plus, les résultats montrent qu'il n'y a pas eu d'effet des traitements sur la densité des tiges d'arbres et de gaules ni sur le recouvrement des herbacées ni sur le volume de débris ligneux et ni sur la densité des chicots.

La présence de débris ligneux, qui maintiennent des conditions de température et d'humidité propices, est un facteur important pour expliquer l'abondance des amphibiens. Les résultats, quant à la présence d'amphibiens, concordent donc avec ceux des débris ligneux et suggèrent que l'effet du traitement forêt-faune fut similaire à celui de l'EPC systématique. L'utilisation des sites par les amphibiens fut plus élevée dans les sites témoins que dans les sites traités.

Il y a eu une baisse significative de la fréquentation du lièvre dans les sites traités par les travaux forêt-faune par rapport aux sites non traités, mais cette baisse fut moins importante que dans les sites traités par EPC systématique. Ainsi les travaux forêt-faune semblent maintenir

des conditions d'habitat plus favorables au lièvre, mais pas de façon suffisante pour éviter tout impact du traitement sur l'espèce. Les résultats démontrent une relation positive entre la fréquentation d'un site par le lièvre et l'obstruction latérale. Ainsi, afin d'améliorer les traitements forêt-faune quant à la densité de lièvre, il s'agirait de maintenir plus de pochettes d'habitat denses, comme des îlots refuges dans les plantations ou des bandes non traitées dans les peuplements régénérés.

Pour ce qui est de l'impact des travaux forêt-faune sur les oiseaux, l'effet escompté des mesures d'atténuation faunique n'a été observé que sur une seule espèce, la grive fauve, parmi les 37 espèces retenues pour l'analyse. Chez cette espèce, le couvert arbustif est un élément clé dans la sélection de l'habitat pour la nidification. Les modalités des travaux forêt-faune visant à conserver la végétation arbustive ne nuisant pas aux tiges d'intérêt commercial et à laisser les arbustes fruitiers lui ont donc été favorables. D'ailleurs, la grive fauve n'a pas de statut particulier, la tendance populationnelle est même en hausse au Québec.

Pour deux autres espèces, la paruline flamboyante et la paruline noir et blanc, les travaux forêt-faune semblent atténuer les effets négatifs de l'EPC systématique. Ces espèces ont vu leur présence baisser dans les peuplements traités par EPC systématique comparativement aux peuplements témoins et cet effet n'est pas observé dans les traitements forêt-faune. Toutefois, ces traitements ne montrent pas non plus de différence de présence significative par rapport aux peuplements traités par EPC systématique, ceci ne permet donc pas de conclure l'effet des travaux forêt-faune.

D'autres résultats surprenants ont aussi été obtenus pour le viréo à tête bleue qui a réagi défavorablement aux travaux forêt-faune par rapport aux travaux d'EPC systématique, alors que, selon l'écologie de l'espèce, des résultats contraires auraient été attendus.

***Objectif 2 : Déterminer de façon générale la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués en fonction des deux stades de développement.***

L'origine du peuplement a eu des effets sur le volume de débris ligneux et sur la densité de chicots, des éléments reconnus pour être importants pour le maintien de la biodiversité. Ils sont significativement moins abondants dans les plantations par rapport aux peuplements régénérés. L'abondance des débris ligneux diminue en fonction de l'intensité de l'aménagement qui est appliqué dans le peuplement.

Normalement, l'abondance des amphibiens serait reliée à la disponibilité de débris ligneux dans le peuplement. Or, la différence observée entre les peuplements, quant à la disponibilité de débris ligneux, ne se reflète pas dans les résultats concernant la densité des amphibiens. Il n'y a



donc pas eu d'effet observé concernant l'origine du peuplement sur l'abondance des amphibiens, tant pour les peuplements jeunes (3 m) que les peuplements prématures (30 ans).

Étant donné les nombreuses branches basses des résineux dans les plantations prématures, l'obstruction latérale y était plus élevée par rapport aux peuplements régénérés du même âge. Les jeunes plantations (3m) supportaient ainsi une densité plus élevée de lièvre, contrairement à ce qui était anticipé. Toutefois, cet avantage disparaît lorsque la plantation est plus âgée, peut-être suite aux traitements (EPC) qui y sont appliqués.

L'origine du peuplement a un effet sur la composition d'espèces aviaire, mais la diversité reste sensiblement la même entre les différentes origines de peuplements, quel que soit leur âge, contrairement à ce qui était prédit. Il est à noter que la paruline du Canada a une présence moins élevée dans les plantations que dans les peuplements régénérés.

***Objectif 3 : Évaluer l'impact à court terme des EC sur la faune dans les peuplements éduqués et les plantations.***

L'EC n'a pas eu d'effet à court terme sur le volume de débris ligneux au sol ni sur la disponibilité de chicots, les branches laissées sur place lors de la récolte étant trop petites pour être considérées lors des mesures du volume des débris ligneux. Par contre, l'EC a eu pour effet une augmentation du couvert latéral dans les peuplements traités, probablement causée par les débris de coupe plutôt que par le couvert végétal vivant.

Bien qu'une augmentation significative de l'obstruction latérale devrait favoriser la densité de lièvre à plus ou moins long terme, les résultats obtenus montrent qu'il n'y aurait pas d'effet significatif à court terme de l'EC sur la densité de lièvre. En effet, une baisse de celle-ci a été mesurée dans l'ensemble des peuplements prématures étudiés entre 2009 et 2012. Cette diminution de la densité de lièvre fut tout de même plus importante dans les peuplements traités que dans les témoins.

Les résultats ne démontrent pas non plus d'effet de ce type de traitement sur l'abondance d'amphibiens; de plus, le faible nombre d'individus récoltés par année dans le dispositif ne permet pas de statuer sur la condition physique des individus recensés.

Des 32 espèces aviaires retenues pour l'analyse, cinq ont vu leur présence changer à la suite du traitement. La mésange à tête brune et la paruline à tête cendrée sont deux espèces pour lesquelles une diminution d'abondance a été observée. À la suite de la coupe partielle, il y aurait une diminution de la qualité d'habitat de la mésange à tête brune, ce qui expliquerait les

résultats obtenus. Toutefois, pour ce qui est de la paruline à tête cendrée, les résultats sont difficilement explicables puisqu'il s'agit d'une espèce associée aux sous-étages des peuplements.

Le bruant à gorge blanche, le junco ardoisé et le roitelet à couronne rubis montraient une augmentation de leur abondance après les traitements d'EC. Le bruant à gorge blanche est une espèce associée aux habitats ouverts et le junco ardoisé se nourrit au sol. Ils sont donc fréquemment observés dans les peuplements éclaircis, ce qui coïncide avec les résultats obtenus. Le roitelet à couronne rubis est une espèce généraliste et la qualité de son habitat change peu à la suite d'une coupe partielle, ce qui rend les présents résultats difficilement explicables.

## **Conclusion**

Les résultats de cette étude se restreignent à la région de Chaudière-Appalaches et s'appliquent seulement aux espèces qui ont été observées et analysées. D'autres études devraient être réalisées pour de nouvelles espèces ciblées et dans d'autres régions.

Il est possible de conclure que les effets des mesures d'atténuation incluses dans les travaux forêt-faune sont variables selon les espèces considérées et le type de peuplement dans lequel ils se déroulent. Des normes différentes permettant de dégager des tiges d'avenir pour la production ligneuse tout en maintenant un couvert latéral dense à l'échelle des peuplements seraient à penser et à tester sur le terrain. Une autre approche consisterait à mieux répartir, dans le temps et dans l'espace, les travaux d'EPC sur le territoire afin de maintenir des habitats jeunes et denses en tout temps à l'échelle locale.

Il a été observé que les plantations semblent moins favorables à quelques espèces fauniques et à la présence d'éléments jugés essentiels au maintien de la faune comme les débris ligneux et les chicots. Ces écarts entre les plantations et les peuplements régénérés semblent se creuser à mesure que le peuplement vieillit. Des mesures visant la conservation de ces éléments lors de la coupe ou lors de la préparation du terrain précédant la plantation seraient nécessaires afin de les préserver.

Les résultats démontrent aussi que l'EC ne semble pas avoir beaucoup d'impact sur les espèces étudiées du moins à court terme. Il y a certes deux espèces d'oiseaux qui sont influencées négativement par l'EC dont une qui est jugée préoccupante d'un point de vue de la conservation, ce qui mériterait d'approfondir les effets de ce traitement sur ces espèces.

Un des objectifs de l'étude n'a pu être atteint soit celui de mesurer l'effet des traitements sur le rendement forestier. La forte variabilité mesurée dans le dispositif et la faible profondeur temporelle a limité les analyses statistiques.

Le projet a évalué les effets à court terme, soit un an et deux ans après coupe. Or, un suivi à plus long terme serait nécessaire, c'est-à-dire un minimum de 5 à 7 ans suite aux travaux. Ce suivi permettrait de détecter l'effet de certains attributs clés à l'étude qui ne manifestent réellement leurs effets sur la faune que plusieurs années après les traitements. Il permettrait aussi de rencontrer la totalité des objectifs poursuivis initialement par l'étude.

Enfin, un plan sommaire de communications, présentant les éléments des principaux moyens qui seront mis en œuvre au cours des prochaines années afin de diffuser les résultats de l'étude, a été élaboré.



# Table des matières

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>I</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>V</b>
<b>SOMMAIRE EXÉCUTIF</b> .....	<b>VII</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>XVII</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>XX</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>XXI</b>
<b>LISTE DES CARTES</b> .....	<b>XXIV</b>
<b>LISTE DES ANNEXES</b> .....	<b>XXV</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Contexte</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Problématique de la zone d'étude</b> .....	<b>1</b>
1.2.1 L'aménagement écosystémique.....	2
1.2.2 L'aménagement forêt-faune.....	3
<b>1.3 Raison d'être et acteurs de ce projet</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Objectifs et hypothèses</b> .....	<b>4</b>
Objectif 1 : Évaluer les effets à court terme sur la faune et sur la productivité forestière des travaux forêt-faune ..	
.....	5
Objectif 2 : Déterminer la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués.....	5
Objectif 3 : Évaluer l'impact à court terme des EC sur la faune et la productivité forestière dans les peuplements	
traités en EPC et les plantations .....	5
<b>2. MATÉRIEL ET MÉTHODE</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 zone d'étude</b> .....	<b>7</b>
2.1.1 Géomorphologie.....	7
2.1.2 Caractéristiques écologiques principales.....	8
2.1.3 Influence anthropique sur le territoire et contexte forestier .....	10
<b>2.2 Plan d'échantillonnage</b> .....	<b>12</b>
2.2.1 Plan d'échantillonnage théorique.....	12
2.2.2 Choix des sites étudiés.....	15
2.2.3 Échantillonnage effectivement réalisé .....	16
<b>2.3 Groupes fauniques</b> .....	<b>17</b>
2.3.1 Le Lièvre d'Amérique .....	17
2.3.2 Les amphibiens .....	18

2.3.3 Les oiseaux.....	18
<b>2.4 Mesures de la végétation.....</b>	<b>19</b>
2.4.1 Le couvert forestier vertical.....	19
2.4.2 L'obstruction latérale.....	19
2.4.3 Le recouvrement de la végétation.....	20
2.4.4 Les arbres.....	20
2.4.5 Les gaules.....	21
2.4.6 Les chicots.....	21
2.4.7 Les débris ligneux au sol.....	21
<b>2.5 Analyses statistiques.....</b>	<b>21</b>
2.5.1 Lièvre d'Amérique.....	21
2.5.2 Les amphibiens.....	22
2.5.3 Les oiseaux.....	22
2.5.4. Végétation et dendrométrie.....	23
<b>2.6 Échéancier.....</b>	<b>23</b>
<b>3. RÉSULTATS.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1 Végétation.....</b>	<b>25</b>
3.1.1 Couvert forestier arborescent (hauteur > 4 m).....	25
3.2.2 Couvert forestier arbustif haut (hauteur 1 à 4 m).....	28
3.2.3 Couvert forestier arbustif bas (hauteur 0,5 à 1 m).....	31
3.2.4 Obstruction latérale.....	34
3.2.5 Densité des arbres (DHP>9,0 cm).....	38
3.2.6 Densité des gaules (DHP<9,0 cm, hauteur > 0,6m).....	38
3.2.7 Recouvrement des herbacées.....	38
3.2.8 Volume de débris ligneux au sol.....	45
3.2.9 Densité des chicots.....	46
3.2.10 Volume marchand.....	48
<b>3.2 Lièvre.....</b>	<b>51</b>
<b>3.3 Amphibiens.....</b>	<b>59</b>
<b>3.4 Oiseaux.....</b>	<b>62</b>
3.4.1 Oiseaux dans les peuplements jeunes (3m).....	62
3.4.2 Oiseaux dans les peuplements prématures (30 ans).....	64
<b>4. DISCUSSION.....</b>	<b>67</b>
<b>4.1 Végétation.....</b>	<b>67</b>
Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur la végétation.....	67
Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour la végétation.....	67



Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur la végétation .....	68
<b>4.2 Lièvre .....</b>	<b>68</b>
Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur le lièvre .....	68
Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour le lièvre.....	69
Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur le lièvre .....	69
<b>4.3 Amphibiens .....</b>	<b>70</b>
Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur les amphibiens .....	70
Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour les amphibiens .....	70
Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur les amphibiens.....	70
<b>4.4 Oiseaux .....</b>	<b>71</b>
Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur les oiseaux.....	71
Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour les oiseaux.....	72
Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur les oiseaux .....	73
<b>5. CONCLUSION .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1 Où et à quoi s'appliquent les résultats de la présente étude .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2 Ce que cette étude dit.....</b>	<b>75</b>
<b>5.3 Suivi à plus long terme .....</b>	<b>76</b>
<b>5.4 Diffusion et communication de l'étude.....</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>79</b>

## Liste des tableaux

TABLEAU I : SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DU CHANGEMENT DU COUVERT FORESTIER ET DE L'OBSTRUCTION LATÉRALE AVANT TRAITEMENT ET APRÈS TRAITEMENT.....	35
TABLEAU II : RÉSULTATS DU MODÈLE LINÉAIRE GÉNÉRALISÉ MIXTE DU NOMBRE DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE (RACINE CARRÉE) PAR STATION SELON LES EFFETS TESTÉS (ORIGINE, TRAITEMENT, PÉRIODE ET ANNÉE EMBOÎTÉE DANS LA PÉRIODE) POUR LES PEUPELEMENTS JEUNES (3 M).....	52
TABLEAU III : COEFFICIENTS DES COVARIABLES D'HABITAT QUI EXPLIQUENT LE MIEUX LE NOMBRE DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION (RACINE CARRÉE) SELON LES EFFETS TESTÉS (ORIGINE, TRAITEMENT, PÉRIODE ET ANNÉE EMBOÎTÉE DANS LA PÉRIODE) POUR LES PEUPELEMENTS JEUNES (3 M).....	54
TABLEAU IV : RÉSULTATS DU MODÈLE LINÉAIRE GÉNÉRALISÉ MIXTE DU NOMBRE DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE (RACINE CARRÉE) PAR STATION SELON LES EFFETS TESTÉS (ORIGINE, TRAITEMENT EMBOÎTÉ DANS L'ORIGINE, PÉRIODE ET ANNÉE EMBOÎTÉE DANS LA PÉRIODE) POUR LES PEUPELEMENTS PRÉMATURES (30).....	57
TABLEAU V COEFFICIENTS DES COVARIABLES D'HABITAT QUI EXPLIQUENT LE MIEUX LE NOMBRE DE FÈCES DE LIÈVRE PAR STATION (RACINE CARRÉE) SELON LES EFFETS TESTÉS (ORIGINE, TRAITEMENT, PÉRIODE ET ANNÉE EMBOÎTÉE DANS LA PÉRIODE) POUR LES PEUPELEMENTS PRÉMATURES (30 ANS).....	58
TABLEAU VI : RÉSULTATS DU MODÈLE LINÉAIRE GÉNÉRALISÉ MIXTE DE L' ABONDANCE DE CHAQUE ESPÈCE D'OISEAUX EN FONCTION DE L'ORIGINE DES PEUPELEMENTS (PLANTATION OU PEUPELEMENT RÉGÉNÉRÉ) POUR LES PEUPELEMENTS JEUNES (3M) (SEULS LES RESULTATS AYANT UNE DIFFERENCE SIGNIFICATIVE SONT MONTRES). UN ESTIME POSITIF INDIQUE QUE L'ESPECE A UNE ABONDANCE PLUS ELEVEE DANS LES PLANTATIONS QUE DANS LES PEUPELEMENTS REGENERES. ....	63
TABLEAU VII :RÉSULTATS DU MODÈLE LINÉAIRE GÉNÉRALISÉ MIXTE DE L' ABONDANCE DE CHAQUE ESPÈCE D'OISEAUX EN FONCTION DES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS (RÉGULIER, FORÊT-FAUNE OU TÉMOIN) POUR LES PEUPELEMENTS JEUNES (3M) (SEULS LES RÉSULTATS AYANT UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE SONT MONTRÉS). ....	64
TABLEAU VIII : RÉSULTATS DU MODÈLE LINÉAIRE GÉNÉRALISÉ MIXTE DE L'ABONDANCE DE CHAQUE ESPÈCE D'OISEAUX EN FONCTION DE L'ORIGINE DES PEUPELEMENTS (PLANTATION, PEUPELEMENT ÉDUQUÉ OU PEUPELEMENT RÉGÉNÉRÉ) POUR LES PEUPELEMENTS PRÉMATURES (30 ANS) (SEULS LES RESULTATS AYANT UNE DIFFERENCE SIGNIFICATIVE SONT MONTRES).....	65
TABLEAU IX : RÉSULTATS DU MODÈLE LINÉAIRE GÉNÉRALISÉ MIXTE DE L'ABONDANCE DE CHAQUE ESPÈCE D'OISEAUX À LA SUITE DU TRAITEMENT (RÉGULIER) POUR LES PEUPELEMENTS PRÉMATURES (30 ANS) (SEULS LES RESULTATS AYANT UNE DIFFERENCE SIGNIFICATIVE SONT MONTRES). UN ESTIME POSITIF INDIQUE QUE L'ESPECE A UNE AUGMENTATION DE SON ABONDANCE A LA SUITE DU TRAITEMENT ET UN ESTIME NEGATIF INDIQUE QUE L'ESPECE A UNE DIMINUTION DE SON ABONDANCE A LA SUITE DU TRAITEMENT.....	66
TABLEAU X : SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DU NOMBRE D'ESPÈCES AYANT UNE DIFFÉRENCE D'ABONDANCE ENTRE L'ORIGINE DES PEUPELEMENTS.....	72

## Liste des figures

FIGURE 1 : SCHÉMA DU PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE.....	14
FIGURE 2 : DÉTAILS DE L'ÉCHÉANCIER DU PROJET, POUR LES ANNÉES 2008 À 2013.....	23
FIGURE 3 : POURCENTAGE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) DE RECOUVREMENT DE LA STRATE ARBORESCENTE (> 4M) FEUILLUE, RÉSINEUSE ET TOTALE DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	26
FIGURE 4 : POURCENTAGE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) DE RECOUVREMENT DE LA STRATE ARBORESCENTE (> 4M) FEUILLUE, RÉSINEUSE ET TOTALE DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	27
FIGURE 5 : POURCENTAGE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) DE RECOUVREMENT DE LA STRATE ARBUSTIVE HAUTE (1 À 4M) FEUILLUE, RÉSINEUSE ET TOTALE DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	29
FIGURE 6 : POURCENTAGE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) DE RECOUVREMENT DE LA STRATE ARBUSTIVE HAUTE (1 À 4 M) FEUILLUE, RÉSINEUSE ET TOTALE DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	30
FIGURE 7 : POURCENTAGE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) DE RECOUVREMENT DE LA STRATE ARBUSTIVE BASSE (0,5 À 1 M) FEUILLUE, RÉSINEUSE ET TOTALE DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	32
FIGURE 8 : RACINE CARRÉE DU POURCENTAGE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) DE RECOUVREMENT DE LA STRATE ARBUSTIVE BASSE (0,5 À 1M) FEUILLUE, RÉSINEUSE ET TOTALE DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	33
FIGURE 9 : OBSTRUCTION LATÉRALE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) PAR CLASSE DE HAUTEUR DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX. ....	36
FIGURE 10 : OBSTRUCTION LATÉRALE (MOYENNE ± ERREUR TYPE) PAR CLASSE DE HAUTEUR DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	37
FIGURE 11 : DENSITÉ DES ARBRES (MOYENNE ± ERREUR TYPE) D'ESSENCE FEUILLUE, RÉSINEUSE ET AU TOTAL DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTENT UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	39
FIGURE 12 : DENSITÉ DES ARBRES (MOYENNE ± ERREUR TYPE) D'ESSENCE FEUILLUE, RÉSINEUSE ET AU TOTAL DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * ≤0,05, ** ≤ 0,01, *** ≤ 0,001 DÉNOTENT UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX. ....	40

FIGURE 13 : DENSITÉ DES GAULES (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) D'ESSENCE FEUILLUE, RÉSINEUSE ET AU TOTAL DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * $\leq 0,05$ , ** $\leq 0,01$ , *** $\leq 0,001$ DÉNOTENT UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	41
FIGURE 14 : DENSITÉ DES GAULES (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) D'ESSENCE FEUILLUE, RÉSINEUSE ET AU TOTAL DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * $\leq 0,05$ , ** $\leq 0,01$ , *** $\leq 0,001$ DÉNOTENT UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX. ....	42
FIGURE 15 : RECOUVREMENT (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) DE LA STRATE HERBACÉE DANS LES PLANTATIONS (PL) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * $\leq 0,05$ , DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	43
FIGURE 16 : RECOUVREMENT (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) DE LA STRATE HERBACÉE DANS LES PLANTATIONS (PL) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. ** $\leq 0,01$ , DÉNOTE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX. ....	44
FIGURE 17 : VOLUME DES DÉBRIS LIGNEUX (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX.....	45
FIGURE 18 : VOLUME DES DÉBRIS LIGNEUX (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX.....	46
FIGURE 19 : DENSITÉ DES CHICOTS (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) DANS LES PLANTATIONS (PL) ET PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) JEUNES (3M) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX.....	47
FIGURE 20 : DENSITÉ DES CHICOTS (MOYENNE $\pm$ ERREUR TYPE) DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX. * $\leq 0,05$ , ** $\leq 0,01$ , *** $\leq 0,001$ DÉNOTENT UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE AVANT ET APRÈS LES TRAVAUX.....	48
FIGURE 21 : VOLUME MARCHAND ET SURFACE TERRIÈRE (MOYENNE $\pm$ ÉCART-TYPE) DANS LES PLANTATIONS (PL), LES PEUPELEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PN) JEUNES (3M) ET PRÉMATURES (30 ANS) AVANT ET APRÈS LA RÉALISATION DES TRAVAUX.....	50
FIGURE 22 : DENSITÉ DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE DANS LES JEUNES PEUPELEMENTS (3M) AVANT TRAITEMENT (2009) ET APRÈS TRAITEMENT (2011 ET 2012) DANS LES PLANTATIONS (PL) ET DANS LES PEUPELEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR), EN FONCTION DES TRAITEMENTS APPLIQUÉS (TÉMOIN : TEM; FORÊT-FAUNE : FF, RÉGULIER : REG). LES BARRES VERTICALES REPRÉSENTENT L'ÉCART-TYPE. ....	51
FIGURE 23 : NOMBRE MOYEN DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION ( $\pm$ ÉCART-TYPE) DANS LES PEUPELEMENTS JEUNES (3M) SELON SON ORIGINE. UNE LETTRE DIFFÉRENTE AU-DESSUS DES BARRES INDIQUE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE À $P < 0,001$ .....	53
FIGURE 24 : NOMBRE MOYEN DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION ( $\pm$ ÉCART-TYPE) DANS LES PEUPELEMENTS JEUNES (3 M) SELON LA PÉRIODE ET L'ANNÉE. UNE LETTRE DIFFÉRENTE AU-DESSUS DES BARRES INDIQUE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE À $P < 0,001$ . ....	53
FIGURE 25 : NOMBRE MOYEN DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION ( $\pm$ ÉCART-TYPE) DANS LES PEUPELEMENTS JEUNES (3M) SELON LE TRAITEMENT APPLIQUÉ, AVANT (2009) ET APRÈS (2011 ET 2012) LA RÉALISATION DES TRAVAUX. UNE LETTRE DIFFÉRENTE AU-DESSUS DES BARRES INDIQUE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE À $P < 0,001$ . ....	54
FIGURE 26 : RELATION ENTRE L'OBSTRUCTION LATÉRALE ENTRE 0 ET 2M DE HAUTEUR ET LA RACINE CARRÉE DU NOMBRE DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION. ....	55

FIGURE 27 : RELATION ENTRE LE % DE COUVERT ARBUSTIF HAUT RÉSINEUX ET LA RACINE CARRÉE DU NOMBRE DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION. ....	55
FIGURE 28 : DENSITÉ DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE DANS LES PEUPEMENTS PRÉMATURES (30) AVANT TRAITEMENT (2009) ET APRÈS TRAITEMENT (2011 ET 2012) DANS LES PLANTATIONS (PL), DANS LES PEUPEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET DANS LES PEUPEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR), EN FONCTION DES TRAITEMENTS APPLIQUÉS (TÉMOIN : TEM; RÉGULIER : REG). LES BARRES VERTICALES REPRÉSENTENT L'ÉCART-TYPE.....	56
FIGURE 29 : NOMBRE MOYEN DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION ( $\pm$ ÉCART-TYPE) DANS LES PEUPEMENTS PRÉMATURES (30) SELON LA PÉRIODE ET L'ANNÉE. UNE LETTRE DIFFÉRENTE AU-DESSUS DES BARRES INDIQUE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE À $P < 0.05$ . ....	57
FIGURE 30 : NOMBRE DE FÈCES DE LIÈVRE D'AMÉRIQUE PAR STATION ( $\pm$ ÉCART-TYPE) SELON LE TRAITEMENT APPLIQUÉ EN FONCTION DE LA PÉRIODE ET DE L'ANNÉE. UN * AU-DESSUS DES BARRES INDIQUE UNE DIFFÉRENCE SIGNIFICATIVE ( $P \leq 0,05$ ) ENTRE LES TRAITEMENTS. ....	58
FIGURE 31 : NOMBRE MOYEN DE SPÉCIMENS D'AMPHIBIENS OBSERVÉS SOUS LES PLANCHETTES DANS LES PEUPEMENTS JEUNES (3M) AVANT TRAITEMENT (2009) ET APRÈS TRAITEMENT (2011 ET 2012) DANS LES PLANTATIONS (PL) ET DANS LES PEUPEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) EN FONCTION DU TRAITEMENT APPLIQUÉ (TÉMOIN : TEM, FORÊT-FAUNE : FF ET RÉGULIER : REG). LES BARRES VERTICALES REPRÉSENTENT L'ÉCART-TYPE. ....	60
FIGURE 32 : NOMBRE MOYEN DE SPÉCIMENS D'AMPHIBIENS OBSERVÉS SOUS LES PLANCHETTES DANS LES PEUPEMENTS PRÉMATURES (30 ANS) AVANT TRAITEMENT (2009) ET APRÈS TRAITEMENT (2011 ET 2012) DANS LES PLANTATIONS (PL), DANS LES PEUPEMENTS ÉDUQUÉS (PE) ET DANS LES PEUPEMENTS RÉGÉNÉRÉS (PR) EN FONCTION DU TRAITEMENT APPLIQUÉ (TÉMOIN : TEM ET RÉGULIER : REG). LES BARRES VERTICALES REPRÉSENTENT L'ÉCART-TYPE. ....	60
FIGURE 33 : PROBABILITÉ DE PRÉSENCE D'AMPHIBIENS OBSERVÉS SOUS LES PLANCHETTES DANS LES PEUPEMENTS JEUNES (3M) AVANT TRAITEMENT (2009) ET APRÈS TRAITEMENT (2011 ET 2012) EN FONCTION DU TRAITEMENT APPLIQUÉ (TÉMOIN : TEM, FORÊT-FAUNE : FF ET RÉGULIER : REG). ....	61
FIGURE 34 : PROBABILITÉ DE PRÉSENCE D'AMPHIBIENS OBSERVÉS SOUS LES PLANCHETTES DANS LES PEUPEMENTS PRÉMATURES (30 ANS) AVANT TRAITEMENT (2009) ET APRÈS TRAITEMENT (2011 ET 2012) EN FONCTION DU TRAITEMENT APPLIQUÉ (TÉMOIN : TEM ET RÉGULIER : REG).....	61

## Liste des cartes

CARTE 1 : RÉGION ADMINISTRATIVES DU QUÉBEC. ADAPTÉ DE : MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, DIRECTION GÉNÉRALE DE L'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE, 2006. ....	7
CARTE 2 : RIVIÈRES PRINCIPALES, GRANDES UNITÉS GÉOMORPHOLOGIQUES ET DOMAINES BIOCLIMATIQUES EN CHAUDIÈRE-APPALACHES. ADAPTÉ DE : CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ELU(E)S DE LA CHAUDIÈRE-APPALACHES, 2005.....	8
CARTE 3 : GRANDS TYPES D'UTILISATION DES SOLS EN CHAUDIÈRE-APPALACHES. ADAPTÉ DE : CONFÉRENCE RÉGIONALE DES ELU(E)S DE LA CHAUDIÈRE-APPALACHES, 2005. ....	11
CARTE 4 : LOCALISATION DES SITES ÉTUDIÉS. D'APRÈS LES DONNÉES ET LA BASE CARTOGRAPHIQUE DU MRN.....	16



## Liste des annexes

ANNEXE 1 : PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE.....	89
ANNEXE 2 : SCHÉMA D'UNE PARCELLE TYPE POUR LE DÉCOMPTE DES FÈCES DE LIÈVRE ET LA VÉRIFICATION DE LA PRÉSENCE DES AMPHIBIENS. ....	90
ANNEXE 3 : SCHÉMA D'UNE PARCELLE TYPE POUR LA DESCRIPTION DES CARACTÉRISTIQUES DE LA VÉGÉTATION DES SITES ÉTUDIÉS.....	91
ANNEXE 4 : TABLE DES CODES DES STADES DE DÉGRADATION DES DÉBRIS LIGNEUX AU SOL ET DES ARBRES DEBOUT .....	92
ANNEXE 5 : NOMBRE D'AMPHIBIENS RECENSÉS SELON LA MÉTHODE UTILISÉE ET L'ANNÉE .....	93
ANNEXE 6 : LISTE DES ESPÈCES OBSERVÉES DURANT LES TROIS ANNÉES D'INVENTAIRE DANS LES PEUPEMENTS JEUNES.....	95
ANNEXE 7 : GRAPHIQUES DES ESPÈCES AYANT UNE DIFFÉRENCE D'ABONDANCE ENTRE LES DIFFÉRENTS TRAITEMENTS DES PEUPEMENTS JEUNES AVANT TRAITEMENT ET APRÈS TRAITEMENT .....	98
ANNEXE 8 : LISTE DES ESPÈCES OBSERVÉES DURANT LES TROIS ANNÉES D'INVENTAIRE DANS LES PEUPEMENTS PRÉMATURES .....	100
ANNEXE 9 : GRAPHIQUES DES ESPÈCES AYANT UNE DIFFÉRENCE D'OCCURRENCE SUITE AU TRAITEMENT DANS LES PEUPEMENTS PRÉMATURES.....	102
ANNEXE 10 : RÉSULTATS DU SONDAGE EFFECTUÉ AUPRÈS DES PROPRIÉTAIRES PARTICIPANTS À L'ÉTUDE.....	105
ANNEXE 11 : PLAN SOMMAIRE DE COMMUNICATIONS.....	106



# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Contexte

Depuis quelques années, le Québec vit une crise qui touche l'ensemble du secteur forestier. Cette crise est surtout provoquée par un contexte économique marqué par l'appréciation de la valeur du dollar canadien, l'augmentation du prix des carburants, le ralentissement de l'économie américaine et l'accroissement de la concurrence internationale (Gouvernement du Québec 2008). Mais cette crise n'est pas que conjoncturelle, elle est aussi sociale : la gestion de la forêt n'est pas perçue comme étant conforme aux principes du développement durable et la confiance des citoyens dans la gestion de la forêt publique a été ébranlée (Gouvernement du Québec 2008).

Au Québec, les forêts privées constituent 20 % de l'approvisionnement des usines. Ce pourcentage pourrait s'accroître au cours des prochaines années si l'on tient compte des volumes additionnels de bois qui seront rendus disponibles grâce aux deux milliards de dollars d'investissements réalisés au cours des quarante dernières années (Gouvernement du Québec 2011). La forêt privée est située principalement dans le sud du Québec et elle a la particularité d'occuper les sols les plus fertiles de la province, d'être sillonnée par un réseau routier bien développé et d'être située à proximité des usines de transformation, des marchés et des zones habitées (Gratton, Lelièvre et al. 2010). Ces forêts sont donc intéressantes pour l'exploitation, mais il est important de les exploiter avec un souci de conservation afin de préserver la biodiversité qui y réside. En effet, les forêts du Québec méridional abritent la biodiversité la plus riche du territoire québécois et les espèces les plus à risque à l'échelle québécoise se concentrent dans le sud de la province (Tardif, Lavoie *et al.* 2005, Gratton, Lelièvre *et al.* 2010). Le terme conservation, dans le présent rapport, fait référence à la protection et au maintien, par un ensemble de mesures d'intensité variable, de la diversité génétique, des espèces, des écosystèmes et des phénomènes évolutifs auxquels ils sont soumis (Gratton, Lelièvre *et al.* 2010).

Selon Gratton, Lelièvre *et al.* (2010), les outils à la base de la conciliation entre conservation et activités forestières devraient s'appuyer sur une connaissance appropriée du territoire soutenue par un financement spécifique. La démarche de conciliation conservation-exploitation implique d'acquérir les connaissances écologiques du territoire, de transférer et partager les données et de former les intervenants concernés, y compris ceux des MRC et du monde municipal.

## 1.2 Problématique de la zone d'étude

En Chaudière-Appalaches, tant en forêt privée que publique, l'aménagement forestier s'est intensifié au cours des dernières décennies. L'industrie du bois comble seulement le tiers de ses besoins en résineux sur le territoire, ce qui se traduit par une forte pression de récolte sur ces essences. Les plantations de résineux et les autres peuplements éduqués, soit les peuplements

régénérés naturellement et traités en éclaircie précommerciale (EPC), constituent maintenant une proportion non négligeable du paysage forestier régional. En fait, les forêts jeunes de moins de 50 ans constituent près de 60 % de l'ensemble du volume marchand brut disponible dans la région (Arbour 2003). Avec la volonté d'accroître le rendement des forêts de la région et d'optimiser les investissements mis en jeu, la réalisation de nouvelles plantations et de travaux d'éducation risque de prendre davantage d'ampleur au cours des prochaines décennies. Ainsi, à l'échelle régionale, les éclaircies commerciales (EC) pourraient concerner près de 360 km<sup>2</sup> en forêts publiques (UAF 03451, 03452 et 03551) (Harvey 2009), et plus de 1 000 km<sup>2</sup> en forêt privée (MRNF, Statistiques internes du Service de la mise en valeur des forêts privées) d'ici une vingtaine d'années, soit respectivement plus de 20 % et 10 % de leurs surfaces totales.

### ***1.2.1 L'aménagement écosystémique***

L'adoption récente de la nouvelle *Loi sur l'aménagement forestier durable au Québec* (L.R.Q., c. A-18.1) est basée notamment sur l'aménagement écosystémique des forêts et la gestion intégrée des ressources (Gouvernement du Québec 2008). L'aménagement écosystémique implique un système qui s'inspire des perturbations naturelles (Hunter 1993, Mitchell, Huater *et al.* 2002, Outcalt 2008). Ce type d'aménagement vise à réduire les écarts entre la forêt aménagée et son état naturel de référence. Il faut donc évaluer les écarts entre les peuplements aménagés et naturels et, le cas échéant, adopter des systèmes d'aménagement qui réduiront ces écarts et permettront de maintenir les caractéristiques de la forêt (Walker, Holling *et al.* 2004, Lindenmayer, Franklin *et al.* 2006).

Une façon de mesurer ces écarts est d'évaluer à quel point les peuplements aménagés assureront le maintien de la biodiversité faunique car plusieurs espèces fauniques sont de bons indicateurs de l'altération du milieu forestier (Drapeau, Leduc *et al.* 2008). Au Québec, nos connaissances sur la façon dont la faune utilise les plantations et les peuplements éduqués sont rudimentaires (Harvey 2009). Ces milieux sont perçus comme ayant moins d'espèces fauniques qui les utilisent par rapport à des peuplements naturels (Carey et Johnson 1995, Bender, Minnis *et al.* 1997, Hunter 1999, Demers 2002, Ito, Nakagawa *et al.* 2003, Thompson, Baker *et al.* 2003, Heaton 2005, Lantschner, Rusch *et al.* 2008, Harvey 2009, Hsu, French *et al.* 2010, Sweeney, Wilson *et al.* 2010). Toutefois, les plantations peuvent, dans des conditions d'afforestation, contribuer à restaurer certaines composantes de la biodiversité régionale (Carnus, Parrotta *et al.* 2006, Felton, Lindbladh *et al.* 2010, Hartmann, Daoust *et al.* 2010). Les EPC systématiques ont un impact sur la biodiversité des jeunes peuplements, car elles diminuent l'abondance de certaines espèces fauniques et floristiques et simplifient la structure des peuplements (Blanchette, Desjardins *et al.* 2003, Bujold, Cimon *et al.* 2004, Etcheverry, Ouellet *et al.* 2005, Griffin et Mills 2007, Taki, Inoue *et al.* 2010). L'EC est un traitement relativement récent au Québec (voir Agence forêts privées Chaudière, 2010 pour les détails techniques de ce traitement) et ses effets sur la biodiversité sont peu documentés. On sait par contre que la diversité de la végétation en sous-étage serait favorisée en fonction de l'intensité du traitement (Ares, Neill *et al.* 2010) et que la réaction des communautés fauniques est variable

(Norton et Hannon 1997, Tittler, Hannon *et al.* 2001, Anderson et Crompton 2002, Muir, Mattingly *et al.* 2002). Les espèces associées aux forêts fermées seraient par ailleurs négativement affectées par l'EC (Hayes, Chan *et al.* 1997, Hagar, Howlin *et al.* 2004, Lycke, Imbeau *et al.* 2011).

### ***1.2.2 L'aménagement forêt-faune***

L'aménagement forêt-faune inclut tous les travaux qui visent à concilier l'aménagement forestier avec les besoins d'habitat des espèces fauniques du milieu (Fondation de la faune du Québec 2009). Ces travaux s'inscrivent dans une approche de gestion intégrée des ressources du milieu forestier chapeauté par l'aménagement écosystémique. Ils ont été conçus afin de maintenir des conditions minimales propices à plusieurs espèces fauniques et peuvent ainsi contribuer à maintenir un certain degré de naturalité des peuplements aménagés. Pour plus de détails, voir le cahier d'instructions techniques pour la réalisation de travaux forêt-faune en Chaudière-Appalaches (Agence forêts privées Chaudière et Agence forêts privées Appalaches, 2010). Depuis 2006, dans le cadre de son Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier – Volet II (PMVRMF-II), la Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches (CRÉ) subventionne d'une manière importante des projets consistant principalement en des travaux sylvicoles avec mesures d'atténuation fauniques que nous appellerons ici travaux forêt-faune. En effet, la CRÉ a investi dans les travaux forêt-faune tout près de 55 % des 5,3 millions de dollars dont elle disposait en provenance du PMVRMF-II. Bien que les travaux proposés dans le cadre de ce programme proviennent des plus récentes connaissances en cette matière, leur efficacité dans le contexte de la forêt régionale n'a pas encore été évaluée, ni même leur effet sur le rendement forestier.

### **1.3 Raison d'être et acteurs de ce projet**

Compte tenu des investissements publics déjà réalisés dans de nombreux peuplements, des subventions allouées à la réalisation des travaux forêt-faune et de l'ampleur de ces travaux à l'échelle régionale, il est essentiel de s'assurer que ceux-ci ne vont pas à l'encontre des objectifs de rendement forestier ou, au moins, que les bénéfices fauniques obtenus compensent les pertes potentielles en rendement forestier. Puisque les EC pourraient concerner une proportion non négligeable du territoire d'ici une vingtaine d'années et que ses effets sur la biodiversité sont peu documentés, il est important de pallier à cette lacune. Il en est de même pour les plantations et les peuplements éduqués, qui risquent de prendre de l'ampleur durant les prochaines années, mais dont les connaissances de l'utilisation par la faune sont rudimentaires. Ce sont les raisons pour lesquelles un projet d'évaluation de l'efficacité des travaux forêt-faune, des impacts des EC, des plantations et des peuplements éduqués a été mis en place.

Ce projet a été coordonné par l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière, tandis que le Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune

et des Parcs (MDDEFP) (Direction générale de l'expertise sur la faune et ses habitats et Direction générale régionale Capitale-Nationale/Chaudière-Appalaches) assurait l'expertise nécessaire à l'élaboration du projet et à l'analyse des données recueillies. L'approche méthodologique (exposée à la section 2) a été confiée à la Direction de la faune terrestre et de l'avifaune du MDDEFP. D'autres partenariats ont été établis avec l'Agence de mise en valeur des forêts privées des Appalaches, la Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches, le Département des sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval, la Direction de la recherche forestière du MRN et la Fondation de la Faune du Québec.

Le questionnaire concernant les travaux forêt-faune cible spécifiquement deux types de travaux forêt-faune (Désy 2003). Le premier est le dégagement ou l'éclaircie précommerciale avec conservation d'îlots dans les plantations (EPCIP). Ce traitement a été conçu pour maintenir des îlots refuges non traités afin d'atténuer les impacts de l'EPC sur les oiseaux et sur les mammifères terrestres principalement. La norme en vigueur prévoit, entre autres, la conservation de 6 à 9 îlots/ha non traités de 49 m<sup>2</sup> minimum chacun et le maintien de tiges d'arbres et d'arbustes fruitiers (Agence forêts privées Chaudière et Agence forêts privées Appalaches 2010). Le second traitement est l'éclaircie précommerciale résineuse adaptée (EPCRA) dans les peuplements régénérés (i.e. issus d'une coupe totale). Ce traitement vise à maintenir des habitats forestiers denses en réalisant le traitement par bandes ou par blocs sur les deux tiers du peuplement et en maintenant des tiges d'arbres et d'arbustes fruitiers (Désy 2003). Ces deux traitements permettraient de maintenir une obstruction latérale et une disponibilité de nourriture plus élevée pour la faune à l'échelle du peuplement.

#### **1.4 Objectifs et hypothèses**

Le but de ce projet était d'évaluer les effets à court terme des EC et des travaux forêt-faune d'EPCIP et d'EPCRA sur la faune et sur les variables dendrométriques. Également, nous voulions mesurer la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués en sylviculture conventionnelle pour déterminer leur potentiel de milieu de vie pour certaines espèces fauniques. Spécifiquement, nous avons évalué ces variables fauniques et dendrométriques pour des peuplements jeunes (stade admissible à une EPC, environ 10 ans après coupe) et pour des peuplements plus vieux (stade prématuration admissible à une EC, environ 30 ans après coupe). Le projet comportait trois objectifs :

1. Évaluer les effets à court terme sur la faune et la productivité forestière des travaux forêt-faune dans les plantations (EPCIP) et dans les peuplements régénérés (EPCRA) ;
2. Déterminer de façon générale la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués en fonction des deux stades de développement ;
3. Évaluer l'impact à court terme des EC sur la faune et la productivité forestière dans les peuplements traités en EPC et les plantations.



Pour chacun de ces trois objectifs nous détaillons ci-après les hypothèses de travail émises au début du projet.

***Objectif 1 : Évaluer les effets à court terme sur la faune et sur la productivité forestière des travaux forêt-faune***

Ce volet consistait à mesurer la réaction aux travaux forêt-faune et aux travaux d'EPC systématique d'espèces fauniques ciblées eu égard à leur abondance ou à leur présence dans les peuplements traités. Nous avons également mesuré l'effet de ces travaux sur les variables dendrométriques et sur la présence et l'abondance d'attributs clés pour la faune comme les débris ligneux, les chicots, l'obstruction latérale et le développement de la structure du peuplement.

Nous prédisions que les peuplements non traités auraient une plus grande abondance d'attributs clés de la forêt naturelle pour la faune que les peuplements traités, mais que, parmi ces derniers, ceux suivant les normes forêt-faune auraient plus d'attributs clés que ceux traités par EPC systématique. Ainsi, on devait observer la même tendance pour ce qui est de l'abondance ou de la présence des espèces fauniques qui sont associées à ces attributs. Enfin, nous prédisions que la croissance moyenne des tiges ligneuses résineuses serait plus élevée dans les peuplements traités par EPC systématique et par les travaux forêt-faune que dans les peuplements non traités. Cependant, le rendement en volume ne serait pas différent entre les peuplements traités et non traités, car ce dernier serait distribué à un nombre différent de tiges.

***Objectif 2 : Déterminer la valeur faunique des plantations et des peuplements éduqués***

Ce volet visait à mesurer la fréquentation des plantations et des peuplements éduqués par la faune en fonction de l'intensité de l'aménagement des peuplements. Nous prédisions que les attributs clés de la forêt naturelle pour la faune suivraient un gradient d'abondance décroissant allant des peuplements régénérés aux peuplements éduqués et aux plantations. De plus, nous prédisions que ce gradient serait plus accentué dans les peuplements de stade de développement plus avancé que ceux dans des jeunes stades de développement. Enfin, nous prédisions que l'abondance ou la présence des espèces fauniques ciblées suivraient le même patron d'abondance que les attributs clés de la forêt naturelle.

***Objectif 3 : Évaluer l'impact à court terme des EC sur la faune et la productivité forestière dans les peuplements traités en EPC et les plantations***

Ce volet a pour objectif de documenter l'effet des EC sur les attributs clés pour la faune et sur l'abondance des espèces fauniques ciblées. Nous prédisions que les peuplements traités par EC auraient un volume de débris ligneux au sol plus élevé que les peuplements non traités. Ainsi, les espèces dépendantes de cet attribut devraient être plus abondantes dans les

peuplements traités en EC que dans les peuplements non traités. Par contre, la diminution du couvert arborescent résultant de l'EC devrait entraîner une diminution de l'abondance ou de la présence des espèces fauniques typiques des forêts de couvert dense (Roy, Imbeau *et al.* 2010).

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1 zone d'étude

#### 2.1.1 Géomorphologie

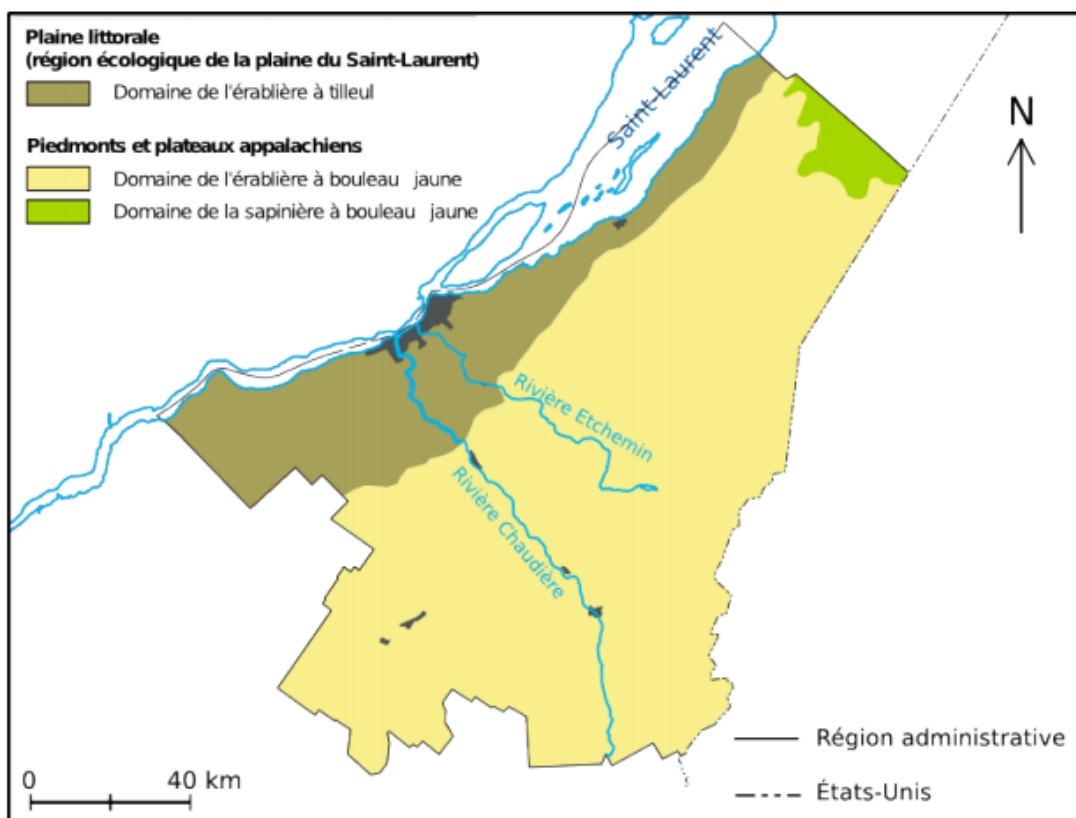
La région de Chaudière-Appalaches est l'une des dix-sept régions administratives du Québec (voir Carte 1). Son territoire couvre 15 216 km<sup>2</sup> et sa géomorphologie est marquée par les basses terres du fleuve Saint-Laurent et les Appalaches, qui couvrent la plus grande partie de son territoire (Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches 2005).



**Carte 1 :** Région administrative du Québec. Adapté de : Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction générale de l'information géographique, 2006.

Le relief est caractérisé par la plaine littorale des basses terres du Saint-Laurent, de faible altitude (généralement inférieure à 150 mètres) et couvrant environ 20 % du territoire régional. La plaine littorale est bordée par les coteaux des piémonts appalachiens, dont l'altitude générale oscille entre 150 et 400 mètres, et enfin, par plusieurs massifs de collines et hautes collines culminants à plus de 500 mètres, voire 800 mètres (Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches 2005).

Le territoire régional est sillonné par quelques rivières, dont l'importante vallée de la Chaudière (voir Carte 2). La région possède en revanche peu de grands lacs.



**Carte 2 :** Rivières principales, grandes unités géomorphologiques et domaines bioclimatiques en Chaudière-Appalaches. Adapté de : Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches, 2005.

### *2.1.2 Caractéristiques écologiques principales*

#### **Climat**

Les températures moyennes annuelles de la région Chaudière-Appalaches sont comprises entre 2,5 et 5 °C (Robitaille et Saucier 1998). Les précipitations y sont d'environ 1 000 mm/an et

la fraction nivale n'y dépasse pas 25 % (Robitaille et Saucier 1998). La saison de croissance dure généralement entre 180 et 190 jours, soit environ 2 600 à 3 200 degrés-jours de croissance (Robitaille et Saucier 1998).

## Sols

Les sols, élaborés sur les tills de dépôts glaciaires, sont potentiellement développés et riches (Robitaille et Saucier 1998). Cependant, les pentes appalachiennes, parfois fortes, limitent la présence de sols épais sur une partie du territoire d'étude et, par conséquent, le potentiel forestier.

## Végétation

L'aire d'étude fait partie de la zone bioclimatique tempérée nordique. Conséquence des caractéristiques géographiques et écologiques, trois domaines bioclimatiques chevauchent l'aire d'étude (voir carte 2) (Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches 2005). Le domaine de l'érablière à bouleau jaune couvre la plus grande partie du relief appalachien. Le domaine de l'érablière à tilleul reste limité à la bordure du Saint-Laurent et au piémont appalachien. Finalement, le domaine de la sapinière à bouleau jaune se situe à la limite orientale de la région (Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches 2005). L'étude a porté principalement sur les peuplements appartenant au domaine de l'érablière à bouleau jaune.

L'érablière à bouleau jaune de l'Est est caractérisée par une flore vasculaire assez riche. Elle abrite environ 900 espèces vasculaires, dont 23 espèces d'arbres. Les essences forestières principales dans les étages inférieurs (< 400 m d'altitude) sont l'érable à sucre (*Acer saccharum*), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis Britton*) et le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*). Le tilleul disparaît progressivement à mesure que l'altitude augmente, suivi de l'érable à sucre, tandis qu'aux étages supérieurs (> 600 m) apparaissent le sapin baumier (*Abies balsamea*) et le bouleau blanc (*Betula papyrifera*), essences plus septentrionales. D'autres essences sont communes dans ces forêts à dominance feuillue ou mixte, comme plusieurs espèces d'érables et d'épinettes (Ordre des ingénieurs forestiers du Québec 2009).

Les conditions climatiques et les sols sur lesquels elles s'installent confèrent à ces forêts une productivité supérieure à la moyenne québécoise (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2009).

Quelques sites étudiés dans le cadre du projet se situent en outre dans les domaines de l'érablière à tilleul et de la sapinière à bouleau jaune, mais dans des conditions écologiques (drainage, dépôts) proches de celles observées en érablière à bouleau jaune.

## Faune

La faune du milieu forestier de Chaudière-Appalaches comprend 468 espèces de vertébrés, dont au moins 20 en situation précaire (Arbour 2003). Cette faune est intéressante du fait qu'elle correspond à la transition entre la faune de la zone tempérée et celle de la zone boréale. Certaines espèces y sont donc à la limite de leur aire de répartition, par exemple, le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*), le dindon sauvage (*Meleagris gallopavo*), espèces de la zone tempérée; ou le lynx du Canada (*Lynx canadensis*) et le tétras du Canada (*Falci pennis canadensis*), espèces de la zone boréale.

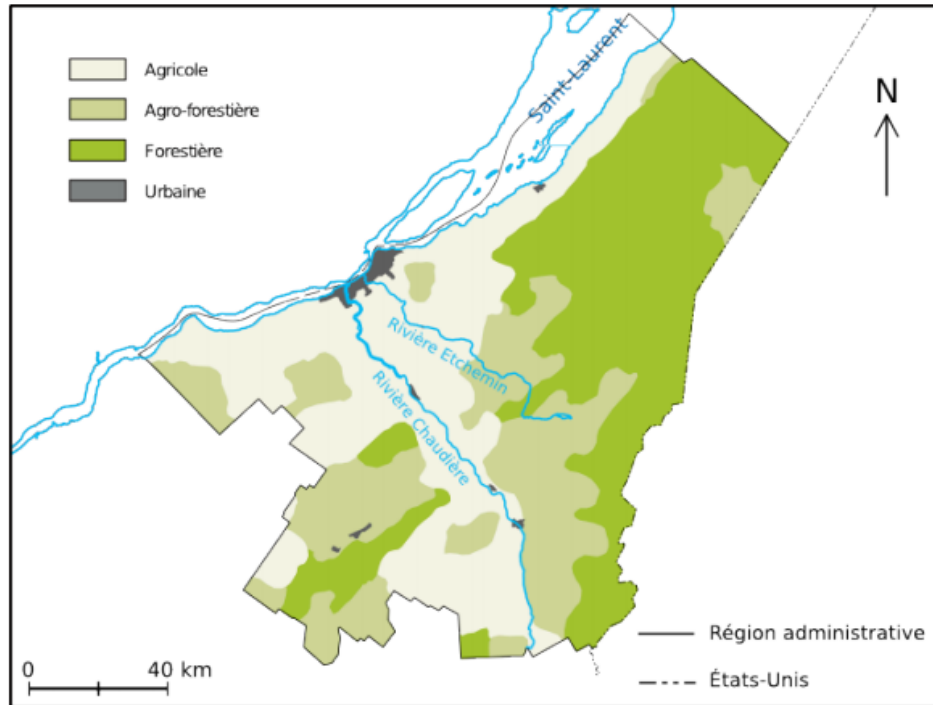
De nombreuses espèces y sont chassées ou trappées et elles constituent ainsi une ressource économique importante, comme l'orignal (*Alces alces*), le cerf de Virginie, l'ours noir (*Ursus americanus*), le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), la gélinotte huppée (*Bonasa umbellus*) ou le tétras du Canada.

On retrouve également dans cette région des espèces au statut précaire, comme la paruline du Canada (*Wilsonia canadensis*) ou la grive de Bicknell (*Catharus bicknelli*). La région abrite 134 habitats essentiels cartographiés, parmi lesquels on compte 20 aires de confinement du cerf de Virginie situées en majorité dans les forêts privées (Arbour 2003).

### *2.1.3 Influence anthropique sur le territoire et contexte forestier*

#### **Usage des sols**

La région de Chaudière-Appalaches compte plus de 390 000 habitants (Arbour 2003) et sa forêt couvre environ 74 % du territoire, soit environ 11 300 km<sup>2</sup> (Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches 2005). Les terres de la plaine du Saint-Laurent, de la vallée de la rivière Chaudière et ses abords, mais aussi des piémonts appalachiens ont été déboisés pour faire place à des zones urbanisées, et surtout à l'agriculture, faisant de la Chaudière-Appalaches la seconde région agricole québécoise (voir Carte 3). La forêt domine en revanche les plateaux appalachiens, soit la plus grande partie de la zone d'étude (Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches 2005).



**Carte 3 : Grands types d'utilisation des sols en Chaudière-Appalaches. Adapté de : Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches, 2005.**

### La forêt

Les forêts de la zone d'étude ont été largement appauvries par plus de deux siècles d'exploitation. Les arbres de plus fortes dimensions ont été abattus, et la régénération de certaines essences a été compromise. Même si la composition de la forêt naturelle précoloniale est difficilement déterminable avec précision, on considère que plusieurs essences possèdent aujourd'hui une importance bien plus faible que dans la forêt avant la colonisation (Saucier, Grondin *et al.* 2009). La conversion de peuplements naturels (à dominance feuillue ou mixte) en plantations résineuses s'est également répandue au cours des dernières décennies. Enfin, la grande importance économique de l'acériculture a également conduit à l'adoption d'une gestion forestière particulière dans certaines forêts. Tous ces facteurs ont conduit à une modification, parfois forte, de la composition des forêts de la zone d'étude et à une simplification importante de leur structure.

Environ 86% de la superficie forestière en Chaudière-Appalaches est de tenure privée. Ces forêts privées représentent près de 9 700 km<sup>2</sup> (soit 16 % de la forêt privée québécoise) et appartiennent à environ 24 300 propriétaires (Arbour 2003). Ces forêts sont soumises à un régime de protection et de mise en valeur commun à toutes les forêts privées du Québec, visant à favoriser le développement durable de l'ensemble des ressources du milieu forestier privé des



régions. Ce régime est administré par les agences de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière et des Appalaches.

Quant à la majeure partie des forêts publiques de la région (couvrant au total environ 1 700 km<sup>2</sup>), sa gestion était jusqu'ici confiée aux industries de transformation du bois, par attribution de contrats d'approvisionnement et d'aménagement forestier (CAAF). Cependant, cette gestion est maintenant prise en charge par le Ministère des Ressources naturelles du Québec suite au changement de régime forestier. Cette gestion doit répondre aux mêmes objectifs qu'en forêt privée : favoriser le développement durable de l'ensemble des ressources du milieu forestier.

Le milieu forestier est une source importante d'emplois en Chaudière-Appalaches. En 2003, on comptait 262 entreprises de transformation du bois (80 en première transformation et 185 en seconde transformation et troisième transformation). Plus de 9 600 personnes travaillaient dans le secteur forestier et dans la transformation du bois, soit 17,4 % de la population active des secteurs primaires et des manufacturiers combinés. L'exportation régionale des produits forestiers manufacturés représentait plus d'un milliard de dollars canadiens (Arbour 2003).

Cependant, la ressource ligneuse n'est pas la seule source de retombées économiques liées à la forêt dans la zone d'étude. En effet, la faune (chasse, observation) et la récréation (activités de plein air) sont des sources de revenus non négligeables. Diverses organisations et entreprises exploitent cette manne (zones d'exploitation contrôlée de la faune, pourvoiries sans droit exclusif, entreprises assurant l'hébergement ou la restauration, etc.). Ainsi, les retombées économiques du milieu forestier sont très importantes pour la région, la forêt étant l'une des deux principales ressources naturelles de la Chaudière-Appalaches, avec les richesses de son sous-sol.

On constate donc que l'influence anthropique sur la forêt et l'importance économique de celle-ci sont deux éléments très importants au sein de la zone d'étude. Or, il apparaît que les modifications liées à certaines activités anthropiques en forêt pourraient porter préjudice à certaines ressources forestières (Harvey 2009). Cela a conduit les acteurs forestiers locaux à mener ce projet d'étude.

## **2.2 Plan d'échantillonnage**

### ***2.2.1 Plan d'échantillonnage théorique***

Ce projet a débuté au printemps 2008 avec la mise en place du dispositif et la prise de mesures avant traitement (Sauvestre 2010). La zone d'étude correspond au territoire du domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune en Chaudière-Appalaches, même si quelques

relevés ont également été réalisés dans les domaines de l'érablière à tilleul et de la sapinière à bouleau jaune de cette région. L'approche expérimentale retenue consiste en une étude de type BACI (*before-after control-impact*) (Green 1979). La taille des interventions varie de 4 à 5 ha, ce qui correspond à la taille du domaine vital de la majorité des espèces suivies.

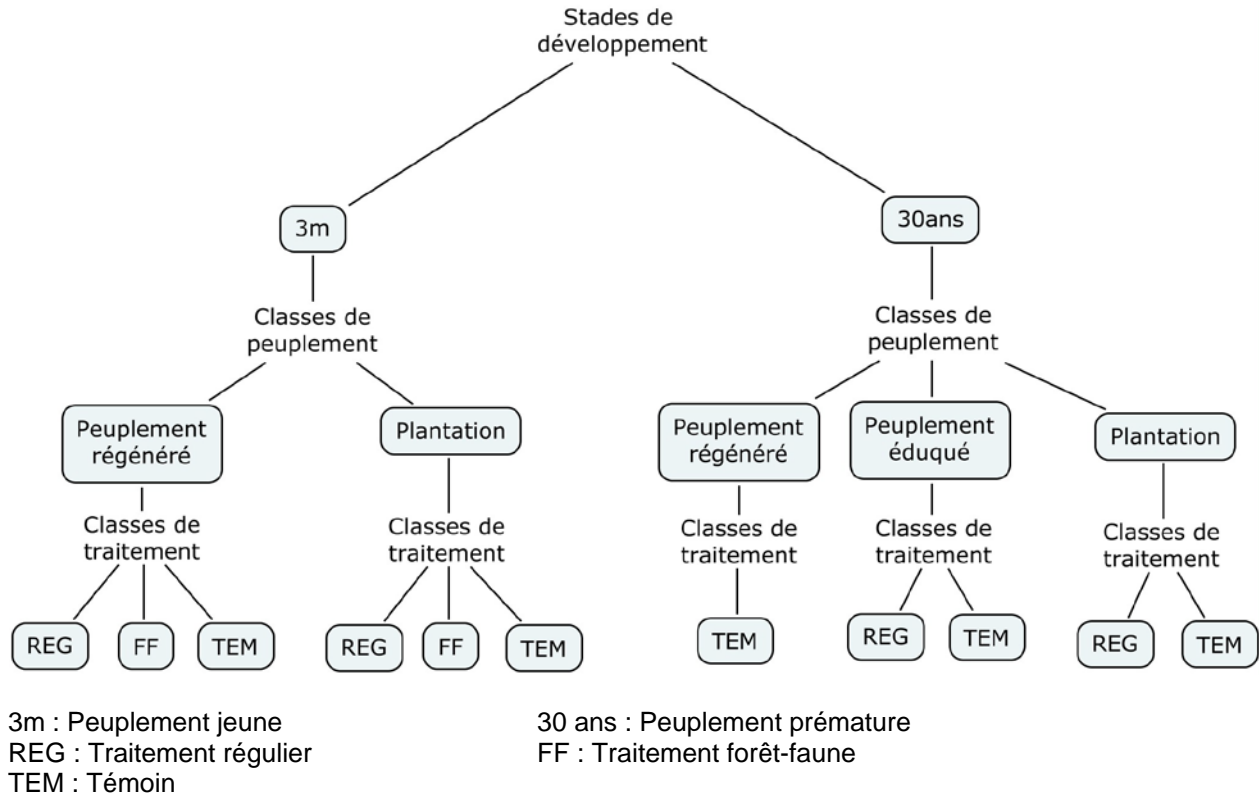
Afin de comparer les caractéristiques forestières et fauniques des différents peuplements, les sites à l'étude ont été identifiés comme suit (voir Figure 1) :

- Deux stades de développements :
  - Les **peuplements jeunes** (3 m) sont des peuplements qui ont une strate dominante ou des arbres plantés d'une hauteur allant de 1,5 m à 5 m. Ces peuplements sont en âge d'avoir une EPC.
  - Les **peuplements prématures** (30 ans) sont des peuplements qui ont une strate dominante ou des arbres plantés âgés de 20 à 40 ans. Ces peuplements sont en âge d'avoir une EC.
  
- Trois classes de peuplements :
  - Les **peuplements régénérés** (PR) sont des peuplements qui se sont régénérés naturellement après une coupe totale et n'ont pas été soumis à des travaux sylvicoles par la suite.
  - Les **peuplements éduqués** (PE) sont des peuplements s'étant régénérés naturellement, mais qui ont fait l'objet d'une EPC lorsque les tiges ont atteint environ 3 m de hauteur, c'est-à-dire il y a environ une vingtaine d'années.
  - Les **plantations** (PL) sont des peuplements issus de régénération artificielle et elles ont pour la plupart subi un dégagement 2 à 3 ans après leur plantation. Ils ont également subi une EPC lorsque les tiges ont atteint 3 m de hauteur environ.

À noter que pour les peuplements PR et PL, les deux stades de développements sont représentés, mais que pour le peuplement PE, seul le stade « 30 ans » peut être représenté (ce type de peuplement ayant déjà fait l'objet d'une EPC, il a donc déjà passé le stade 3 m).

- Trois classes de traitement :
  - Les **traitements réguliers** (REG) sont les traitements appliqués selon les normes conventionnelles, donc sans mesure d'atténuation pour la faune (pour le stade 3 m, ces traitements sont des EPC et pour le stade 30 ans, ce sont des EC).

- Les **traitements forêt-faune** (FF) sont les traitements qui comportent des mesures d'atténuation pour la faune (EPCIP pour les plantations et EPCRA dans les peuplements régénérés).
- Les **témoins** (TEM) sont les peuplements qui n'ont reçu aucun traitement.



**Figure 1 : Schéma du plan d'échantillonnage**

Les deux stades de développement ont été choisis en fonction des normes régissant les EPC et les EC, qui sont les éclaircies étudiées dans ce projet. Les EC devaient être réalisées sur des peuplements dont la surface terrière est comprise entre 23 et 33 m<sup>2</sup>/ha et 15 ans au moins avant la coupe finale, soit des peuplements idéalement âgés entre 25 et 35 ans pour les plantations et entre 40 et 70 ans pour les peuplements régénérés, d'où le choix d'un intervalle d'âges assez large (20 à 40 ans). La norme régissant les EPC stipule que celles-ci doivent être réalisées lorsque la hauteur des tiges du peuplement est comprise entre 2 et 6 m, ce qui justifie l'utilisation d'un intervalle de hauteurs. Comparer ces deux stades de développement doit permettre d'obtenir un indice de l'évolution des paramètres de la végétation et des caractéristiques fauniques des peuplements au cours du temps.

Comme les traitements forêt-faune étudiés dans le cadre du projet s'appliquent uniquement aux jeunes peuplements, on n'obtiendra la modalité « FF » que pour les peuplements de stade « 3 m ». De plus, par manque de sites potentiels de peuplements régénérés âgés de 20 à 40 ans, seuls 10 sites PR30 ont été retenus et ils ont tous été attribués au traitement « TEM », afin de permettre la comparaison avec les autres traitements.

Pour chaque combinaison « nature de peuplement » \* « stade de développement » \* « type de traitement », dix relevés (répétitions) devaient être réalisés afin d'obtenir une validité satisfaisante des résultats.

### ***2.2.2 Choix des sites étudiés***

Afin de répartir les relevés sur le territoire, une première sélection des peuplements présents dans la zone d'étude a été réalisée. Les sites correspondant aux exigences du plan d'échantillonnage ont été identifiés grâce aux connaissances des agents forestiers des agences de mise en valeur des forêts privées et grâce à l'information fournie par les bases de données forestières, pour la forêt publique. Afin de limiter les facteurs de variations qui pouvaient biaiser les résultats, les peuplements étudiés devaient, en outre :

- présenter une forte dominance résineuse (dont les épinettes et le sapin baumier);
- présenter des dépôts de surface homogènes (tills indifférenciés);
- être caractérisés par des classes de drainage homogènes (drainage modéré à mauvais).

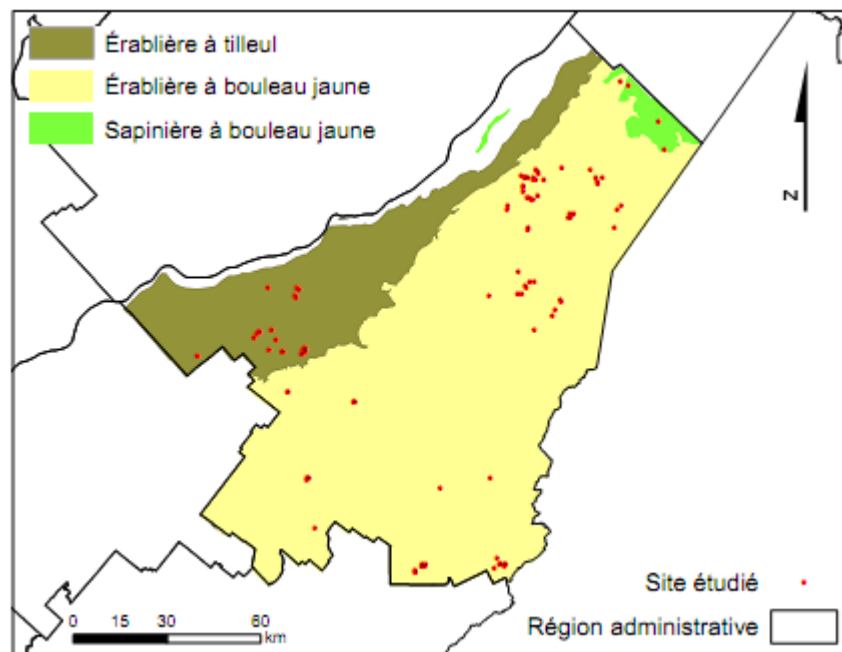
Il s'agit globalement des conditions écologiques classiques occupées par les peuplements forestiers à objectif de production ligneuse dans la zone d'étude, puisque les zones agricoles et l'acériculture occupent généralement les terrains plus riches à drainage bon à mésique où on trouve habituellement les peuplements feuillus. L'accessibilité des sites a également été prise en compte. En revanche, la rareté des sites potentiels n'a pas permis plus de rigueur pour les caractéristiques des sites : la profondeur de sol et l'exposition, par exemple, n'ont pas été prises en compte. Une visite des sites sélectionnés a permis de vérifier s'ils remplissaient bien toutes les exigences du plan d'échantillonnage. Les sites non satisfaisants ont été remplacés. La dispersion des sites couvre la majeure partie de la région Chaudière-Appalaches et présente donc une variété de contextes paysagers relativement importante (proportions surfaciques des différentes utilisations du sol, types de peuplements, etc. à l'échelle du paysage). Cependant, le manque de peuplements remplissant certaines des conditions exigées a conduit au regroupement de plusieurs sites d'étude. C'est le plan d'échantillonnage résultant de ce processus qui a été inventorié sur le terrain. Bien que les traitements n'aient pas été assignés aléatoirement parmi les peuplements, on assume néanmoins que le dispositif est complètement

aléatoire vu l'absence de biais connu dans la démarche. Les travaux d'EPC, forêt-faune et d'EC ont été réalisés, pour la plupart, à l'été et l'automne 2009 et au printemps 2010.

### 2.2.3 Échantillonnage effectivement réalisé

Diverses modifications ont été apportées au plan d'échantillonnage théorique au cours du projet. Par exemple, trois propriétaires possédant des plantations jeunes (PL3m) ont refusé de signer l'entente stipulant qu'ils n'appliqueraient pas de traitement à ces peuplements (TEM), pour des raisons financières. Une erreur de prise de données a conduit à la transformation d'un relevé PE30-TEM en PR30-TEM. Les relevés de végétation d'un site PL3m-FF n'ont pas été pris (en revanche, les relevés fauniques l'ont été). En 2011, un propriétaire n'était plus intéressé par le projet, ce site a donc été abandonné. Un autre site a dû être abandonné dans le cadre du projet, puisqu'une coupe totale a été effectuée.

L'échantillonnage effectivement réalisé est présenté dans l'annexe 1. La répartition géographique des relevés est représentée sur la Carte 4. Au total, 105 sites ont été échantillonnés, dont 78 en forêt privée et 27 en forêt publique.



**Carte 4 : Localisation des sites étudiés. D'après les données et la base cartographique du MRN.**

## 2.3 Groupes fauniques

À priori, quatre groupes fauniques ou espèces ont été retenus pour servir de base à l'étude : le lièvre d'Amérique, le tétras du Canada, les oiseaux et les amphibiens. Ceux-ci ont été choisis pour évaluer les différences possibles de fréquentation des peuplements par la faune selon leur classe et leur stade ainsi que les effets des traitements sylvicoles appliqués. Cette sélection a été faite selon l'importance des espèces et des groupes fauniques dans l'écosystème, leur qualité en tant qu'indicateur des caractéristiques du milieu, leur importance économique et la facilité à identifier leur présence, voire leur abondance.

À noter que le tétras du Canada a été abandonné après la première année de récolte de données. En effet, seulement trois tétras ont été vus ou entendus, ce qui est nettement insuffisant pour tirer des conclusions.

### 2.3.1 Le Lièvre d'Amérique

Le lièvre d'Amérique est une espèce gibier d'importance économique : il arrivait à la première place des gibiers les plus exploités au Québec (Gauthier, Bastien *et al.* 2008). Il est également une proie importante pour plusieurs espèces méridionales comme le lynx roux (*Lynx rufus*), le coyote (*Canis latrans*) et plusieurs rapaces (Gauthier, Bastien *et al.* 2008). Ainsi, le lièvre peut être considéré comme une espèce clé. Il faut par conséquent veiller à ce que les populations du lièvre d'Amérique se maintiennent à un niveau suffisant afin de préserver l'équilibre des écosystèmes et la qualité de la chasse en Chaudière-Appalaches.

Le lièvre d'Amérique fréquente les habitats lui prodiguant, premièrement, un couvert de protection efficace et, deuxièmement, une nourriture abondante (Wolfe, Debyle *et al.* 1982, Blanchette, Desjardins *et al.* 2003, Gauthier, Bastien *et al.* 2008). Il affectionne les zones de transition entre peuplements d'âges, de hauteurs, de densités et de compositions différentes fournissant un couvert continu (Ferron, Couture *et al.* 1996), notamment les peuplements de jeunes conifères, au couvert arbustif dense et au couvert arboré modéré (Gauthier, Bastien *et al.* 2008). Cette espèce est potentiellement sensible aux altérations de son habitat, comme celles induites par les travaux sylvicoles, ou aux éventuelles différences entre peuplements régénérés et plantations.

Il existe une forte corrélation entre la densité de fèces déposées pendant une période donnée et la densité de la population du lièvre d'Amérique (Krebs, Boonstra *et al.* 2001, Murray, Roth *et al.* 2002, Berg et Gese 2010). Ainsi, on estime que plus le nombre moyen de fèces par unité de surface est élevé dans un site, plus le nombre de lièvres utilisant ce site est élevé.

Afin de mesurer l'utilisation des peuplements étudiés par cette espèce, un décompte de ses fèces a été fait. Dans chacun des sites, un réseau de 30 parcelles distribuées en 2 lignes parallèles de 15 parcelles équidistantes de 20 m a été installé (annexe 2). Les fèces ont été comptées dans un rayon de 1 m autour d'un piquet placé au centre de chaque parcelle. Les dénombrements ont été effectués au printemps après la fonte de la neige et les nettoyages ont été effectués à l'automne précédent (fin octobre – début novembre) afin de ne compter que les fèces de l'hiver.

### ***2.3.2 Les amphibiens***

Les amphibiens constituent un autre groupe faunique sensible à la qualité de leur environnement. Ils sont, par exemple, sensibles à l'humidité du sol qui est souvent liée à l'ouverture du couvert végétal, à la compaction des sols, à la perturbation de la litière et aux débris ligneux au sol. Relativement nombreux et diversifiés dans le milieu forestier, ils sont facilement repérables et leur présence peut être utilisée pour évaluer les caractéristiques écologiques d'un milieu et l'évolution de celles-ci (deMaynadier et Hunter Jr. 1995, Welsh et Droege 2001).

À chaque site, 30 planchettes de bois de 30 cm x 30 cm ont été installées le long de lignes parallèles équidistantes de 20 m, en alternance avec les parcelles utilisées pour le dénombrement de fèces de lièvre (annexe 2). La présence des amphibiens a été mesurée par comptage des individus observés sous les planchettes de bois (Heyer 1994, Pearce et Venier 2009). Les planchettes ont été visitées deux fois au cours de l'été 2009 (en mai et en juillet) et trois fois au cours de l'été 2011 et 2012. Le nombre d'individus trouvés et l'espèce ont été notés pour chaque observation. La distance museau-cloaque des individus a été mesurée quand cela était possible, afin d'évaluer la condition physique de ces individus (Heyer 1994).

Une fouille active a été réalisée en 2011 et en 2012 pour trouver des amphibiens. À chacun des sites, trois parcelles de 11,28 m de rayon ont été fouillées durant 30 minutes par deux observateurs afin de trouver des amphibiens. Lorsque des spécimens ont été trouvés, l'espèce, le temps écoulé depuis le début et la mesure cloaque-museau ont été pris.

### ***2.3.3 Les oiseaux***

Les oiseaux constituent un groupe faunique intéressant puisqu'ils sont connus pour avoir des exigences souvent fortes quant aux caractéristiques de leur milieu d'accueil (Degraaf et Chadwick 1987) et sont un pan de la biodiversité potentiellement sensible aux répercussions des activités humaines en forêt (Derleth, McAuley *et al.* 1989, Villard et Guénette 2005, Forsman, Reunanen *et al.* 2010, Gregory et van Strien 2010). Les oiseaux sont un groupe faunique abondant et diversifié, dont l'observation et l'identification sont généralement aisées pour peu que l'on dispose d'une main-d'œuvre compétente et de techniques appropriées.



La présence et l'abondance des oiseaux ont été mesurées à l'aide de points d'écoute et d'appels (Buskirk et McDonald 1995, Dunn, Bart *et al.* 2006). L'inventaire a consisté à identifier les espèces d'oiseaux vus ou entendus à un point d'écoute localisé au centre de chacun des peuplements dans un rayon fixe de 50 m autour de l'observateur durant 10 minutes entre 5 h et 10 h du matin. Trois visites par peuplement ont été réalisées entre la mi-mai et le début de juillet. En complément au point d'écoute, une session d'appels fut réalisée pour inventorier les espèces associées aux chicots et au bois mort (pics, sittelles, grimpereau) et pour une espèce désignée menacée par le COSEPAC, soit la paruline du Canada. Un enregistrement du chant de chacune des espèces a été diffusé pendant 30 secondes. Les espèces appelées furent la paruline du Canada, le grimpereau brun (*Certhia americana*), la sitelle à poitrine rousse (*Sitta canadensis*), le pic à dos noir (*Picoides arcticus*), le pic maculé (*Sphyrapicus varius*) et le grand pic (*Dryocopus pileatus*). En plus, un inventaire par houspillage (cri d'alerte de certaines espèces d'oiseaux face à un prédateur) a été réalisé afin de détecter la présence d'individus nicheurs par l'observation d'indice de nidification (Doran, Gulezian *et al.* 2005, Dunn, Bart *et al.* 2006). En 2009, le houspillage n'a été fait qu'à la dernière visite, tandis qu'en 2011 et 2012, il a été fait à chacune des trois visites.

## **2.4 Mesures de la végétation**

Pour les mesures des attributs clés de la végétation et du rendement forestier, le protocole a été développé afin d'échantillonner l'ensemble de la surface de chaque peuplement étudié. Comme la forme des peuplements est variable, l'échantillonnage a été fait le long d'une ou de plusieurs virées d'une longueur totale de 200 m réparties uniformément dans le peuplement (entre les lignes des parcelles à lièvre et des planchettes à amphibiens) à au moins 50 m de toute bordure et à 30 m l'une de l'autre (voir annexe 3 pour un schéma d'une parcelle type de la description des caractéristiques de la végétation).

### ***2.4.1 Le couvert forestier vertical***

Le couvert forestier vertical fut évalué à l'aide de la méthode de l'intersection sur la ligne (Bertrand et Potvin 2003). La présence ou l'absence d'un couvert ligneux (total, feuillu, résineux) au-dessus de la corde marquant la virée a été notée tous les 10 m (soit 22 mesures) pour trois classes de hauteur (0,5 à 1 m = arbustif bas, 1 à 4 m = arbustif haut, et > 4 m = arborescent). Dans tous les sites de relevé, ces mesures de présence/absence ont été transformées en pourcentage de couvert moyen pour chaque groupe (total, feuillu, résineux) et pour chaque classe de hauteur.

### ***2.4.2 L'obstruction latérale***

L'obstruction latérale a été évaluée à l'aide de la planche à profil de 2 m de hauteur et 30 cm de largeur positionnée à 15 m de l'observateur, perpendiculairement à la virée (Nudds 1977). Le



pourcentage visible de la surface de la planche est évalué par un observateur situé sur la ligne de virée par classe de 0,5 m de hauteur. Six mesures ont ainsi été effectuées le long de la virée (tous les 50 m). Les pourcentages de visibilité ont été transformés en pourcentage d'obstruction moyen dans tous les sites de relevé et pour chaque classe de hauteur. La moyenne sur les 4 classes de hauteur a également été calculée.

### **2.4.3 Le recouvrement de la végétation**

Le recouvrement de la végétation concerne la végétation herbacée et la végétation ligneuse basse (< 0,6 m). Le recouvrement fut estimé visuellement par indices relatifs de recouvrement (type +, 1, 2,..., 5) dans 6 microparcelles de 4 m<sup>2</sup> (rayon = 1,13 m) réparties tous les 50 m le long de la virée. Les estimations ont été faites pour les types de végétation suivants : toutes herbacées confondues, herbacées latifoliées (c.-à-d. avec de vraies feuilles), graminoides, fougères, groupe framboisiers-mûres-gadeliers, groupe prêles-lycopodes, mousses, lichens, végétation ligneuse basse totale, résineuse, feuillue et du genre *Vaccinium*. Ces données ont été prises à l'été 2009 et à l'été 2012.

Les indices relatifs de recouvrement ont été transformés en pourcentage de recouvrement moyen par site de relevé et par type de végétation, en remplaçant chaque indice par le pourcentage médian de la classe lui correspondant (ex. : l'indice 3 correspondant à une classe de recouvrement de 26 à 50 % a été remplacé par la valeur de 38 %).

### **2.4.4 Les arbres**

Des données concernant les arbres (diamètre à hauteur de poitrine (dhp) > 9 cm) ont été relevées le long de la virée à 0, 100 et à 150 m dans des parcelles de 400 m<sup>2</sup> (rayon = 11,28 m). Le dhp de tous les arbres fut mesuré à l'aide d'un ruban circonférentiel (au mm près) à l'intérieur de la parcelle de 400 m<sup>2</sup>. L'essence de ces arbres a également été notée. Ces données ont été compilées par groupes d'espèces : feuillus tolérants, feuillus intolérants, sapin baumier, épinettes, autres résineux (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune 2008). Pour chacun de ces groupes et pour chaque site, le diamètre quadratique moyen et le pourcentage de la surface terrière totale ont été calculés. Pour chacun des regroupements suivants : feuillus, résineux, toutes essences confondues, la densité de tiges à l'hectare et la surface terrière ont également été calculées pour chaque site. La hauteur, l'état et l'âge ont été mesurés pour 5 arbres-études représentatifs dans chacune des parcelles. La hauteur fut mesurée à l'aide d'un hypsomètre électronique (au cm près). L'âge des 3 plus gros arbres-études est déterminé à partir d'un carottage à 15 cm du sol. Ces données ont été prises à l'été 2009 et à l'été 2012.

### ***2.4.5 Les gaules***

Les gaules (dhp < 9 cm et hauteur > 0,60 m) ont été dénombrées le long de la virée à 0, 100 et 150 m à l'intérieur de la parcelle de 40 m<sup>2</sup> (rayon = 3,57 m). Ces données ont été prises à l'été 2009 et à l'été 2012.

### ***2.4.6 Les chicots***

Les chicots (arbres morts de dhp > 9 cm et de hauteur > 1,3 m) ont été dénombrés le long de la virée à 0, 100 et à 150 m dans des parcelles de 400 m<sup>2</sup> (rayon = 11,28 m). Le diamètre à hauteur de poitrine des chicots fut mesuré avec un ruban circonférentiel (au mm près) ainsi que leur hauteur à l'aide d'un hypsomètre électronique (aux 10 cm) et leur classe de dégradation fut notée (voir annexe 4). Le diamètre moyen, la hauteur moyenne, la classe moyenne de dégradation, le volume total à l'hectare (à l'aide de la formule du cylindre) et la densité totale des chicots ont été calculés pour chaque site. Ces données ont été prises à l'été 2009 et à l'été 2012.

### ***2.4.7 Les débris ligneux au sol***

Le recouvrement des débris ligneux au sol (de diamètre > 9,0 cm et de longueur > 1,5 m) a été évalué par la méthode d'intersection (Bertrand et Potvin 2003) sur des lignes de 15 m de longueur, débutant à tous les 50 m le long de la virée. Afin de tenir compte de l'effet des vents dominants sur la répartition des débris ligneux, les mesures ont été prises alternativement dans le sens de la virée et perpendiculairement à cette dernière.

Le diamètre des débris au point d'intersection avec la ligne de virée fut mesuré perpendiculairement à leur axe longitudinal. Cette mesure permet d'estimer le volume de débris ligneux au sol à l'hectare, grâce à la formule de Van Wagner (Van Wagner 1968). Le stade de dégradation des débris, d'après Tremblay (2009), fut également relevé (voir annexe 4).

## **2.5 Analyses statistiques**

Les traitements prévus dans les jeunes peuplements (3m) (éclaircie précommerciale régulière et forêt-faune) et les peuplements prématures (30 ans) (éclaircie commerciale régulière) diffèrent grandement quant aux normes d'exécution et aux effets sur la végétation en place. Nous avons donc effectué les analyses statistiques pour le stade 3m et pour le stade 30 ans séparément.

### ***2.5.1 Lièvre d'Amérique***

Pour évaluer l'effet des traitements forêt-faune et régulier dans les jeunes peuplements (3m) sur le lièvre nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) en insérant quatre effets dans ce modèle; l'origine (PL et PR), le traitement (REG, FF et TEM), la période (AVANT et

APRÈS) et enfin les années (2009, 2011 et 2012) emboîtées dans la période. La racine carrée du nombre de fèces / station a été utilisée afin de respecter les postulats de base de ce modèle. La dépendance spatiale entre les peuplements a été modélisée à l'aide d'une structure "spatial spectral" calculée à partir des coordonnées géographiques (centre du peuplement). La dépendance temporelle a été modélisée par une structure de type "heterogeneous compound symmetry". Les degrés de liberté ont été calculés par la méthode de Kenward-Rodgers.

Pour évaluer l'effet du traitement régulier sur le lièvre dans les peuplements prématures (30 ans), nous avons utilisé un modèle GLMM en insérant quatre effets; l'origine (PL , PÉ et PR), le traitement (REG et TEM) emboîté dans l'origine, la période (AVANT et APRÈS) et l'année (2009, 2011 et 2012) emboîtée dans la période. La racine carrée du nombre de fèces / station a été utilisée afin de respecter les postulats de base de ce modèle. La dépendance spatiale entre les peuplements a été modélisée à l'aide d'une structure "spatial exponential" calculée à partir des coordonnées géographiques (centre du peuplement). La dépendance temporelle a été modélisée par une structure de type "heterogeneous Toeplitz". Les degrés de liberté ont été calculés par la méthode de Kenward-Rodgers.

À partir des modèles élaborés précédemment, nous avons incorporé plusieurs combinaisons de covariables afin d'identifier celles qui expliquaient le mieux la variation de la densité de fèces de lièvre. Nous avons utilisé une approche de sélection de modèles basée sur le critère d'information Akaike (AIC). Le meilleur modèle étant celui qui présente le plus faible indice AIC. Les covariables testées sont l'obstruction latérale, le couvert arbustif haut résineux et le couvert arborescent résineux. Nous avons testé les effets simples des covariables, les interactions doubles entre celles-ci ainsi que leurs effets quadratiques.

### ***2.5.2 Les amphibiens***

Le modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) a été utilisé pour l'analyse des données de type « présence / absence » en insérant quatre effets ; l'origine, le traitement, la période et l'année emboîtée dans la période. Le numéro du site a été utilisé comme effet aléatoire. Nous avons comparé les résultats du dispositif des planchettes, car celui par recherche active n'a été utilisé qu'après les traitements. Par contre, nous avons comparé les résultats après les traitements entre ces deux méthodes pour mesurer l'efficacité de la méthode des planchettes.

### ***2.5.3 Les oiseaux***

Afin d'évaluer l'effet des traitements forêt-faune et régulier ainsi que l'origine des peuplements dans les jeunes peuplements (3m) sur chaque espèce d'oiseaux, nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) en insérant quatre effets; l'origine (PL et PR), le traitement (REG, FF et TEM), la période (AVANT et APRÈS) et l'interaction entre la période et les traitements. Le numéro du site a été utilisé comme effet aléatoire.

Afin d'évaluer l'effet du traitement régulier ainsi que l'origine des peuplements sur chaque espèce d'oiseaux dans les peuplements prématures (30 ans), nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé mixte (GLMM) en insérant quatre effets; l'origine (PL, PÉ et PR), le traitement (REG et TEM), la période (AVANT et APRÈS) et l'interaction entre la période et les traitements. Le numéro du site a été utilisé comme effet aléatoire.

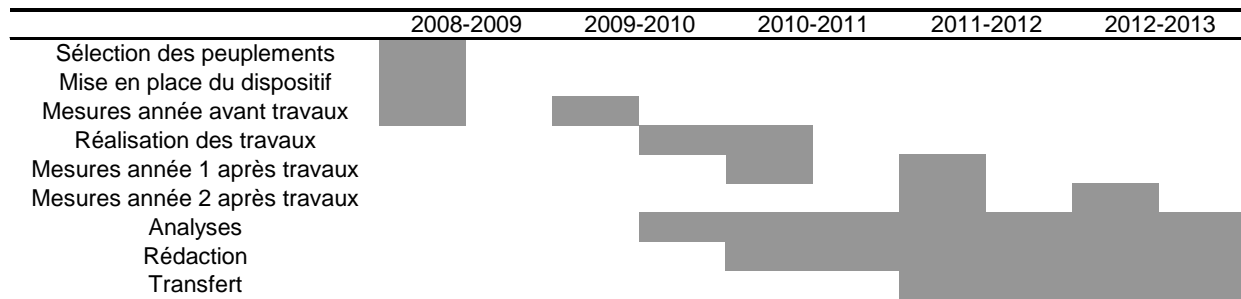
#### 2.5.4. Végétation et dendrométrie

Pour évaluer les effets des traitements sur les variables qui décrivent la végétation, nous avons utilisé les modèles linéaires généralisés mixtes (GLMM) en insérant quatre effets dans les modèles, l'origine, le traitement, la période et les années emboîtées dans la période.

Nous avons estimé (moyenne et écart-type) la surface terrière marchande et le volume marchand (DHP>9,0 cm) des tiges avant et après traitement. Le volume des tiges a été estimé avec l'équation de Fortin et al. (2007). La hauteur des tiges, nécessaire au calcul du volume, a été estimée à l'aide de l'équation de Fortin et al. (2009). L'application de ces équations a été effectuée avec le simulateur ARTÉMIS-2009 (Fortin et Langevin 2010) sur la plateforme Capsis (<http://capsis.cirad.fr/capsis>). En raison de la faible profondeur temporelle du dispositif, aucun test de comparaisons de moyennes n'a été fait.

## 2.6 Échéancier

L'échéancier du projet, déposé en 2007, est présenté ci-dessous dans une version simplifiée :



Source : Pierre Blanchette, comm. personne.

**Figure 2 : Détails de l'échéancier du projet, pour les années 2008 à 2013**

Actions réalisées :

- **2008-2009** : mise à jour du portrait régional, validation du dispositif expérimental (espèces cibles et méthodologie), sélection des sites en forêt privée et publique, ententes avec les propriétaires et mise en place du dispositif;

- **2009-2010** : vérification des parcelles, prise de données avant traitements sylvicoles et compilation des données, début des traitements sylvicoles;
- **2010-2011** : fin et vérification des traitements sylvicoles et nettoyage des parcelles à lièvre (aucune prise de donnée);
- **2011-2012** : première année de prise de données après traitement, nettoyage des parcelles à lièvre et compilation des données.
- **2012-2013** : deuxième année de prise de données après traitement, compilation des données, analyse des résultats, recommandations, rédaction du rapport final et diffusion des résultats.

L'avenir à moyen terme du projet (5 ans) reste encore à définir.

### 3. RÉSULTATS

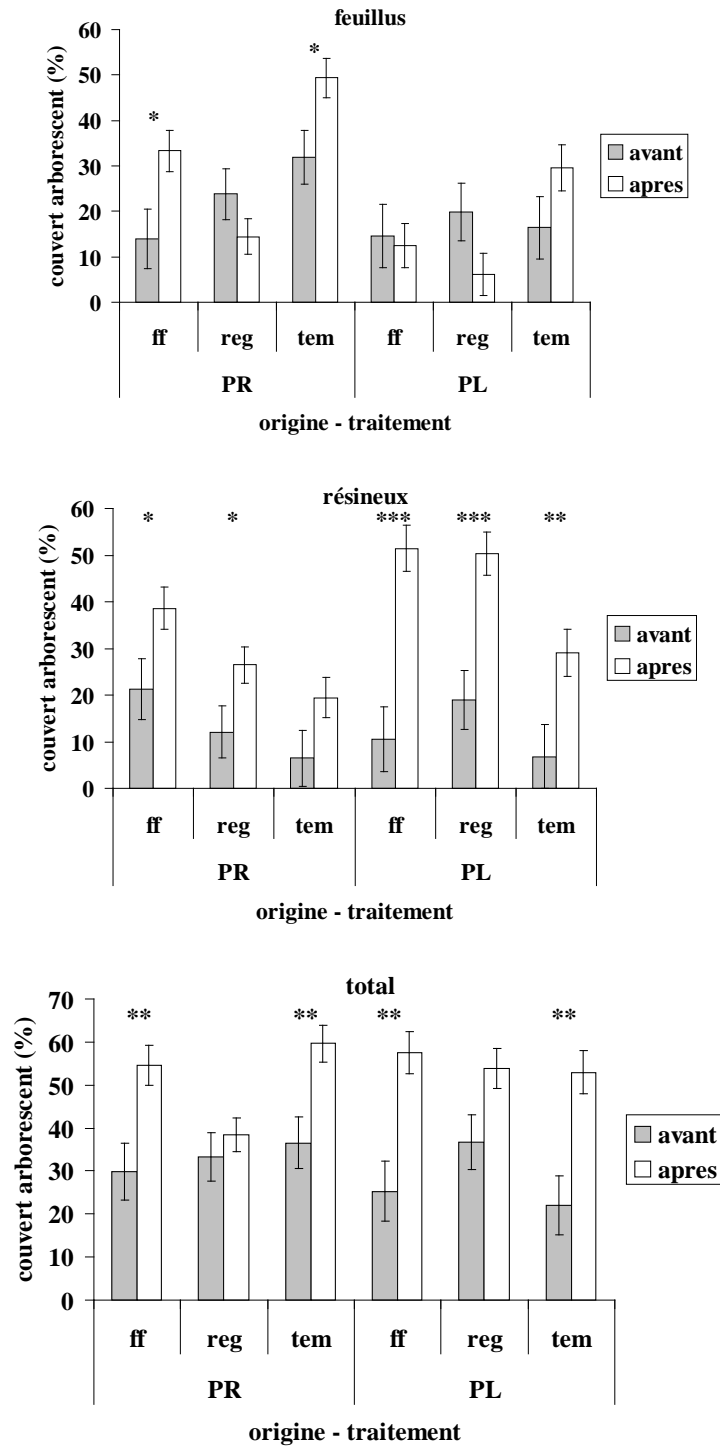
Des analyses statistiques ont été réalisées en vue de déterminer si les écarts mesurés après les travaux étaient reliés au type de traitement (TEM, REG ou FF) qui a été appliqué, et ce, pour les variables considérées. Nous avons également testé l'effet de l'origine du peuplement étudié (PR, PE ou PL) sur ces écarts.

#### 3.1 Végétation

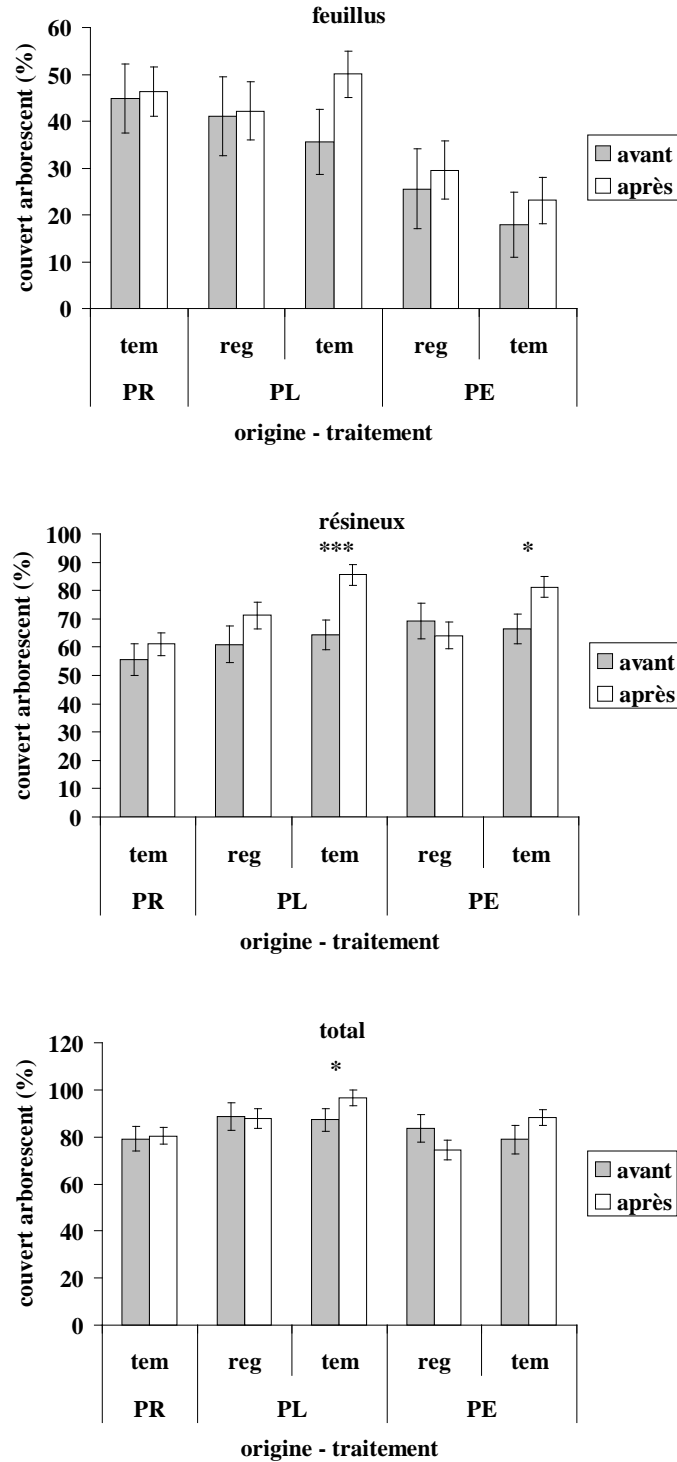
##### *3.1.1 Couvert forestier arborescent (hauteur > 4 m)*

Dans les *peuplements jeunes (3m)*, on observe un effet significatif des traitements entre les périodes au niveau du recouvrement de la strate arborescente des essences feuillues ( $F=7,08$ ;  $P=0,001$ ; D.L.=2). Ainsi le recouvrement arborescent des feuillus fut significativement plus élevé après les travaux pour les traitements FF et les TEM (Figure 3). L'origine du peuplement a également eu un effet ( $F=11,59$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=1), globalement les PR présentaient un recouvrement arborescent feuillu plus élevé que les PL. Par contre, pour le recouvrement arborescent résineux, il n'y a pas d'effet du traitement entre les périodes ( $F=1,10$ ;  $P=0,336$ ; D.L.=2). La densité du couvert résineux a augmenté après les travaux dans tous les traitements sauf pour les PR-TEM (Figure 3). L'interaction période – origine a eu un effet significatif sur le recouvrement arborescent des résineux ( $F=7,10$ ;  $P=0,009$ ; D.L.=1). Le recouvrement des résineux fut plus élevé dans les PL suite aux traitements. Enfin, il n'y a pas eu d'effet significatif des traitements sur le recouvrement arborescent total ( $F=2,25$ ;  $P=0,109$ ; D.L.=2) ni de l'origine du peuplement ( $F=0,03$ ;  $P=0,875$ ; D.L.=1). Par contre, l'exécution des travaux a eu pour effet une augmentation du recouvrement arborescent total ( $F=8,21$ ;  $P=0,005$ ; D.L.=1) dans l'ensemble des conditions à l'exception des PR-REG.

Pour les *peuplements prématures (30 ans)*, il n'y a pas d'effet du traitement entre les périodes au niveau du recouvrement arborescent des essences feuillues ( $F=0,62$ ; D.L.=1;  $P=0,433$ ). Par contre le recouvrement diffère selon l'origine du peuplement ( $F=9,77$ ; D.L.=2;  $P<0,001$ ). Ainsi, globalement, les PE ont un recouvrement arborescent des essences feuillues plus faible que les PL ou PR (Figure 4). Il y a eu un effet significatif des traitements entre les périodes pour le couvert résineux ( $F=4,75$ ;  $P=0,031$ ; D.L.=1). Ainsi on a mesuré une augmentation du couvert résineux suite aux travaux dans les PL-TEM et les PE-TEM (Figure 4). L'exécution des travaux a eu pour effet une augmentation du recouvrement arborescent total ( $F=4,69$ ;  $P=0,033$ ; D.L.=1) dans les PL-TEM seulement (Figure 4).



**Figure 3 : Pourcentage (moyenne  $\pm$  erreur type) de recouvrement de la strate arborescente (> 4m) feuillue, résineuse et totale dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénote une différence significative avant et après les travaux.**



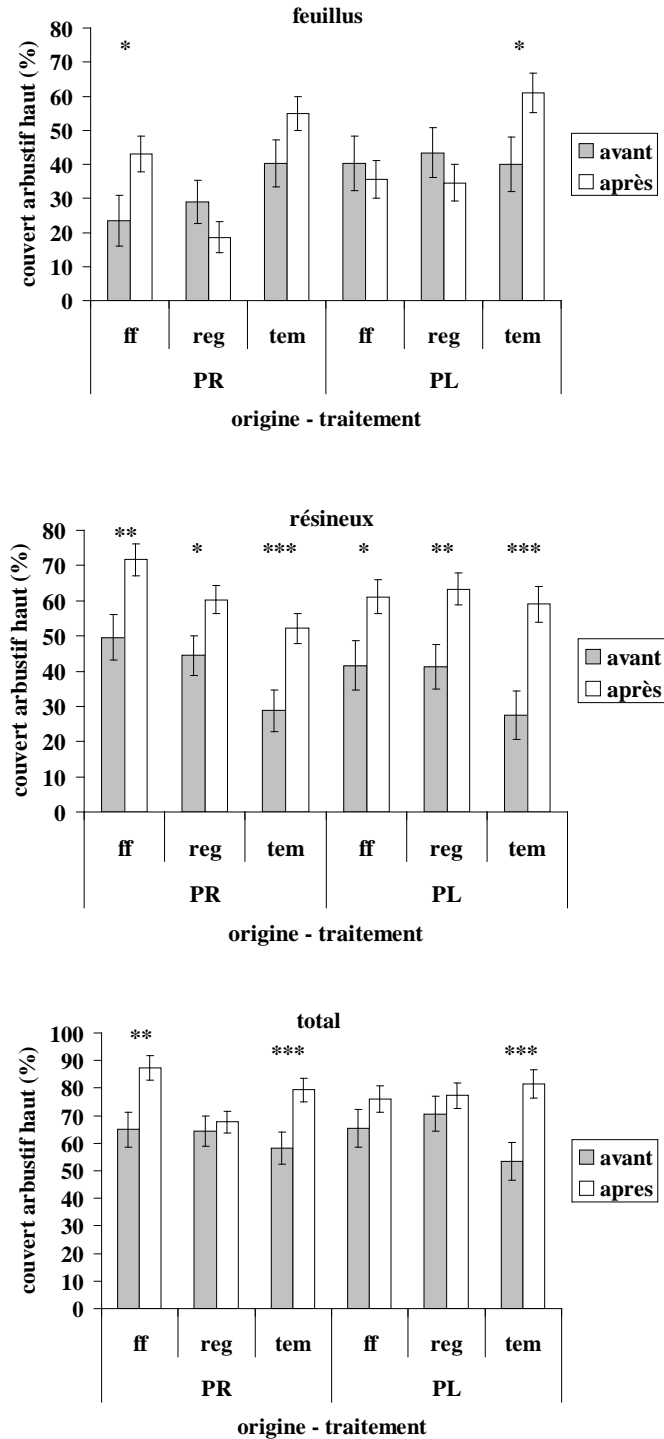
**Figure 4 : Pourcentage (moyenne  $\pm$  erreur type) de recouvrement de la strate arborescente (> 4m) feuillue, résineuse et totale dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématurés (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénote une différence significative avant et après les travaux.**



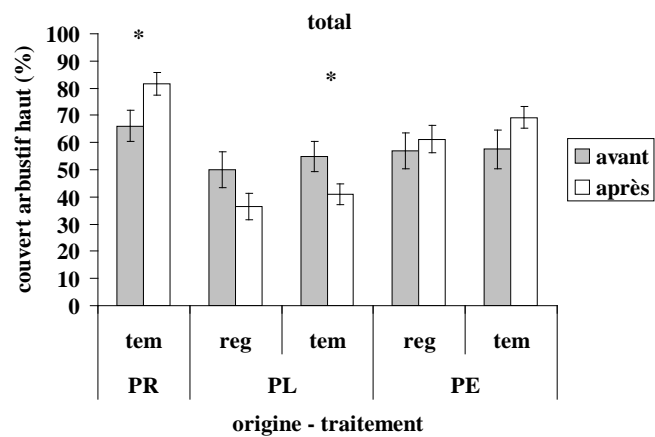
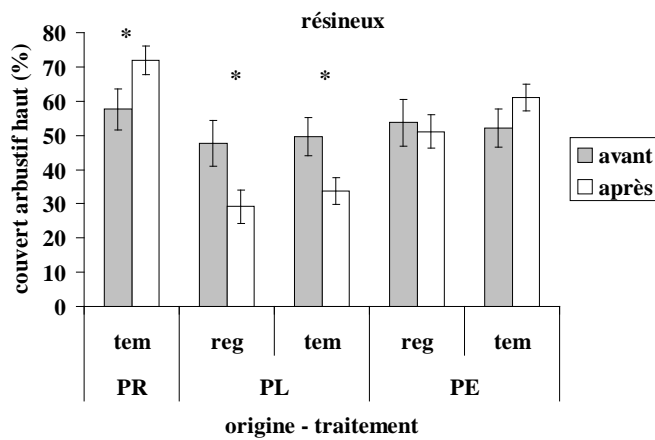
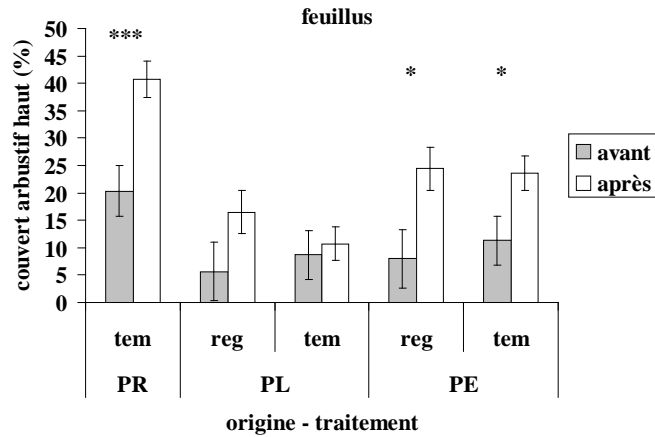
### 3.2.2 Couvert forestier arbustif haut (hauteur 1 à 4 m)

Dans les *peuplements jeunes* (3m), on observe un effet significatif des traitements entre les périodes sur le recouvrement des arbustes hauts feuillus ( $F=5,24$ ;  $P=0,007$ ; D.L.=2). Ainsi, le couvert arbustif haut feuillu a augmenté significativement à la suite des travaux dans les PR-FF et dans les PL-TEM (Figure 5). Pour les essences résineuses, il y eu une augmentation du couvert à la suite des travaux ( $F=6,30$ ;  $P=0,003$ ; D.L.=2) dans toutes les conditions y compris dans les TEM (Figure 5). Enfin, on observe un effet significatif des traitements entre les périodes ( $F=3,38$ ;  $P=0,037$ ; D.L.=2) pour le couvert arbustif haut total. Ainsi, le couvert arbustif haut total a significativement augmenté à la suite des travaux pour les traitements FF et TEM (Figure 5).

Pour les *peuplements prématures* (30 ans), on observe un effet significatif des traitements entre les périodes sur le recouvrement des arbustes hauts feuillus ( $F=30,41$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=1). Ainsi, le couvert arbustif haut feuillu a augmenté significativement suite aux travaux sauf dans les PL (Figure 6). Le couvert arbustif haut résineux a varié différemment après les travaux, mais selon l'origine du peuplement et non selon le type de traitement ( $F=5,92$ ,  $P=0,004$ , D.L.=2). Il a significativement augmenté dans les PR, mais il a diminué dans les PL autant dans les TEM que dans les REG (Figure 6). Au total le couvert arbustif haut a augmenté dans les PR, mais a diminué dans les PL-TEM entre les périodes ( $F=6,23$ ;  $P=0,003$ ; D.L.=2) (Figure 6).



**Figure 5 : Pourcentage (moyenne  $\pm$  erreur type) de recouvrement de la strate arbusative haute (1 à 4m) feuillue, résineuse et totale dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénote une différence significative avant et après les travaux.**

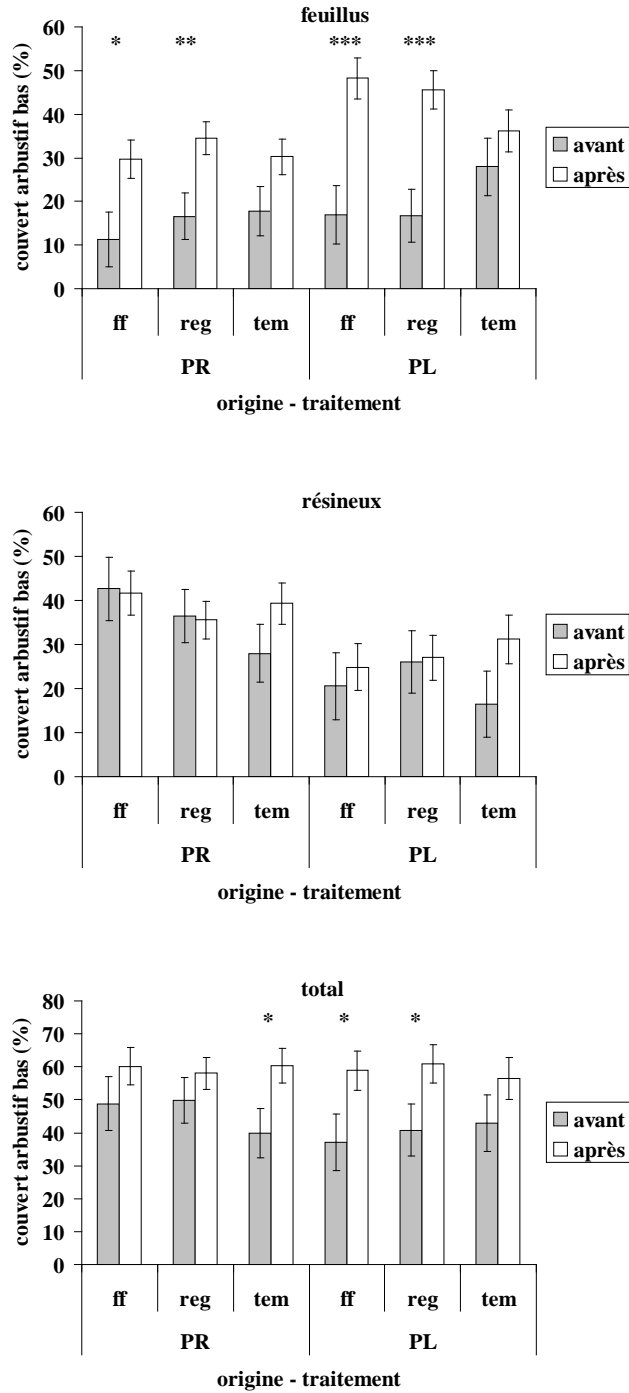


**Figure 6 : Pourcentage (moyenne  $\pm$  erreur type) de recouvrement de la strate arbustive haute (1 à 4 m) feuillue, résineuse et totale dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénote une différence significative avant et après les travaux.**

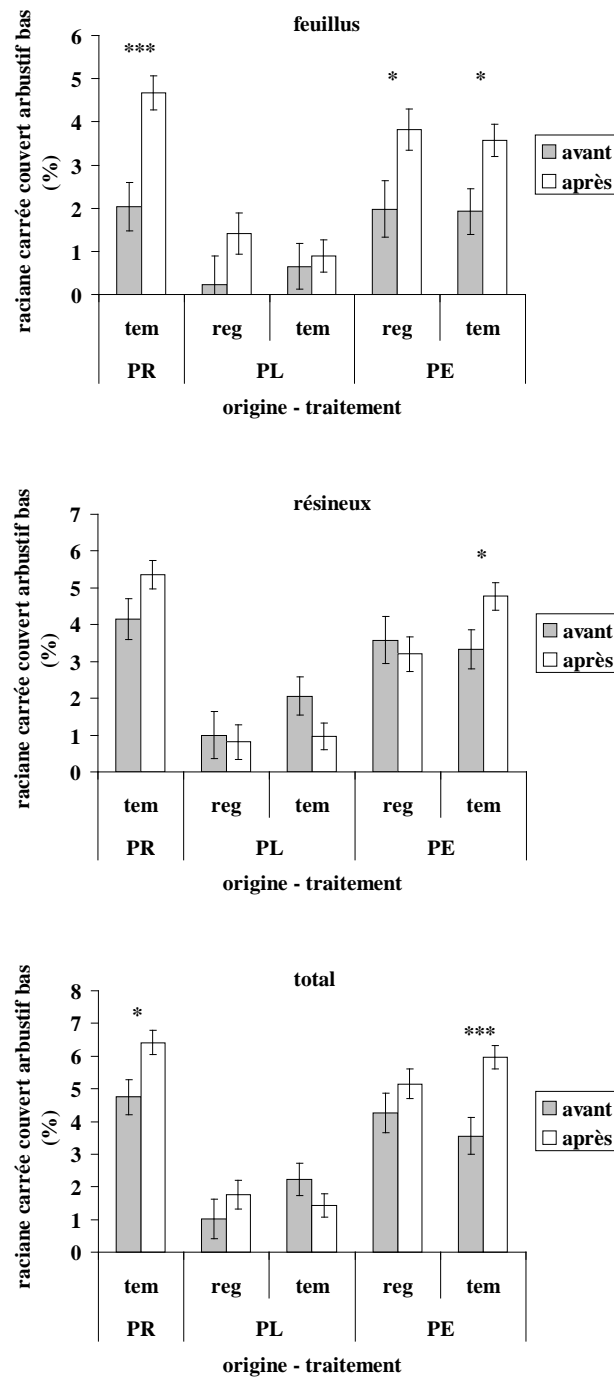
### 3.2.3 Couvert forestier arbustif bas (hauteur 0,5 à 1 m)

Dans les *peuplements jeunes* (3m), le traitement n'a pas eu d'effet significatif sur l'augmentation du couvert arbustif bas feuillu à la suite des travaux, par contre cette variation diffère selon l'origine du peuplement ( $F=7,36$ ;  $P=0,008$ ; D.L.=1). L'augmentation du couvert arbustif bas feuillu a été plus importante dans les PL que dans les PR à la suite des travaux (Figure 7). Le couvert arbustif bas résineux diffère selon l'origine du peuplement ( $F=12,71$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=1), il est plus élevé dans les PR que dans les PL aussi bien avant qu'après les travaux (Figure 7). Enfin, le recouvrement arbustif bas total a significativement augmenté entre les périodes ( $F=17,43$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=1), mais on ne note pas d'effet du traitement ou de l'origine du peuplement. L'augmentation du couvert arbustif bas total fut significative dans les PR-TEM et les PL-FF et PL-REG (Figure 7).

Pour les *peuplements prématures* (30 ans), on observe un effet significatif de l'origine du peuplement entre les périodes sur le couvert arbustif bas feuillu ( $F=3,15$ ;  $P=0,047$ ; D.L.=2). Ainsi, le couvert arbustif bas feuillu a significativement augmenté à la suite des travaux dans les PR et dans les PE (Figure 8). Également, au niveau des résineux, on note un effet de l'origine du peuplement sur le couvert arbustif bas ( $F=33,36$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=2); le couvert étant systématiquement plus élevé dans les PR et PE comparativement au PL. Par contre seul le couvert arbustif bas résineux dans les PE-TEM a augmenté significativement à la suite des travaux (Figure 8). Au total, on note un effet combiné du traitement, de l'origine et des traitements sur l'évolution du couvert arbustif bas ( $F=14,01$ ;  $P=0,025$ ; D.L.=1). Le couvert arbustif bas total a significativement augmenté à la suite des travaux dans les PR-TEM et dans les PE-TEM seulement (Figure 8).



**Figure 7 : Pourcentage (moyenne  $\pm$  erreur type) de recouvrement de la strate arbusative basse (0,5 à 1 m) feuillue, résineuse et totale dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénote une différence significative avant et après les travaux.**



**Figure 8 :** Racine carrée du pourcentage (moyenne  $\pm$  erreur type) de recouvrement de la strate arbustive basse (0,5 à 1m) feuillue, résineuse et totale dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénote une différence significative avant et après les travaux.

### 3.2.4 Obstruction latérale

Dans les *peuplements jeunes (3m)*, le pourcentage d'obstruction latérale entre 0 et 0,5 m de hauteur ne diffère pas entre les traitements, l'origine et la période ( $F=0,35$ ;  $P=0,708$ ; D.L.=2). Pour les autres classes de hauteur, on observe un effet significatif des traitements entre les périodes (0,5 – 1,0m:  $F=5,78$ ;  $P=0,004$ ; D.L.=2, 1,0 – 1,5m:  $F=9,24$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=2, 1,5 – 2,0m:  $F=9,94$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=2, 0 – 2,0m:  $F=8,08$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=2) et ce peu importe l'origine du peuplement. L'obstruction latérale a significativement diminué dans les PR- REG et les PR- FF et dans les PL-REG pour toutes ces classes de hauteur (Figure 9).

Pour les *peuplements prématures (30 ans)*, on observe un effet significatif de l'origine des peuplements sur l'obstruction latérale pour toutes les classes de hauteur (0 à 2,0m:  $F=47,42$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=2). Ainsi, l'obstruction latérale est significativement différente entre les origines que ce soit avant ou après les travaux et elle est la plus faible dans les PR et la plus élevée dans les PL. On note un effet significatif du traitement selon la période pour les classes de hauteur 0,5 à 1,0m ( $F=7,48$ ;  $P=0,007$ ; D.L.=1), 1,0 à 1,5m ( $F=7,68$ ;  $P=0,007$ ; D.L.=1) et 0 à 2,0m ( $F=4,16$ ;  $P=0,044$ ; D.L.=1); pour ces classes de hauteur, il y a eu une augmentation significative de l'obstruction latérale dans les PR-REG et dans les PL-REG (Figure 10).

Le Tableau I synthétise les résultats pour le couvert forestier et l'obstruction latérale afin d'avoir une vue d'ensemble de ces résultats.

**Tableau I : Synthèse des résultats du changement du couvert forestier et de l'obstruction latérale avant traitement et après traitement.**

		PL3M			PR3M			PL30		PE30		PR30
		FF	REG	TEM	FF	REG	TEM	REG	TEM	REG	TEM	TEM
Couvert forestier arborescent (> 4m)	<b>feuillu</b>	=	=	=	+	=	+	=	=	=	=	=
	<b>résineux</b>	+	+	+	+	+	=	=	+	=	+	=
	<b>total</b>	+	=	+	+	=	+	=	+	=	=	=
Couvert forestier arbustif haut (1 à 4m)	<b>feuillu</b>	=	=	+	+	=	=	=	=	+	+	+
	<b>résineux</b>	+	+	+	+	+	+	-	-	=	=	+
	<b>total</b>	=	=	+	+	=	+	=	-	=	=	+
Couvert forestier arbustif bas (0,5 à 1m)	<b>feuillu</b>	+	+	=	+	+	=	=	=	+	+	+
	<b>résineux</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	=	+	=
	<b>total</b>	=	=	+	+	+	=	=	=	=	+	+
Obstruction latérale	<b>0-0,5m</b>	=	=	=	=	=	=	=	=	-	=	=
	<b>0,5-1,0m</b>	=	-	=	-	-	=	-	=	-	=	=
	<b>1,0-1,5m</b>	=	-	=	-	-	=	-	=	-	=	=
	<b>1,5-2,0m</b>	=	-	=	-	-	=	-	-	-	=	=
	<b>0-2,0m</b>	=	-	=	-	-	=	-	=	-	-	=

PL3M : Plantations jeunes

PR3M : Peuplements régénérés jeunes

PE30 : Peuplements éduqués prématures

PL30 : Plantations prématures

PR30 : Peuplements régénérés prématures

FF : Forêt-faune

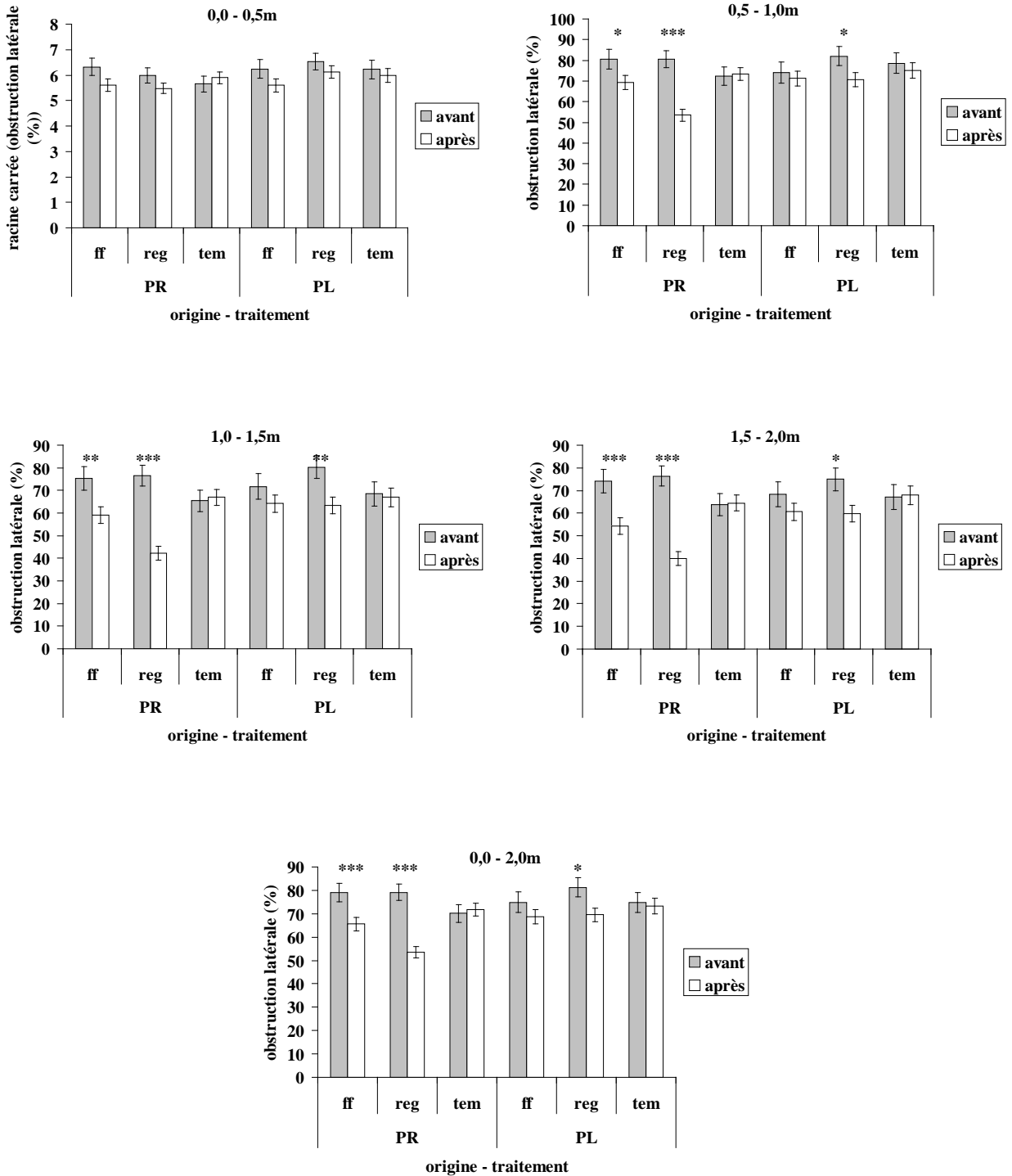
TEM : Témoin

+ : Hausse du couvert forestier vertical

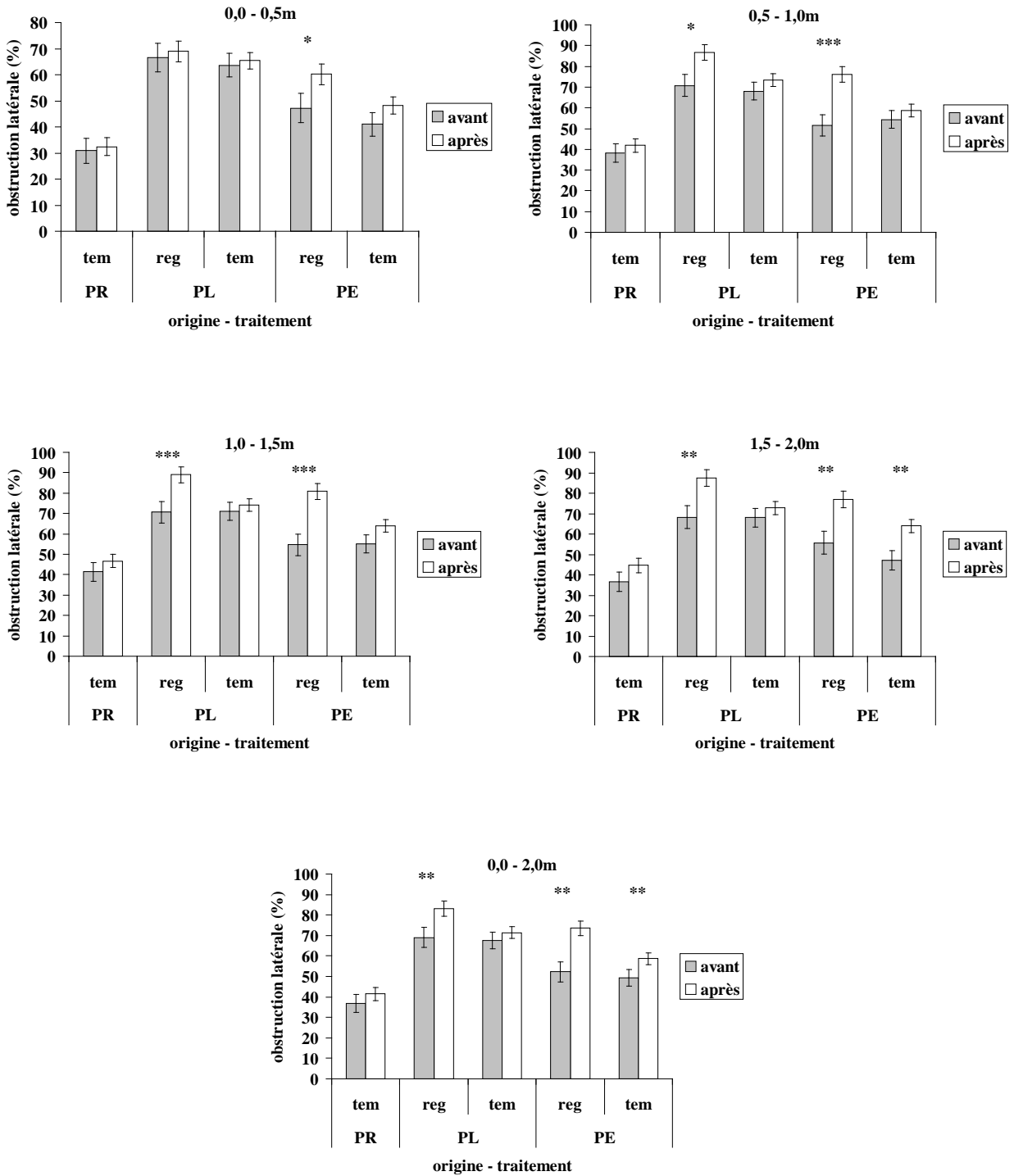
- : Baisse du couvert forestier vertical

= : Aucune différence du couvert forestier vertical





**Figure 9 : Obstruction latérale (moyenne  $\pm$  erreur type) par classe de hauteur dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénote une différence significative avant et après les travaux.**



**Figure 10 : Obstruction latérale (moyenne ± erreur type) par classe de hauteur dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \* ≤ 0,05, \*\* ≤ 0,01, \*\*\* ≤ 0,001 dénote une différence significative avant et après les travaux**

### **3.2.5 Densité des arbres (DHP>9,0 cm)**

Dans les *peuplements jeunes (3m)*, on n'a pas noté d'effet des traitements entre les périodes. Le nombre d'arbres d'essence feuillue a significativement augmenté dans les PR-TEM alors que le nombre de tiges de résineux et celles au total ont significativement augmenté dans les PL-REG et PL-FF (Figure 11).

Dans les *peuplements prématures (30 ans)*, on note un effet significatif des traitements en fonction de la période pour le nombre total de tiges/ha seulement (F=9,67; P=0,003; D.L.=1). Ainsi, la densité totale de tiges a significativement diminuée à la suite du traitement REG dans les PL et les PE (Figure 12).

### **3.2.6 Densité des gaules (DHP<9,0 cm, hauteur > 0,6m)**

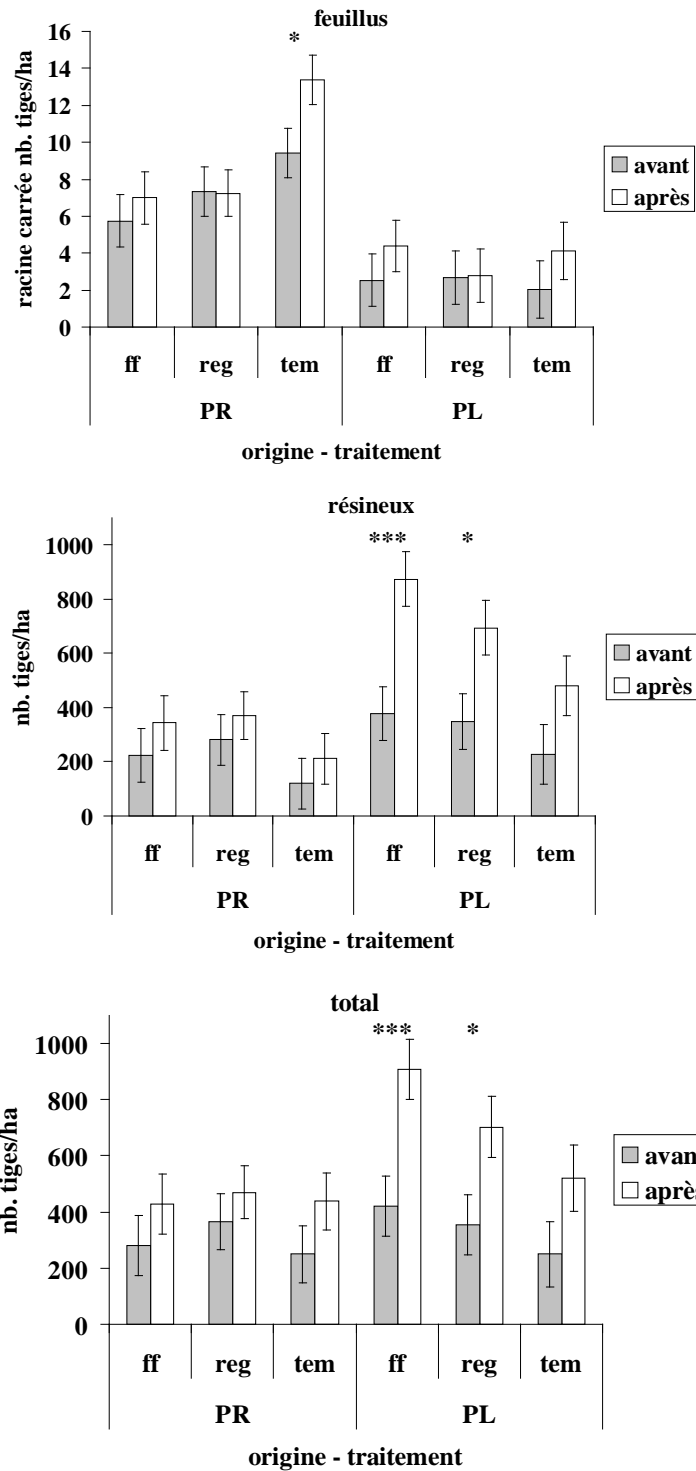
Dans les *peuplements jeunes (3m)*, il n'y a pas eu d'effet du traitement entre les périodes, et ce, autant pour les tiges feuillues (F=1,30; P=0,279; D.L.=2), les résineuses (F=0,470; P=0,679; D.L.=2) et celles au total (F=0,910; P=0,409; D.L.=2). Globalement, on note une baisse significative de la densité des tiges dans les PR-FF et PR-REG (Figure 13).

Dans les *peuplements prématures (30 ans)*, il n'y a pas eu d'effet du traitement entre les périodes, et ce, autant pour les tiges feuillues (F=1,00; P=0,321; D.L.=1), les résineuses (F=0,830; P=0,364; D.L.=1) et celles au total (F=0,001; P=0,951; D.L.=1). Globalement, on note une augmentation significative de la densité de tiges dans les PR-TEM et PE-TEM (Figure 14).

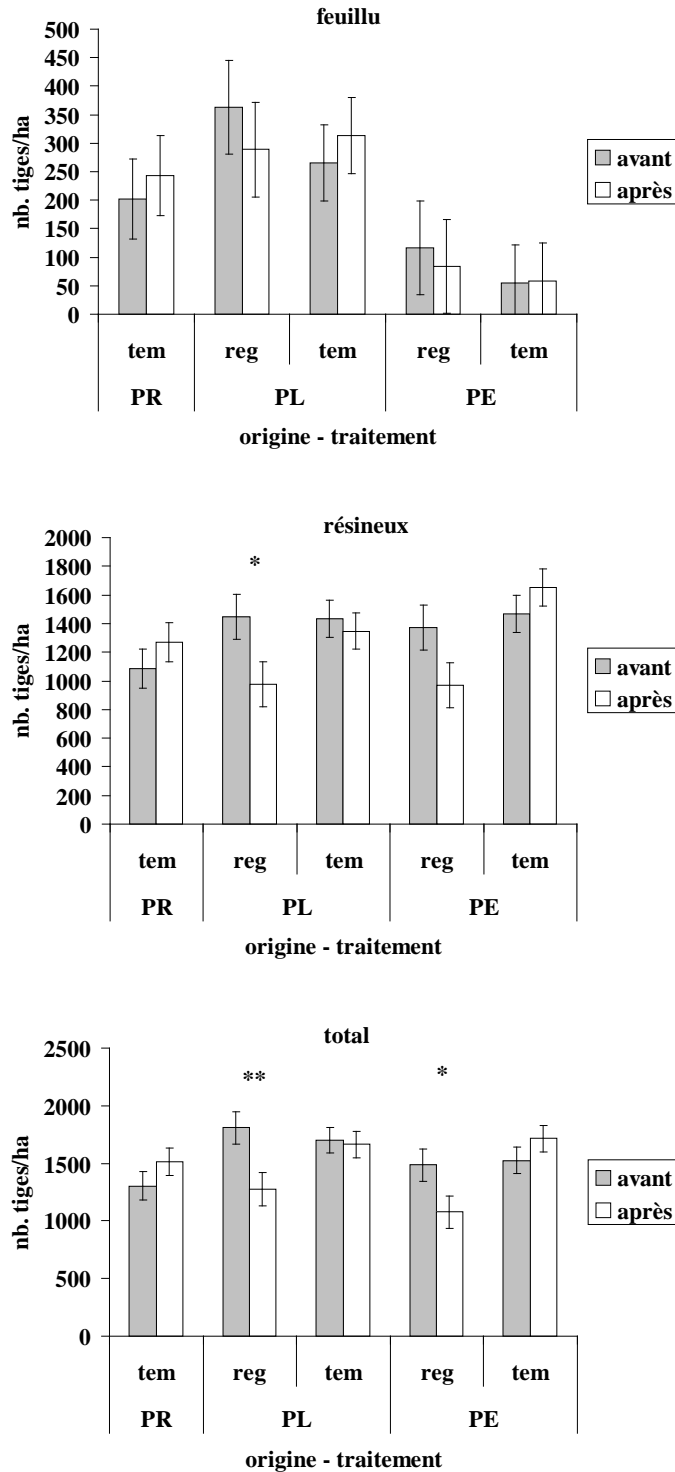
### **3.2.7 Recouvrement des herbacées**

Dans les *peuplements jeunes (3m)*, il n'y a pas eu d'effet du traitement entre les périodes, et ce, autant pour les framboisiers (F=0,79; P=0,456; D.L.=2), que pour les vaccinium (F=0,400; P=0,669; D.L.=2), les mousses (F=1,090; P=0,342; D.L.=2) et les herbacées au total (F=0,290; P=0,747; D.L.=2). Seule une baisse significative du recouvrement des framboisiers fut mesurée dans les PL-TEM après les travaux (Figure 15).

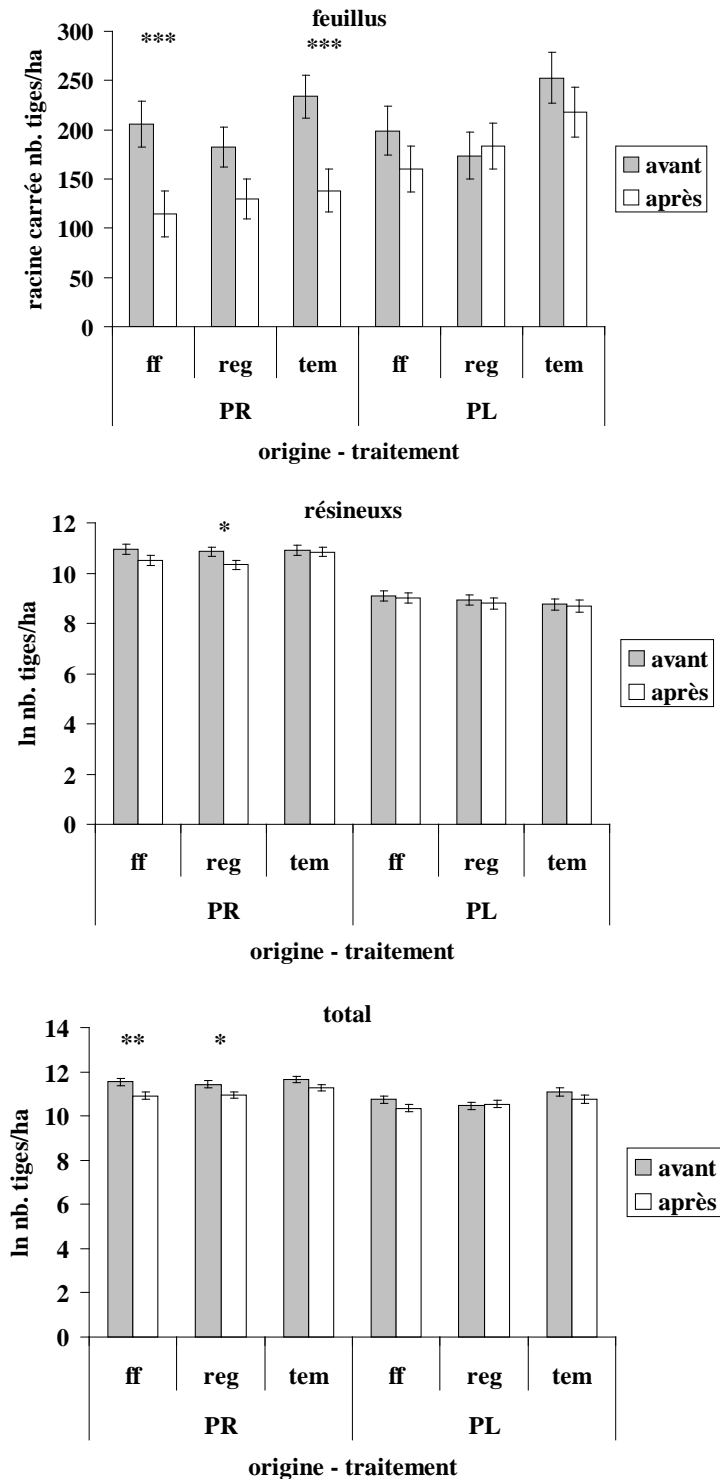
Dans les *peuplements prématures (30 ans)*, il n'y a pas eu d'effet du traitement entre les périodes, et ce, autant pour les framboisiers (F=1,22; P=0,274; D.L.=1), que pour les vaccinium (F=0,70; P=0,405; D.L.=1), les mousses (F=0,17; P=0,681; D.L.=1) et les herbacées au total (F=0,26; P=0,611; D.L.=1). Seule une baisse significative du recouvrement des vaccinium après les travaux fut mesurée dans les PE-REG (Figure 16). Par contre l'origine du peuplement a eu un effet significatif sur le recouvrement des herbacées. Les recouvrements des framboisiers dans les PE étaient plus faibles par rapport aux PR (F=4,45; P<0,014; D.L.=2), celui des mousses était plus élevé dans les PE par rapport à celui des PL et des PR (F=15,66; P<0,001; D.L.=2) et enfin le recouvrement total des herbacées était plus élevé dans les PE comparativement à celui mesuré dans les PL (F=9,02; P<0,001; D.L.=2).



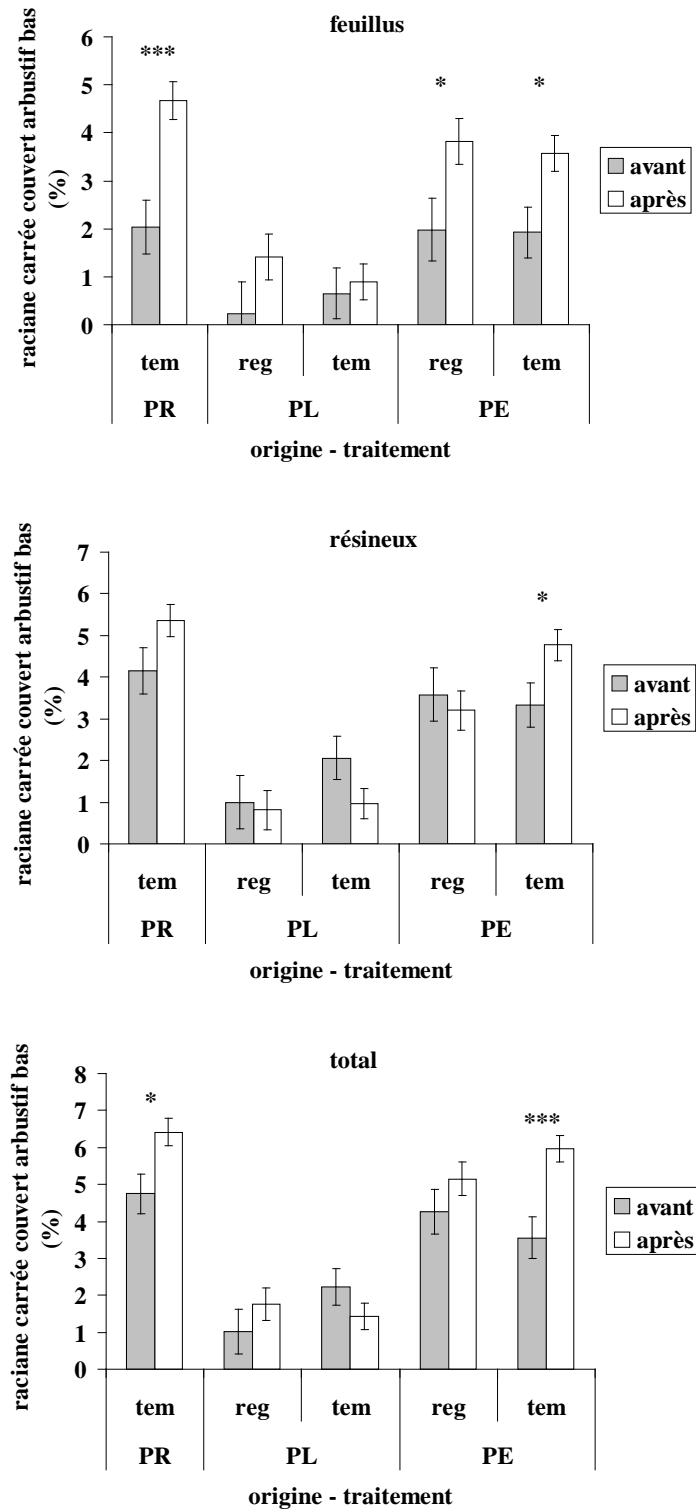
**Figure 11 : Densité des arbres (moyenne  $\pm$  erreur type) d'essence feuillue, résineuse et au total dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénotent une différence significative avant et après les travaux.**



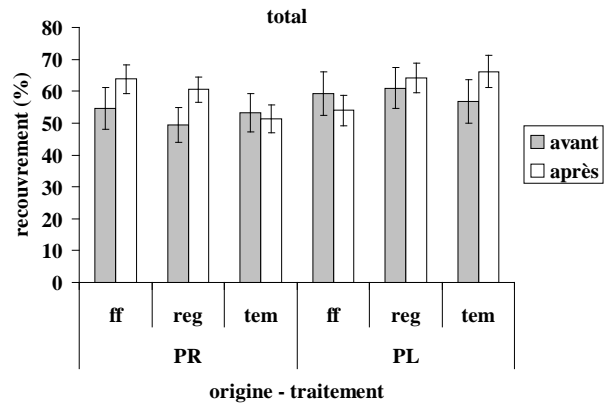
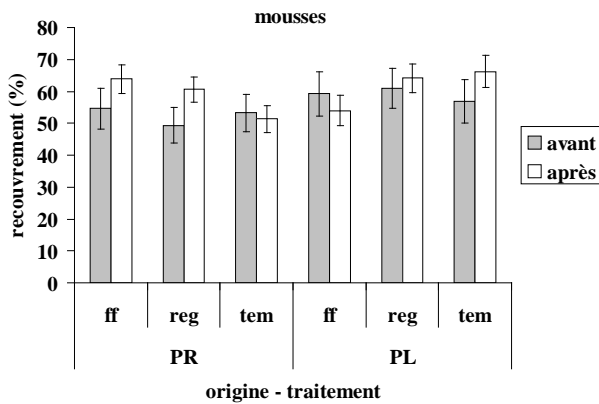
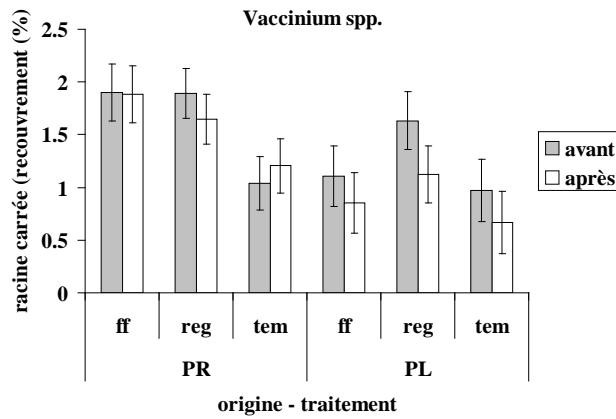
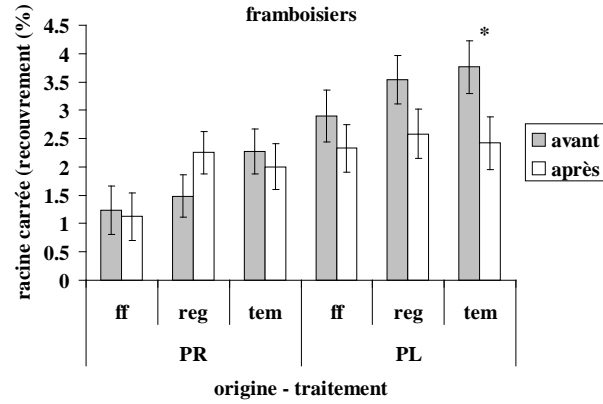
**Figure 12 : Densité des arbres (moyenne  $\pm$  erreur type) d'essence feuillue, résineuse et au total dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénotent une différence significative avant et après les travaux.**



**Figure 13 : Densité des gaules (moyenne  $\pm$  erreur type) d'essence feuillue, résineuse et au total dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénotent une différence significative avant et après les travaux.**

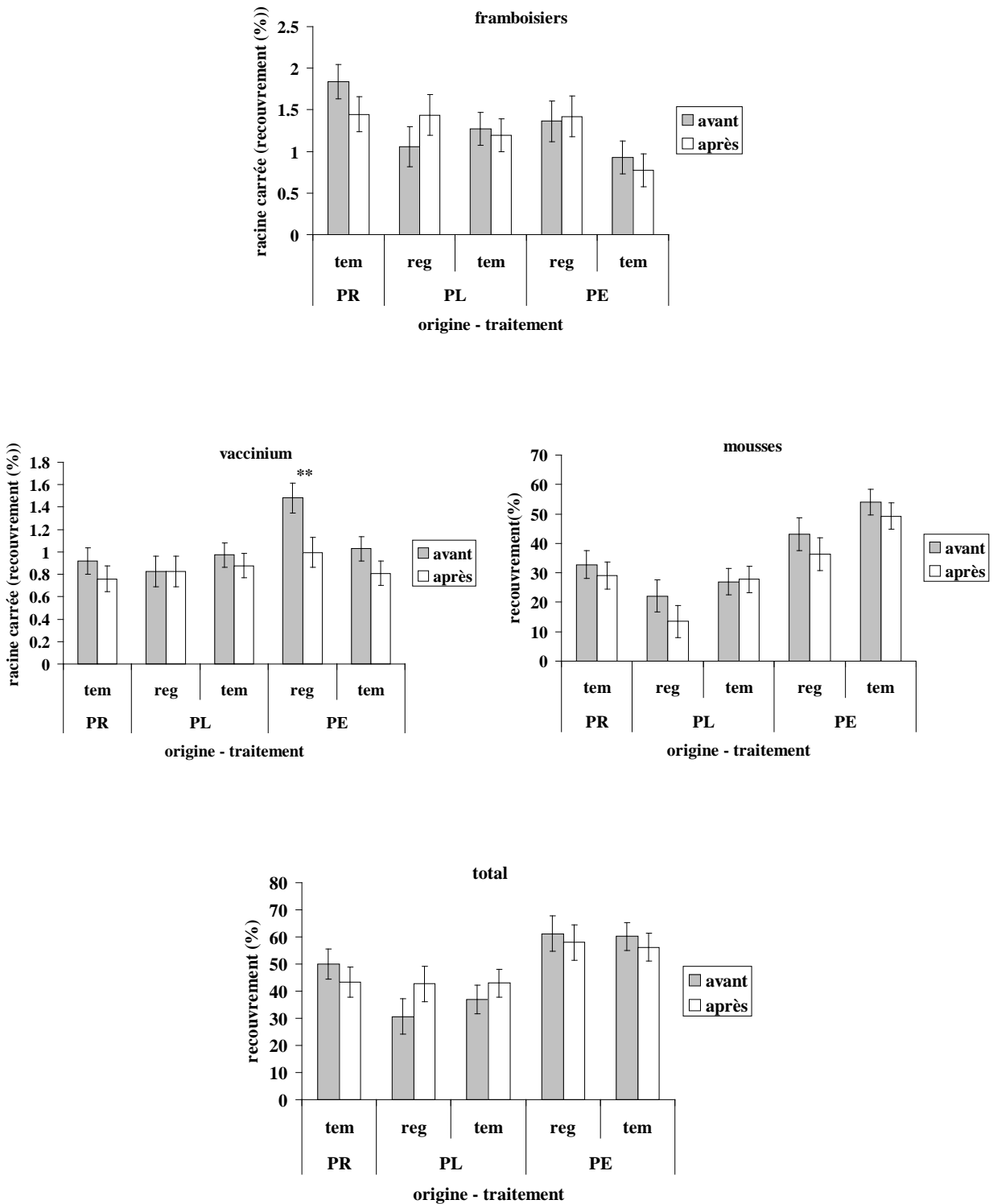


**Figure 14 : Densité des gaules (moyenne ± erreur type) d'essence feuillue, résineuse et au total dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \* ≤0,05, \*\* ≤ 0,01, \*\*\* ≤ 0,001 dénotent une différence significative avant et après les travaux.**



**Figure 15 : Recouvrement (moyenne  $\pm$  erreur type) de la strate herbacée dans les plantations (PL) et les peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , dénote une différence significative avant et après les travaux.**





**Figure 16 : Recouvrement (moyenne  $\pm$  erreur type) de la strate herbacée dans les plantations (PL) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \*\*  $\leq 0,01$ , dénote une différence significative avant et après les travaux.**

### 3.2.8 Volume de débris ligneux au sol

Dans les *peuplements jeunes (3m)*, on n'observe pas d'effet significatif des traitements entre les périodes ( $F=0,38$ ;  $P=0,682$ ;  $D.L.=2$ ). Cependant, l'origine influence le volume de débris ligneux ( $F=7,77$ ;  $P=0,006$ ;  $D.L.=1$ ), les PL ayant un volume moyen de débris ligneux significativement plus faible que les PR (Figure 17).

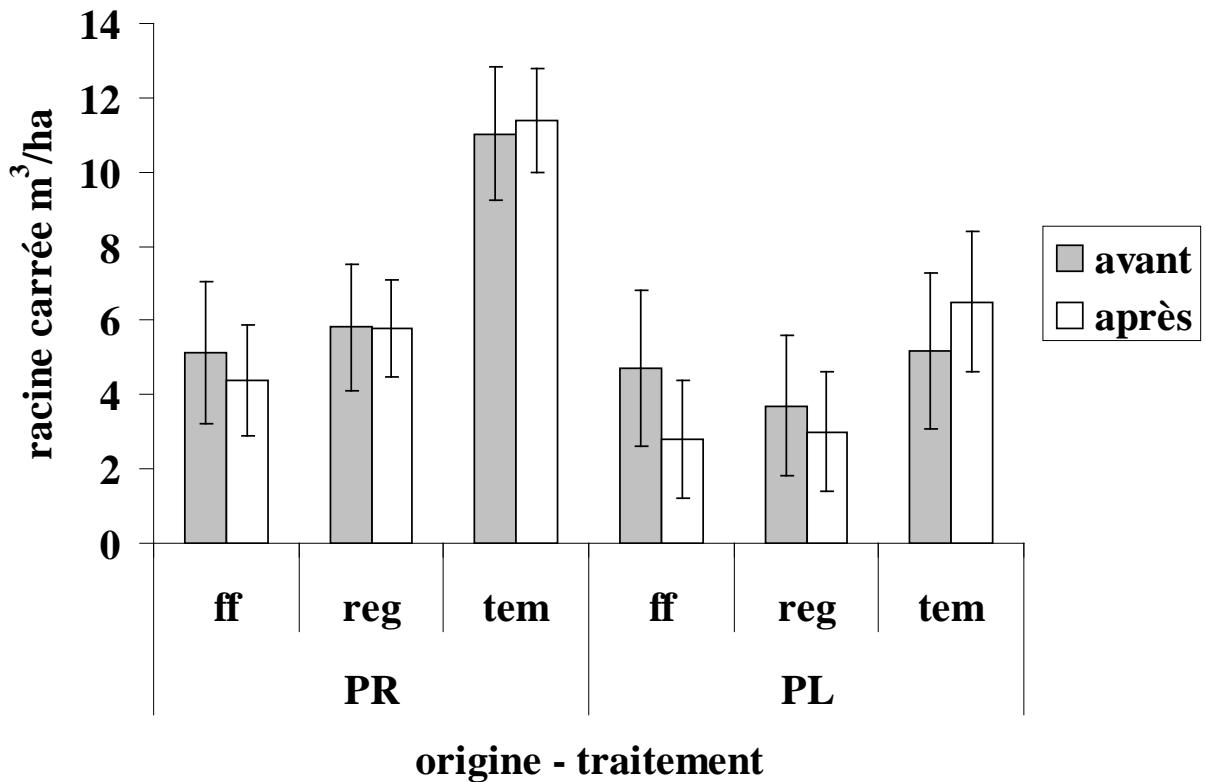


Figure 17 : Volume des débris ligneux (moyenne  $\pm$  erreur type) dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux.

Dans les *peuplements prématures (30 ans)*, on a mesuré un effet significatif du traitement entre les périodes ( $F=1,30$ ;  $P=0,258$ ;  $D.L.=1$ ). De plus, on observe un effet significatif de l'origine du peuplement sur le volume de débris ligneux ( $F=19,56$ ;  $P<0,001$ ,  $D.L.=2$ ). Les PR ont un volume de débris ligneux significativement supérieur aux PE et aux PN et les PE ont un volume de débris ligneux significativement plus élevé que les PL (Figure 18).

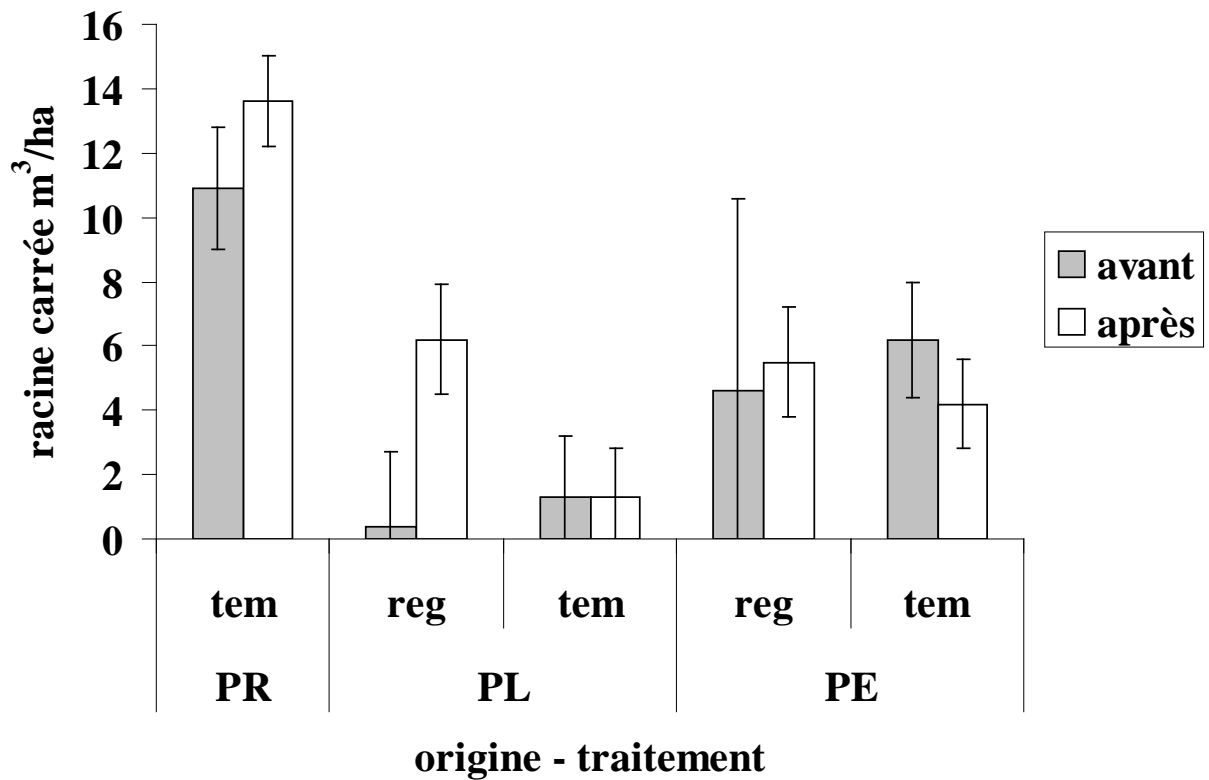
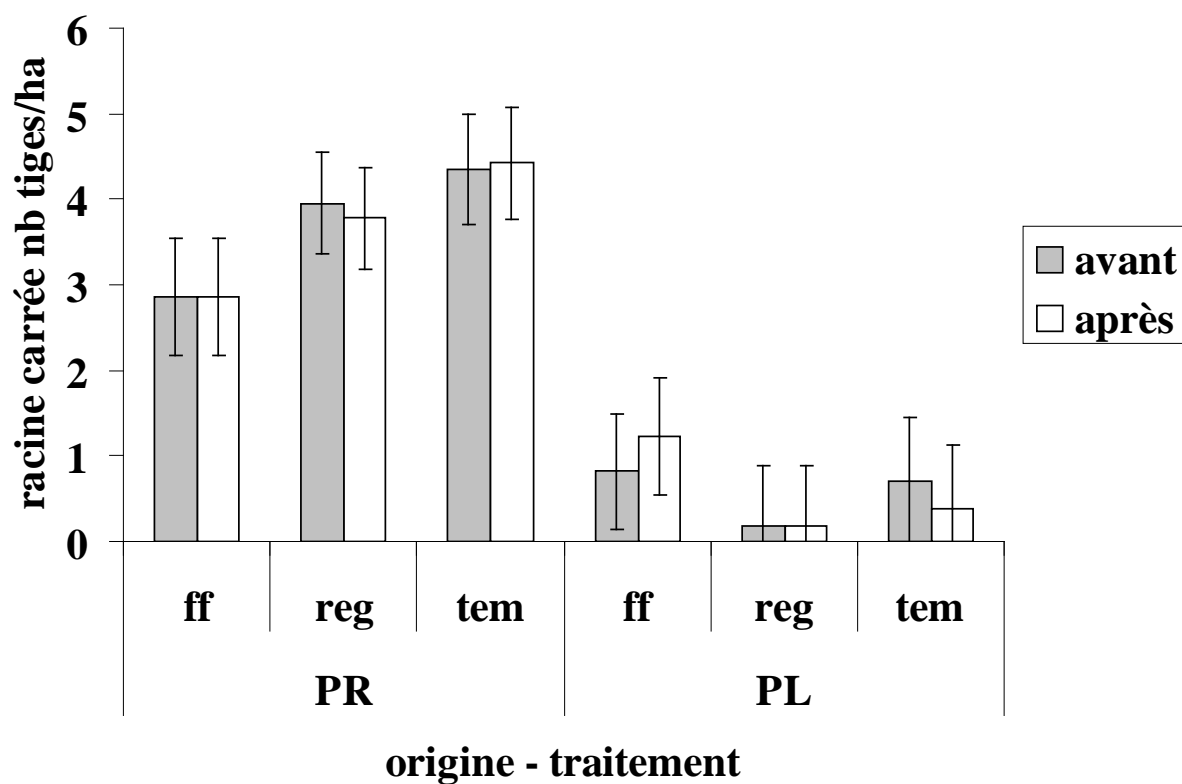


Figure 18 : Volume des débris ligneux (moyenne  $\pm$  erreur type) dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux.

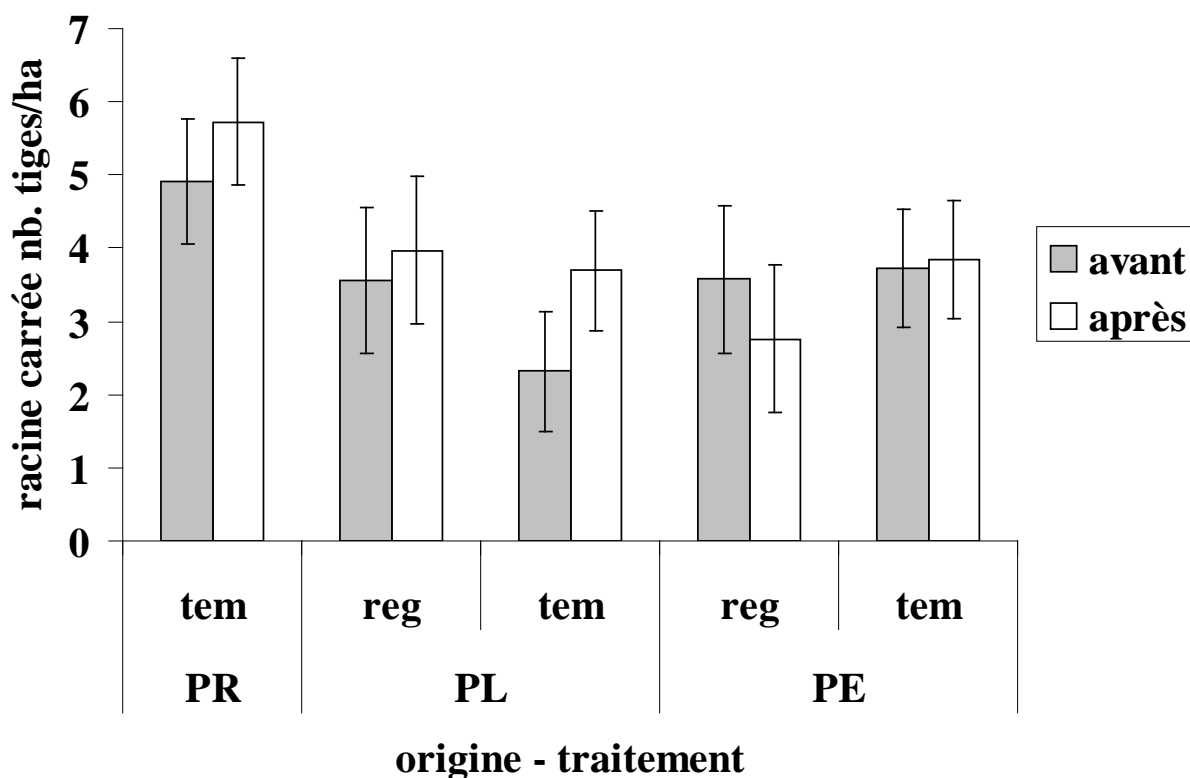
### 3.2.9 Densité des chicots

Dans les *peuplements jeunes* (3 m), on n'observe pas d'effet significatif des traitements entre les périodes ( $F=0,08$ ;  $P=0,962$ ; D.L.=2). Cependant, l'origine du peuplement a eu un effet significatif sur la densité des chicots ( $F+62,60$ ;  $P<0,001$ ; D.L.=1); les PL avaient une densité de chicots significativement plus faible que les PR (Figure 19).



**Figure 19 : Densité des chicots (moyenne  $\pm$  erreur type) dans les plantations (PL) et peuplements régénérés (PR) jeunes (3m) avant et après la réalisation des travaux.**

Dans les *peuplements prématures* (30 ans), on n'observe pas d'effet significatif des traitements entre les périodes ( $F=0,57$ ;  $P=0,452$ ; D.L.=1). Cependant, l'origine du peuplement a eu un effet significatif sur la densité des chicots ( $F=3,41$ ;  $P<0,039$ ; D.L.=2); les PL avaient une densité de chicots significativement plus faible que les PR (Figure 20).



**Figure 20 : Densité des chicots (moyenne  $\pm$  erreur type) dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PR) prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux. \*  $\leq 0,05$ , \*\*  $\leq 0,01$ , \*\*\*  $\leq 0,001$  dénotent une différence significative avant et après les travaux.**

### 3.2.10 Volume marchand

Nous décrivons les résultats concernant le volume marchand seulement, car les variations avant (2009) et après (2012) le traitement de la surface terrière marchande et du volume marchand sont similaires et l'amplitude de ces variations est plus grande pour le volume. Aussi, nous décrivons essentiellement les volumes marchands résineux, car la proportion des tiges feuillues dans les peuplements est faible.

Pour les *peuplements jeunes* (3m), étonnamment, le volume marchand résineux dans les REG et les FF semble similaire ou même supérieur au volume dans les TEM, en 2012 (Figure 21). Ceci pourrait être expliqué par le plus grand volume dans les peuplements à traiter que dans les TEM, en 2009. Aussi, il semble y avoir une grande variabilité entre les peuplements à ce stade de développement. Un fait inexplicable dans les PL, le volume après traitement est plus grand qu'avant traitement.

Pour les *peuplements prématures (30 ans)*, nécessairement, le volume marchand résineux dans les REG semble plus faible que dans les TEM, en 2012 (Figure 21). Aussi, le prélèvement de volume par REG a été plus élevé dans les PL que dans les PE. D'ailleurs, le prélèvement dans les PE semble si faible qu'il soulève des appréhensions par rapport à sa capacité d'induire un effet dans les peuplements.

En raison de la faible profondeur temporelle du dispositif, nous avons pu quantifier uniquement l'effet immédiat du prélèvement sur le volume des peuplements. Il sera nécessaire de remesurer le dispositif pour être en mesure d'estimer l'effet des traitements sur l'évolution du volume. Une période minimale de cinq ans serait nécessaire pour espérer voir le début de réactions des peuplements aux différents traitements, soit à partir de 2017. L'utilisation de la dendrochronologie pourrait nous permettre d'identifier des changements de croissance plus subtils.

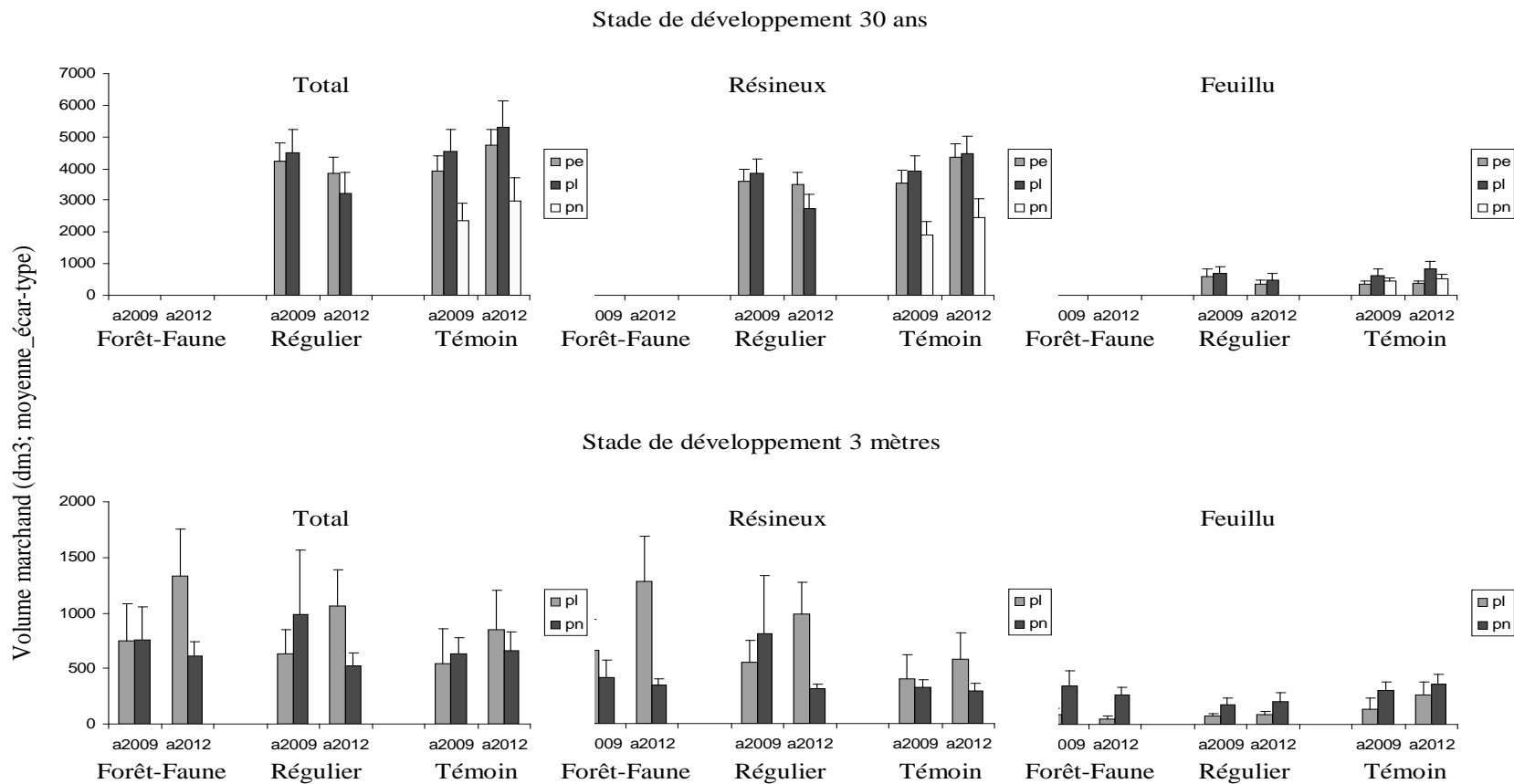


Figure 21 : Volume marchand et surface terrière (moyenne ± écart-type) dans les plantations (PL), les peuplements éduqués (PE) et les peuplements régénérés (PN) jeunes (3m) et prématures (30 ans) avant et après la réalisation des travaux.

### 3.2 Lièvre

Les résultats du dénombrement de fèces de lièvre dans les *peuplements jeunes (3m)* sont présentés à la Figure 22. Les résultats du modèle linéaire généralisé mixte sont présentés au Tableau II. Bien qu'il y ait quatre effets qui sont significatifs, seulement trois peuvent être interprétés à cause de la présence d'interaction entre certains effets. L'origine, l'interaction entre le traitement et la période, de même que l'année ont eu des effets significatifs sur la densité de fèces de lièvre. Ainsi, la densité de fèces de lièvre était plus élevée dans les PL que dans les PR (Figure 23) et elle était plus élevée en 2009. Puis elle a diminué en 2011 pour être à son minimum en 2012 et ce, peu importe l'origine et le traitement appliqué (Figure 24). Enfin, le traitement appliqué a eu un effet significatif sur la densité de fèces de lièvre après intervention; le traitement TEM est associé au plus grand nombre de fèces, suivi du FF et enfin du REG (Figure 25.).

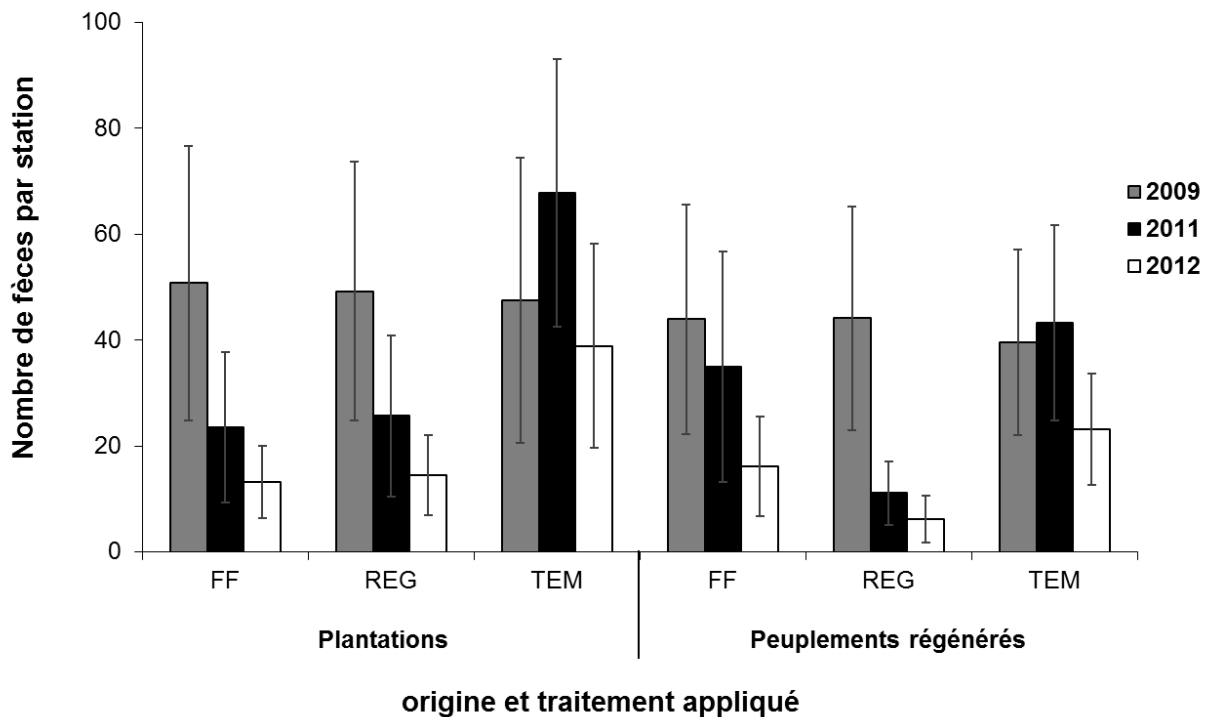


Figure 22 : Densité de fèces de lièvre d'Amérique dans les jeunes peuplements (3m) avant traitement (2009) et après traitement (2011 et 2012) dans les plantations (PL) et dans les peuplements régénérés (PR), en fonction des traitements appliqués (témoin : TEM; forêt-faune : FF, régulier : REG). Les barres verticales représentent l'écart-type.



**Tableau II : Résultats du modèle linéaire généralisé mixte du nombre de fèces de lièvre d'Amérique (racine carrée) par station selon les effets testés (origine, traitement, période et année emboîtée dans la période) pour les peuplements jeunes (3 M).**

<b>Effets</b>	<b>DL numérateur</b>	<b>DL dénominateur</b>	<b>Valeur de F</b>	<b>P &gt; F</b>
<b>Origine</b>	1	27.3	52.56	< 0.0001
<b>Traitement</b>	2	42.3	2.33	0.1094
<b>Origine*traitement</b>	2	42.7	0.21	0.8116
<b>Période</b>	1	50.2	33.82	< 0.0001
<b>Origine*période</b>	1	50.2	0.21	0.6517
<b>Traitement*période</b>	2	50.3	9.20	0.0004
<b>Origine*traitement*période</b>	2	50.3	1.97	0.1500
<b>Année (période)</b>	1	54.4	32.50	< 0.0001
<b>Origine * année (période)</b>	1	54.4	0.29	0.5950
<b>Traitement*année (période)</b>	2	54.4	1.71	0.1908
<b>Origine*traitement*année (période)</b>	2	54.4	0.24	0.7895

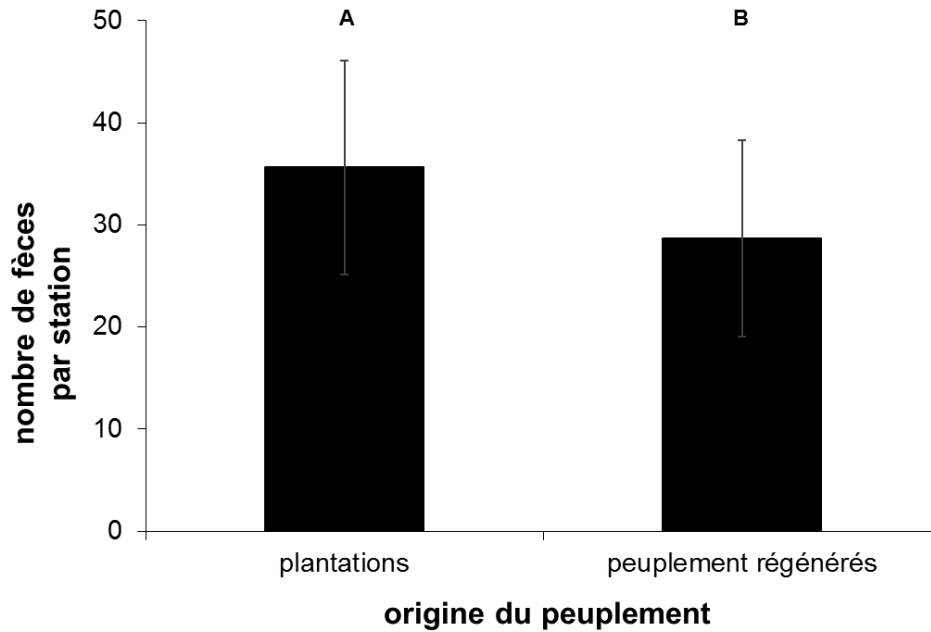


Figure 23 : Nombre moyen de fèces de lièvre d'Amérique par station ( $\pm$ écart-type) dans les peuplements jeunes (3m) selon son origine. Une lettre différente au-dessus des barres indique une différence significative à  $p < 0,001$ .

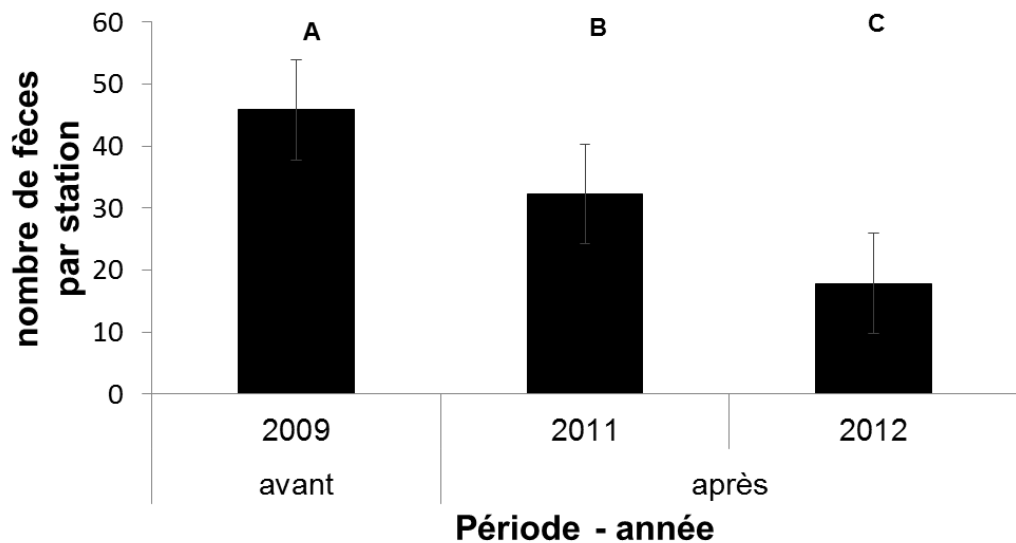
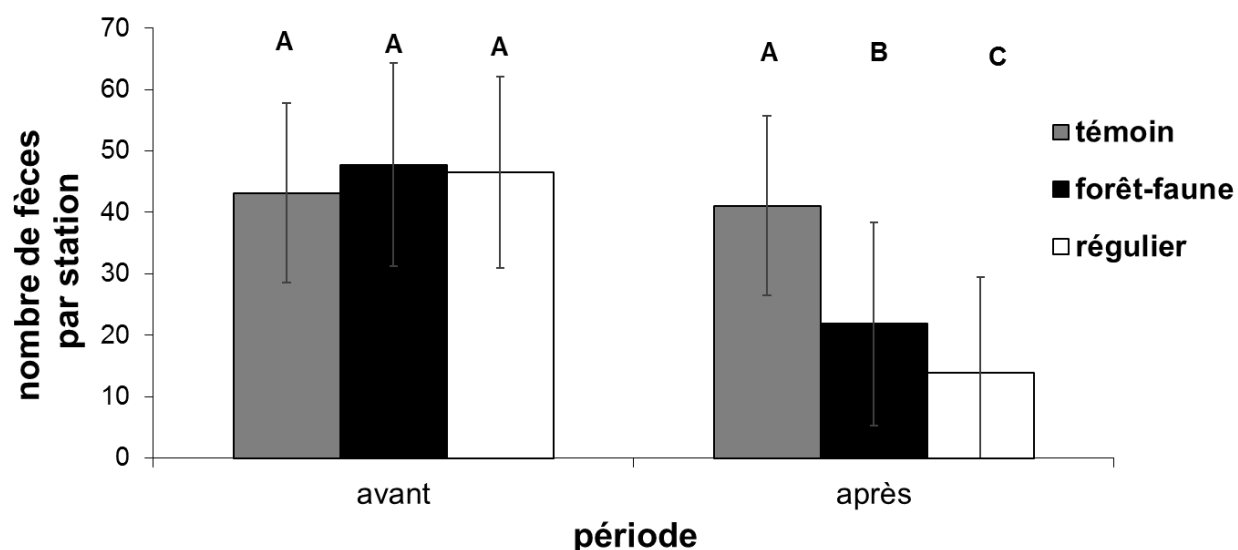


Figure 24 : Nombre moyen de fèces de lièvre d'Amérique par station ( $\pm$ écart-type) dans les peuplements jeunes (3 m) selon la période et l'année. Une lettre différente au-dessus des barres indique une différence significative à  $p < 0,001$ .



**Figure 25 :** Nombre moyen de fèces de lièvre d'Amérique par station ( $\pm$  écart-type) dans les peuplements jeunes (3m) selon le traitement appliqué, avant (2009) et après (2011 et 2012) la réalisation des travaux. Une lettre différente au-dessus des barres indique une différence significative à  $p < 0.001$ .

Au niveau de l'analyse des covariables, ce sont les effets simples de l'obstruction latérale et du couvert arbustif haut résineux qui se sont joints au modèle (Tableau III).

**Tableau III :** Coefficients des covariables d'habitat qui expliquent le mieux le nombre de fèces de lièvre d'Amérique par station (racine carrée) selon les effets testés (origine, traitement, période et année emboîtée dans la période) pour les peuplements jeunes (3 M)

Covariables (%)	Estimé	Erreur-type	Degré de liberté	Valeur de t	P =
<b>Obstruction latérale</b>	0,03071	0,01018	106	3,02	0,0032
<b>Couvert arbustif haut résineux</b>	0,02426	0,00634	95,8	3,83	0,0002

Ainsi, une augmentation de 1 % d'obstruction latérale produit une augmentation de 0.03 de la racine carrée de fèces de lièvre par station (Figure 26). De même une augmentation de 1 % du couvert arbustif haut résineux entraîne une augmentation de 0.02 de la racine carrée du nombre de fèces par station (Figure 27). Il est à noter que lorsque l'on inclut les effets simples de ces deux covariables dans le modèle, l'effet de l'origine du peuplement n'est plus significatif ce qui

laisse suggérer que la structure interne du peuplement (couvert vertical résineux et obstruction latérale) influence davantage l'utilisation du milieu par le lièvre que son origine (PL ou PR).

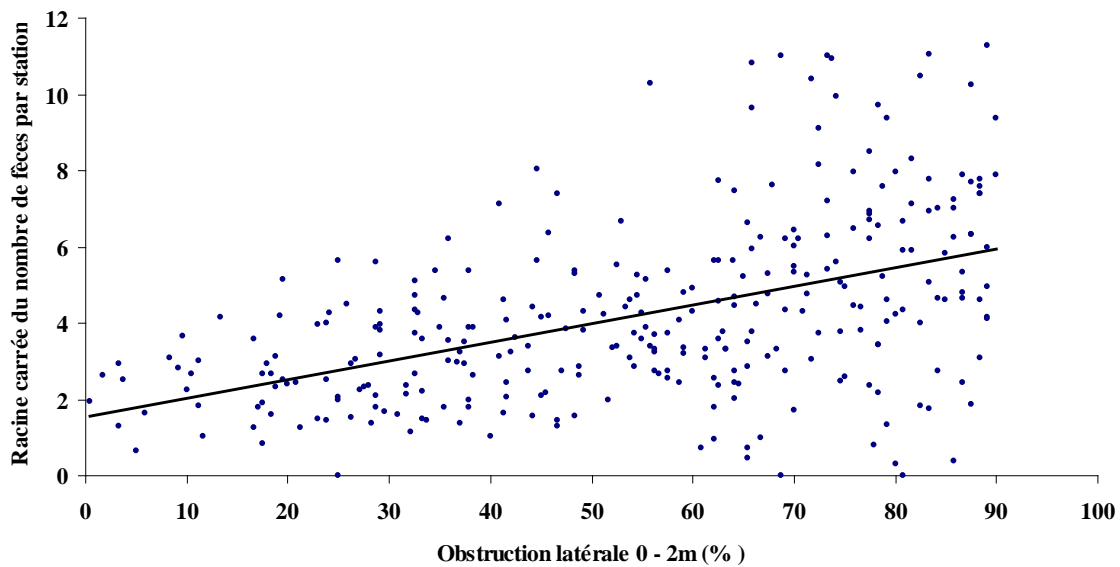


Figure 26 : Relation entre l'obstruction latérale entre 0 et 2m de hauteur et la racine carrée du nombre de fèces de lièvre d'Amérique par station.

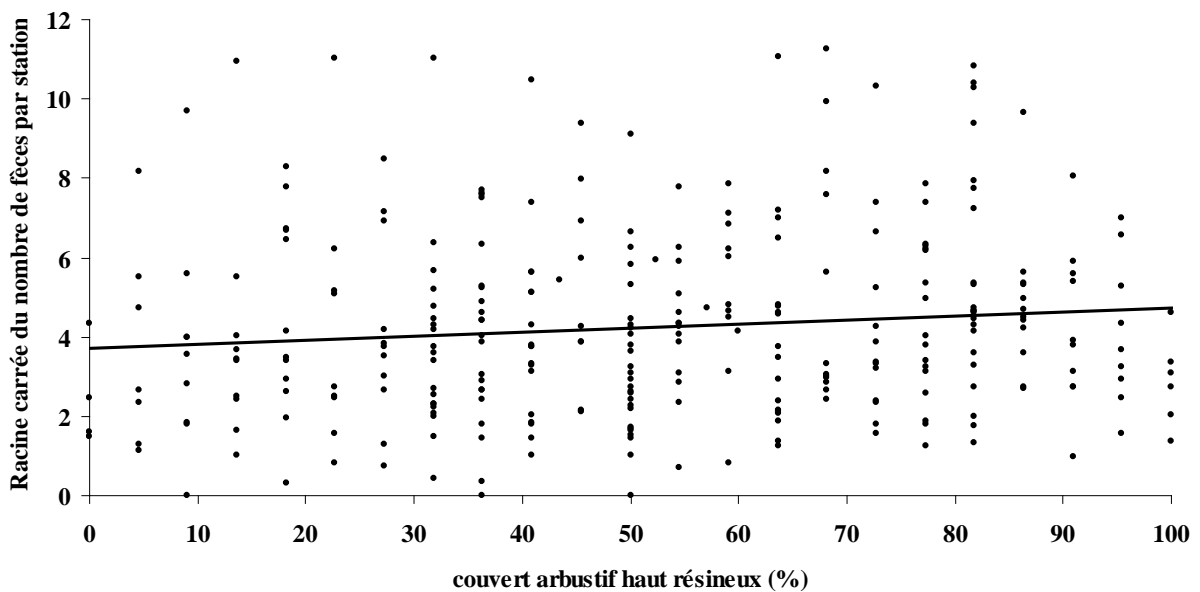
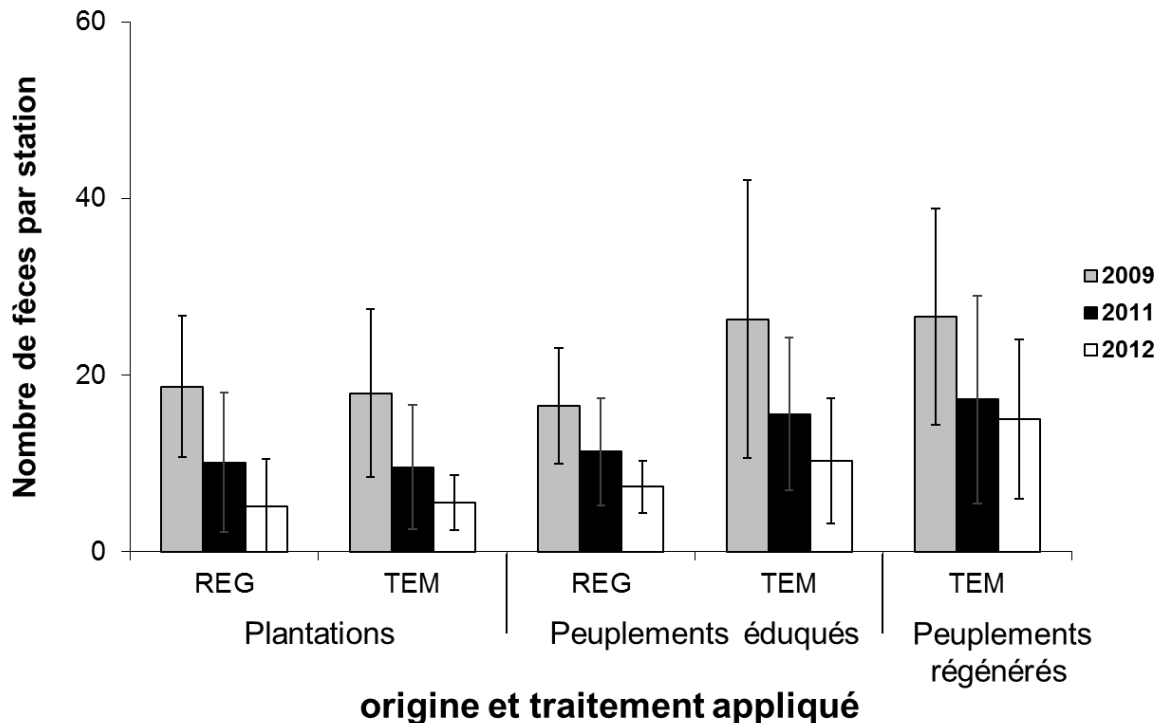


Figure 27 : Relation entre le % de couvert arbustif haut résineux et la racine carrée du nombre de fèces de lièvre d'Amérique par station.

Les résultats du dénombrement de fèces de lièvre dans les *peuplements précoces* (30 ans) sont présentés à la Figure 28. Les résultats du modèle linéaire généralisé sont présentés au Tableau IV. La période et l'année ont eu des effets significatifs sur la densité de fèces de lièvre. Ainsi, la densité de fèces de lièvre a diminué significativement dans le temps peu importe l'origine et le traitement considéré (Figure 29). La comparaison des moyennes selon la méthode des moindres carrés montre que les REG et TEM présentaient des différences significatives, peu importe leur origine, (Figure 30) après l'exécution des traitements ( $P \leq 0,05$ ).



**Figure 28 : Densité de fèces de lièvre d'Amérique dans les peuplements précoces (30) avant traitement (2009) et après traitement (2011 et 2012) dans les plantations (PL), dans les peuplements éduqués (PE) et dans les peuplements régénérés (PR), en fonction des traitements appliqués (témoin : TEM; régulier : REG). Les barres verticales représentent l'écart-type.**

Tableau IV : Résultats du modèle linéaire généralisé mixte du nombre de fèces de lièvre d'Amérique (racine carrée) par station selon les effets testés (origine, traitement emboîté dans l'origine, période et année emboîtée dans la période) pour les peuplements prématures (30).

Effets	DL numérateur	DL dénominateur	Valeur de F	P > F
Origine	2	18.7	1.86	0.1832
Traitement (origine)	2	26.7	1.66	0.2096
Période	1	44.3	42.54	< 0.0001
Origine*période	2	44.3	0.10	0.9028
Traitement*période (origine)	2	44.3	1.15	0.3246
Année (période)	1	43.9	9.79	0.0031
Origine*année (période)	2	43.9	0.59	0.5601
Traitement*année (origine*période)	2	43.9	0.10	0.9046

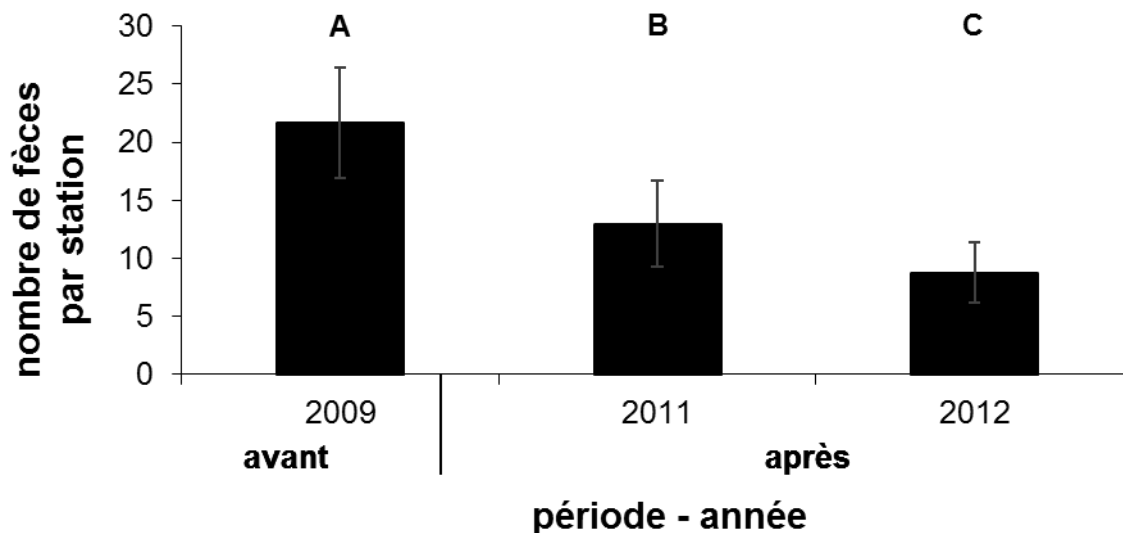
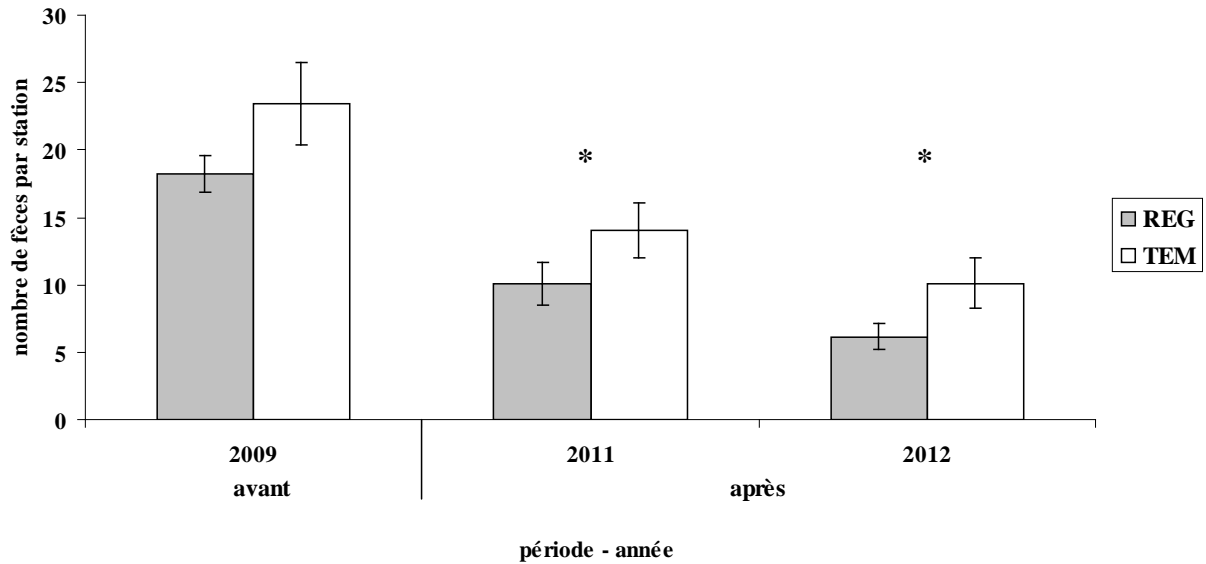


Figure 29 : Nombre moyen de fèces de lièvre d'Amérique par station ( $\pm$  écart-type) dans les peuplements prématures (30) selon la période et l'année. Une lettre différente au-dessus des barres indique une différence significative à  $p < 0.05$ .



**Figure 30 : Nombre de fèces de lièvre d'Amérique par station ( $\pm$  écart-type) selon le traitement appliqué en fonction de la période et de l'année. Un \* au-dessus des barres indique une différence significative ( $P \leq 0,05$ ) entre les traitements.**

Au niveau des covariables, c'est l'obstruction latérale entre 0 et 2,0 m de hauteur et le couvert arbustif haut résineux et leur interaction qui se sont joints au modèle (Tableau VI). Ainsi, pour des valeurs élevées d'obstruction latérale, le nombre de fèces par station augmente avec la valeur du couvert arbustif haut résineux alors qu'aux faibles valeurs d'obstruction latérale, l'inverse se produit.

**Tableau VI Coefficients des covariables d'habitat qui expliquent le mieux le nombre de fèces de lièvre par station (racine carrée) selon les effets testés (origine, traitement, période et année emboîtée dans la période) pour les peuplements prématures (30 ans).**

Covariables (%)	Estimé	Erreur-type	Degré de liberté	Valeur de t	P =
<b>Obstruction latérale</b>	0,001388	0,01490	132	0,09	0,9259
<b>Couvert arbustif haut résineux</b>	-0,00902	0,00983	101	-0,92	0,3611
<b>Obstruction latérale * Couvert arbustif haut résineux</b>	0,000474	0,000214	115	2,21	0,0290

### 3.3 Amphibiens

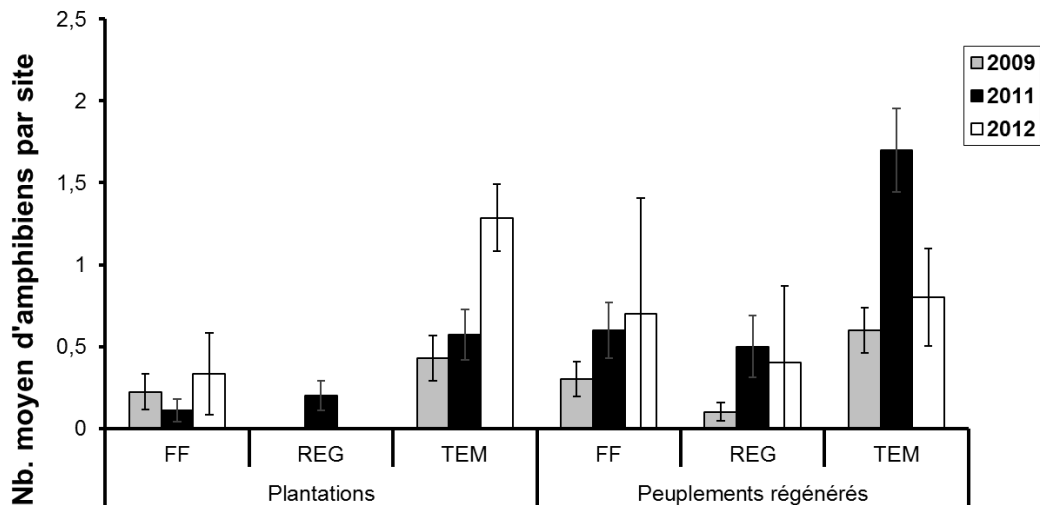
Les résultats du dénombrement des amphibiens retrouvés sous les planchettes dans les *peuplements jeunes (3m)* et les *peuplements prématures (30 ans)* sont présentés aux Figure 31 et Figure 32 respectivement. Au total, 315 individus de neuf espèces d'amphibiens ont été recensés (annexe 5). La salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*) fut l'espèce la plus abondante avec plus de 59 % des observations sous les planchettes (annexe 5). On constate que le nombre d'espèces et le nombre d'individus furent plus élevés à l'été 2011 qu'à l'été 2009. Ce résultat peut être attribuable au vieillissement des planchettes qui deviennent plus attirantes pour les amphibiens.

Pour les *peuplements jeunes (3m)*, la probabilité de présence des amphibiens a varié significativement entre les traitements ( $X^2=15,7$ , DL=2, P=0,0003; Figure 33). Par contre cette relation était constante avant et après les travaux REG et FF ( $X^2=0,95$ , DL=2, P=0,6). La probabilité de présence des amphibiens était significativement plus élevée dans les TEM que dans les REG ( $X^2= 15,76$ , DL=1, P<0,002) et les FF ( $X^2=6,16$ , DL=1, P=0,01).

Pour les *peuplements prématures (30 ans)*, il n'y a pas eu d'effet du traitement entre les périodes ( $X^2=2,42$ , DL=1, P=0,1; Figure 34). Par contre, la probabilité de présence des amphibiens était plus élevée dans les PL après l'exécution des travaux ( $X^2=5,59$ , DL=1, P=0,02).

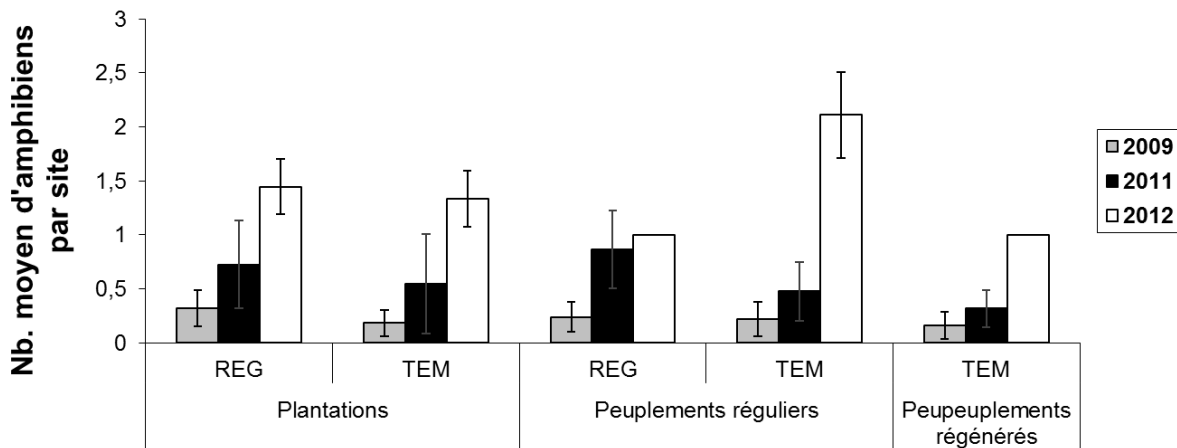
La fréquence des observations fut plus élevée lors de la fouille active que lors de l'inventaire sous les planchettes. Ainsi, la fouille active a permis de dénombrer plus d'amphibiens et plus d'espèces que le décompte sous les planchettes à la même période de l'été. Par contre, une espèce qui fut observée sous les planchettes ne l'a pas été lors de la fouille active et, inversement, trois espèces dénombrées lors de la fouille active ne l'ont pas été sous les planchettes. Il semblerait que les deux méthodes se complètent et devraient être utilisées conjointement afin de bien mesurer la présence et l'abondance des amphibiens dans une parcelle.





**origine et traitement appliqué**

**Figure 31 : Nombre moyen de spécimens d'amphibiens observés sous les planchettes dans les peuplements jeunes (3m) avant traitement (2009) et après traitement (2011 et 2012) dans les plantations (PL) et dans les peuplements régénérés (PR) en fonction du traitement appliqué (témoin : TEM, forêt-faune : FF et régulier : REG). Les barres verticales représentent l'écart-type.**



**origine et traitement appliqué**

**Figure 32 : Nombre moyen de spécimens d'amphibiens observés sous les planchettes dans les peuplements prématures (30 ans) avant traitement (2009) et après traitement (2011 et 2012) dans les plantations (PL), dans les peuplements éduqués (PE) et dans les peuplements régénérés (PR) en fonction du traitement appliqué (témoin : TEM et régulier : REG). Les barres verticales représentent l'écart-type.**

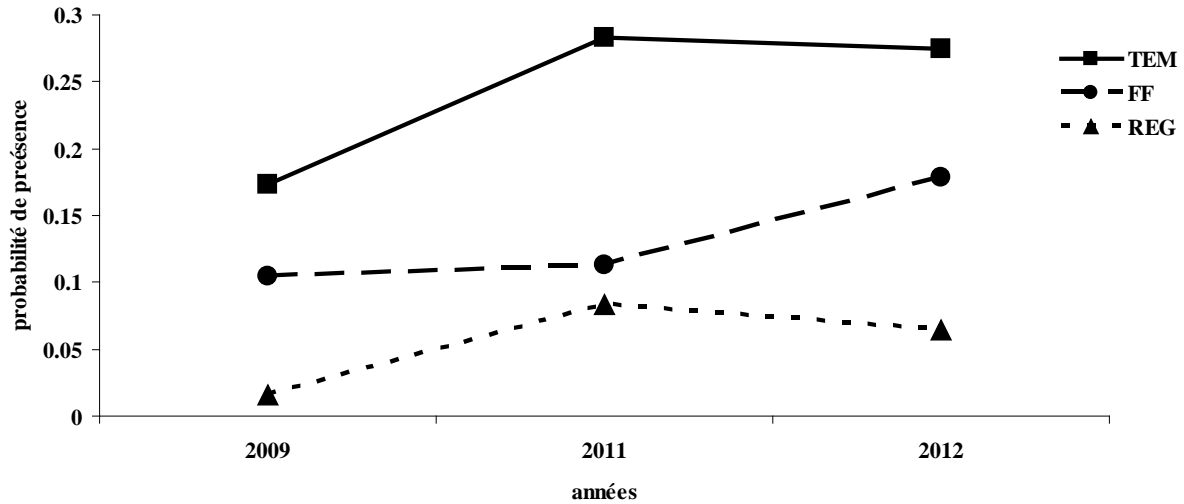


Figure 33 : Probabilité de présence d’amphibiens observés sous les planchettes dans les peuplements jeunes (3m) avant traitement (2009) et après traitement (2011 et 2012) en fonction du traitement appliqué (témoin : TEM, forêt-faune : FF et régulier : REG).

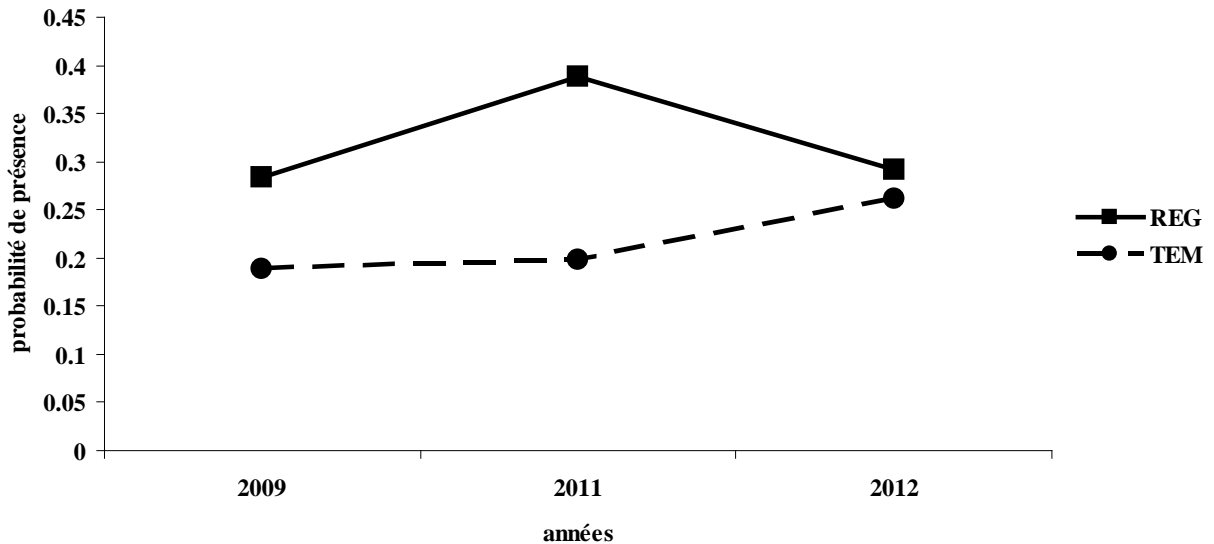


Figure 34 : Probabilité de présence d’amphibiens observés sous les planchettes dans les peuplements prématures (30 ans) avant traitement (2009) et après traitement (2011 et 2012) en fonction du traitement appliqué (témoin : TEM et régulier : REG).

### 3.4 Oiseaux

Les données récoltées durant le houspillage ne sont pas suffisantes pour permettre de faire les analyses prévues. Ces données, ainsi que celles de l'écoute passive et des appels, ont été réunies afin de faire les analyses prévues des différentes espèces selon leur présence ou non sur les sites. Pour la faune aviaire, associer la modification des attributs clés à la réaction des différentes espèces d'oiseaux suite aux traitements relèverait de la spéculation. En effet, le dispositif expérimental n'a pas été conçu pour associer ces deux aspects.

#### *3.4.1 Oiseaux dans les peuplements jeunes (3m)*

Dans les peuplements jeunes, 88 espèces ont été observées durant les trois années d'inventaire. L'annexe 6 donne la liste de toutes ces espèces. Les espèces qui ont été observées à moins de 5 % des visites n'ont pas été incorporées dans les analyses. Des 41 espèces observées à plus de 5 % des visites (voir annexe 6), neuf espèces ont eu une différence d'abondance selon l'origine des peuplements tandis que quatre espèces ont eu une différence d'abondance entre les différents traitements.

#### **Espèces ayant une différence d'abondance entre l'origine des peuplements**

Des neuf espèces qui ont eu une différence d'abondance selon l'origine des peuplements, quatre ont une abondance moins élevée dans les plantations en comparaison aux peuplements régénérés et cinq ont une abondance plus élevée dans les plantations en comparaison aux peuplements régénérés (voir Tableau VII).

**Tableau VII : Résultats du modèle linéaire généralisé mixte de l'abondance de chaque espèce d'oiseaux en fonction de l'origine des peuplements (plantation ou peuplement régénéré) pour les peuplements jeunes (3m) (Seuls les résultats ayant une différence significative sont montrés). Un estimé positif indique que l'espèce a une abondance plus élevée dans les plantations que dans les peuplements régénérés.**

Espèce	Estimé	Erreur type	Degrés de liberté	Valeur de F	ProbF
<b>Chardonneret jaune</b>	1.5	0.6	70.9	6.02	0.02
<b>Grive solitaire</b>	-0.6	0.3	51.8	4.8	0.03
<b>Merle d'Amérique</b>	0.9	0.2	49.6	13.09	0.0007
<b>Moucherolle des aulnes</b>	1.7	0.4	45.3	16.6	0.0002
<b>Paruline du Canada</b>	-1.9	0.4	93.5	28.2	<0.0001
<b>Paruline à flancs marron</b>	1.01	0.4	48.3	5.8	0.02
<b>Sittelle à poitrine rousse</b>	-0.6	0.2	58.4	5.0	0.03
<b>Troglodyte des forêts</b>	-1.0	0.41	53.3	5.5	0.02
<b>Viréo aux yeux rouges</b>	0.7	0.3	49.2	5.4	0.02

#### **Espèces ayant une différence d'abondance à la suite des traitements**

Des quatre espèces qui ont eu une différence d'abondance suite aux traitements, deux ont une abondance moins élevée dans les peuplements traités de façon régulière par rapport aux témoins, une espèce répond défavorablement au traitement régulier par rapport au témoin et favorablement au traitement forêt-faune par rapport au témoin; finalement, une espèce a une diminution de son abondance suite au traitement forêt-faune par rapport au traitement régulier (voir Tableau IX). L'annexe 7 présente les graphiques des espèces ayant une différence significative de leur abondance entre les différents traitements.

**Tableau VIII : Résultats du modèle linéaire généralisé mixte de l'abondance de chaque espèce d'oiseaux en fonction des différents traitements (régulier, forêt-faune ou témoin) pour les peuplements jeunes (3m) (Seuls les résultats ayant une différence significative sont montrés).**

Espèce	Estimé	Traitements	Valeur de F	Prob F
<b>Grive fauve</b>	0.4	↑ FF p/r REG	5.0	0.03
<b>Grive fauve</b>	-0.9	↓ REG p/r TEM	7.03	0.008
<b>Paruline flamboyante</b>	-0.5	↓ REG p/r TEM	5.6	0.02
<b>Paruline noir et blanc</b>	-0.7	↓ REG p/r TEM	7.5	0.007
<b>Viréo à tête bleue</b>	-1.2	↓ FF p/r REG	5.5	0.02

↑ « x » p/r « y » : abondance plus élevée pour « x » par rapport à « y »  
 ↓ « x » p/r « y » : abondance moins élevée pour « x » par rapport à « y »  
 FF : traitement forêt faune; REG : traitement régulier; TEM : témoin

### ***3.4.2 Oiseaux dans les peuplements prématures (30 ans)***

Dans les peuplements prématures, 77 espèces ont été observées durant les trois années d'inventaire. L'annexe 8 répertorie toutes ces espèces observées. Les espèces qui ont été observées à moins de 5 % des visites n'ont pas été incorporées dans les analyses. Des 32 espèces qui ont été observées à plus de 5 % des visites (voir annexe 8), 12 espèces ont eu une différence d'abondance selon les origines de peuplements tandis que cinq espèces ont eu une différence d'abondance entre les différents traitements.

#### **Espèces ayant une différence d'abondance entre l'origine des peuplements**

Le Tableau IX présente les résultats des espèces qui ont eu une différence significative de leur abondance selon l'origine du peuplement pour les peuplements prématures (30 ans).

Tableau IX : Résultats du modèle linéaire généralisé mixte de l'abondance de chaque espèce d'oiseaux en fonction de l'origine des peuplements (plantation, peuplement éduqué ou peuplement régénéré) pour les peuplements prématures (30 ans) (Seuls les résultats ayant une différence significative sont montrés).

Espèce	Estimé	Traitements	Valeur de F	ProbF
<b>Bruant à gorge blanche</b>	0.2	↑ PR vs PE	23.6	<0.0001
<b>Bruant à gorge blanche</b>	1.7	↑ PE vs PL	12.5	0.001
<b>Junco ardoisé</b>	1.8	↑ PR vs PE	4.6	0.04
<b>Junco ardoisé</b>	0.8	↑ PR vs PL	4.5	0.04
<b>Merle d'Amérique</b>	-1.2	↓ PR vs PE	16.3	0.0002
<b>Merle d'Amérique</b>	0.02	↑ PR vs PL	10.1	0.003
<b>Paruline couronnée</b>	-1.4	↓ PR vs PE	5.2	0.03
<b>Paruline couronnée</b>	-0.4	↓ PR vs PL	6.1	0.02
<b>Paruline flamboyante</b>	-0.4	↓ PR vs PL	4.9	0.03
<b>Paruline à joues grises</b>	0.8	↑ PR vs PE	17.2	0.0002
<b>Paruline à poitrine baie</b>	0.2	↑ PR vs PE	8.8	0.005
<b>Paruline à poitrine baie</b>	-1.1	↓ PE vs PL	7.3	0.009
<b>Paruline à tête cendrée</b>	-0.7	↓ PR vs PL	4.8	0.03
<b>Roitelet à couronne dorée</b>	0.7	↑ PR vs PL	9.4	0.004
<b>Troglodyte des forêts</b>	-0.2	↓ PR vs PE	4.3	0.04
<b>Viréo à tête bleue</b>	-0.7	↓ PR vs PE	11.6	0.001
<b>Viréo aux yeux rouges</b>	-1.07	↓ PR vs PE	7.0	0.01
<b>Viréo aux yeux rouges</b>	-0.2	↓ PR vs PL	6.7	0.01

PR : peuplement régénéré  
PE : peuplement éduqué  
PL : plantation

### Espèces ayant une différence d'abondance à la suite du traitement

Des cinq espèces qui ont eu une différence d'abondance suite au traitement, deux ont une abondance moins élevée dans les sites traités et trois ont une abondance plus élevée dans les sites traités (voir Tableau X). L'annexe 9 présente les graphiques des espèces ayant une différence significative de leur abondance à la suite du traitement.

**Tableau X : Résultats du modèle linéaire généralisé mixte de l'abondance de chaque espèce d'oiseaux à la suite du traitement (régulier) pour les peuplements prématures (30 ans) (Seuls les résultats ayant une différence significative sont montrés). Un estimé positif indique que l'espèce a une augmentation de son abondance à la suite du traitement et un estimé négatif indique que l'espèce a une diminution de son abondance à la suite du traitement.**

Espèce	Estimé	Erreur type	Degrés de liberté	Valeur de F	ProbF
<b>Bruant à gorge blanche</b>	1.2	0.5	451	5.4	0.02
<b>Junco ardoisé</b>	2.6	1.2	451	4.8	0.03
<b>Mésange à tête brune</b>	-1.3	0.5	451	7.0	0.009
<b>Paruline à tête cendrée</b>	-1.3	0.5	382	8.2	0.004
<b>Roitelet à couronne rubis</b>	1.07	0.4	451	5.9	0.02

## 4. DISCUSSION

### 4.1 Végétation

#### *Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur la végétation*

Les travaux forêt-faune se distinguent des travaux d'EPC systématique au niveau du couvert forestier des essences feuillues, ce dernier ayant tendance à être plus élevé à la suite des travaux forêt-faune et dans les témoins. Ces résultats concordent avec les traitements exécutés car lors de l'application de l'EPC systématique, le travailleur doit couper en premier les essences feuillues, alors que pour les travaux forêt-faune des parcelles ou des rangées sont laissées intactes. Par contre, on note que deux ans après les travaux, la densité du couvert forestier est similaire ou a augmenté dans l'ensemble des peuplements jeunes (3m) traités ou témoins.

Les travaux forêt-faune n'ont pas eu d'effet différent sur l'évolution de l'obstruction latérale en comparaison à l'EPC systématique. Globalement, l'obstruction latérale a diminué dans les peuplements traités par EPC systématique ou forêt-faune et elle est demeurée stable dans les sites témoins. Ce résultat est décevant car l'un des objectifs des traitements forêt-faune est justement de maintenir une obstruction latérale plus élevée à l'échelle du peuplement (Désy 2008). Les mesures d'atténuation prévues dans ce traitement ne semblent pas assez intensives pour produire un effet à l'échelle du peuplement.

Les résultats montrent qu'il n'y pas eu d'effet des traitements sur la densité des tiges d'arbres et de gaules, sur le recouvrement des herbacées, sur le volume de débris ligneux et sur la densité des chicots. Les tendances observées dans sites traités par la norme forêt-faune sont sensiblement les mêmes que celles mesurées dans les sites traités par EPC systématique. L'impact de l'éclaircie précommerciale sur la végétation est connu pour entraîner une simplification de la composition et de la structure du peuplement (Harvey 2009). Dans notre aire d'étude, l'effet des EPC sur les paramètres de la végétation que nous avons mesurés sont plus subtils. Par exemple, la densité des gaules d'essence feuillue est plus faible dans les peuplements traités mais seulement dans les peuplements régénérés (Figure 13) et on n'observe aucune variation significative au niveau de la strate herbacée.

#### *Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour la végétation*

L'origine du peuplement a eu des effets sur plusieurs variables liées à la végétation. Le volume de débris ligneux et la densité de chicots, des éléments reconnus pour être importants pour le maintien de la biodiversité, sont significativement moins abondants dans les plantations comparativement aux peuplements régénérés. Spécifiquement pour les débris ligneux, les peuplements éduqués présentaient un volume inférieur aux peuplements régénérés mais tout de même supérieur aux plantations, suggérant ainsi que cet élément diminue en fonction de l'intensité de l'aménagement qui est appliquée dans le peuplement. L'obstruction latérale est



cependant plus élevée dans les plantations prématures par rapport aux peuplements régénérés du même âge. La présence de branches basses des résineux plantés pourrait expliquer en partie ce résultat, les branches de résineux possédant un pouvoir d'obstruction latérale plus grande que celles des feuillus (Litvaitis *et al.* 1985). Les plantations de ce stade de développement offrirait donc un meilleur couvert de protection pour les espèces comme le lièvre.

### ***Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur la végétation***

L'éclaircie commerciale n'a pas eu d'effet à court terme sur le volume de débris ligneux au sol ni sur la disponibilité de chicots. Les branches des arbres récoltées et laissées sur place sont trop petites pour être considérées lors des mesures du volume des débris ligneux. Par contre, l'éclaircie commerciale a eu pour effet une augmentation du couvert latérale dans les peuplements traités. Ce résultat surprend après seulement deux années de croissance de la végétation. D'ailleurs le recouvrement des herbacées n'avait pas encore réagi à l'ouverture du couvert forestier à la suite des traitements. Les débris de coupe, plutôt qu'une augmentation du couvert végétal vivant, pourraient être à l'origine de cette hausse.

## **4.2 Lièvre**

### ***Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur le lièvre***

Les résultats obtenus démontrent que les travaux d'EPC systématiques engendrent une diminution importante de la fréquentation des sites par le lièvre par rapport aux sites témoins non traités (Figure 25). Ces résultats concordent avec ceux obtenus par Blanchette *et al.* (2003) dans les régions de Bellechasse et en Abitibi qui ont mesuré une baisse de la fréquentation du lièvre jusqu'à au moins 5 ans après le traitement d'EPC systématique. Abele *et al.* (2013) concluaient également que les EPC affectaient négativement la densité des populations de lièvre à court terme. Il y a eu également une baisse significative de la fréquentation du lièvre dans les sites traités par les travaux forêt-faune par rapport aux sites non traités, mais cette baisse fut moins importante que pour les sites traités par EPC systématique (Figure 25). Ainsi les travaux forêt-faune semblent maintenir des conditions d'habitats plus favorables au lièvre que les EPC systématique, mais pas de façon suffisante pour éviter tout impact défavorable de ce type de traitement sur cette espèce. L'obstruction latérale semble être l'élément clé pour le maintien du lièvre dans un jeune peuplement (Blanchette *et al.* 2003; Bujold *et al.* 2004; Homyack *et al.* 2007). Nos résultats démontrent une relation positive significative entre la fréquentation d'un site par le lièvre et l'obstruction latérale mesurée dans ce site (Tableau III). Les travaux d'EPC ont entraîné une diminution significative de l'obstruction latérale, diminution qui est plus importante lors de l'EPC systématique, du moins dans les peuplements régénérés. Cependant, les EPC systématiques ne semblent pas affecter la survie des lièvres qui se disperseraient dans les habitats favorables voisins ou trouveraient refuge dans des pochettes d'habitat denses à l'intérieur des sites traités (Abele *et al.* 2013). Ces résultats couplés aux nôtres permettent d'anticiper que le maintien de plus de pochettes d'habitat denses favorables

au lièvre permettrait de maintenir une densité plus élevée de cette espèce sur les sites traités. Ainsi, afin d'améliorer les traitements forêt-faune, il s'agirait de maintenir plus d'îlots refuges dans les plantations ou traiter une moins grande superficie dans les peuplements régénérés en laissant plus de bandes non-traitées.

### ***Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour le lièvre***

Contrairement à ce que l'on avait anticipé, les plantations supportaient une densité plus élevée de lièvre que les peuplements régénérés, du moins dans les peuplements jeunes (3m). Ces résultats ne peuvent s'expliquer par une différence d'obstruction latérale plus élevée dans les plantations car elle est similaire dans les peuplements régénérés. Une explication plausible serait que, dans les plantations, le couvert latéral résineux est réparti uniformément dans le peuplement, alors que dans les peuplements régénérés, ce couvert est réparti de façon plus hétérogène (îlots de résineux entrecoupés d'îlots de feuillus) offrant ainsi une densité d'habitats favorables (ha d'habitat favorable/ha de peuplement) plus élevée dans les plantations. Par contre dans les peuplements prématures (30 ans), l'origine n'avait plus d'effet sur la densité de lièvre bien que l'obstruction latérale soit plus faible dans les peuplements régénérés par rapport aux plantations et aux peuplements éduqués. Ainsi, pour le lièvre, les jeunes plantations semblent offrir des conditions plus favorables que les peuplements régénérés, mais cet avantage disparaît lorsque la plantation est plus âgée, peut-être suite aux traitements (EPC) qui y sont appliqués.

### ***Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur le lièvre***

Selon le modèle général, il n'y aurait pas d'effet significatif à court terme de l'éclaircie commerciale sur la densité de lièvre. En effet, on a mesuré une baisse de la densité de lièvre dans l'ensemble des peuplements prématures étudiés entre 2009 et 2012. La comparaison des moyennes entre les peuplements traités par éclaircie commerciale et les témoins suggèrent cependant que la baisse de la densité de lièvre fut plus importante dans les peuplements traités que dans les témoins. En contrepartie, nous avons mesuré une augmentation significative de l'obstruction latérale à la suite des traitements ce qui devrait favoriser le lièvre à plus ou moins long terme. Il semble que la réponse des espèces soit influencée par le temps et l'intensité à laquelle l'éclaircie est réalisée (Suzuki et Hayes 2003), ce traitement devrait donc favoriser les espèces qui ont besoin d'une strate arbustive dense comme le lièvre (Harvey, 2009). Cependant, Lycke *et al.* (2007), en forêt boréale de l'Abitibi, ont démontré que, plus de 15 ans après une éclaircie commerciale, la densité de l'obstruction latérale était encore faible et inadéquate pour le lièvre.

### 4.3 Amphibiens

#### ***Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur les amphibiens***

Les résultats suggèrent que l'effet du traitement forêt-faune fut similaire à celui de l'EPC systématique. Bien que l'utilisation des sites par les amphibiens ait augmenté à la suite des traitements, elle fut significativement plus élevée dans les sites témoins que dans les sites traités. Les amphibiens sont particulièrement vulnérables aux conditions édaphiques qui prévalent dans leur habitat. La présence de débris ligneux, qui aident à maintenir des conditions de température et d'humidité propices, est un facteur important pour expliquer l'abondance des amphibiens (Brooks, 1999). Cependant, il n'y a pas eu d'effet du traitement sur l'abondance des débris ligneux dans notre étude (Figure 17). La méthode d'inventaire (planchettes) utilisée a été critiquée, car elle ne permettrait pas d'échantillonner toutes les classes de la population de salamandre cendrée, l'espèce la plus abondante dans notre étude (Marsh et Goicochea, 2003). Par contre, Moore (2009) a démontré que l'utilisation de planchettes permettait d'échantillonner adéquatement les salamandres par rapport à celles retrouvées sous des objets naturels présents dans le milieu.

#### ***Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour les amphibiens***

Nous n'avons pas été en mesure d'observer d'effet de l'origine du peuplement sur l'abondance des amphibiens autant pour les peuplements jeunes (3m) que les prématures (30 ans). Au niveau des peuplements jeunes (3m), la tendance observée est une densité d'amphibiens légèrement plus élevée dans les peuplements régénérés particulièrement en 2011, mais nos résultats ne permettent pas de statuer si les jeunes plantations sont moins utilisées par les amphibiens que les peuplements régénérés. L'abondance des amphibiens serait reliée à la disponibilité de débris ligneux dans le peuplement (Patrick *et al.* 2006). Nos résultats montrent que le volume de débris ligneux était significativement supérieur dans les peuplements régénérés que dans les plantations et dans les peuplements éduqués. Par contre, cette différence au niveau de la disponibilité de débris ligneux ne semble pas avoir eu d'impact sur la densité des amphibiens.

#### ***Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur les amphibiens***

Nos résultats démontrent qu'il n'y a pas eu d'effet de ce type de traitement sur l'abondance d'amphibiens. Ces résultats concordent avec ceux de Porter *et al.* (2006) et ceux de Karraker et Welsh (2006) qui ont également conclu que les coupes partielles n'avaient pas d'effet significatif sur l'abondance des populations d'amphibiens étudiées. Cependant, la condition physique et la dispersion des salamandres pourraient être affectées par des coupes partielles sous certaines conditions (ex. : faible disponibilité en débris ligneux). Malheureusement, le faible nombre d'individus récoltés chaque année, dans notre dispositif, ne permet pas de statuer sur la condition physique des individus recensés.

## 4.4 Oiseaux

### *Objectif 1 : Mesurer l'effet à court terme des travaux forêt-faune sur les oiseaux*

Ce volet consistait à mesurer la réaction de différentes espèces d'oiseaux aux travaux forêt-faune et aux travaux d'EPC systématique selon leur présence dans les peuplements traités. Il est ainsi possible de vérifier si les mesures d'atténuation ont bel et bien l'effet escompté sur la faune aviaire. Des 37 espèces retenues pour l'analyse, une espèce, la grive fauve, a réagi favorablement aux travaux forêt-faune comparativement aux travaux d'EPC systématique où l'occurrence a diminué. Qui plus est, l'occurrence de cette espèce dans les peuplements ayant reçu des travaux forêt-faune n'est pas différente par rapport aux peuplements témoins, mais elle diminue dans les peuplements traités par EPC systématique par rapport aux peuplements témoins. Donc pour cette espèce, les mesures d'atténuation ont eu l'effet escompté. Pour la grive fauve, le couvert arbustif est un élément clé dans la sélection de l'habitat pour la nidification (Moskoff 2005). Selon Sansregret (2000), l'éclaircie précommerciale défavoriserait les espèces associées à la strate arbustive plus développée. L'une des modalités des travaux forêt-faune est de conserver la végétation arbustive ne nuisant pas aux tiges d'intérêt commercial ainsi que de laisser les arbustes fruitiers (Agence forêts privées Chaudière et Agence forêts privées Appalaches 2010), ce qui pourrait expliquer la préférence de cette espèce pour les peuplements ayant reçu des travaux forêts-faune.

Contrairement à la grive fauve, le viréo à tête bleue a réagi défavorablement aux travaux forêt-faune par rapport aux travaux d'EPC systématique. Pour cette espèce, les mesures d'atténuation n'ont pas eu l'effet escompté. Ces résultats laissent perplexes puisque, pour le viréo à tête bleue, un sous couvert forestier dense et une strate arborescente ayant un grand pourcentage de fermeture de la canopée sont des caractéristiques d'habitat importantes (DeGraaf *et al.* 1980, Ross Vanderwel *et al.* 2009). Des résultats contraires auraient été attendus puisque, dans les travaux forêts-faune, il y a conservation d'îlots non traités donc les arbustes fruitiers, la régénération basse ainsi que la végétation arbustive sont gardés (Agence forêts privées Chaudière et Agence forêts privées Appalaches 2010), ce qui laisse supposer que l'habitat y serait plus favorable suite aux travaux forêt-faune que dans les travaux d'EPC systématique.

Deux espèces, la paruline flamboyante et la paruline noir et blanc, ont vu leur abondance baisser dans les peuplements traités par EPC systématique par rapport aux peuplements témoins. Il serait tentant de conclure que pour ces espèces, les mesures d'atténuation ont bel et bien eu l'effet escompté puisque, dans les peuplements ayant reçu des travaux forêt-faune, il n'y a pas de différence d'abondance par rapport au témoin. Or, il faut garder en tête qu'il n'y a pas non plus de différence d'abondance entre les peuplements ayant reçu des travaux forêt-faune et les peuplements traités par EPC systématique. Ainsi, pour ces deux espèces, les travaux forêt-faune semblent atténuer les effets négatifs de l'EPC systématique, mais pas totalement. De plus, pour ces deux espèces, le sous-couvert dense forestier est une caractéristique d'habitat

importante (Gauthier et Aubry 1995, Vanderwel *et al.* 2009). Comme cité précédemment, cette caractéristique peut expliquer les résultats obtenus dans les peuplements traités par EPC systématique.

La grive Fauve est donc la seule espèce pour qui les mesures d'atténuation apportées par les travaux forêt-faune fonctionnent. Cette espèce n'a pas de statut particulier, la tendance populationnelle est même en hausse au Québec (Sauer *et al.* 2012).

**Objectif 2 : Évaluer la valeur des plantations et des peuplements éduqués pour les oiseaux**

Ce volet visait à mesurer la fréquentation des plantations et des peuplements éduqués par la faune aviaire. Nous prédisions que la diversité de la faune aviaire suivrait un gradient décroissant allant des peuplements régénérés aux peuplements éduqués et aux plantations. De plus, nous prédisions que ce gradient serait plus accentué dans les peuplements de stade de développement plus mature par rapport aux jeunes stades de développement. Vu le nombre d'espèces dont l'origine du peuplement a eu un effet et la diversité des différences d'occurrence, les résultats synthétisés sont présentés au Tableau XI.

**Tableau XI : Synthèse des résultats du nombre d'espèces ayant une différence d'abondance entre l'origine des peuplements.**

Traitements	Peuplements jeunes		Peuplements prématures	
	« + »	« - »	« + »	« - »
PR p/r PE	NA	NA	4	5
PE p/r PL	NA	NA	1	1
PR p/r PL	4	5	3	4

« + » : Nombre d'espèces ayant une abondance plus élevée  
 « - » : Nombre d'espèces ayant une abondance moins élevée  
 PR : peuplement régénéré; PE : peuplement éduqué; PL : plantation ; NA : non applicable

En parcourant ce tableau, il est possible de s'apercevoir que la composition d'espèce change entre les différentes origines de peuplements, quel que soit leur âge. Le changement est moins marqué lorsque les peuplements éduqués sont comparés aux plantations. Dans la littérature, il est plus courant de trouver des études qui ont comme résultats une diversité aviaire inférieure dans les plantations que dans les forêts naturelles (Stephens 2007, Hartmann, Daoust *et al.* 2010). Or, dans le cas présent, la diversité reste sensiblement la même puisqu'il y a, approximativement, le même nombre d'espèces qui ont une abondance moins élevée qu'une abondance plus élevée entre les types de peuplements. Par contre, certaines plantations

peuvent avoir des communautés aussi diverses que des forêts naturelles ou secondaires (Hartmann, Daoust *et al.* 2010), ce qui est cohérent avec les présents résultats.

Il est à noter que la paruline du Canada, une espèce désignée menacée (COSEPAC 2008), a une différence d'abondance selon l'origine des peuplements, et ce, dans les peuplements jeunes.

### ***Objectif 3 : Mesurer l'effet à court terme des EC sur les oiseaux***

Ce volet visait à documenter l'effet des EC sur la faune aviaire en Chaudière-Appalaches. Des 32 espèces retenues pour l'analyse, cinq espèces ont vu leur occurrence changer suite au traitement. Ceci coïncide avec les résultats de plusieurs études qui ont mis en évidence que l'éclaircie commerciale a peu d'effet ou qu'elle ne modifie pas de manière importante la communauté aviaire des peuplements (Harvey 2009).

La mésange à tête brune et la paruline à tête cendrée sont deux espèces pour lesquelles une diminution de leur abondance, à la suite du traitement, a été observée. La mésange à tête brune est une espèce retrouvée autant dans les forêts jeunes que dans les forêts matures (Ficken *et al.* 1996). Elle creuse son nid dans une souche ou un tronc ou utilise une cavité abandonnée par un pic ou une sitelle (Gauthier et Aubry 1995). Lors de coupe partielle, il y aurait une diminution de la qualité d'habitat de cette espèce (Vanderwel *et al.* 2009), ce qui expliquerait les résultats obtenus. Bien qu'étant une espèce ubiquiste (Gauthier et Aubry 1995), une caractéristique d'habitat importante pour la paruline à tête cendrée est une strate arbustive dense (Vanderwel *et al.* 2009). La baisse d'abondance de cette espèce est difficilement explicable puisque, suite à une coupe partielle, il y aurait une augmentation de la qualité d'habitat de la paruline à tête cendrée (Vanderwel *et al.* 2009). De plus, les espèces associées aux sous-étages des peuplements sont généralement plus abondantes dans les sites éclaircis que dans les autres peuplements (Harvey 2009). Les mesures ont peut-être été prises trop tôt après les traitements pour observer cette tendance, la strate arbustive n'aurait pas eu le temps de se former.

Les espèces ayant eu une augmentation de leur abondance après les traitements d'EC sont le bruant à gorge blanche, le junco ardoisé et le roitelet à couronne rubis. Le bruant à gorge blanche est une espèce associée aux habitats ouverts et ayant une forte préférence pour le sous-bois dense (Falls et Kopachena 2010, Leblanc et Fortin 2010). Ces préférences et les résultats correspondent aux résultats d'autres études qui ont trouvé que les espèces aviaires associées aux milieux ouverts sont généralement favorisées par les changements d'attributs des peuplements forestiers qui résultent de l'EC (Harvey 2009). L'augmentation d'abondance du junco ardoisé concorde avec le fait que les oiseaux qui se nourrissent au sol, tel le junco ardoisé, compte parmi les espèces les plus fréquemment observées dans les peuplements éclaircis (Harvey 2009). Le roitelet à couronne rubis est une espèce généraliste (Gauthier et

Aubry 1995) et la qualité de son habitat n'a pas de changement suite à une coupe partielle (Vanderwel *et al.* 2009). Son augmentation d'abondance est donc difficilement explicable.

De toutes les espèces analysées, cinq seraient préoccupantes d'un point de vue de conservation (Panjabi *et al.* 2012). De ces cinq espèces, une seule, la mésange à tête brune a eu une baisse d'abondance à la suite du traitement.



## 5. CONCLUSION

### 5.1 Où et à quoi s'appliquent les résultats de la présente étude

Il est important de garder en tête que les résultats de cette étude se restreignent à la région de Chaudière-Appalaches. En effet, extrapoler ces résultats à d'autres régions serait une erreur. Il faudrait faire d'autres études dans ces régions afin d'évaluer les impacts des travaux réguliers avec des travaux incluant des mesures d'atténuation sur la faune de ces régions. Il faut également garder en tête que les résultats ne s'appliquent qu'aux espèces qui ont été observées et analysées. Il faudrait faire d'autres études ciblées sur les espèces d'intérêt, par exemple les espèces qui ont un statut de conservation, pour mesurer la réaction de celles-ci aux travaux forêt-faune et aux travaux d'EPC systématique. Par exemple, dans la région à l'étude, se trouve une aire de nidification de la grive de Bicknell, une espèce désignée menacée par le COSEPAC (COSEPAC, 2009). Une étude de l'impact serait de mise pour cette espèce particulière puisqu'elle n'a pas été observée dans la présente étude malgré sa présence dans cette région.

En outre, l'utilisation des peuplements régénérés après coupe totale comme référence, pour l'interprétation de nos résultats, représente un inconvénient. Idéalement, il aurait fallu utiliser des sites régénérés après perturbation naturelle afin d'avoir un modèle « naturel ». Cependant, force est de constater que ce modèle naturel dans la région de Chaudière-Appalaches est probablement rarissime, voir inexistant.

### 5.2 Ce que cette étude dit

Les résultats démontrent que les travaux forêt-faune compensent, du moins en partie, les effets négatifs de l'EPC sur le lièvre d'Amérique, la grive fauve, la paruline flamboyante et la paruline noir et blanc. Par contre, les travaux forêt-faune ne semblent pas maintenir une obstruction latérale dense à court terme à l'échelle du peuplement, du moins pas suffisamment pour le lièvre d'Amérique. Des normes différentes permettant de dégager des tiges d'avenir pour la production ligneuse tout en maintenant un couvert latéral dense à l'échelle des peuplements seraient à penser et tester sur le terrain. Une autre approche consisterait à mieux répartir, dans le temps et dans l'espace, les travaux d'EPC sur le territoire afin de maintenir des habitats jeunes et denses en tout temps à l'échelle locale. Nos résultats démontrent également que les plantations engendrent un appauvrissement de la disponibilité de débris ligneux et de chicots, éléments reconnus essentiels au maintien de la biodiversité. Des mesures visant la conservation de ces éléments lors de la coupe ou de la préparation du terrain précédant la plantation seraient nécessaires afin de les préserver. Cependant, les résultats démontrent que les plantations sont utilisées par les espèces étudiées à un niveau que l'on pourrait juger comparable par rapport aux peuplements régénérés. Enfin, les résultats démontrent que l'EC ne semble pas avoir beaucoup d'impact sur les espèces étudiées du moins à court terme. Certes, l'EC a impacté négativement deux espèces d'oiseaux dont l'une qui est jugée préoccupante d'un point de vue de conservation, ce qui mériterait d'approfondir les effets de ce traitement sur ces espèces.



Ainsi, concernant l'atteinte des objectifs de ce projet, les résultats ne vont pas tous dans le sens des hypothèses posées, mais ils permettent néanmoins de porter un jugement éclairé sur les effets à court terme des travaux forêt-faune. Il est possible de conclure que les effets des mesures d'atténuation incluses dans les travaux forêt-faune sont variables selon les espèces considérées et le type de peuplement dans lequel ils se déroulent. Il a également été observé que les plantations semblent moins favorables pour quelques espèces fauniques et à la présence d'éléments jugés essentiels au maintien de la faune comme les débris ligneux et les chicots. Ces écarts entre les plantations et les peuplements régénérés semblent se creuser à mesure que le peuplement vieillit. Enfin, les résultats ont permis de mieux évaluer les effets potentiels des éclaircies commerciales sur certaines espèces fauniques étudiées et de proposer des mesures d'atténuation adéquates en vue d'assurer le maintien des caractères naturels des peuplements qui seront touchés par ce traitement au cours des prochaines décennies. Cependant, un objectif n'a pu être atteint soit celui de mesurer l'effet des traitements sur le rendement forestier. La forte variabilité mesurée dans le dispositif et la faible profondeur temporelle a limité les analyses statistiques.

### 5.3 Suivi à plus long terme

Le projet a évalué les effets à court terme, soit un an et deux ans après coupe. Or, il serait intéressant de prolonger l'étude afin de vérifier l'effet à plus long terme des travaux réguliers d'éclaircie précommerciale et commerciale ainsi que travaux forêt-faune. En effet, certains attributs clés à l'étude ne pourraient vraiment voir leur effet sur la faune se manifester que des années après les traitements. Par exemple, les chicots, qui sont des attributs importants pour la faune, peuvent apparaître. En effet, dans les jeunes peuplements de trois mètres de hauteur, il n'y a pas de présence de cet attribut puisque le peuplement est trop jeune. Par contre, les îlots et bandes non traités dans les travaux forêts-faune sont une source potentielle de chicots. Ces îlots pourraient devenir des îlots de vieillissement (Darveau et Desrochers 2001), où à long terme, des arbres de grandes dimensions, des arbres surannés et, éventuellement, des chicots se formeront. Ce serait donc à plus long terme que les mesures d'atténuation des travaux forêts-faunes auraient un effet visible. La réflexion suivante est à soulever : serait-il pertinent d'appliquer des mesures d'atténuation aux éclaircies commerciales dans les peuplements ayant eu des travaux forêts-faune? Ces mesures permettraient, par exemple, de continuer à conserver les îlots non-traités et favoriser les attributs clés fauniques tels les chicots.

L'effet des traitements sur le rendement forestier n'a pu être mesuré deux ans après les travaux. La variabilité du volume marchand notée dans les peuplements du dispositif était trop importante pour émettre des conclusions. Un suivi à plus long terme serait nécessaire soit un minimum de 5 à 7 ans après les travaux. Un sondage rapide effectué auprès des propriétaires participants à cette étude a permis de constater que l'on pourrait procéder à une nouvelle mesure du volume marchand dans 93 % des sites en 2015 et 63 % des sites en 2017 (annexe 10). Des nouvelles mesures du rendement forestier rentabiliseraient encore plus les

dépenses encourues pour ce projet et permettraient de rencontrer la totalité des objectifs poursuivis au début de l'étude.

#### **5.4 Diffusion et communication de l'étude**

Un plan sommaire de communications a été élaboré afin de diffuser les résultats de l'étude. Il s'agit de quatre articles scientifiques, de deux articles de vulgarisation, d'un mémoire de maîtrise et de trois participations à des colloques et congrès. De plus, l'étude sera rendue disponible ou référencée sur les sites Internet des partenaires qui le désireront. Le détail du plan de communications est présenté à l'annexe 11.



## BIBLIOGRAPHIE

Abele, S.L., Q.J. Wirsing, and D.L.Murray (2013). Precommercial thinning alters abundance but not survival of snowshoe hares. *Journal of wildlife management* 77 :84-92.

Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière (2010). "Cahier d'instructions techniques". 136 p.

Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière, Agence de mise en valeur des forêts privées des Appalaches (2010). "Cahier d'instructions techniques pour la réalisation de travaux forêt-faune en Chaudière-Appalaches". 64 p.

Anderson, S. H., et B. J. Crompton (2002). "The effects of shelterwood logging on bird community composition in the Black Hills, Wyoming." *Forest Science* 48 (2):365-372.

Arbour, S. (2003). "Portrait de l'importance et du potentiel du milieu forestier de Chaudière-Appalaches, faits saillants". 13 p.

Ares, A., A. R. Neill, et K. J. Puettmann (2010). "Understory abundance, species diversity and functional attribute response to thinning in coniferous stands." *Forest Ecology and Management* 260 (7):1104-1113.

Bender, L. C., D. L. Minnis, et J. B. Hauser (1997). "Wildlife response to thinning red pine." *Northern Journal of Applied Forestry* 14:141-146.

Berg, N. D., et E. M. Gese (2010). "Relationship Between Fecal Pellet Counts and Snowshoe Hare Density in Western Wyoming." *Journal of Wildlife Management* 74 (8):1745-1751.

Bertrand, N., et F. Potvin (2003). "Caractérisation des habitats fauniques: méthodologie et résultats observés en forêt boréale". Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Québec, QC, Canada. 52 p.

Blanchette, P., S. Desjardins, M. Poirier, J. Legris, et P. Larue (2003). "Utilisation par le lièvre d'Amérique de peuplements traités par éclaircie précommerciale dans le domaine de l'érablière à Bouleau jaune et de la pessière à mousses". Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, QC, Canada. 63 p.

Brooks, R.T. (1999). Residual effects of thinning and high white-tailed deer densities on northern redback salamanders in southern New England oak forests. *Journal of wildlife management* 63 : 1172-1180.

Bujold, F., A. Cimon, P. Blanchette, M. Crête, et J. Legris (2004). "Effets de l'éclaircie précommerciale sur la diversité biologique". Direction de l'Environnement forestier, ministère des Ressources naturelles, Ed., QC, Québec, 16 p.

Buskirk, W. H., et J. L. McDonald (1995). "Comparison of point count sampling regimes for monitoring forest birds". Pages 25-34 in Monitoring bird populations by point counts (Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149). C. J. Ralph, J. R. Sauer, et S. Droege, Eds. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA, USA. 187 p.

Carey, A. B., et M. L. Johnson (1995). "Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forests." *Ecological Applications* 5 (2):336-352.

Carnus, J. M., J. Parrotta, E. Brockerhoff, M. Arbez, H. Jactel, A. Kremer, D. Lamb, K. O'HARA, et B. Walters (2006). "Planted forests and biodiversity." *Journal of Forestry* 104 (2):65-77.

Conférence régionale des élu(e)s de la Chaudière-Appalaches (2005). "Profil socioéconomique de la Chaudière-Appalaches". *Faits saillants et statistiques régionales*, 329 p.

Conway, Courtney J. (2010). "Canada warbler." *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.) Ithaca: Cornell Laboratory of Ornithology; Retrieved from *The Birds of North America Online* database: <http://bna.birds.cornell.edu/>

COSEPAC (2008). "Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la paruline du Canada (*Wilsonia canadensis*) au Canada". Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 38 p.

COSEPAC (2009). "Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur la grive de Bicknell (*Catharus bicknelli*) au Canada". Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 46 p.

Crête, M., S. Brais, M. Campagna, M. DARVEAU, M. Desponts, S. Déry, P. Drapeau, B. Drolet, J.-P. Jetté, C. Maisonneuve, A. Nappi, et P. Petitclerc (2004). "Pourquoi et comment maintenir du bois mort dans les forêts aménagées du Québec". *Avis scientifique*. Société de la faune et des parcs du Québec, Québec, QC, Canada. 35 p.

Darveau, M., et A. Desrochers (2001). "Le bois mort et la faune vertébrée : état des connaissances au Québec". Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Québec, QC, Canada. 42 p.

DeGraaf, R.M., G.M. Witman, J.W Lanier, B.J. Hill et J.M. Keniston (1980). "Forest habitat for birds of the northeast. United States Department of Agriculture, Forest Service, Eastern Region, Washington, v + 589 p.

DeGraaf, R. M., et N. L. Chadwick (1987). "Forest type, timber size class, and New-Egland breeding birds." *Journal of Wildlife Management* 51 (1):212-217.

DeMaynadier, P. G., et M. L. Hunter JR. (1995). "The relationship between forest management and amphibian ecology: a review of the North American literature." *Environmental Reviews* 3 (3-4):230-261.

Demers, Y. (2002). "Attirer la faune en plantation." *Progrès forestier* 9 : 1-2.

Derleth, E. L., D. G. McAuley, et T. J. Dwyer (1989). "Avian community response to small-scale habitat disturbance in Maine." *Canadian Journal of Zoology* 67:385-390.

Desrochers, A., C. Renaud, W. M. Hochachka, et M. Cadman (2010). "Area-sensitivity by forest songbirds: theoretical and practical implications of scale-dependency." *Ecography* 33:921-931.

Désy, A. (2003). "Plan d'aménagement et de mise en valeur forêt-faune du ravage de cerfs de Virginie de St-Gédéon (Habitat No 06-12-9001-93) ". Agence régionale de mise en valeur des forêts privées de la Chaudière, Black Lake, Québec, Canada. 76 p.

Doran, P. J., P. Z. Gulezian, et M. G. Betts (2005). "A test of the mobbing playback method for estimating bird reproductive success." *Journal of Field Ornithology* 76 (3):227-233.

Drapeau, P., A. Leduc, D. Kneeshaw et S. Gauthier. 2008. Paramètres à considérer pour le suivi de l'approche écosystémique dans une perspective d'aménagement adaptatif en pessière à mousses, pp. 360-391. *In* Gauthier, S., M.-A Vaillancourt, A. Leduc, L. DeGrandpré, D. Kneeshaw, H. Morin, P. Drapeau et Y. Bergeron éditeurs. Aménagement écosystémique en forêt boréale. Presse de l'Université du Québec, Québec. 568 p.,

Dunn, E. H., J. Bart, B. T. Collins, B. Craig, B. Dale, C. M. Downes, C. M. Francis, S. Woodley, et P. Zorn (2006). "Monitoring bird populations in small geographic areas". *Canadian Wildlife Service Special Publication*. Environment Canada, Ottawa, ON, Canada. 71p.

Etcheverry, P., J. P. Ouellet, et M. Crete (2005). "Response of small mammals to clear-cutting and precommercial thinning in mixed forests of southeastern Quebec." *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 35 (12):2813-2822.

Falls, J. B. et J. G. Kopachena (2010). "White-throated Sparrow." *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.) Ithaca: Cornell Laboratory of Ornithology; Retrieved from *The Birds of North America Online* database: <http://bna.birds.cornell.edu/>

Felton, A., M. Lindbladh, J. Brunet, et O. Fritz (2010). "Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe." *Forest Ecology and Management* 260 (6):939-947.

Ferron, J., R. Couture, et Y. Lemay (1996). "Manuel d'aménagement des boisés privés pour la petite faune". *Fondation de la Faune du Québec, Sainte-Foy, Québec, Canada*. 198p.

Ficken, Millicent S., Margaret A. McLaren and Jack P. Hailman. (1996). "Boreal Chickadee (*Poecile hudsonicus*)", *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology; Retrieved from the *Birds of North America Online*: <http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/254doi:10.2173/bna.254>.

Fondation de la faune du Québec (2009). "Programme Forêt-Faune". *Fondation de la Faune du Québec, Québec, Québec, Canada*. 21 p.

Forsman, J. T., P. Reunanen, J. Jokimaki, et M. Monkkonen (2010). "The effects of small-scale disturbance on forest birds: a meta-analysis." *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 40 (9):1833-1842.

Fortin, M., DeBlois, J., Bernier, S., and Blais, G. 2007. "Mise au point d'un tarif de cubage général pour les forêts québécoises : une approche pour mieux évaluer l'incertitude associée aux prévisions". *The Forestry Chronicle* 83: 754-765.

Fortin, M., Bernier, S., Saucier, J.-P., and Labbé, F. 2009. "Une relation hauteur-diamètre tenant compte de l'influence de la station et du climat pour 20 espèces commerciales du Québec". *Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 153*. 22 p.

Fortin, M. et L. Langevin, 2010. "ARTÉMIS-2009 : un modèle de croissance basé sur une approche par tiges individuelle pour les forêts du Québec". *Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, direction de la recherche forestière, Mémoire de recherche forestière n°156*. 48 p.

Gauthier, J et Y. Aubry (sous la direction de) 1995. "Les oiseaux nicheurs du Québec : Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional". Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, xviii + 1302 p.

Gauthier, I., H. Bastien, et S. Lefort (2008). "État de situation des principales espèces de petit gibier exploitées au Québec". Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Québec, QC, Canada. 231 p.

Gouvernement du Québec (2008). "La forêt, pour construire le Québec de demain". 73 p.

Gouvernement du Québec (2011). "Rendez-vous de la forêt privée, cahier des décisions". Gouvernement du Québec, Ressources naturelles et Faune Québec. 42 p.

Gratton, L., M. Lelièvre, C. Daguet, M.-J. Martel, F. Hone, O. Pfiser, et F. Daudelin (2010). "Conservation et foresterie : Contribuer au maintien des forêts privées du Québec méridional". Rapport du comité de réflexion sur la conciliation entre conservation et foresterie. Corridor appalachien, Lac-Brome. Québec. 68 p.

Green, R. H. (1979). "Sampling design and statistical methods for environmental biologists". Wiley, New York; Toronto. 257p.

Gregory, R. D., et A. Van Strien (2010). "Wild bird indicators: using composite population trends of birds as measures of environmental health." *Ornithological Science* 9 (1):3-22.

Griffin, P. C., et L. S. Mills (2007). "Precommercial thinning reduces snowshoe hare abundance in the short tenn." *Journal of Wildlife Management* 71 (2):559-564.

Hagar, J., S. Howlin, et L. Ganio (2004). "Short-term response of songbirds to experimental thinning of young Douglas-fir forests in the Oregon Cascades." *Forest Ecology and Management* 199 (2-3):333-347.

Hartmann, H., G. Daoust, B. Bigue, et C. Messier (2010). "Negative or positive effects of plantation and intensive forestry on biodiversity: A matter of scale and perspective." *Forestry Chronicle* 86 (3):354-364.

Harvey, V. (2009). "Évaluation de l'utilisation par la faune terrestre des plantations et des peuplements ayant fait l'objet d'une éclaircie précommerciale et de l'impact des éclaircies commerciales à l'échelle locale et régionale". Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, direction de l'expertise sur la faune et ses habitats, Ed.), Québec. 65 p.



Hayes, J. P., S. S. Chan, W. H. Emmingham, J. C. Tappeiner, L. D. Kellogg, et J. D. Bailey (1997). "Wildlife response to thinning young forests in the Pacific Northwest." *Journal of Forestry* 95 (8):28-33.

Heaton, K. (2005). "Mitigating environmental and social impacts of intensive plantation forestry." *Journal of Sustainable Forestry* 21 (4):75-96.

Heyer, W. R. (1994). "Measuring and monitoring biological diversity". Standard methods for amphibians, Washington, DC, USA. 364p.

Homyack, J.A., D.J. Harrison, and W.B. Krohn (2007). Effects of precommercial thinning on snowshoe hares in Maine. *Journal of Wildlife Management* 71: 4-13.

Hsu, T. N., K. French, et R. Major (2010). "Avian assemblages in eucalypt forests, plantations and pastures in northern NSW, Australia." *Forest Ecology and Management* 260 (6):1036-1046.

Hunter, M. L. (1993). "Natural fire regimes as spatial models for managing boreal forests." *Biological Conservation* 65 (2):115-120.

Hunter, M. L. (1999). "Maintaining biodiversity in forest ecosystems". Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 370p.

Imbeau, L., M. Mönkkönen, et A. Desrochers (2001). "Long-term effects of forestry on birds of the Eastern Canadian boreal forests: a comparison with Fennoscandia." *Conservation Biology* 15 (4):1151-1162.

Ito, S., M. Nakagawa, G. P. Buckley, et K. Nogami (2003). "Species richness in sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) plantations in southeastern Kyushu, Japan: The effects of stand type and age on understory trees and shrubs." *Journal of Forest Research* 8 (1):49-57.

James, Ross D (1998). "Blue-headed Vireo." *The Birds of North America Online* (A. Poole, Ed.) Ithaca: Cornell Laboratory of Ornithology; Retrieved from *The Birds of North America Online* database: <http://bna.birds.cornell.edu/>

Karraker, N.E. et H.H. Welsh Jr. (2006). Long-term impacts of even-aged timber management on abundance and body condition of terrestrial amphibians in Northwestern California. *Biological Conservation* 131: 132-140.

Krebs, C. J., R. Boonstra, V. Nams, M. O'Donoghue, K. E. Hodges, et S. Boutin (2001). "Estimating snowshoe hare population density from pellet plots: a further evaluation." *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* 79 (1):1-4.

Lantschner, M. V., V. Rusch, et C. Peyrou (2008). "Bird assemblages in pine plantations replacing native ecosystems in NW Patagonia." *Biodiversity and Conservation* 17 (5):969-989.

Leblanc, M.-L., D. Fortin, M. Darveau et J.-C. Ruel (2010). "Short term response of small mammals and forest birds to silvicultural practices differing in tree retention in irregular boreal forest." *Ecoscience* 17(3): 334-342.

Lindenmayer, D. B., J. F. Franklin, et J. Fischer (2006). "General management principles and a checklist of strategies to guide forest biodiversity conservation." *Biological Conservation* 131 (3):433-445.

Litvaitis, J.A., J.A. Sherburne et J.A. Bissonette (1985). A comparaison of methods used to examine snowshoe hare habitat use. *Journal of wildlife management* 49: 693-695.

Lycke, A., G. Bois et L. Imbeau (2007). Impacts de l'éclaircie commercial sur le tétras du Canada et le lièvre d'Amérique. Résumé de présentation, Carrefour de la recherche forestière. Québec. 19 et 20 septembre 2007.

Lycke, A., L. Imbeau, et P. Drapeau (2011). "Effects of commercial thinning on site occupancy and habitat use by spruce grouse in boreal Quebec." *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 41 (3):501-508.

Marsh, D.M., et M.A.Goicochea (2003). Monitoring terrestrial salamanders: biais caused by intense sampling and choice of cover objets. *Journal of herpetology* 37: 460-466.

Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (2009). "Le portrait de l'évolution de la forêt publique sous aménagement du Québec méridional des années 1970 aux années 2000". Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec, direction des inventaires forestiers et Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 142 p.

Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec (2008). "Normes de stratification écoforestière. Quatrième inventaire écoforestier". Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Québec, Québec, Canada. 52 p.

Mitchell, R. J., M. L. Huater, et B. J. Palik (2002). "Natural disturbance as a guide to silviculture - Preface." *Forest Ecology and Management* 155 (1-3):315-317.

Moskoff, W. (2005). « Verry. » The Birds of North America Online (A. Poole, Ed.) Ithaca: Cornell Laboratory of Ornithology; Retrieved from The Birds of North America Online database: <http://bna.birds.cornell.edu/>

Moore, J.-D. (2009). Comparison of a population of Eastern Red-backed salamanders, *Plethodon cinereus*, under native dominant wood coverboards and natural cover objects. *Canadian Field-Naturalist*; 123: 210-214.

Muir, P. S., R. L. Mattingly, J. C. Hagar, J. C. Miller, E. B. Peterson, et E. E. Starkey (2002). "Managing for biodiversity in young Douglas-fir forests of western oregon". 76 p.

Murray, D. L., J. D. Roth, E. Ellsworth, A. J. Wirsing, et T. D. Steury (2002). "Estimating low-density snowshoe hare populations using fecal pellet counts." *Canadian Journal of Zoology* 80 (4):771-781.

Norton, M. R., et S. J. Hannon (1997). "Songbird response to partial-cut logging in the boreal mixedwood forest of Alberta." *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere* 27 (1): 44-53.

Nudds, T. D. (1977). "Quantifying the Vegetative Structure of Wildlife Cover." *Wildlife Society Bulletin* 5 (3): 113-117.

Ordre des ingénieurs forestiers du Québec (2009). "Manuel de foresterie". Québec, éditions MultiMondes, Québec. 1428 p.

Outcalt, K. W. (2008). "Lightning, fire and longleaf pine: Using natural disturbance to guide management." *Forest Ecology and Management* 255 (8-9):3351-3359.

Patrick, D.A., M. L. Hunter Jr., et A.J.K. Calhoun (2006). Effects of experimental forestry treatments on a Maine amphibian community. *Forest Ecology and Management* 234; 323-332.

Pearce, J., et L. Venier (2009). "Are salamanders good bioindicators of sustainable forest management in boreal forests?" *Canadian Journal of Forest Research* 39 (1):169-179.

Robitaille, A., et J.-P. Saucier (1998). "Paysages régionaux du Québec méridional". Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Québec, QC, Canada. 213 p.

Roy, C., L. Imbeau, et M. J. Mazerolle (2010). "Transformation of abandoned farm fields into coniferous plantations: Is there enough vegetation structure left to maintain winter habitat of snowshoe hares?" *Canadian Journal of Zoology* 88 (6):579-588.

Sansregret, H. (2000). "Effets de l'éclaircie précommerciale sur les petits mammifères et les oiseaux forestiers dans la sapinière à bouleau blanc de l'est" Mémoire Université Laval. Québec, Qc, Canada. 67p.

Saucier, J.-P., P. Grondin, A. Robitaille, J. Gosselin, C. Morneau, P. J. H. Richard, J. Brisson, L. Sirois, A. Leduc, H. Morin, É. Thiffault, S. Gauthier, C. Lavoie, et S. Payette (2009). "Écologie forestière". Pages 165–316 in *Manuel de foresterie*. Éditions MultiMondes, Québec. 1428p.

Sauer, J. R., J. E. Hines, J. E. Fallon, K. L. Pardieck, D. J. Ziolkowski, Jr., et W. A. Link. (2012). *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966 - 2011*. Version 07.03.2013 USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD.

Sauvestre, G. (2010). "Comparaison des peuplements naturels et aménagés en Chaudière-Appalaches" (Québec, Canada) : caractéristiques de la végétation et valeur faunique. Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement, ministère des ressources naturelles et de la Faune, Nancy. 100 p.

Stephen, S.S. et M.R. Wagner (2007). "Forest plantation and biodiversity: a fresh perspective." *Journal of forestry* 105(6): 307-313.

Suzuki, N. et J.P. Hayes (2003). "Effects of thinning on small mammals in Oregon coastal forests." *Journal of wildlife management* 67 : 352-371.

Sweeney, O. F. M., M. W. Wilson, S. Irwin, T. C. Kelly, et J. O'Halloran (2010). "Are bird density, species richness and community structure similar between native woodlands and non-native plantations in an area with a generalist bird fauna?" *Biodiversity and Conservation* 19 (8):2329-2342.

Taki, H., T. Inoue, H. Tanaka, H. Makihara, M. Sueyoshi, M. Isono, et K. Okabe (2010). "Responses of community structure, diversity, and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations." *Forest Ecology and Management* 259 (3):607-613.

Tardif, B., Lavoie, G., Lachance, Y., 2005. *Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables*. Gouvernement du Québec, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, Québec, QC, Canada. 60 p.

Thompson, I. D., J. A. Baker, et M. Ter-Mikaelian (2003). "A review of the long-term effects of post-harvest silviculture on vertebrate wildlife, and predictive models, with an emphasis on boreal forests in Ontario, Canada." *Forest Ecology and Management* 177:441-469.

Tittler, R., S. J. Hannon, et M. R. Norton (2001). "Residual tree retention ameliorates short-term effects of clear-cutting on some boreal songbirds." *Ecological Applications* 11 (6):1656-1666.

Tremblay, J. A., J. Ibarzabal, C. Dussault, et J. P. L. Savard (2009). "Habitat Requirements of Breeding Black-Backed Woodpeckers (*Picoides arcticus*) in Managed, Unburned Boreal Forest." *Avian Conservation and Ecology* 4 (1). [Online] URL: <http://www.aca-eco.org/Vol4/issu1/art2>.

Van Wagner, C. E. (1968). "The Line Intersect Method in Forest Fuel Sampling." *Forest Science* 14 (1):20-26.

Vanderwel, M.C., S.C. Mills et J.R. Malcol. (2009). « effects of partial harvesting on vertebrate species associated with late-successionals forest in Ontario's boreal region .» *The forestry chronicle* 85 (1) :91-104.

Villard, M.-A., et J.-S. Guénette (2005). "Les oiseaux forestiers montrent-ils la même sensibilité à l'exploitation forestière aux échelles du peuplement et du paysage?" *Vertigo* 6 (2):1-5.

Walker, B., C. S. Holling, S. R. Carpenter, et A. Kinzig (2004). "Resilience, Adaptability and Transformability in Social–ecological Systems." *Ecology and Society*, vol. 9 (1). [Online] URL: <http://www.consecol.org/vol6/iss1/art14>.

Welsh, H. H., et S. Droege (2001). "A case for using plethodontid salamanders for monitoring biodiversity and ecosystem integrity of North American forests." *Conservation Biology* 15 (3):558-569.

Wolfe, M. L., N. V. Debyle, C. S. Winchell, et T. R. McCabe (1982). "Snowshoe hare cover relationship in northern UTAH." *Journal of Wildlife Management* 46 (3):662-670.

## Annexe 1 : Plan d'échantillonnage

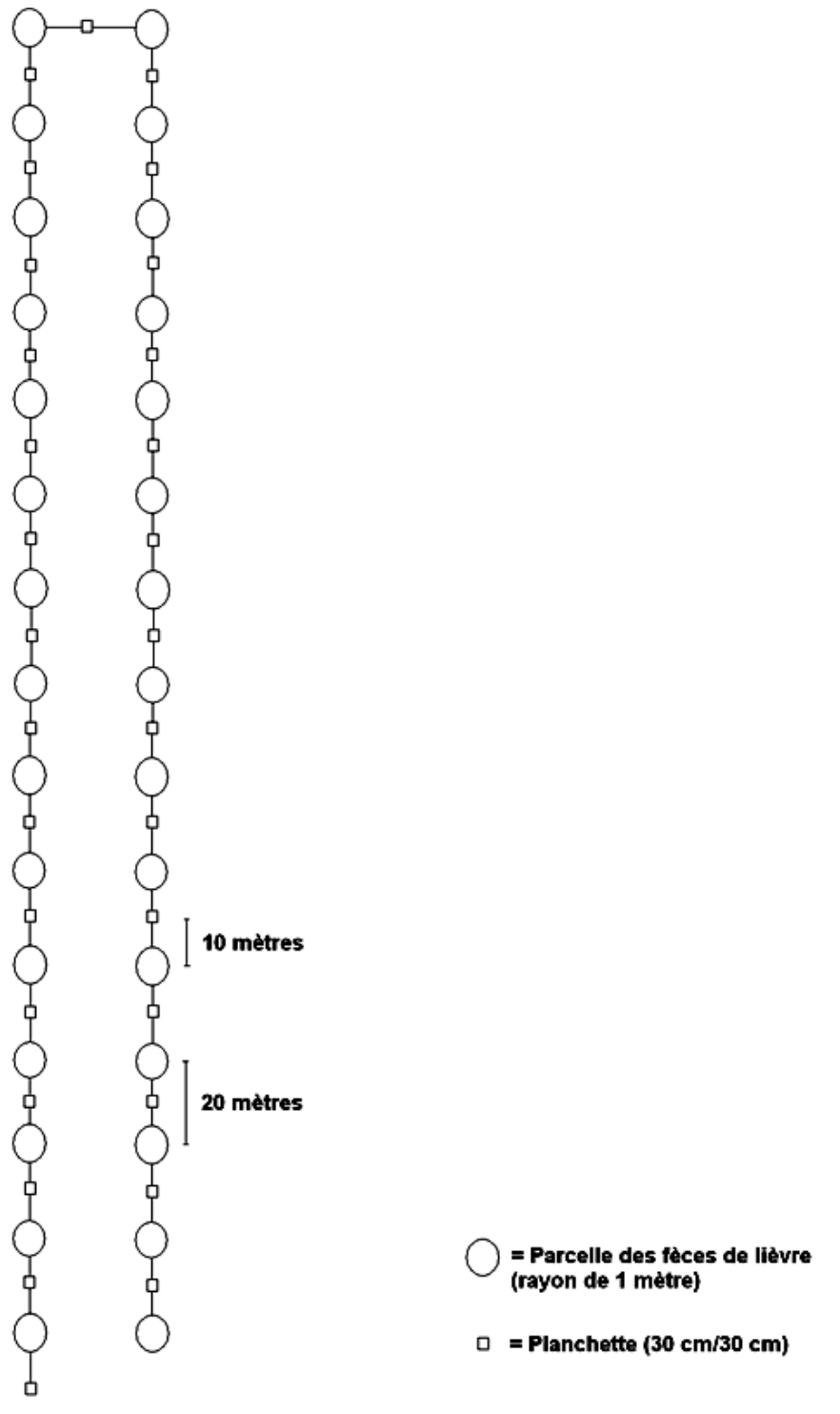
Répartition des sites étudiés par classe de peuplement, stade de développement, ainsi que par classe de traitement prévu sur ces peuplements.

Classe de peuplement	Stade de développement	Classe de traitement	Nombre de répliques théoriques	Nombre de répliques réalisés (2009)	Nombre de répliques réalisés (2011)
PR	3m	REG	10	10	11 <sup>1</sup>
		FF	10	10	9 <sup>1</sup>
		TEM	10	10	10
		Total	30	30	30
	30	TEM	10	10	10
		Total	10	10	10
Total			40	40	40
PE	30	REG	10	10	7 <sup>2</sup>
		TEM	10	9	12 <sup>2</sup>
		Total	20	19	19
	Total	20	19	19	
PL	3m	REG	10	10	9 <sup>3</sup>
		FF	10	10 (9)	9 <sup>3</sup>
		TEM	10	7	8 <sup>3</sup>
		Total	30	27 (26)	26
	30	REG	10	10	8 <sup>4</sup>
		TEM	10	10	11 <sup>4</sup>
		Total	20	20	19
Total			50	46 (46)	45
Total			110	107 (46)	104

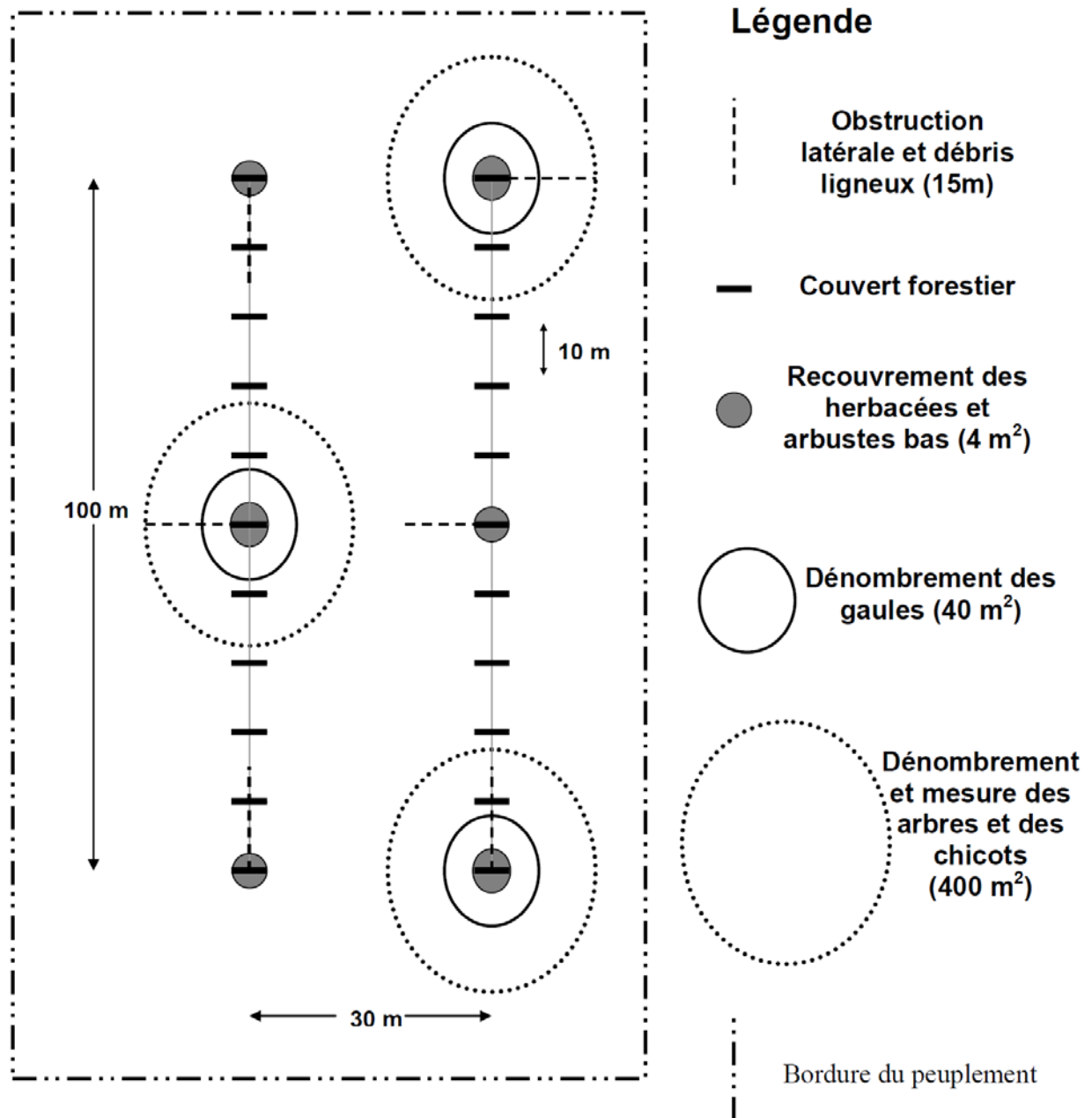
Les nombres entre parenthèses en 2009 signalent l'absence de relevé de végétation pour un site de PL3m-FF.

1. Un PR3m-FF a été converti en PR3m-REG, un PR3m-REG a été converti en témoins et un PR3m-TEM a été converti en PR3m-REG.
2. trois PE30-REG ont été convertis en témoins et un PE30-TEM a été traité
3. Trois PL3m-FF ont été retirés du dispositif et un PL3m-REG a été converti en PL3m-TEM
4. deux PL30-REG ont été convertis, témoins et un PL30-TEM a été traité et un PL30-REG a été retiré du dispositif.

**Annexe 2 : Schéma d'une parcelle type pour le décompte des fèces de lièvre et la vérification de la présence des amphibiens.**



Annexe 3 : Schéma d'une parcelle type pour la description des caractéristiques de la végétation des sites étudiés.



Source : Pierre Blanchette, communication personnelle



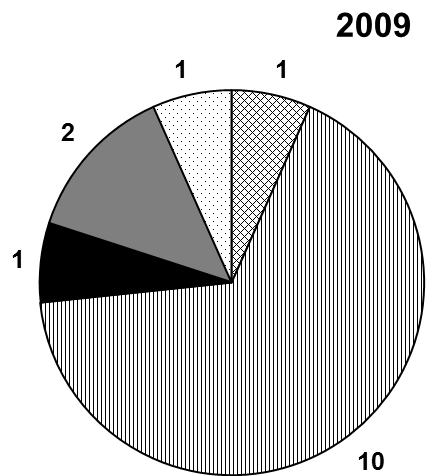
## Annexe 4 : Table des codes des stades de dégradation des débris ligneux au sol et des arbres debout

Stade	Débris ligneux au sol			Arbre debout		
	Feuilles	Bois	Forme	Feuilles	écorce	Cime et hauteur
Arbre vivant						
1.	≥ 95%	solide	rond	≥ 95%	100%	intacte
2.	20 < x < 95%	solide	rond	20 < x < 95%	> 90 %	intacte
3.	< 20%	solide	rond	< 20%	> 75 %	intacte
Arbre mort						
4.	mortes	solide	rond	mortes	présente	intacte
5.	absente	solide	rond	absente	> 50 %	intacte
6.	absente	solide/spongieux	rond/ovale	absente	< 50 %	cassée
7.	absente	spongieux	ovale	absente	absente	cassée, hauteur > 50 %
8.	absente	spongieux	± ovale, affessé	absente	absente	< 2 m

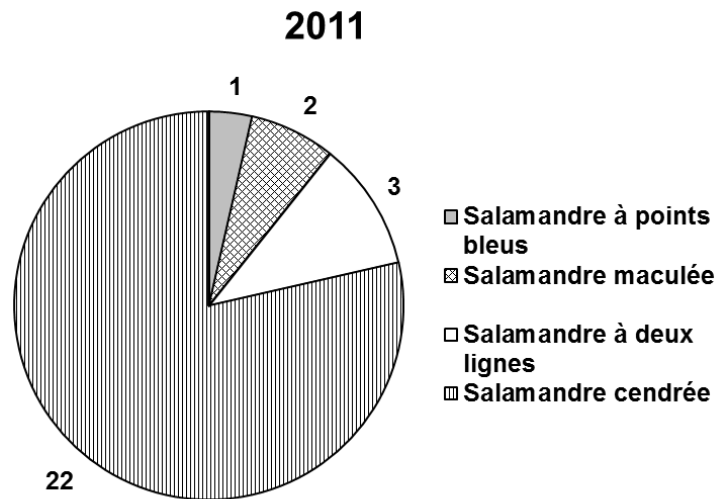
(D'après Tremblay, Ibarzabal *et al.* 2009) □

## Annexe 5 : Nombre d'amphibiens recensés selon la méthode utilisée et l'année

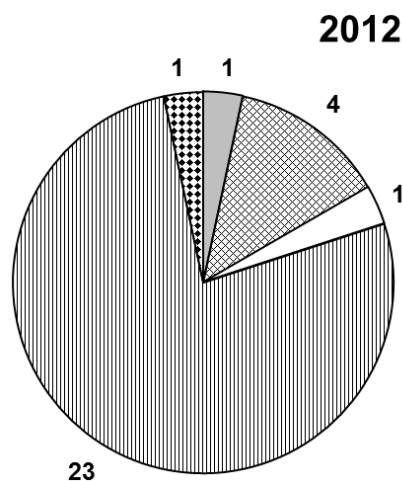
Méthode des planchettes :



- ▣ Salamandre maculée
- ▣ Salamandre cendrée
- Rainette crucifère
- ▣ Grenouille verte
- ▣ Grenouille des bois

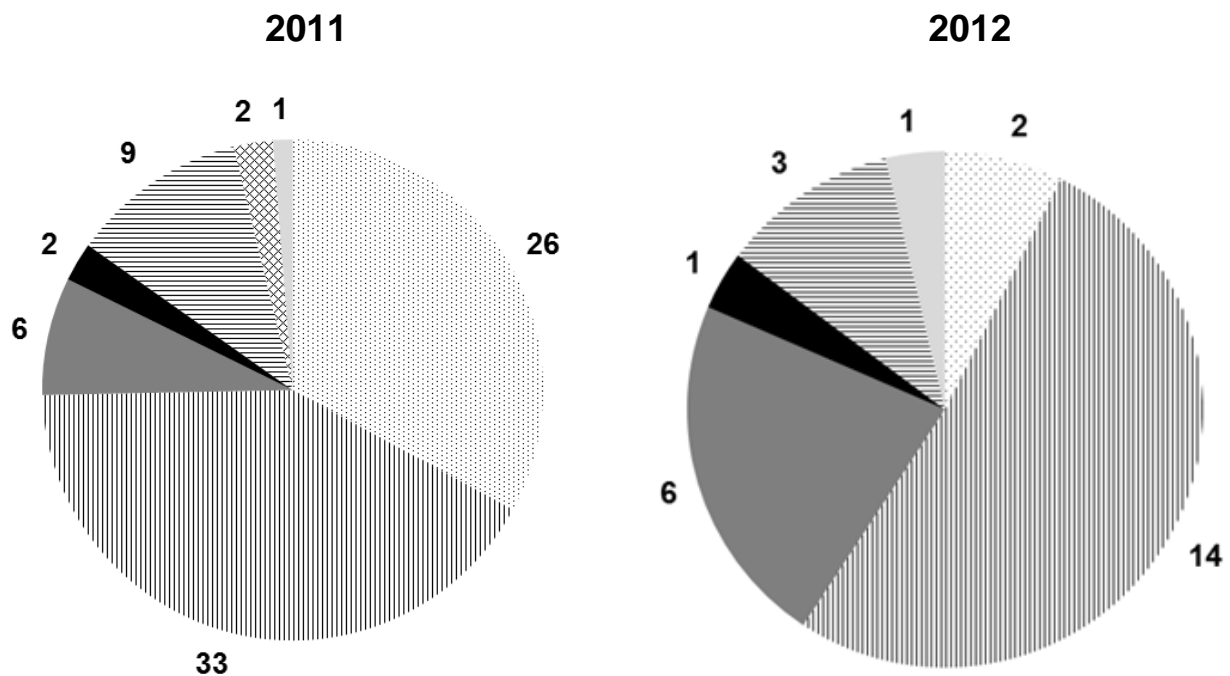


- ▣ Salamandre à points bleus
- ▣ Salamandre maculée
- ▣ Salamandre à deux lignes
- ▣ Salamandre cendrée



- ▣ Salamandre à points bleus
- ▣ Salamandre maculée
- ▣ Salamandre à deux lignes
- ▣ Salamandre cendrée
- ▣ Salamandre sp.

Méthode de la fouille active :



- ⊘ Grenouille des bois
- ▨ Salamandre cendrée
- Grenouille verte
- Rainette crucifère
- ≡ Crapaud d'Amérique
- ⊗ Salamandre maculée
- Salamandre à points bleus

## Annexe 6 : Liste des espèces observées<sup>1</sup> durant les trois années d'inventaire dans les peuplements jeunes

Nom vernaculaire	Nom scientifique
Bécasse d'Amérique	<i>Scolopax minor</i>
Bécassine de Wilson	<i>Gallinago delicata</i>
Bec-croisé bifascié	<i>Loxia leucoptera</i>
Bernache du Canada	<i>Branta canadensis</i>
Bruant à gorge blanche	<i>Zonotrichia albicollis</i>
Bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>
Bruant de Lincoln	<i>Melospiza lincolni</i>
Bruant des marais	<i>Melospiza georgiana</i>
Bruant familier	<i>Spizella passerina</i>
Bruant fauve	<i>Passerella iliaca</i>
Buse à queue rousse	<i>Buteo jamaicensis</i>
Butor d'Amérique	<i>Botaurus lentiginosus</i>
Canard colvert	<i>Anas platyrhynchos</i>
Cardinal à poitrine rose	<i>Pheucticus ludovicianus</i>
Carouge à épaulettes	<i>Agelaius phoeniceus</i>
Chardonneret jaune	<i>Spinus tristis</i>
Colibri à gorge rubis	<i>Archilochus colubris</i>
Corneille d'Amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>
Coulicou à bec noir	<i>Coccyzus erythrophthalmus</i>
Durbec des sapins	<i>Pinicola enucleator</i>
Faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>
Geai bleu	<i>Cyanocitta cristata</i>
Gélinotte huppée	<i>Bonasa umbellus</i>
Grand Corbeau	<i>Corvus corax</i>
Grand Pic	<i>Dryocopus pileatus</i>
Grimpereau brun	<i>Certhia americana</i>
Grive à dos olive	<i>Catharus ustulatus</i>
Grive des bois	<i>Hylocichla mustelina</i>
Grive fauve	<i>Catharus fuscescens</i>
Grive solitaire	<i>Catharus guttatus</i>
Gros-bec errant	<i>Hesperiphona vespertina</i>
Hirondelle bicolore	<i>Tachycineta bicolor</i>
Jaseur d'Amérique	<i>Bombycilla cedrorum</i>
Junco ardoisé	<i>Junco hyemalis</i>
Merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>

<sup>1</sup> Les espèces surlignées sont celles qui ont été observées à plus de 5 % des visites et ont donc été incluses dans les analyses

Nom vernaculaire	Nom scientifique
Mésange à tête brune	<i>Poecile hudsonicus</i>
Mésange à tête noire	<i>Poecile atricapillus</i>
Mésangeai du Canada	<i>Perisoreus canadensis</i>
Moqueur chat	<i>Dumetella carolinensis</i>
Moucherolle à côtés olive	<i>Contopus cooperi</i>
Moucherolle à ventre jaune	<i>Empidonax flaviventris</i>
Moucherolle des aulnes	<i>Empidonax alnorum</i>
Moucherolle tchébec	<i>Empidonax minimus</i>
Paruline à calotte noire	<i>Cardellina pusilla</i>
Paruline à collier	<i>Setophaga americana</i>
Paruline à couronne rousse	<i>Setophaga palmarum</i>
Paruline à croupion jaune	<i>Setophaga coronata</i>
Paruline à flancs marron	<i>Setophaga pensylvanica</i>
Paruline à gorge noire	<i>Setophaga virens</i>
Paruline à gorge orangée	<i>Setophaga fusca</i>
Paruline à joues grises	<i>Oreothlypis ruficapilla</i>
Paruline à poitrine baie	<i>Setophaga castanea</i>
Paruline à tête cendrée	<i>Setophaga magnolia</i>
Paruline bleue	<i>Setophaga caerulescens</i>
Paruline couronnée	<i>Seiurus aurocapilla</i>
Paruline des ruisseaux	<i>Parkesia noveboracensis</i>
Paruline du Canada	<i>Cardellina canadensis</i>
Paruline flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>
Paruline jaune	<i>Setophaga petechia</i>
Paruline masquée	<i>Geothlypis trichas</i>
Paruline noir et blanc	<i>Mniotilta varia</i>
Paruline obscure	<i>Oreothlypis peregrina</i>
Paruline rayée	<i>Setophaga striata</i>
Paruline tigrée	<i>Setophaga tigrina</i>
Paruline triste	<i>Geothlypis philadelphia</i>
Petite Buse	<i>Buteo platypterus</i>
Pic à dos noir	<i>Picoides arcticus</i>
Pic chevelu	<i>Picoides villosus</i>
Pic flamboyant	<i>Colaptes auratus</i>
Pic maculé	<i>Sphyrapicus varius</i>
Pic mineur	<i>Picoides pubescens</i>
Pioui de l'Est	<i>Contopus virens</i>
Plongeon huard	<i>Gavia immer</i>
Quiscale bronzé	<i>Quiscalus quiscula</i>
Quiscale rouilleux	<i>Euphagus carolinus</i>

Nom vernaculaire	Nom scientifique
Roitelet à couronne dorée	<i>Regulus satrapa</i>
Roitelet à couronne rubis	<i>Regulus calendula</i>
Roselin pourpré	<i>Carpodacus purpureus</i>
Sittelle à poitrine blanche	<i>Sitta carolinensis</i>
Sittelle à poitrine rousse	<i>Sitta canadensis</i>
Tarin des pins	<i>Spinus pinus</i>
Tourterelle triste	<i>Zenaida macroura</i>
Troglodyte des forêts	<i>Troglodytes hiemalis</i>
Tyran huppé	<i>Myiarchus crinitus</i>
Viréo à tête bleue	<i>Vireo solitarius</i>
Viréo aux yeux rouges	<i>Vireo olivaceus</i>
Viréo de Philadelphie	<i>Vireo philadelphicus</i>
Urubu à tête rouge	<i>Cathartes aura</i>

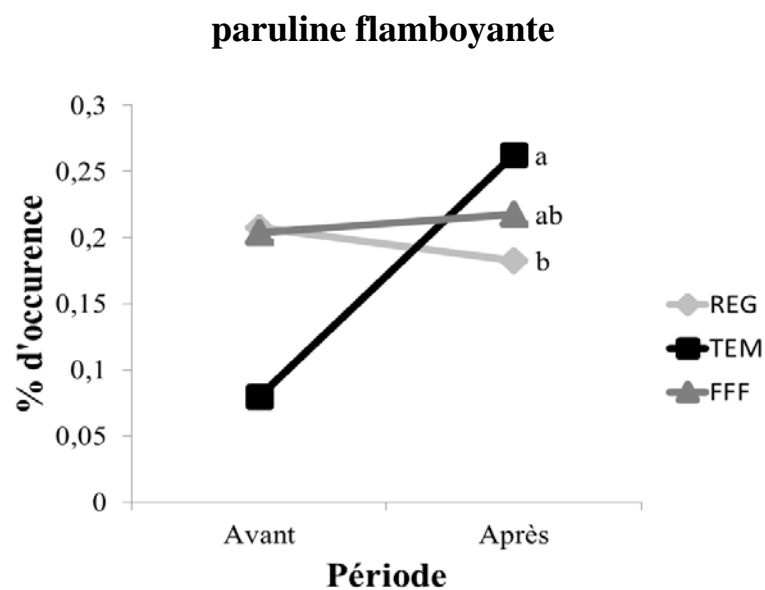
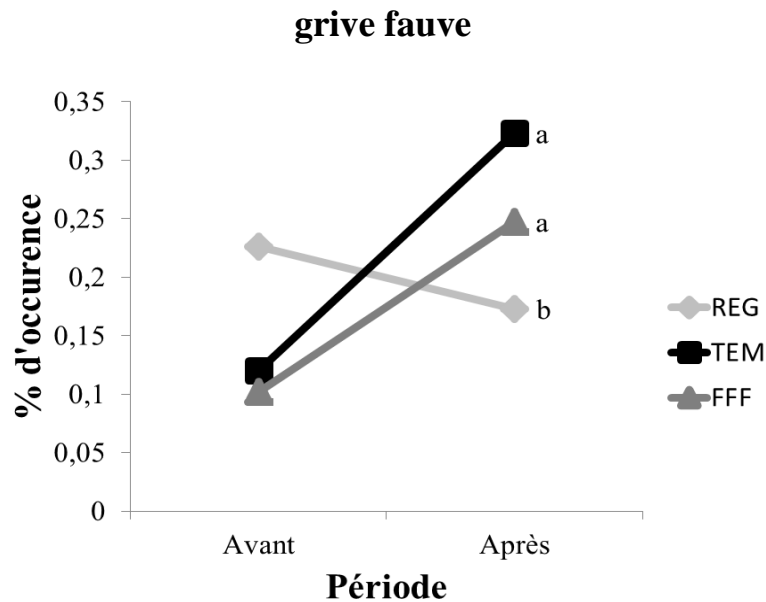
## Annexe 7 : Graphiques des espèces ayant une différence d'abondance entre les différents traitements des peuplements jeunes avant traitement et après traitement

REG : traitement régulier

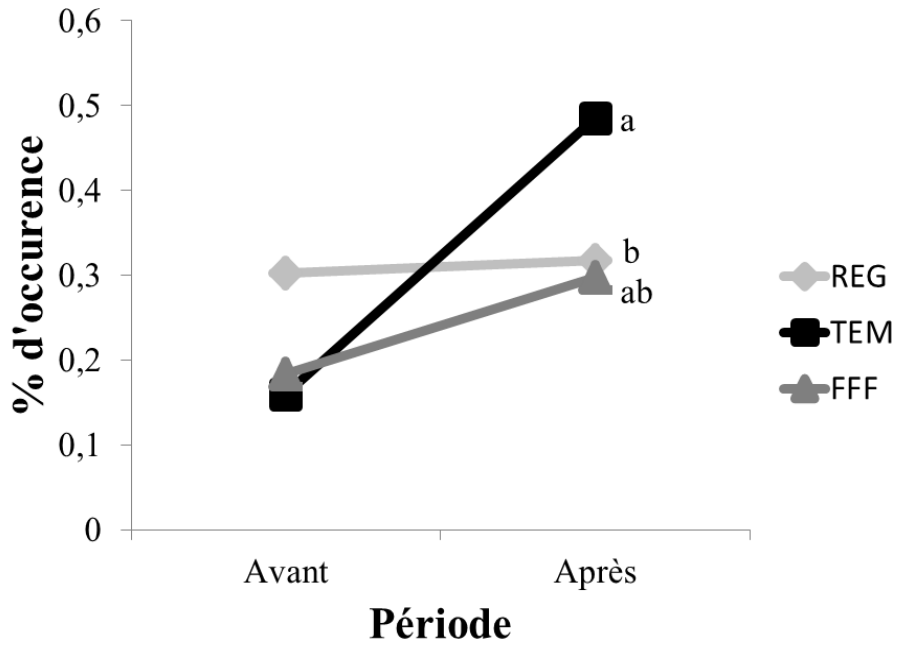
TEM : témoin

FFF : traitement forêt-faune

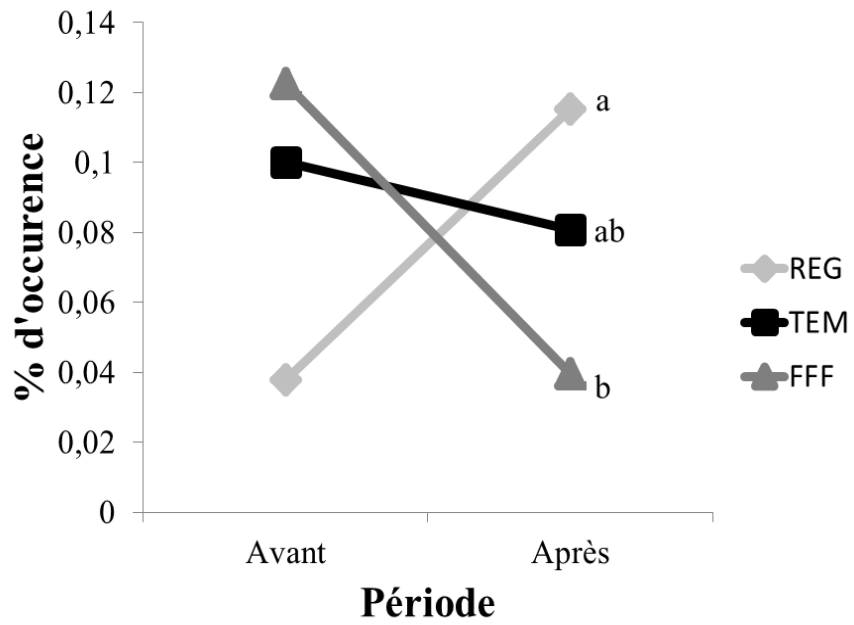
Des lettres différentes sur le graphique indiquent une différence significative entre les traitements



### paruline noir et blanc



### viréo à tête bleue





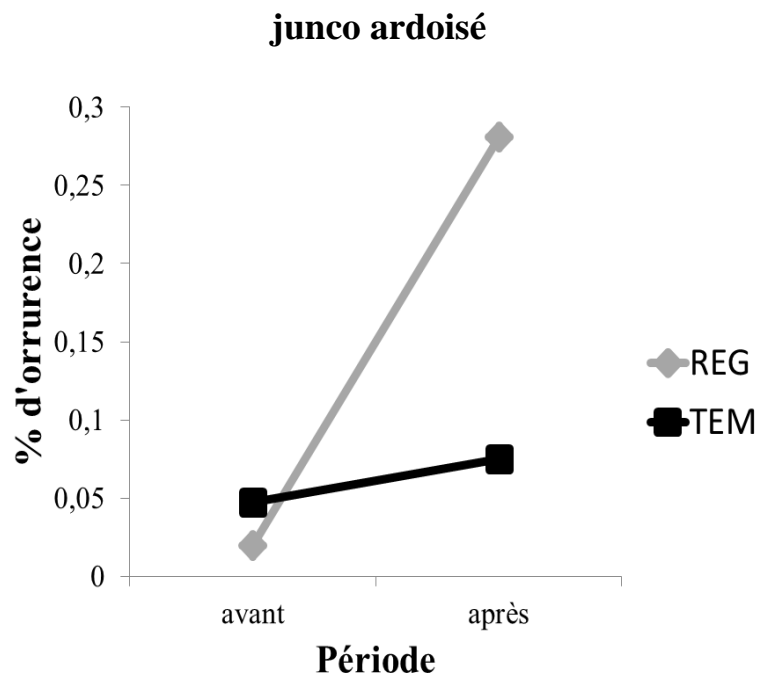
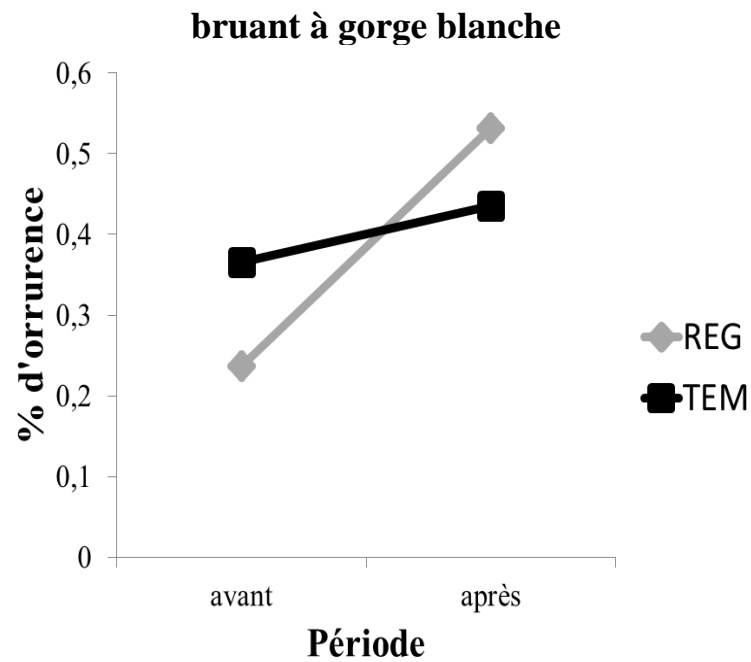
## Annexe 8 : Liste des espèces observées<sup>2</sup> durant les trois années d'inventaire dans les peuplements prématures

Nom vernaculaire	Nom scientifique
Bécassine de Wilson	<i>Gallinago delicata</i>
Bec-croisé bifascié	<i>Loxia leucoptera</i>
Bruant à gorge blanche	<i>Zonotrichia albicollis</i>
Bruant chanteur	<i>Melospiza melodia</i>
Bruant familier	<i>Spizella passerina</i>
Bruant fauve	<i>Passerella iliaca</i>
Butor d'Amérique	<i>Botaurus lentiginosus</i>
Cardinal à poitrine rose	<i>Pheucticus ludovicianus</i>
Carouge à épaulettes	<i>Agelaius phoeniceus</i>
Chardonneret jaune	<i>Spinus tristis</i>
Colibri à gorge rubis	<i>Archilochus colubris</i>
Cornelle d'Amérique	<i>Corvus brachyrhynchos</i>
Épervier brun	<i>Accipiter striatus</i>
Geai bleu	<i>Cyanocitta cristata</i>
Gélinotte huppée	<i>Bonasa umbellus</i>
Grand Corbeau	<i>Corvus corax</i>
Grand Pic	<i>Dryocopus pileatus</i>
Grimpereau brun	<i>Certhia americana</i>
Grive à dos olive	<i>Catharus ustulatus</i>
Grive fauve	<i>Catharus fuscescens</i>
Grive solitaire	<i>Catharus guttatus</i>
Jaseur d'Amérique	<i>Bombycilla cedrorum</i>
Junco ardoisé	<i>Junco hyemalis</i>
Martin-pêcheur d'Amérique	<i>Megaceryle alcyon</i>
Merle d'Amérique	<i>Turdus migratorius</i>
Mésange à tête brune	<i>Poecile hudsonicus</i>
Mésange à tête noire	<i>Poecile atricapillus</i>
Mésangeai du Canada	<i>Perisoreus canadensis</i>
Moqueur roux	<i>Toxostoma rufum</i>
Moucherolle à côtés olive	<i>Contopus cooperi</i>
Moucherolle à ventre jaune	<i>Empidonax flaviventris</i>
Moucherolle des aulnes	<i>Empidonax alnorum</i>
Moucherolle Phébi	<i>Sayornis phoebe</i>
Moucherolle tchébec	<i>Empidonax minimus</i>
Paruline à calotte noire	<i>Cardellina pusilla</i>
Paruline à collier	<i>Setophaga americana</i>

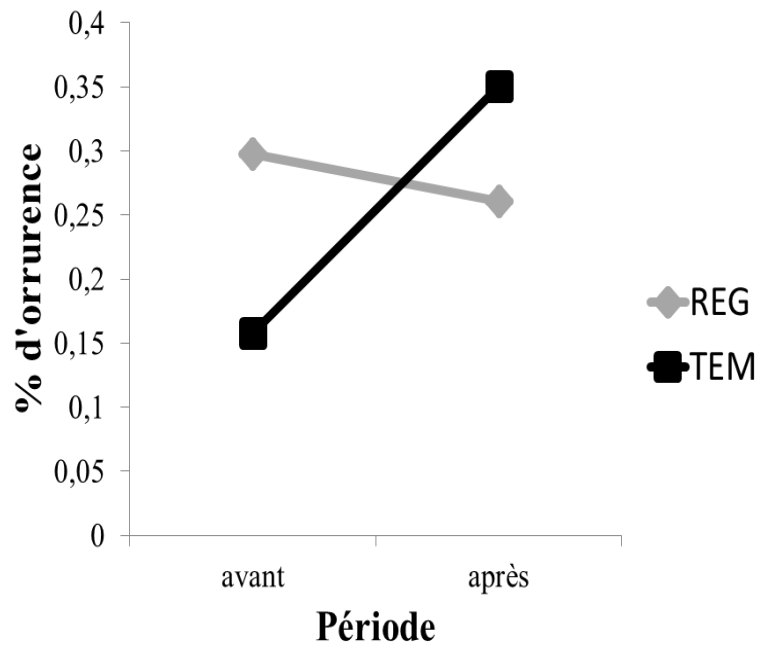
<sup>2</sup> Les espèces surlignées sont celles qui ont été observées à plus de 5 % des visites et ont donc été incluses dans les analyses

Nom vernaculaire	Nom scientifique
Paruline à couronne rousse	<i>Setophaga palmarum</i>
Paruline à croupion jaune	<i>Setophaga coronata</i>
Paruline à flancs marron	<i>Setophaga pensylvanica</i>
Paruline à gorge noire	<i>Setophaga virens</i>
Paruline à gorge orangée	<i>Setophaga fusca</i>
Paruline à joues grises	<i>Oreothlypis ruficapilla</i>
Paruline à poitrine baie	<i>Setophaga castanea</i>
Paruline à tête cendrée	<i>Setophaga magnolia</i>
Paruline bleue	<i>Setophaga caerulescens</i>
Paruline couronnée	<i>Seiurus aurocapilla</i>
Paruline des ruisseaux	<i>Parkesia noveboracensis</i>
Paruline du Canada	<i>Cardellina canadensis</i>
Paruline flamboyante	<i>Setophaga ruticilla</i>
Paruline masquée	<i>Geothlypis trichas</i>
Paruline noir et blanc	<i>Mniotilta varia</i>
Paruline obscure	<i>Oreothlypis peregrina</i>
Paruline rayée	<i>Setophaga striata</i>
Paruline tigrée	<i>Setophaga tigrina</i>
Paruline triste	<i>Geothlypis philadelphia</i>
Pic à dos noir	<i>Picoides arcticus</i>
Pic chevelu	<i>Picoides villosus</i>
Pic flamboyant	<i>Colaptes auratus</i>
Pic maculé	<i>Sphyrapicus varius</i>
Pic mineur	<i>Picoides pubescens</i>
Pioui de l'Est	<i>Contopus virens</i>
Quiscale bronzé	<i>Quiscalus quiscula</i>
Roitelet à couronne dorée	<i>Regulus satrapa</i>
Roitelet à couronne rubis	<i>Regulus calendula</i>
Roselin pourpré	<i>Carpodacus purpureus</i>
Sittelle à poitrine blanche	<i>Sitta carolinensis</i>
Sittelle à poitrine rousse	<i>Sitta canadensis</i>
Tarin des pins	<i>Spinus pinus</i>
Tétras du Canada	<i>Falcipecten canadensis</i>
Tourterelle triste	<i>Zenaida macroura</i>
Troglodyte des forêts	<i>Troglodytes hiemalis</i>
Viréo à tête bleue	<i>Vireo solitarius</i>
Viréo aux yeux rouges	<i>Vireo olivaceus</i>
Viréo de Philadelphie	<i>Vireo philadelphicus</i>
Viréo mélodieux	<i>Vireo gilvus</i>

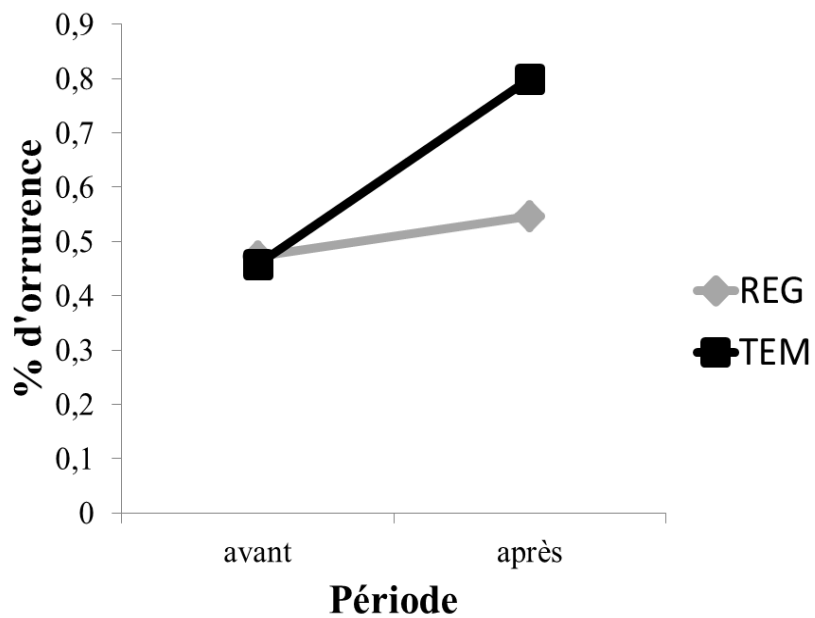
Annexe 9 : Graphiques des espèces ayant une différence d'occurrence suite au traitement dans les peuplements prématures



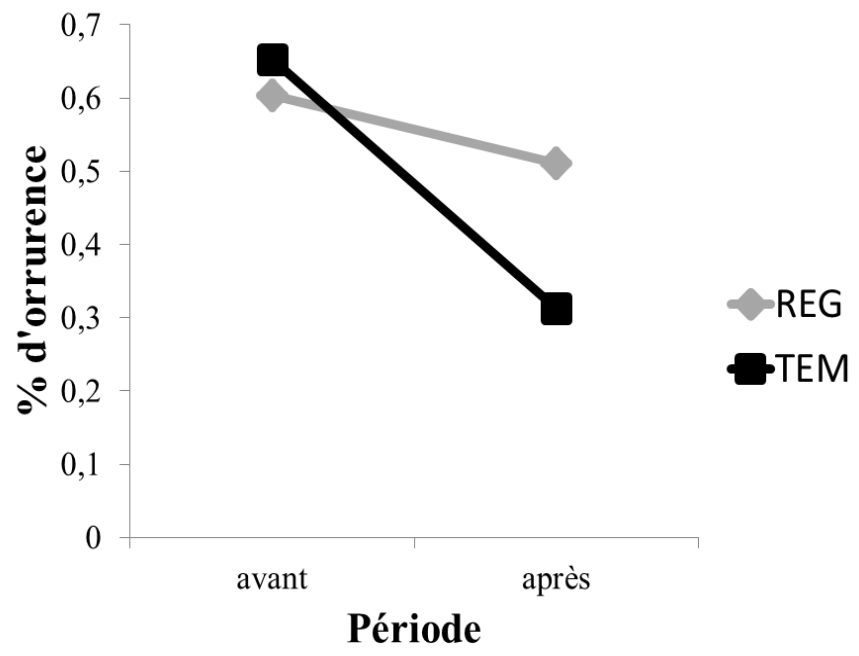
### mésange à tête brune



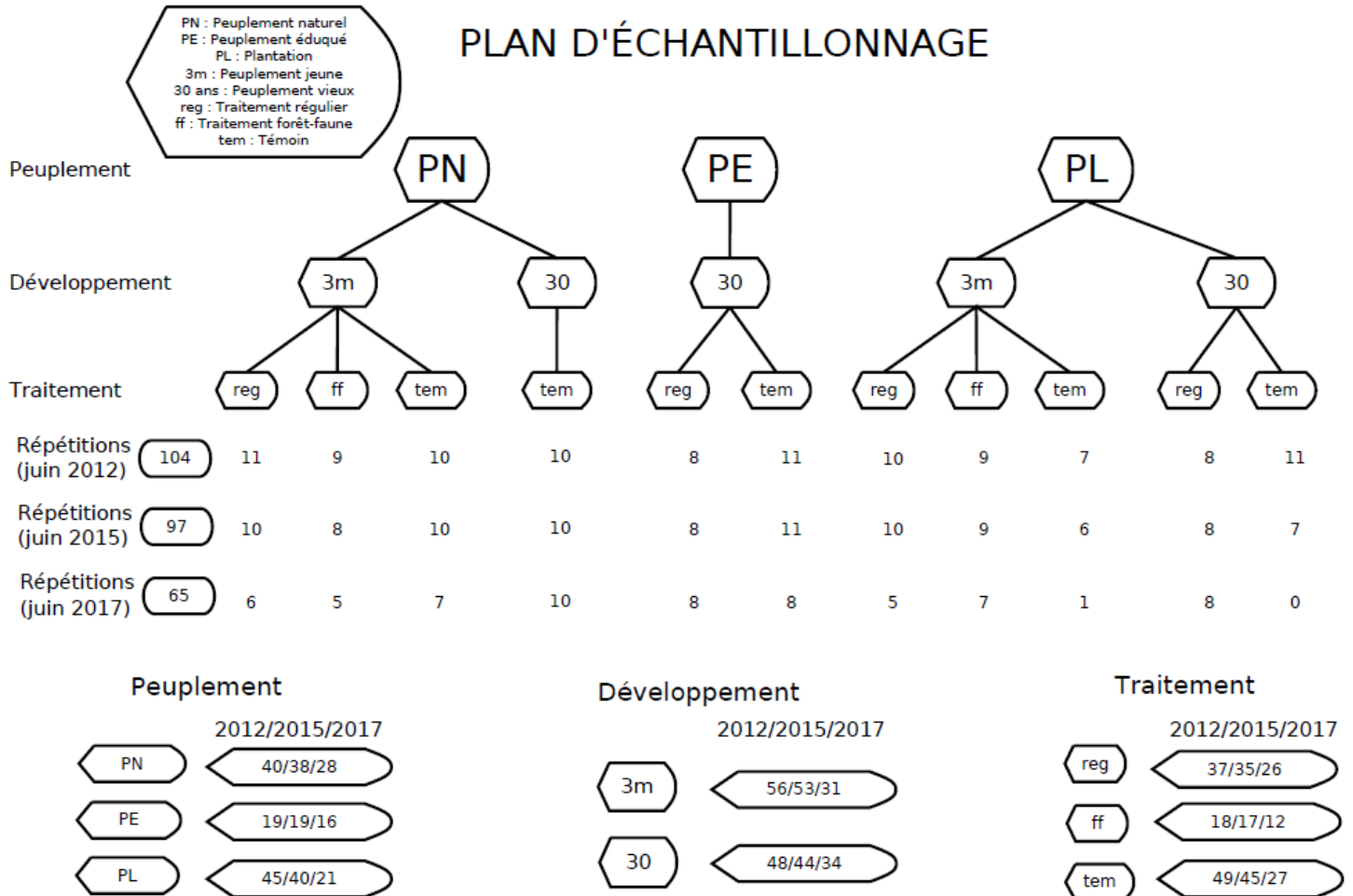
### paruline à tête cendrée



**roitelet à couronne rubis**



## Annexe 10 : Résultats du sondage effectué auprès des propriétaires participants à l'étude



Agence Chaudière / 11 décembre 2012  
 Compilation : Bérénice Doyon, bio.

Note : PN3m-Reg1 et PN3m-FF1 ont été considérés non disponibles pour un suivi 3 ans ou 5ans parce que le propriétaire va vendre très bientôt.

## Annexe 11 : Plan sommaire de communications

### Publications :

Articles scientifiques qui seront soumis pour publication (titre provisoire):

- Short term responses of wildlife to different intensity of precommercial thinning in Southern Quebec. Forest ecology and management.
- Short term responses of wildlife to commercial thinning in Southern Quebec. Revue canadienne des sciences forestières.
- Use of plantations and managed stands by wildlife in Southern Quebec. Northern Naturalist.
- L'aménagement intégrée faune-forêt pour atténuer les impacts des éclaircies précommerciales sur la faune : évaluation de leur efficacité à court terme en forêt privée au sud du Québec. Vertigo.

Articles de vulgarisation (titre provisoire):

- Utilisation par la faune des plantations et peuplements éduqués et évaluation à court terme des mesures d'atténuation des éclaircies précommerciales en forêt privée de la Chaudière-Appalaches. Le Naturaliste canadien.
- Les travaux forêt-faune en forêt privée : évaluation terrain de leur efficacité. La Terre de chez Nous.

Mémoire de maîtrise :

- Roy, Renée. Effets à court terme des éclaircies précommerciales et commerciales sur les oiseaux chanteurs en Chaudière-Appalaches. Mémoire de maîtrise, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval

Participation à des colloques, réunions et congrès:

- Congrès de l'Association francophone pour le savoir (ACFAS), 12 au 16 mai 2014, Université Concordia;
- Atelier de travail faune-forêt. Atelier de travail biannuel interne au Ministère des Ressources naturelles et Ministère du Développement durable, de la Faune, de l'Environnement et des Parcs.
- Rencontre(s) de la Conférence des élu(e)s de la région Chaudière-Appalaches, à déterminer.







### Partenaires financiers



Agence régionale de mise en valeur  
des forêts privées de la Chaudière



Conférence régionale des élus  
de la Chaudière-Appalaches  
Commission régionale sur  
les ressources naturelles  
et le territoire



Fondation  
de la faune  
du Québec



Agence de mise en valeur  
des forêts privées des  
Appalaches



UNIVERSITÉ  
LAVAL



Ministère des Ressources naturelles  
Ministère du Développement durable, de  
l'Environnement, de la Faune et des Parcs