

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>Titre :</b>         | <b>Comparaison des traitements de récolte effectués dans les régions 06 et 07 par l'entreprise « Lauzon-Planchers de bois exclusifs inc. » avec les simulations de traitements génériques CP35_40cm et CP45_40cm</b> |
| <b>Responsables :</b>  | Hugues Power, ing.f., Ph. D.   |
| <b>Collaboration :</b> | Isabelle Auger, stat. ASSQ, M. Sc.   |
| <b>Date :</b>          | Octobre 2015   |

### 1- Contexte

La situation difficile vécue par l'industrie de la transformation des bois de feuillus ces dernières années a amené certaines directions régionales à adapter les pratiques sylvicoles employées en forêt décidue et mixte afin d'augmenter la rentabilité des opérations de récolte (Saucier *et al.* 2014). Récemment, plusieurs travaux ont été menés afin d'évaluer l'effet de ces ajustements sur le rendement à long terme et les caractéristiques structurelles des peuplements forestiers aménagés selon ces nouvelles méthodes, dans un contexte d'aménagement écosystémique (ex. : Saucier *et al.* 2014, Guillemette *et al.* 2015, Laberge et Pin 2015).

L'application de nouvelles modalités de récolte soulève notamment la question de leur impact sur le calcul des possibilités forestières. À l'hiver 2014, afin d'évaluer cet impact en forêt décidue et mixte, deux algorithmes de simulation de traitements sylvicoles (CP35\_40cm et CP45\_40cm) ont été programmés et intégrés au simulateur de croissance Artémis (Fortin et Langevin 2010) servant au calcul des possibilités forestières dans ces types de forêts. Ces deux algorithmes, basés sur des travaux de récolte réalisés dans les unités de gestion 61 et 64 de la Direction de la gestion des forêts des Laurentides (06), visaient à simuler la récolte de 35 % ou de 45 % de la surface terrière marchande du peuplement, avec une proportion importante de tiges de plus de 40 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP).

À l'été 2015, le Bureau du forestier en chef (BFEC) s'est vu confier le mandat d'évaluer l'effet des modalités de récolte appliquées par la compagnie « Lauzon-Planchers de bois exclusifs inc. » sur la possibilité forestière. Celles-ci sont inspirées de recommandations du rapport du Comité sur l'impact des modalités opérationnelles des traitements en forêt feuillue (Saucier *et al.* 2014). Ce rapport propose, entre autres, d'intégrer aux prescriptions sylvicoles le diamètre à maturité financière, qui est inférieur au diamètre à maturité pathologique. Afin de procéder à cette analyse, le BFEC doit pouvoir simuler les

---

On peut citer tout ou partie de ce texte en indiquant la référence  
© Gouvernement du Québec

travaux de récolte effectués par l'entreprise Lauzon. Le présent avis vise à vérifier si cette simulation peut se faire à l'aide des deux algorithmes CP35\_40cm et CP45\_40cm, et si tel n'est pas le cas, à paramétrer de nouveaux algorithmes de récolte reflétant les opérations effectuées par l'entreprise.

## 2- Méthode

### 2.1. Algorithmes CP35\_40cm et CP45\_40cm

Les algorithmes de simulation des traitements de récolte CP35\_40cm et CP45\_40cm ont été paramétrés, respectivement, avec les données provenant de 349 et 197 placettes échantillons mesurées dans des aires de récolte sur le territoire de la Direction de la gestion des forêts Lanaudière-Laurentides (région 06). Ces placettes ont été établies dans des peuplements où, à la fois, le prélèvement en surface terrière était plus important et le diamètre à maturité était plus faible que dans les opérations de récolte traditionnellement réalisées en forêt décidue et mixte. L'examen des placettes échantillons de chacun des traitements (Tableaux 1 et 2) montre que les essences diffèrent quant à leur proportion de surface terrière marchande avant la récolte (% ST. initiale) et à leur taux de prélèvement (% ST. prélevée).

**Tableau 1.** Proportions de la surface terrière initiale du peuplement et de la surface terrière prélevée, pour les 5 principales essences du traitement CP35\_40cm (BOJ : bouleau jaune; ERR : érable rouge; ERS : érable à sucre; HEG : hêtre à grandes feuilles; SAB : sapin baumier).

| Nombre de placettes | Variable       | Essence |     |     |     |     |
|---------------------|----------------|---------|-----|-----|-----|-----|
|                     |                | BOJ     | ERR | ERS | HEG | SAB |
| 349                 | % ST. initiale | 24      | 5   | 49  | 5   | 5   |
|                     | % ST. prélevée | 43      | 25  | 33  | 33  | 36  |

**Tableau 2.** Proportions de la surface terrière initiale du peuplement et de la surface terrière prélevée, pour les 5 principales essences du traitement CP45\_40cm (BOP : bouleau à papier; les autres codes d'espèces sont définis au tableau 1).

| Nombre de placettes | Variable       | Essence |     |     |     |     |
|---------------------|----------------|---------|-----|-----|-----|-----|
|                     |                | BOJ     | BOP | ERR | ERS | SAB |
| 197                 | % ST. initiale | 40      | 6   | 6   | 29  | 10  |
|                     | % ST. prélevée | 44      | 19  | 30  | 33  | 59  |

Par ailleurs, comme le taux de prélèvement varie en fonction du DHP de l'arbre, la probabilité de récolte d'un arbre prédite par les traitements génériques CP35\_40cm (Éq. 1) et CP45\_40cm (Éq. 2) a été modélisée pour chacun des traitements à l'aide d'une équation logistique segmentée, par l'entremise de la procédure LOGISTIC de la version 9.3 du logiciel statistique SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC [USA]). Ce type d'équation permet de représenter un patron complexe de la probabilité de récolte en fonction du DHP

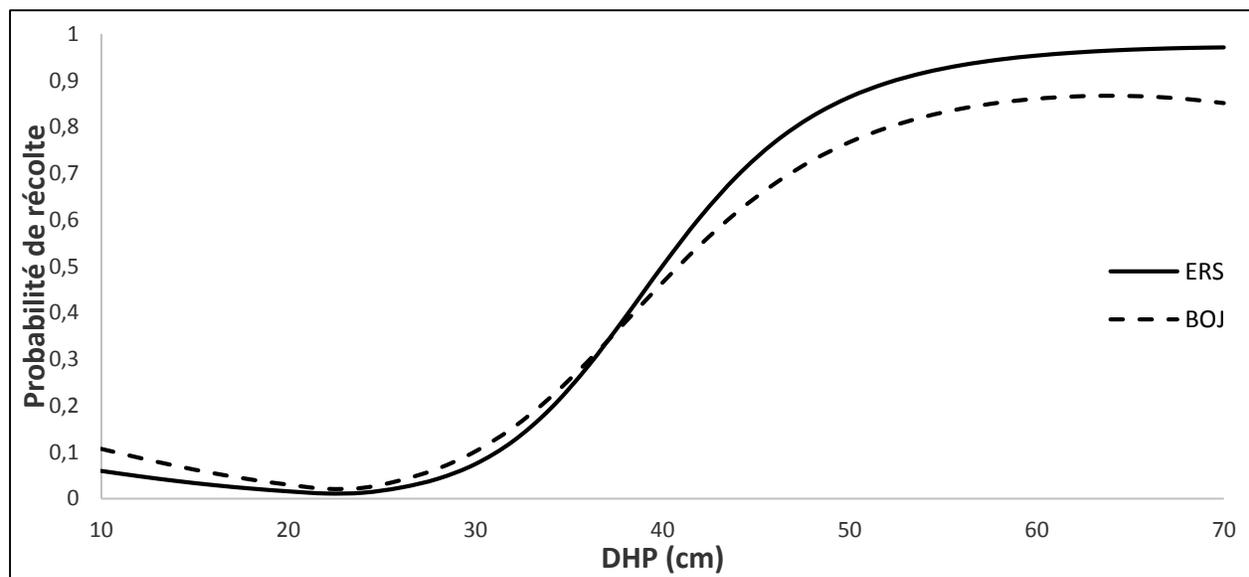
et de l'essence de l'arbre (Fortin 2014). Les valeurs explicatives du modèle comprennent le DHP corrigé ( $DHP_{cor}$ , calculé comme  $DHP - 23$  cm) et le DHP corrigé élevé au carré ( $DHP_{cor}^2$ ), en interaction avec une variable indicatrice de la taille de l'arbre ( $m$ , où  $m = 0$  si  $DHP \leq 23$  cm et  $m = 1$  si  $DHP > 23$  cm), le groupe d'espèces ainsi que le logarithme de la densité du peuplement ( $\ln Dens$ ). Certaines essences qui comptaient peu d'individus ont été regroupées (Annexe 1). Un modèle complet incluant l'ensemble des prédicteurs a d'abord été paramétré. Si certains prédicteurs n'étaient pas significativement différents de 0 ( $p \geq 0.05$ ), le prédicteur avec la valeur de  $p$  la plus élevée a été retiré de l'équation, et celle-ci a été reparamétrée. Cette procédure a été répétée jusqu'à ce que tous les prédicteurs soient significatifs.

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_{0,ess} + (\beta_1 + \beta_{2,ess}m)_1 DHP_{cor} + \beta_{3,ess} DHP_{cor}^2 + \beta_4 \ln Dens \quad [\text{Éq. 1}]$$

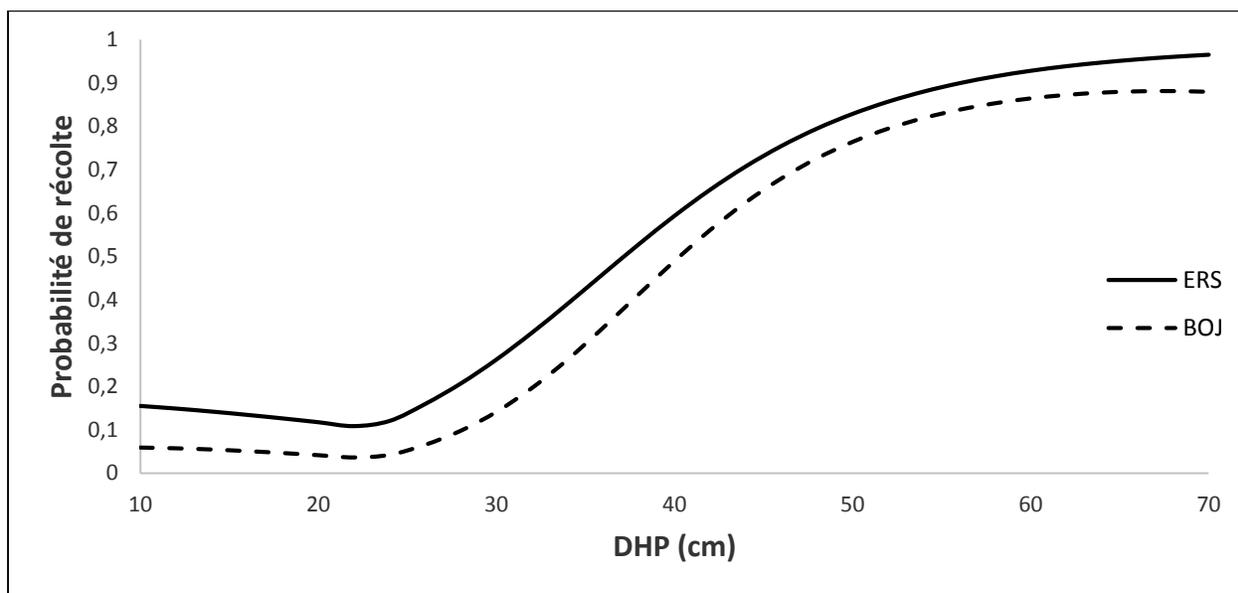
$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_{0,ess} + (\beta_{1,ess} + \beta_{2,ess}m)_{1,ess} DHP_{cor} + \beta_{3,ess} DHP_{cor}^2 + \beta_4 \ln Dens \quad [\text{Éq. 2}]$$

où la variable  $P$  correspond à la probabilité qu'un arbre soit récolté,  $\beta_1$  à  $\beta_4$  sont des paramètres qui, lorsqu'associés à l'indice  $ess$ , sont ajustés en fonction de l'essence.

Au final, les algorithmes ont permis de simuler une récolte moyenne d'environ 35 % de la surface terrière pour le traitement CP35\_40cm et d'environ 45 % de la surface terrière pour le traitement CP45\_40cm avec, pour les deux algorithmes, un prélèvement plus important chez les tiges de fort diamètre (Figures 1 et 2).



**Figure 1.** Probabilités de récolte de l'érables à sucre (trait continu) et du bouleau jaune (trait hachuré) calculées en fonction du DHP avec l'algorithme CP35\_40cm, pour un peuplement de 500 tiges/ha.



**Figure 2.** Probabilités de récolte de l'érable à sucre (trait continu) et du bouleau jaune (trait hachuré) calculées en fonction du DHP avec l'algorithme CP45\_40cm, pour un peuplement de 500 tiges/ha.

## 2.2. Nouveaux traitements de récolte

Au total, 16 traitements de récolte réalisés par l'entreprise Lauzon ont été considérés pour être simulés par les algorithmes de traitements sylvicoles CP35\_40cm et CP45\_40cm. Les traitements ont été réalisés dans les unités de gestion des régions des Laurentides (région 06) et de l'Outaouais (région 07), où un total de 2 504 placettes échantillons à rayon variable ont été réparties dans les aires traitées. Compte tenu du grand nombre de traitements et du faible nombre de placettes échantillons pour certains traitements (Annexe 2), certains traitements ont été regroupés sur la base du type de traitement, de la proportion de la surface terrière totale et de la proportion de la surface terrière récoltée pour chacune des essences (Tableau 3). Chaque groupe de traitements devait contenir au moins 50 placettes échantillons et a été jumelé à l'un des deux traitements originaux (CP35\_40cm ou CP45\_40cm) en fonction de la proportion moyenne de la surface terrière prélevée (% ST. prélevée).

À l'exception du traitement CJPG\_QM, pour lequel peu de placettes étaient disponibles, les groupes d'essences des traitements originaux ont été conservés pour paramétrer les nouveaux traitements. Pour le traitement CJPG\_QM, 4 groupes d'essences ont été formés en fonction de la capacité des algorithmes à bien représenter la récolte de chacun d'eux (Annexe 1).

**Tableau 3.** Association des groupes de traitements de l'entreprise Lauzon aux traitements génériques originaux.

| Groupe de traitements | Traitements  | Nombre de placettes | % ST. prélevée | Traitement original |
|-----------------------|--------------|---------------------|----------------|---------------------|
| CJ                    | CJP_AM       | 324                 | 34             | CP35_40cm           |
|                       | CJP_QM       | 24                  | 36             |                     |
|                       | CJPG_AM      | 211                 | 36             |                     |
|                       | CJT          | 34                  | 31             |                     |
|                       | CJT_EMR      | 29                  | 37             |                     |
|                       | EJ_PG_CLAS   | 15                  | 34             |                     |
| CJPG_QM               | CJPG_QM      | 213                 | 30             | CP35_40cm           |
| CPI_CP                | CPI_CP_ENS_B | 5                   | 32             | CP35_40cm           |
|                       | CPI_CP_ENS_U | 1233                | 36             |                     |
|                       | CPI_RL_3I_EN | 66                  | 33             |                     |
| CPI_RL                | CPI_RL_2I_EN | 275                 | 46             | CP45_cm             |
|                       | CPI_RL_2I_F  | 8                   | 60             |                     |
|                       | CPI_RL_2I_SE | 9                   | 48             |                     |
|                       | CPI_RL_MUL   | 13                  | 43             |                     |
|                       | CPRS_U_TIGE  | 14                  | 48             |                     |
|                       | CPR_U_F_TIGE | 31                  | 56             |                     |

Pour chacun des groupes de traitements, l'équation logistique du traitement original associé a été reparamétrée après avoir ajouté les placettes de l'entreprise Lauzon à la base de données originale. Les équations ont été paramétrées d'abord dans un modèle général qui ne distinguait pas l'origine des placettes, puis dans un modèle complet comprenant une variable indicatrice sur chacun des paramètres, ce qui a permis de distinguer les placettes selon leur origine. L'ajustement du modèle complet a été comparé à celui du modèle général à l'aide d'un test du rapport de vraisemblance (Pinheiro et Bates 2000).

Pour chacun des groupes de traitements dont le test du rapport de vraisemblance indiquait un meilleur ajustement du modèle complet ( $p \leq 0,05$ ), une nouvelle équation logistique a été paramétrée en utilisant uniquement les placettes de l'entreprise Lauzon.

Le biais par essence ainsi que l'aire sous la courbe ROC (Allison 2012) ont été calculés pour chacun des groupes de traitements. Leurs valeurs ont été comparées avec celles obtenues lorsque la probabilité de récolte des arbres d'un groupe de traitements était prédite à l'aide de l'équation du traitement original associé (Éq. 1 ou 2).

### 3- Résultats et discussion

Pour tous les groupes de traitements, les équations tenant compte de l'origine des placettes se sont avérées significativement différentes de celle associée au traitement original (Tableau 4). Ce résultat indique que le taux de prélèvement par essence obtenu avec les données ayant servi à paramétrer les équations des traitements originaux est différent de celui obtenu avec les placettes échantillons provenant des travaux de l'entreprise Lauzon.

**Tableau 4.** Résultats du test du rapport de vraisemblance entre le modèle complet et le modèle général par groupe de traitements.

| Groupe de traitements | Rapport de vraisemblance | Degrés de liberté | Valeur de $p$ |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|---------------|
| CJ                    | 20 207,37                | 35                | <0,001        |
| CJPPG_QM              | 8 765,3                  | 22                | <0,001        |
| CPI_CP                | 23 893,4                 | 35                | <0,001        |
| CPI_RL                | 13 146,0                 | 35                | <0,001        |

Compte tenu des différences observées, des équations spécifiques aux groupes de traitements ont été paramétrées : CJ (Éq. 3), CJPG\_QM (Éq. 4), CPI\_CP (Éq. 5) et CPI\_RL (Éq. 6). En les comparant aux modèles de traitements originaux, on remarque que les modèles spécifiques aux groupes de traitements de l'entreprise Lauzon ont tendance à prédire une récolte plus importante des petites tiges et une récolte moins importante des tiges plus grosses. Les figures 3 et 4 illustrent cette tendance pour l'érable à sucre (essence la plus abondante dans les peuplements ayant servis à paramétrer les traitements).

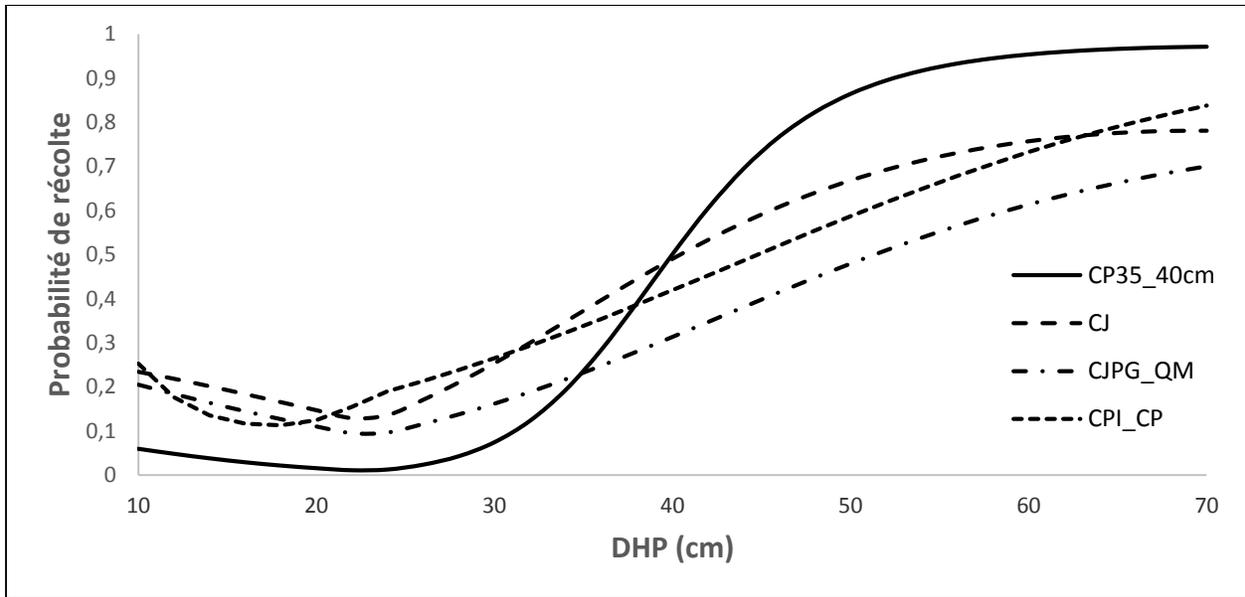
$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_{0ess} + (\beta_1 + \beta_{2ess}m)DHP_{cor} + \beta_{3ess}DHP_{cor}^2 + \beta_4 \ln Dens \quad [\text{Éq. 3}]$$

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_{0ess} + (\beta_{1ess} + \beta_{2ess}m)DHP_{cor} + \beta_{3ess}DHP_{cor}^2 + \beta_4 \ln Dens \quad [\text{Éq. 4}]$$

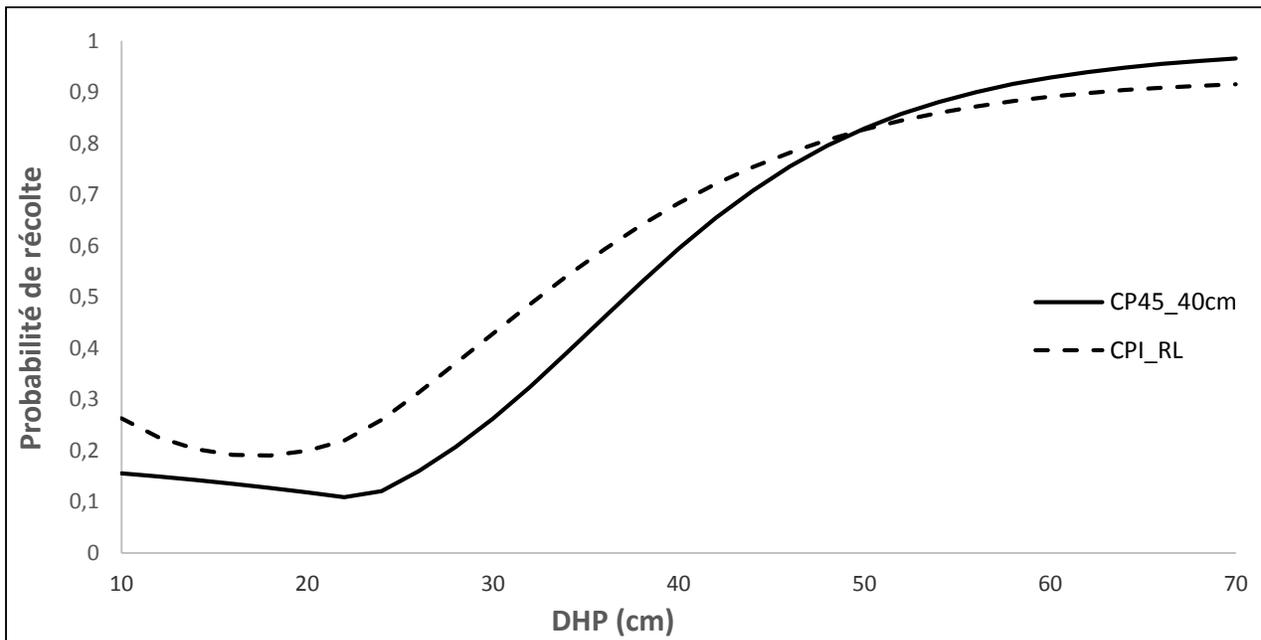
$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_{0ess} + (\beta_{1ess} + \beta_{2ess}m)DHP_{cor} + (\beta_{3ess} + \beta_{4ess}m) DHP_{cor}^2 + \beta_5 \ln Dens \quad [\text{Éq. 5}]$$

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_{0ess} + (\beta_1 + \beta_{2ess}m)DHP_{cor} + (\beta_{3ess} + \beta_{4ess}m) DHP_{cor}^2 + \beta_5 \ln Dens \quad [\text{Éq. 6}]$$

Les statistiques d'ajustement se sont avérées meilleures pour l'équation spécifique à chaque groupe de traitements que pour l'équation du traitement original appliquée aux données du nouveau groupe de traitements (Tableau 5). L'examen du biais par essence montre que lorsque l'équation originale est appliquée aux données provenant de l'entreprise Lauzon, la récolte du BOJ est surestimée alors que celle des autres essences est largement sous-estimée. Les biais associés à l'équation de chaque groupe de traitements quant à eux, se sont avérés beaucoup plus faibles.



**Figure 3.** Probabilités de récolte de l'érable à sucre en fonction du DHP pour le traitement original CP35\_40cm (trait continu) ainsi que les groupe de traitements CJ (trait hachuré), CPI\_CP (trait pointillé) et CJPG\_QM (trait hachuré et pointillé), dans un peuplement de 500 tiges/ha.



**Figure 4.** Probabilités de récolte de l'érable à sucre en fonction du DHP, selon le traitement original CP45\_40cm (trait continu) et le groupe de traitements CPI\_RL (trait hachuré), dans un peuplement de 500 tiges/ha.

**Tableau 5.** Statistiques d'ajustement des équations de chaque groupe de traitements, par essence.

| Groupe de traitements | ROC Traitement original | ROC groupe de traitements | Biais pour le traitement original |       |        |       |       | Biais pour le groupe de traitements |        |        |        |        |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------|--------|-------|-------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                       |                         |                           | BOJ                               | ERR   | ERS    | HEG   | SAB   | BOJ                                 | ERR    | ERS    | HEG    | SAB    |
| CJP                   | 0,727                   | 0,762                     | -0,082                            | 0,128 | 0,052  | 0,037 | 0,269 | -0,005                              | -0,009 | -0,001 | -0,003 | 0,002  |
| CJPPG_QM              | 0,693                   | 0,731                     | s. o.                             | s. o. | -0,082 | 0,183 | s. o. | s. o.                               | s. o.  | <0,001 | <0,001 | s. o.  |
| CPI_CP                | 0,707                   | 0,741                     | -0,060                            | 0,143 | 0,015  | 0,177 | 0,276 | <0,001                              | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| CPI_RL                | 0,649                   | 0,793                     | -0,088                            | 0,220 | 0,098  | 0,424 | 0,172 | 0,002                               | 0,007  | -0,005 | <0,001 | <0,001 |

#### 4- Recommandation

Compte tenu des résultats obtenus, nous recommandons de simuler les opérations de récolte effectuées par l'entreprise « Lauzon-Planchers de bois exclusifs inc. » à l'aide des équations spécifiques à chacun des groupes de traitements. Comme l'indiquent les biais importants obtenus avec les équations originales (CP35\_40cm ou CP45\_40cm), ces algorithmes ne simulent pas adéquatement les opérations de récolte de l'entreprise « Lauzon-Planchers de bois exclusifs inc. » et pourraient surestimer ou sous-estimer la récolte des différentes essences.

#### 5- Références

Allison, P.D., 2012. *Logistic regression using SAS: theory and application. 2<sup>nd</sup> edition.* SAS Institute Inc. Cary, NC (États-Unis).

Fortin, M. et L. Langevin, 2010. *ARTÉMIS-2009 : un modèle de croissance basé sur une approche par tiges individuelles pour les forêts du Québec.* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche n° 156, 33 p. [\[https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Fortin-Mathieu/Memoire156.pdf\]](https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Fortin-Mathieu/Memoire156.pdf)

Fortin, M., 2014. *Using a segmented logistic model to predict trees to be harvested in forest growth forecasts.* Forest Systems 23(1): 139-152.

Guillemette, F., P. Gauthier et H. Power, 2015. *Comparaison des résultats des travaux du CIMOTFF obtenus avec le simulateur de croissance SaMARE à ceux obtenus avec Artémis 2009 et Artémis 2014.* Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière. Avis technique SSRF--06, 11 p. [\[https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Avis-technique-SSRF-6.pdf\]](https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/recherche/Guillemette-Francois/Avis-technique-SSRF-6.pdf).

Laberge, G. et D. Pin, 2015. *Modélisation avec caractérisation des produits et stratégies alternatives d'aménagement des strates de feuillus tolérants – UA 064-51*. Bureau du forestier en chef. Roberval, QC. 33 p. et annexes.

Pinheiro, J. et D.M. Bates, 2000. *Mixed effects models in S and S-Plus*. Springer-Verlag. New-York, NY (États-Unis). 528 p.

Saucier, J.-P., F. Guillemette, P. Gauthier, J. Gravel, F. Labbé, S. Meunier et N. Vachon, 2014. *Rapport du Comité sur l'impact des modalités opérationnelles des traitements en forêt feuillue (CIMOTFF)*. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 98 p. et annexes.  
[\[https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rapport-CIMOTFF.pdf\]](https://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/rapport-CIMOTFF.pdf).

Saucier, J.-P., J.-P. Berger, H. D'Avignon et P. Racine, 1994. *Le point d'observation écologique*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la gestion des stocks forestiers. 126 p. [\[http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/le-point-observation-ecologique-normes-tech-34.pdf\]](http://www.mffp.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/le-point-observation-ecologique-normes-tech-34.pdf).

**Annexe 1.** Regroupement des espèces en fonction des équations de prélèvement.

| Espèce ou groupe d'espèces d'origine* | Groupe attribué au sein du traitement |           |     |         |        |        |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------|-----|---------|--------|--------|
|                                       | CP35_40cm                             | CP45_40cm | CJP | CJPG_QM | CPI_CP | CPI_RL |
| BOG                                   | BOP                                   | BOP       | BOP | FEU     | BOP    | BOP    |
| BOJ                                   | BOJ                                   | BOJ       | BOJ | FEU     | BOJ    | BOJ    |
| BOP                                   | BOP                                   | BOP       | BOP | FEU     | BOP    | BOP    |
| CAC                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| CAF                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| CAR                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| CEO                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| CET                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| CHX                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| CRA                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| EPX                                   | EPX                                   | EPX       | EPX | RES     | EPX    | EPX    |
| ERA                                   | ERR                                   | ERR       | ERR | ERR     | ERR    | ERR    |
| ERG                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| ERN                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| ERP                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| ERR                                   | ERR                                   | ERR       | ERR | FEU     | ERR    | ERR    |
| ERS                                   | ERS                                   | ERS       | ERS | ERS     | ERS    | ERS    |
| FRA                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| FRN                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| FRP                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| HEG                                   | HEG                                   | HEG       | HEG | HEG     | HEG    | HEG    |
| JUV                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| MAS                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| MEJ                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| MEL                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| MEU                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| NOC                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| ORA                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| ORR                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| ORT                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| OSV                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| PEU                                   | PEU                                   | FEU       | PEU | FEU     | PEU    | PEU    |
| PID                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| PIG                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| PIN                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| PIS                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| PRP                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| PRU                                   | RES                                   | SAB       | RES | RES     | RES    | RES    |
| SAB                                   | SAB                                   | SAB       | SAB | RES     | SAB    | SAB    |
| SAL                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| SOA                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| SOD                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |
| THO                                   | THO                                   | THO       | THO | RES     | THO    | THO    |
| TIL                                   | FEU                                   | FEU       | FEU | FEU     | FEU    | FEU    |

\* Les codes d'espèces correspondent à ceux du *Point d'observation écologique* (Saucier *et al.* 1994, p. 92). Pour les groupes d'espèces : CHX = chênes; EPX = épinettes; FEU = feuillus; PEU = peupliers; RES = résineux.

**Annexe 2.** Proportion de surface terrière par espèce ou groupes d'espèces (% ST.) et proportion de surface terrière récoltée (% ST. prélevée) par espèce en fonction du traitement de récolte.

| Traitement   | Variable        | Espèce ou groupe d'espèces* |       |       |      |      |       |       |       |       |       |       | Total |
|--------------|-----------------|-----------------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              |                 | BOJ                         | BOP   | EPX   | ERR  | ERS  | FEU   | HEG   | PEU   | RES   | SAB   | THO   |       |
| CJP_AM       | % ST.           | 7,8                         | 1,2   | 1,6   | 5,9  | 48,1 | 8,8   | 16,2  | 1,1   | 4,6   | 3,4   | 1,5   |       |
|              | % ST.prélevée   | 31,1                        | 21,2  | 18,0  | 36,4 | 37,5 | 28,1  | 29,8  | 63,7  | 4,4   | 61,0  | 22,4  | 0,35  |
| CJP_QM       | % ST.           | 12,7                        | 0,6   | 0,0   | 5,7  | 59,3 | 9,6   | 5,7   | 3,1   | 0,3   | 2,7   | 0,3   |       |
|              | % ST.prélevée   | 28,7                        | 100,0 | 0,0   | 38,8 | 36,0 | 8,9   | 44,3  | 100,0 | 0,0   | 87,5  | 0,0   | 0,26  |
| CJPG_AM      | % ST.           | 19,3                        | 2,1   | 2,9   | 7,8  | 44,2 | 9,0   | 5,2   | 2,1   | 0,7   | 6,1   | 0,6   |       |
|              | % ST.prélevée   | 29,7                        | 43,5  | 8,3   | 35,6 | 40,0 | 33,1  | 28,0  | 58,4  | 9,1   | 60,7  | 58,3  | 0,33  |
| CJT          | % ST.           | 22,5                        | 5,0   | 6,1   | 11,6 | 24,2 | 10,9  | 0,3   | 0,9   | 3,3   | 8,9   | 6,2   |       |
|              | % ST.prélevée   | 16,9                        | 45,8  | 37,5  | 50,9 | 21,4 | 17,5  | 100,0 | 100,0 | 20,0  | 50,9  | 68,0  | 0,31  |
| CJT_EMR      | % ST.           | 31,4                        | 0,2   | 2,2   | 6,7  | 32,1 | 10,9  | 10,4  | 0,7   | 0,2   | 5,3   | 0,0   |       |
|              | % ST.prélevée   | 36,0                        | 0,0   | 11,9  | 45,3 | 38,2 | 37,2  | 41,4  | 50,0  | 0,0   | 93,6  | 0,0   | 0,37  |
| EJ_PG_CLAS   | % ST.           | 3,9                         | 6,8   | 1,5   | 15,7 | 48,2 | 8,9   | 4,8   | 6,8   | 0,0   | 3,3   | 0,0   |       |
|              | % ST.prélevée   | 37,5                        | 33,3  | 0,0   | 37,7 | 36,7 | 43,2  | 35,7  | 58,3  | 0,0   | 16,7  | 0,0   | 0,34  |
| CJPG_QM      | % ST.           | 6,8                         | 0,1   | 1,3   | 1,7  | 69,0 | 2,4   | 13,9  | 0,2   | 3,2   | 0,6   | 0,8   |       |
|              | % ST.prélevée   | 23,4                        | 0,0   | 27,0  | 22,3 | 26,7 | 22,6  | 45,2  | 83,3  | 10,4  | 77,8  | 21,1  | 0,36  |
| CPI_CP_ENS_B | % ST.           | 21,4                        | 3,6   | 2,4   | 10,3 | 34,1 | 1,2   | 11,3  | 0,0   | 10,0  | 4,5   | 1,2   |       |
|              | % ST.prélevée   | 40,6                        | 0,0   | 0,0   | 0,0  | 52,1 | 100,0 | 12,5  | 0,0   | 33,3  | 50,0  | 100,0 | 0,37  |
| CPI_CP_ENS_U | % St.           | 9,2                         | 1,7   | 2,2   | 4,7  | 48,0 | 9,3   | 14,3  | 2,2   | 2,8   | 4,1   | 1,4   |       |
|              | ST% St.prélevée | 30,4                        | 47,2  | 23,6  | 39,8 | 32,7 | 28,0  | 45,5  | 72,9  | 12,6  | 64,4  | 33,1  | 0,35  |
| CPI_RL_3I_EN | % St.           | 4,3                         | 4,4   | 2,1   | 10,2 | 20,4 | 34,7  | 4,2   | 4,1   | 8,1   | 4,3   | 2,9   |       |
|              | ST% ST.prélevée | 47,9                        | 26,5  | 23,1  | 51,9 | 31,2 | 26,4  | 64,3  | 93,7  | 0,0   | 71,3  | 16,7  | 0,33  |
| CPI_RL_2I_EN | % ST.           | 11,4                        | 1,8   | 6,1   | 15,2 | 19,1 | 15,3  | 11,4  | 4,7   | 3,9   | 9,9   | 0,9   |       |
|              | % ST.prélevée   | 24,3                        | 50,0  | 36,0  | 44,7 | 43,2 | 23,9  | 82,8  | 72,3  | 20,5  | 67,7  | 42,2  | 0,45  |
| CPI_RL_2I_F  | % ST.           | 3,1                         | 0,9   | 0,2   | 2,9  | 31,3 | 1,2   | 57,4  | 1,4   | 0,4   | 0,9   | 0,3   |       |
|              | % ST.prélevée   | 80,0                        | 100,0 | 100,0 | 83,3 | 46,7 | 100,0 | 83,2  | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 0,64  |
| CPI_RL_2I_SE | % ST.           | 17,2                        | 0,0   | 0,9   | 18,9 | 40,0 | 1,9   | 8,3   | 0,0   | 0,0   | 12,8  | 0,0   |       |
|              | % ST.prélevée   | 25,7                        | 0,0   | 0,0   | 65,3 | 54,8 | 0,0   | 70,8  | 0,0   | 0,0   | 75,6  | 0,0   | 0,41  |
| CPI_RL_MUL   | % ST.           | 18,3                        | 0,4   | 19,9  | 8,7  | 6,3  | 0,0   | 3,4   | 0,0   | 1,8   | 30,1  | 11,2  |       |
|              | % ST.prélevée   | 37,9                        | 0,0   | 56,0  | 24,4 | 6,1  | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 33,3  | 59,0  | 25,0  | 0,43  |
| CPRS_U_TIGE  | % ST.           | 8,2                         | 0,0   | 1,1   | 0,8  | 76,6 | 1,3   | 8,2   | 0,0   | 1,0   | 2,8   | 0,0   |       |
|              | % ST.prélevée   | 28,0                        | 0,0   | 100,0 | 0,0  | 50,4 | 100,0 | 41,7  | 0,0   | 0,0   | 50,0  | 0,0   | 0,48  |
| CPR_U_F_TIGE | % ST.           | 10,6                        | 0,7   | 1,0   | 5,4  | 37,0 | 3,3   | 39,9  | 0,0   | 0,0   | 2,1   | 0,0   |       |
|              | % ST.prélevée   | 30,9                        | 0,0   | 33,3  | 8,6  | 28,0 | 45,0  | 97,0  | 0,0   | 0,0   | 75,0  | 0,0   | 0,56  |

\* Les codes d'espèces correspondent à ceux du *Point d'observation écologique* (Saucier *et al.* 1994, p. 92). Pour les groupes d'espèces : CHX = chênes; EPX = épinettes; FEU = feuillus; PEU = peupliers; RES = résineux.

**Annexe 3.** Paramètres des équations 1 à 6. Les codes d'espèces correspondent à ceux du *Point d'observation écologique* (Saucier *et al.* 1994, p. 92). Pour les groupes d'espèces : CHX = chênes; EPX = épinettes; FEU = feuillus; PEU = peupliers; RES = résineux.

| Groupe de traitements (équation) | Paramètre      | Espèce ou groupe d'espèces | Valeur  | Erreur type | Valeur de p |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|---------|-------------|-------------|
| CP35_40cm (Eq. 1)                | $\beta_{0ess}$ | BOJ                        | -5,7461 | 0,681       | <0,0001     |
|                                  |                | BOP                        | -7,9966 | 1,5077      | <0,0001     |
|                                  |                | EPX                        | -5,6821 | 0,8676      | <0,0001     |
|                                  |                | ERR                        | -5,8975 | 0,7947      | <0,0001     |
|                                  |                | ERS                        | -6,4072 | 0,6621      | <0,0001     |
|                                  |                | FEU                        | -6,1039 | 0,8515      | <0,0001     |
|                                  |                | HEG                        | -4,4460 | 0,7061      | <0,0001     |
|                                  |                | PEU                        | -4,9123 | 0,9535      | <0,0001     |
|                                  |                | RES                        | -3,8480 | 0,9763      | <0,0001     |
|                                  |                | SAB                        | -2,4899 | 0,6693      | 0,0002      |
|                                  | THO            | -3,8026                    | 0,913   | <0,0001     |             |
|                                  | $\beta_1$      | s. o.                      | -0,1925 | 0,0265      | <0,0001     |
|                                  | $\beta_{2ess}$ | BOJ                        | 0,4812  | 0,0398      | <0,0001     |
|                                  |                | BOP                        | 0,5722  | 0,1268      | <0,0001     |
|                                  |                | EPX                        | 0,5163  | 0,0752      | <0,0001     |
|                                  |                | ERR                        | 0,6382  | 0,0788      | <0,0001     |
|                                  |                | ERS                        | 0,5261  | 0,042       | <0,0001     |
|                                  |                | FEU                        | 0,4432  | 0,0709      | <0,0001     |
|                                  |                | HEG                        | 0,3878  | 0,0577      | <0,0001     |
|                                  |                | PEU                        | 0,5855  | 0,1403      | <0,0001     |
|                                  |                | RES                        | 0,2437  | 0,1521      | 0,1091      |
|                                  |                | SAB                        | 0,6467  | 0,071       | <0,0001     |
|                                  | THO            | 0,2080                     | 0,0587  | 0,0004      |             |
|                                  | $\beta_{3ess}$ | BOJ                        | -0,0035 | 0,000318    | <0,0001     |
|                                  |                | BOP                        | 0,0068  | 0,0103      | 0,5096      |
|                                  |                | EPX                        | -0,0056 | 0,00171     | 0,0011      |
|                                  |                | ERR                        | -0,0086 | 0,00246     | 0,0004      |
|                                  |                | ERS                        | -0,0034 | 0,000544    | <0,0001     |
| FEU                              |                | -0,0023                    | 0,0016  | 0,1503      |             |
| HEG                              |                | -0,0022                    | 0,00135 | 0,1087      |             |
| PEU                              |                | -0,0058                    | 0,00329 | 0,0781      |             |
| RES                              |                | -0,0131                    | 0,00796 | 0,0987      |             |
| SAB                              |                | -0,0284                    | 0,00364 | <0,0001     |             |
| THO                              | 0,0001         | 0,000867                   | 0,8706  |             |             |
| $\beta_4$                        | s. o.          | 0,2763                     | 0,1001  | 0,0058      |             |

**Annexe 3. (suite)**

| Groupe de traitements (équation) | Paramètre      | Espèce ou groupe d'espèces | Valeur  | Erreur type | Valeur de $p$ |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|---------|-------------|---------------|
| CP45_40cm (Eq. 2)                | $\beta_{0ess}$ | BOJ                        | -7,5287 | 0,8249      | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | -7,6878 | 0,981       | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | -3,4501 | 1,1382      | 0,0024        |
|                                  |                | ERR                        | -7,0199 | 1,0337      | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | -6,3278 | 0,8223      | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | -5,4542 | 1,3739      | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | -6,4421 | 1,4862      | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | -2,7885 | 0,8466      | 0,0010        |
|                                  |                | PIN                        | -3,5214 | 1,8351      | 0,0550        |
|                                  |                | RES                        | -0,1112 | 0,0526      | 0,0344        |
|                                  | SAB            | -0,1033                    | 0,1016  | 0,3089      |               |
|                                  | THO            | 0,6368                     | 0,2538  | 0,0121      |               |
|                                  | $\beta_{1ess}$ | BOJ                        | -0,1071 | 0,1108      | 0,3336        |
|                                  |                | BOP                        | -0,0630 | 0,0479      | 0,1881        |
|                                  |                | EPX                        | -0,0484 | 0,141       | 0,7313        |
|                                  |                | ERR                        | -0,2914 | 0,2787      | 0,2959        |
|                                  |                | ERS                        | 0,2350  | 0,0732      | 0,0013        |
|                                  |                | FEU                        | 1,8117  | 52,4025     | 0,9724        |
|                                  |                | HEG                        | 0,3530  | 0,0671      | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | 0,5501  | 0,2049      | 0,0073        |
|                                  |                | PIN                        | -0,9019 | 0,476       | 0,0581        |
|                                  |                | RES                        | 0,2843  | 0,2156      | 0,1874        |
|                                  | SAB            | 0,2329                     | 0,0777  | 0,0027      |               |
|                                  | THO            | 0,2137                     | 0,2523  | 0,3972      |               |
|                                  | $\beta_{2ess}$ | BOJ                        | 0,6115  | 0,5798      | 0,2916        |
|                                  |                | BOP                        | 0,0533  | 0,1764      | 0,7623        |
|                                  |                | EPX                        | -1,8105 | 52,4036     | 0,9724        |
|                                  |                | ERR                        | -0,0027 | 0,00034     | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | -0,0076 | 0,00349     | 0,0303        |
|                                  |                | FEU                        | 0,0237  | 0,0145      | 0,1030        |
| HEG                              |                | -0,0004                    | 0,00385 | 0,9250      |               |
| PEU                              |                | -0,0012                    | 0,00108 | 0,2835      |               |
| PIN                              |                | -0,0035                    | 0,00282 | 0,2188      |               |
| RES                              |                | -0,0143                    | 0,0145  | 0,3229      |               |
| SAB                              | -0,0111        | 0,00349                    | 0,0015  |             |               |
| THO                              | -0,0006        | 0,00389                    | 0,8741  |             |               |
| $\beta_{3ess}$                   | BOJ            | 0,6691                     | 0,1242  | <0,0001     |               |
|                                  | BOP            | -7,5287                    | 0,8249  | <0,0001     |               |
|                                  | EPX            | -7,6878                    | 0,981   | <0,0001     |               |
|                                  | ERR            | -3,4501                    | 1,1382  | 0,0024      |               |
|                                  | ERS            | -7,0199                    | 1,0337  | <0,0001     |               |
|                                  | FEU            | -6,3278                    | 0,8223  | <0,0001     |               |
|                                  | HEG            | -5,4542                    | 1,3739  | <0,0001     |               |
|                                  | PEU            | -6,4421                    | 1,4862  | <0,0001     |               |
|                                  | PIN            | -2,7885                    | 0,8466  | 0,0010      |               |
|                                  | RES            | -3,5214                    | 1,8351  | 0,0550      |               |
| SAB                              | -0,1112        | 0,0526                     | 0,0344  |             |               |
| THO                              | -0,1033        | 0,1016                     | 0,3089  |             |               |
| $\beta_4$                        | s. o.          | 0,6368                     | 0,2538  | 0,0121      |               |

**Annexe 3. (suite)**

| Groupe de traitements (équation) | Paramètre      | Espèce ou groupe d'espèces | Valeur   | Erreur type | Valeur de $p$ |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|----------|-------------|---------------|
| CJ (Eq. 3)                       | $\beta_{0ess}$ | BOJ                        | -2,2039  | 0,0663      | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | -2,7057  | 0,0859      | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | -2,3936  | 0,0796      | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | -1,5866  | 0,0675      | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | -1,7511  | 0,0638      | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | -1,8762  | 0,0667      | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | -1,4403  | 0,0639      | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | -2,1212  | 0,0856      | <0,0001       |
|                                  |                | RES                        | -3,9618  | 0,1268      | <0,0001       |
|                                  |                | SAB                        | 1,2544   | 0,0673      | <0,0001       |
|                                  | THO            | 0,1678                     | 0,1091   | 0,1239      |               |
|                                  | $\beta_1$      | s. o.                      | -0,0814  | 0,00195     | <0,0001       |
|                                  | $\beta_{2ess}$ | BOJ                        | 0,2044   | 0,00421     | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | 0,3857   | 0,00881     | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | -0,0370  | 0,00886     | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | 0,2844   | 0,00519     | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | 0,2217   | 0,00393     | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | 0,0984   | 0,00524     | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | 0,2179   | 0,00472     | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | 0,4378   | 0,00977     | <0,0001       |
|                                  |                | RES                        | 0,2063   | 0,0124      | <0,0001       |
|                                  |                | SAB                        | 0,8465   | 0,0517      | <0,0001       |
|                                  | THO            | 0,0161                     | 0,0126   | 0,2015      |               |
|                                  | $\beta_{2ess}$ | BOJ                        | -0,0013  | 0,00008     | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | -0,0030  | 0,000484    | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | 0,0094   | 0,000393    | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | -0,0020  | 0,000203    | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | -0,0015  | 0,000076    | <0,0001       |
| FEU                              |                | 0,0015                     | 0,000144 | <0,0001     |               |
| HEG                              |                | -0,0026                    | 0,000159 | <0,0001     |               |
| PEU                              |                | -0,0041                    | 0,00045  | <0,0001     |               |
| RES                              |                | -0,0019                    | 0,00031  | <0,0001     |               |
| SAB                              |                | -0,0192                    | 0,000217 | <0,0001     |               |
| THO                              | 0,0022         | 0,000365                   | <0,0001  |             |               |
| $\beta_4$                        | s. o.          | -0,0380                    | 0,00983  | 0,0001      |               |
| $\beta_{0ess}$                   | ERS            | -1,9335                    | 0,134    | <0,0001     |               |
|                                  | FEU            | -2,3154                    | 0,1544   | <0,0001     |               |
|                                  | HEG            | -0,4418                    | 0,1393   | 0,0015      |               |
|                                  | RES            | -0,2519                    | 0,1506   | 0,0944      |               |
| $\beta_{1ess}$                   | ERS            | -0,0861                    | 0,00411  | <0,0001     |               |
|                                  | FEU            | -0,1479                    | 0,0116   | <0,0001     |               |
|                                  | HEG            | 0,0182                     | 0,00787  | 0,0206      |               |
| $\beta_{2ess}$                   | RES            | 0,0010                     | 0,00846  | 0,2399      |               |
|                                  | ERS            | 0,1911                     | 0,00762  | <0,0001     |               |
|                                  | FEU            | 0,2974                     | 0,0208   | <0,0001     |               |
|                                  | HEG            | 0,1675                     | 0,0173   | <0,0001     |               |
| $\beta_{3ess}$                   | RES            | -0,0515                    | 0,0164   | 0,0017      |               |
|                                  | ERS            | -0,0008                    | 0,00011  | <0,0001     |               |
|                                  | FEU            | -0,0021                    | 0,000257 | <0,0001     |               |
|                                  | HEG            | -0,0042                    | 0,00039  | <0,0001     |               |
| $\beta_4$                        | s. o.          | 0,0008                     | 0,000226 | 0,0002      |               |
| $\beta_4$                        | s. o.          | -0,0657                    | 0,0215   | 0,0023      |               |

Annexe 3. (suite)

| Groupe de traitements (équation) | Paramètre      | Espèce ou groupe d'espèces | Valeur   | Erreur type | Valeur de $p$ |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|----------|-------------|---------------|
| CPI_CP<br>(Eq. 5)                | $\beta_{0ess}$ | BOJ                        | -1,3637  | 0,0544      | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | -0,3428  | 0,0645      | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | -1,3388  | 0,0757      | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | -0,8895  | 0,0536      | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | -1,0131  | 0,0445      | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | -1,1737  | 0,0536      | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | 0,1756   | 0,0466      | 0,0002        |
|                                  |                | PEU                        | -0,6874  | 0,0767      | <0,0001       |
|                                  |                | RES                        | -2,5043  | 0,1053      | <0,0001       |
|                                  |                | SAB                        | 2,8650   | 0,0602      | <0,0001       |
|                                  | THO            | -1,2306                    | 0,0927   | <0,0001     |               |
|                                  | $\beta_{1ess}$ | BOJ                        | 0,2264   | 0,0131      | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | 0,1729   | 0,0177      | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | 0,2340   | 0,0204      | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | -0,0467  | 0,0108      | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | 0,1961   | 0,00497     | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | 0,0197   | 0,00962     | 0,0407        |
|                                  |                | HEG                        | 0,1906   | 0,00643     | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | 0,8567   | 0,0473      | <0,0001       |
|                                  |                | RES                        | -0,0584  | 0,0313      | 0,0619        |
|                                  |                | SAB                        | 0,2764   | 0,0107      | <0,0001       |
|                                  | THO            | -0,2170                    | 0,0416   | <0,0001     |               |
|                                  | $\beta_{2ess}$ | BOJ                        | -0,1402  | 0,0153      | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | -0,0142  | 0,0259      | 0,5826        |
|                                  |                | EPX                        | -0,2028  | 0,0292      | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | 0,2237   | 0,015       | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | -0,1237  | 0,00624     | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | 0,0343   | 0,0125      | 0,0060        |
|                                  |                | HEG                        | -0,1013  | 0,00945     | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | -0,5918  | 0,0509      | <0,0001       |
|                                  |                | RES                        | 0,1491   | 0,0372      | <0,0001       |
|                                  |                | SAB                        | -0,3282  | 0,0184      | <0,0001       |
|                                  | THO            | 0,2400                     | 0,0465   | <0,0001     |               |
|                                  | $\beta_{3ess}$ | BOJ                        | 0,0225   | 0,000946    | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | 0,0114   | 0,0013      | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | 0,0258   | 0,00139     | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | -0,0022  | 0,000786    | 0,0046        |
|                                  |                | ERS                        | 0,0177   | 0,000366    | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | 0,0051   | 0,000657    | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | 0,0133   | 0,000438    | <0,0001       |
| PEU                              |                | 0,0642                     | 0,00363  | <0,0001     |               |
| RES                              |                | 0,0046                     | 0,00223  | 0,0414      |               |
| SAB                              |                | 0,0021                     | 0,000651 | 0,0015      |               |
| THO                              | -0,0231        | 0,004                      | <0,0001  |             |               |
| $\beta_{4ess}$                   | BOJ            | -0,0232                    | 0,000923 | <0,0001     |               |
|                                  | BOP            | -0,0130                    | 0,00125  | <0,0001     |               |
|                                  | EPX            | -0,0227                    | 0,00131  | <0,0001     |               |
|                                  | ERR            | -0,0005                    | 0,000744 | 0,4780      |               |
|                                  | ERS            | -0,0178                    | 0,000351 | <0,0001     |               |
|                                  | FEU            | -0,0051                    | 0,000624 | <0,0001     |               |
|                                  | HEG            | -0,0157                    | 0,000407 | <0,0001     |               |
|                                  | PEU            | -0,0690                    | 0,00359  | <0,0001     |               |
|                                  | RES            | -0,0058                    | 0,00218  | 0,0080      |               |
|                                  | SAB            | -0,0018                    | 0,00063  | 0,0050      |               |
| THO                              | 0,0235         | 0,00396                    | <0,0001  |             |               |
| $\beta_5$                        | s. o.          | -0,0867                    | 0,00677  | <0,0001     |               |

Annexe 3. (fin)

| Groupe de traitements (équation) | Paramètre      | Espèce ou groupe d'espèces | Valeur   | Erreur type | Valeur de $p$ |
|----------------------------------|----------------|----------------------------|----------|-------------|---------------|
| CPI_RL<br>(Eq 6)                 | $\beta_{0ess}$ | BOJ                        | -6,5366  | 0,0582      | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | -4,6392  | 0,072       | <0,0001       |
|                                  |                | EPX                        | -5,6413  | 0,0574      | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | -5,7085  | 0,0505      | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | -5,7761  | 0,0496      | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | -6,0147  | 0,0536      | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | -3,2059  | 0,0532      | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | -4,9166  | 0,0831      | <0,0001       |
|                                  |                | RES                        | -6,4162  | 0,0905      | <0,0001       |
|                                  |                | SAB                        | -3,1431  | 0,0518      | <0,0001       |
|                                  | THO            | -6,3042                    | 0,1707   | <0,0001     |               |
|                                  | $\beta_1$      | s. o.                      | 0,0933   | 0,00511     | <0,0001       |
|                                  | $\beta_{2ess}$ | BOJ                        | -0,0149  | 0,008       | 0,0617        |
|                                  |                | BOP                        | -0,0135  | 0,025       | 0,5904        |
|                                  |                | EPX                        | -0,0713  | 0,0136      | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | 0,0363   | 0,0115      | 0,0015        |
|                                  |                | ERS                        | 0,0436   | 0,00837     | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | -0,0929  | 0,00823     | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | -0,0805  | 0,0119      | <0,0001       |
|                                  |                | PEU                        | 0,0386   | 0,0108      | 0,0004        |
|                                  |                | RES                        | -0,1053  | 0,0102      | <0,0001       |
|                                  |                | SAB                        | 0,0383   | 0,0363      | 0,2913        |
|                                  | THO            | -0,0223                    | 0,0179   | 0,2124      |               |
|                                  | $\beta_{3ess}$ | BOJ                        | 0,0096   | 0,000489    | <0,0001       |
|                                  |                | BOP                        | -0,0009  | 0,000788    | 0,2599        |
|                                  |                | EPX                        | 0,0069   | 0,000469    | <0,0001       |
|                                  |                | ERR                        | 0,0131   | 0,000415    | <0,0001       |
|                                  |                | ERS                        | 0,0081   | 0,000414    | <0,0001       |
|                                  |                | FEU                        | 0,0120   | 0,000418    | <0,0001       |
|                                  |                | HEG                        | -0,0015  | 0,000412    | 0,0003        |
|                                  |                | PEU                        | 0,0050   | 0,00126     | <0,0001       |
|                                  |                | RES                        | 0,0103   | 0,000734    | <0,0001       |
|                                  |                | SAB                        | -0,0062  | 0,000341    | <0,0001       |
| THO                              | -0,0004        | 0,000369                   | 0,2691   |             |               |
| $\beta_{4ess}$                   | BOJ            | -0,0106                    | 0,000531 | <0,0001     |               |
|                                  | BOP            | -0,0038                    | 0,00157  | 0,0141      |               |
|                                  | EPX            | -0,0047                    | 0,000789 | <0,0001     |               |
|                                  | ERR            | -0,0133                    | 0,00066  | <0,0001     |               |
|                                  | ERS            | -0,0094                    | 0,000463 | <0,0001     |               |
|                                  | FEU            | -0,0113                    | 0,000458 | <0,0001     |               |
|                                  | HEG            | 0,0024                     | 0,000649 | 0,0002      |               |
|                                  | PEU            | -0,0069                    | 0,00136  | <0,0001     |               |
|                                  | RES            | -0,0099                    | 0,000796 | <0,0001     |               |
|                                  | SAB            | 0,0033                     | 0,00358  | 0,3624      |               |
| THO                              | 0              | 0                          | s. o.    |             |               |
| $\beta_5$                        | s. o.          | 0,7390                     | 0,00656  | <0,0001     |               |