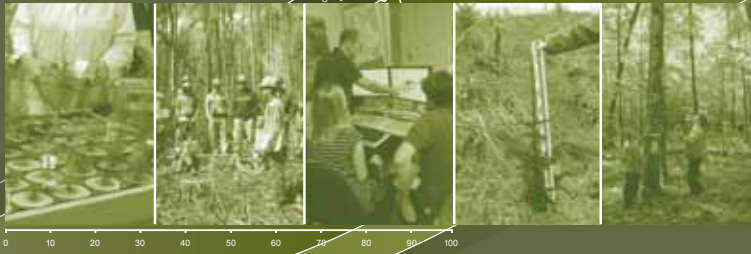


$$P'(t) = \frac{r}{k} P(t)(b - P(t))$$

$$V_{AE,B} = \beta_i dhp_i^b H_i^b + \hat{\epsilon}_{i,t}$$



# Une nouvelle génération de modèles de prévision pour les forêts du Québec

Par Isabelle Auger, Stat. ASSQ, M.Sc., Mathieu Fortin, Ph.D.,  
David Pothier, ing.f., M.Sc., Ph.D. et Jean-Pierre Saucier, ing.f., Dr.Sc.

La modélisation est un processus en constante amélioration. Deux modèles de croissance forestière ont été mis au point dans les années 1980 et 1990 pour certains types de forêts. Jusqu'à tout récemment, leurs prévisions étaient utilisées comme intrants dans le calcul de la possibilité forestière (CPF). Vers la fin des années 2000, les recommandations de divers comités ont mené à l'élaboration de nouveaux modèles. En voyant le jour, les modèles ARTÉMIS-2009, NATURA-2009 et SUCCÈS-2009 ont tiré profit de nouvelles approches de modélisation et d'un plus grand nombre de données disponibles. Ils sont désormais utilisés dans le CPF par le Bureau du Forestier en chef.

## Pourquoi de nouveaux modèles ?

L'examen critique du CPF a révélé certains manques de connaissances, notamment quant au niveau d'incertitude des prévisions, l'absence de connaissances précises sur la succession forestière après perturbation et un manque de précision des modèles de prévision de la croissance forestière. Afin de combler ces lacunes, trois modèles ont été mis au point pour les forêts du Québec :

- 1) un modèle de croissance par tiges individuelles (ARTÉMIS-2009);
- 2) un modèle de croissance à l'échelle du peuplement (NATURA-2009);
- 3) un modèle de succession forestière après perturbation majeure (SUCCÈS-2009).

## ARTÉMIS-2009

ARTÉMIS-2009 est un modèle de croissance forestière par tiges individuelles. Il se décline en 25 versions, pour chacune des végétations potentielles les plus abondantes du Québec. Il comprend quatre sous-modèles (Figure 1) utilisant des variables biophysiques et climatiques, et selon la végétation potentielle, il tient compte de 2 à 16 groupes d'espèces. Deux sous-modèles additionnels permettent d'estimer la hauteur et le volume des arbres. De plus, ARTÉMIS-2009 permet d'estimer l'effet des défoliations causées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et de tenir compte de l'application d'une coupe partielle. Il est assez flexible pour prévoir des décroissances, et le sous-modèle de recrutement permet de s'affranchir des hypothèses pour la génération de nouveaux arbres. Le modèle fournit également une estimation de l'incertitude associée aux prévisions.

## NATURA-2009

NATURA-2009 est un modèle de croissance forestière par peuplement entier. Il comprend cinq sous-modèles (Figure 2) utilisant des variables biophysiques et cinq groupes d'espèces qui permettent de modéliser les peuplements mixtes. L'utilisation des sous-domaines bioclimatiques fournit des prévisions régionales. Ce modèle estime l'effet des défoliations causées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette et tient compte de l'occurrence de perturbations naturelles légères. Les périodes de croissance et de sénescence d'un peuplement sont modélisées simultanément. La mortalité et le recrutement des arbres sont modélisés par le biais du changement temporel du nombre de tiges, sans distinction entre les deux phénomènes. Une estimation de l'incertitude associée aux prévisions peut être calculée.



Territoires où les résultats s'appliquent.

## Des faits !

Qu'est-ce qu'un modèle de croissance ?  
Un modèle de croissance forestière est un ensemble d'équations mathématiques représentant les changements temporels des caractéristiques dendrométriques d'un peuplement et des dimensions des arbres qui le forment. Il permet de prédire les volumes disponibles à la récolte forestière, par espèce ou groupe d'espèces. En plus de la croissance des arbres, ces modèles tiennent généralement compte de la mortalité induite par la compétition et du recrutement de nouveaux arbres.

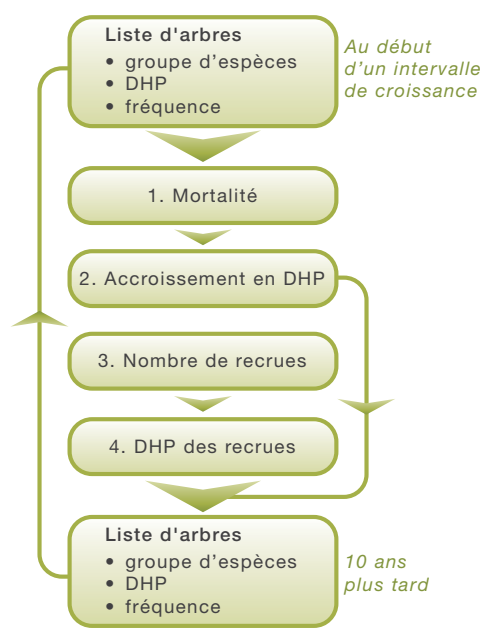


Figure 1. Fonctionnement d'ARTÉMIS-2009 (DHP : diamètre à hauteur de poitrine)

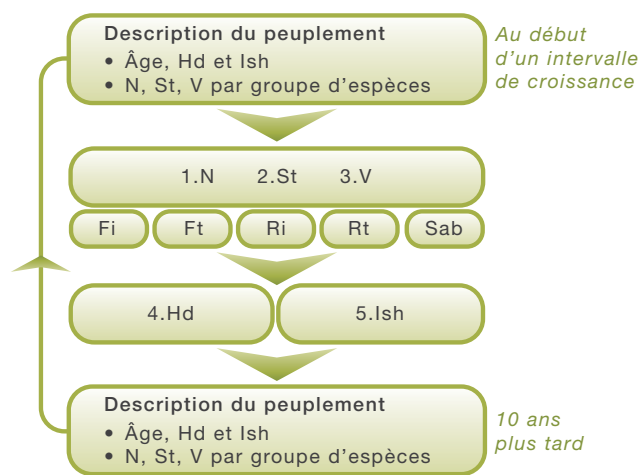


Figure 2. Fonctionnement de NATURA-2009 (Hd : hauteur dominante; Ish : indice de diversité de Shannon; N : nombre de tiges; St : surface terrière; V : volume; Fi : feuillus intolérants; Ft : feuillus tolérants; Ri : résineux intolérants; Rt : résineux tolérants; Sab : sapin baumier)

### SUCCÈS-2009

SUCCÈS-2009 est un modèle de prévision de la succession forestière après une perturbation ou une intervention majeure. Le modèle fonctionne en trois étapes (Figure 3) et utilise les stades évolutifs et des variables de classification écologique, climatiques et spatio-temporelles (origine du peuplement et perturbation intermédiaire). Il prévoit d'abord la proportion des peuplements dans chacun des stades évolutifs correspondant à la composition de la régénération, puis les attributs du nouveau peuplement et le temps requis pour atteindre une hauteur donnée. La probabilité d'échec de régénération n'est pas prédite. Les prévisions de ce modèle peuvent servir de point de départ pour ARTÉMIS-2009 et NATURA-2009.

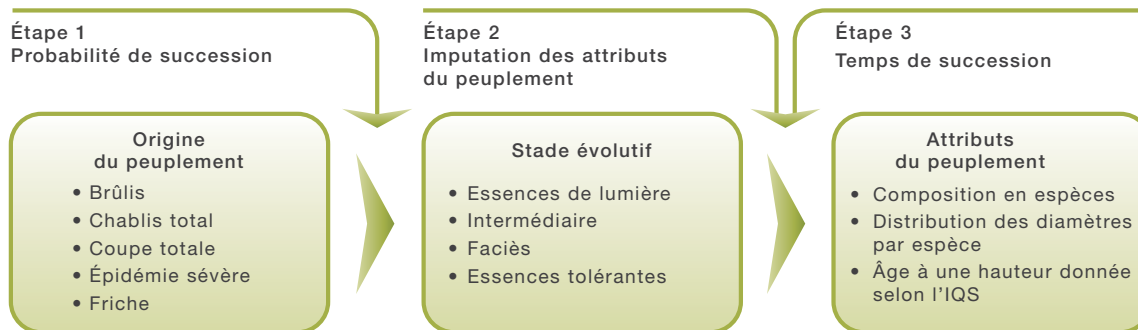


Figure 3. Fonctionnement de SUCCÈS-2009

### Pour les curieux...

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.

POTHIER, D. et I. AUGER, 2011. *NATURA-2009 : un modèle de prévision de la croissance à l'échelle du peuplement pour les forêts du Québec*. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, Mémoire de recherche forestière n°163. 56 p.

Les liens Internet de ce document étaient fonctionnels au moment de son édition.

### Le saviez-vous ?

Différents types de modèles de croissance peuvent être distingués selon l'échelle de modélisation choisie. Un modèle par tiges individuelles nécessite plusieurs sous-modèles pour simuler les différents processus qui se déroulent à l'échelle de l'arbre. Il fournit des informations comme une liste d'arbres avec leur essence et leurs dimensions. Les prévisions de chacune des tiges peuvent ensuite être compilées pour obtenir un portrait à l'échelle de la placette. Un modèle par peuplement entier fait plutôt varier directement les caractéristiques dendrométriques d'une placette, sans utiliser d'information à l'échelle de l'arbre individuel. Il fournit donc des informations plus sommaires, telles la densité, la surface terrière et le volume d'un peuplement. Dans le cas d'un modèle de succession, les caractéristiques de la station (climat, sol, végétation potentielle) et la perturbation ou intervention d'origine déterminent les trajectoires probables de reconstitution des peuplements.

### Capsis, une application conviviale

Pour faciliter la simulation du développement des peuplements, ces trois modèles sont intégrés à la plateforme Capsis, élaborée par l'Institut National de Recherche en Agronomie de France et ses partenaires (<http://capsis.cirad.fr/capsis>). Ce logiciel générique permet d'implanter différents modèles sous une même application, d'effectuer plusieurs simulations dans une même session et de comparer plusieurs scénarios sylvicoles. À partir d'une liste d'arbres regroupés en placettes, il est possible de simuler des prévisions à l'échelle du peuplement et de la strate, de même que certaines coupes partielles, avec ARTÉMIS-2009. Capsis permet de visualiser les résultats de simulation sous forme graphique. De plus, il permet d'exporter ces mêmes simulations dans des fichiers de format dbf.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

**Direction de la recherche forestière**  
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune  
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-7994  
Télocopieur : 418 643-2165

Courriel : [recherche.forestiery@mrnf.gouv.qc.ca](mailto:recherche.forestiery@mrnf.gouv.qc.ca)  
Internet : [www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche](http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche)

ISSN : 1715-0795

**Ressources naturelles  
et Faune**

**Québec**