

CAPSIS / plate-forme de développement de modèles de croissance et de dynamique forestière



Juin 2013 (mise à jour 4.2016)

François De Coligny
Ariane Gaunand
Laurence Colinet
Anne Jambois

Résumé du cas

CAPSIS est un simulateur de croissance d'arbres en peuplements avec élaboration d'itinéraires sylvicoles. Développé par l'INRA, cette plate-forme collaborative permet de simuler et comparer des scénarios sylvicoles (étapes de croissance ou éclaircie) définis par l'utilisateur : densité initiale, fertilité, type et nature des interventions, etc. Il est principalement utilisé en France par l'Office national des forêts pour faciliter les choix en matière de gestion de la forêt publique, mais a trouvé également des utilisations à l'étranger (Canada, Afrique).

Contexte et situation productive:

1. Chronologie et éléments contextuels

Dès ses origines, la recherche forestière s'est intéressée à la mise au point d'outils d'aide à la gestion sylvicole et à l'aménagement des forêts (Houllier *et al.*, 1991). Les premiers outils assez synthétiques ont été les tables de production, qui présentent l'évolution des principales variables décrivant des peuplements forestiers réguliers et monospécifiques, en termes de production et de dimensions moyennes des arbres. Pour prendre en compte une plus large gamme de types de peuplements, et de nouveaux scénarios sylvicoles, les chercheurs ont construit des outils plus élaborés, connus sous le nom de « **modèles de croissance** ». Un modèle de croissance est un ensemble d'équations mathématiques correspondant aux relations entre les caractéristiques dendrométriques d'un peuplement forestier et les dimensions (ainsi que l'âge, le plus souvent) des arbres qui le constituent. Fondé sur la connaissance des relations de compétition entre arbres et tenant compte de manière plus ou moins simplifiée des conditions stationnelles, un tel modèle permet de représenter et de prévoir l'évolution des arbres et du peuplement au cours du temps, en fonction des interventions sylvicoles, qui régulent la compétition.

Pour être utilisable de manière prédictive, un modèle doit être codé en langage informatique. Les scientifiques ont alors construit un logiciel spécifique pour un modèle particulier.

Il existe un peu partout dans le monde, y compris en France, des modèles de croissance mais ils ne sont utilisables que de façon isolée.

2. Les inputs et la situation productive

Objectifs de la recherche

En France, depuis 1994, les modélisateurs forestiers ont construit un logiciel commun – une plate-forme – dédié à la simulation de la dynamique forestière dénommé CAPSIS qui regroupe plusieurs modèles de croissance. CAPSIS (<http://CAPSIS.cirad.fr/>), est une **plate-forme logicielle générique** qui permet d'accéder à un grand nombre de modèles de croissance pour de nombreuses essences et dans des situations variées et de bénéficier des dernières avancées scientifiques en matière de modélisation. ***Les utilisateurs bénéficient de la même interface quel que soit le modèle utilisé, ce qui facilite l'appropriation de cet outil. Cette interface est*** conçue, développée et maintenue pour permettre aux équipes scientifiques du département EFPA de l'INRA et à nos partenaires scientifiques et gestionnaires de disposer d'outils de simulation avancés qui servent de support à l'intégration des connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers. CAPSIS a été conçue comme une structure informatique encourageant le co-développement par divers contributeurs modélisateurs forestiers. Elle vise à favoriser le transfert des modèles de croissance et de production entre chercheurs et vers les professionnels.

L'intérêt de la plateforme CAPSIS est :

(1) d'utiliser le langage universel de JAVA multi-plateforme ce qui la rend accessible à des utilisateurs avec peu d'assistance et de formation à la programmation les rendant très vite autonome,



(2) de permettre ainsi l'intégration de différents modèles et outils sans devoir recréer à chaque fois la structure de base,

(3) d'être accessible gratuitement contrairement à la plupart des modèles concurrents. L'utilisation d'une licence dite "logiciel libre" (LGPL - Lesser General Public Licence) et la rédaction d'une charte simple décrivant les droits et devoirs de chacun permettent aux partenaires intéressés de rejoindre le projet sans nécessiter la rédaction de conventions bilatérales croisées. Le choix de cette licence particulière a permis de travailler également avec des partenaires du secteur privé en précisant exactement ce qui est du domaine libre et ce qui ne l'est pas (rôle de la Charte CAPSIS).

CAPSIS a été développée à travers une approche collaborative, et son fonctionnement est obligatoirement coopératif: pour interroger un modèle il faut en apporter un. Ce système contribue à l'amélioration continue de l'outil et constitue une garantie contre l'obsolescence.

Historiques et compétences mobilisées

Les premières tentatives pour exploiter le patrimoine existant des modèles de croissance forestiers dans des logiciels à vocation d'intégration ont été développées en 1994 dans le cadre d'un projet de recherche « Modélisation de la croissance de peuplements de Pin noir » (*arrière-pays méditerranéen*) co-financé par la Direction de l'Espace Rural et de la Forêt (DERF) du Ministère de l'Agriculture dans lequel il était prévu le financement de 3 mois d'un informaticien (François Régis Bonnet). Ce projet était sous la responsabilité scientifique de Philippe Dreyfus de l'Unité de Recherches Forestières Méditerranéennes d'Avignon (URFM). La DERF a exigé que le modèle OASIS développé parallèlement par l'AFOCEL (ex FCBA) rejoigne la plateforme CAPSIS pour ne pas ainsi ne pas développer et financer plusieurs modèles.

Les versions originelles, tel que CAPSIS 2.4, exploitaient des modèles de croissance pour des peuplements réguliers et monospécifiques. Chaque modèle (de type "arbre indépendant des distances" (MAID), ou de type "peuplement", ou mixte "arbre / peuplement") était établi pour une essence donnée par des équipes de recherche de divers organismes.

Ce travail a été repris puis développé à partir de 1999 par de François De Coligny, ingénieur en informatique, dans l'UMR Botanique et bioinformatique de l'architecture des plantes (AMAP) de Montpellier. Le recrutement de cet ingénieur dédié non seulement à la maintenance mais aussi au développement de CAPSIS, a été décisif pour le développement de la plateforme et son utilisation ; des formations initiales et continues ont notamment pu être régulièrement dispensées.

La version actuelle, CAPSIS4 vise à étendre le domaine d'application aux peuplements forestiers hétérogènes (irréguliers et/ou mélangés), en offrant la possibilité d'intégrer des modèles très variés de dynamique forestière. Elle peut ainsi prendre en compte les principaux processus (croissance, compétition, mortalité et régénération / recrutement) et les différents niveaux pertinents d'organisation spatiale (arbres en peuplement, mosaïque de collectifs d'arbres ou de peuplement-types...)

En outre l'architecture a été entièrement revue pour permettre une meilleure flexibilité. Des modules sont comme pour les versions précédentes développés par les chercheurs (cf. Charte CAPSIS) voulant intégrer leurs modèles. Il est possible de travailler en mode interactif ou différé pour traiter des simulations longues ou répétitives.

La plateforme actuelle a été élaborée par des scientifiques de l'UMR AMAP de Montpellier et Kourou (Cirad, CNRS, INRA, IRD, Université Montpellier 2) et alimenté par un réseau d'équipes scientifiques du département EFPA de l'INRA (Avignon, Nancy, Bordeaux), du Cirad (Montpellier, Kourou), d'Irstea (Grenoble, Clermont-Ferrand, Nogent sur Vernisson ; mais également de gestionnaires – utilisateurs (IFN, FCBA, ONF, CNPF)

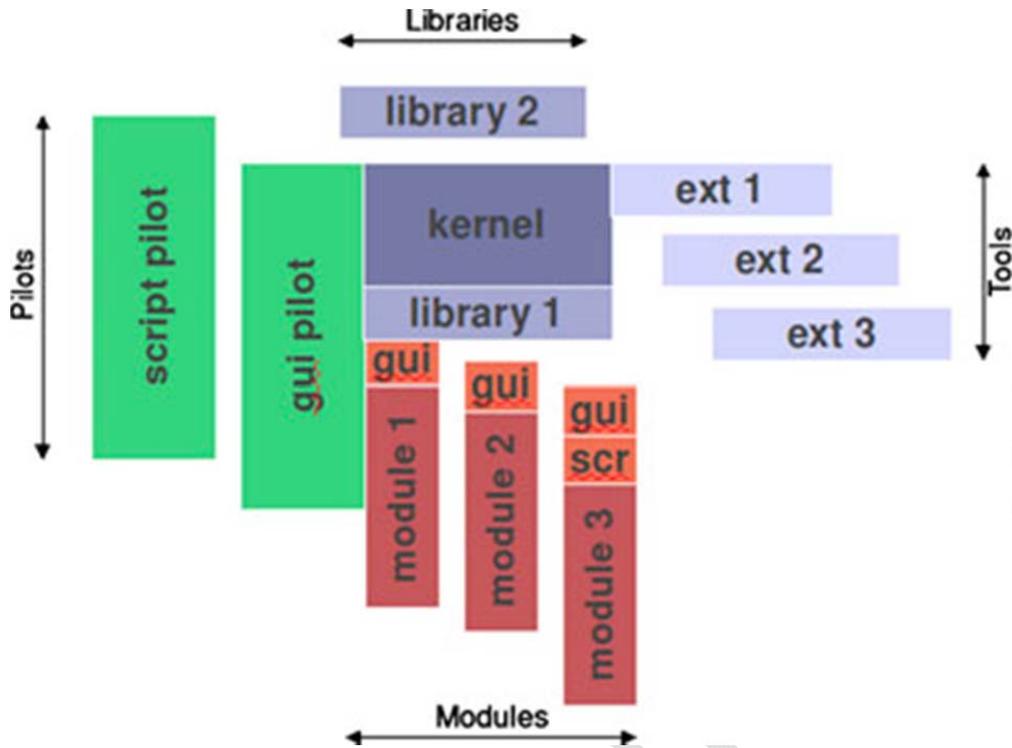


Fig. 1 L'architecture du logiciel libre CAPSIS.

Le noyau et les bibliothèques contiennent le cadre de la simulation et les fonctions spécifiques au domaine forestier. Les modules contiennent les modèles et peuvent être modifiés, ajoutés, supprimés... Les pilotes représentent les différentes interfaces utilisateur. Les extensions (ext) sont des outils spécifiques éventuellement partagées entre les modules.

Au fil du temps, le réseau d'acteurs mobilisé par CAPSIS s'est élargi ; il regroupe désormais l'INRA, l'IRD, le CIRAD, le CNRS, des Universités, le FCBA, l'IFN, l'ONF, le CNPF, l'IRSTEA, et AgroParistech incluant ainsi la très grande majorité des établissements scientifiques public français ayant des activités en lien avec la forêt. Ce réseau s'étend aussi à l'étranger : Ministère Québécois des ressources naturelles et de la faune, Canadian Forest Service au Québec, l'Universidade de Tráos-os-Montes e Alto Douro (UTAD) au Portugal, Université Catholique de Louvain et de Gembloux en Belgique, University of Helsinki en Finlande, Université de Berne en Suisse, Université de Bonn et Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA) de Freiburg en Allemagne.

CAPSIS rend ainsi accessible et interopérable désormais la majorité des modèles de croissance forestière en France et semble donc s'acheminer vers le statut de standard français pour la modélisation forestière.

3. Outputs de la recherche

CAPSIS a rendu accessible et inter-opérable la majorité des modèles forestiers français, se posant ainsi en standard de modélisation.

Des produits à destination d'utilisateurs avertis de la gestion des peuplements forestiers :

CAPSIS permet de simuler et comparer des scénarios sylvicoles (étapes de croissance ou éclaircie) définis par l'utilisateur : densité initiale, fertilité stationnelle, type et nature des interventions, etc... Il est principalement



destiné à faciliter les choix en matière de gestion des peuplements forestiers mais constitue aussi un instrument précieux pour la recherche et l'enseignement.

Les choix techniques (Programmation Orientée Objet, langage Java multi plate-formes) retenus pour la conception de CAPSIS répondent aux besoins d'évolution d'un système de co-développement formulés par et pour les acteurs de la recherche et de la gestion sylvicole. En effet CAPSIS est principalement destiné à des utilisateurs avertis. C'est pourquoi l'INRA forme annuellement des scientifiques ou gestionnaires à son utilisation et a développé un système d'assistance aux utilisateurs. De plus l'INRA a organisé le partage d'informations et de code source en réseau facilitant l'intégration d'utilisateurs dispersés dans le monde.

Des applications diverses en développement dont le suivi des populations de poissons

CAPSIS est utilisable en français et en anglais et tous les modèles intégrés peuvent fonctionner en mode script (sans aucune interaction pour des simulations longues ou répétitives). Il est aussi possible de les interfacer avec d'autres simulateurs écrits dans d'autres langages, comme STICS (agronomie, INRA Avignon) pour des modèles agro-forestiers, Trayci (bilan radiatif, Danemark), ForestGales (risque lié au vent, Forestry Commission, UK), AMAPsim (architecture des plantes, AMAP), etc.

Depuis 2001 la plateforme CAPSIS a été à l'origine de plus de 30 publications scientifiques. Elle a également fourni le support de **plusieurs projets européens** ces dernières années, notamment dans les domaines de l'agro foresterie (projet SAFE), puis de la prévention des incendies de forêts (projet FireParadox). Ce dernier a été l'occasion d'investir dans des nouvelles techniques (liaison récente et performante entre Java et OpenGL, qui a permis le développement en 3D) pour introduire des nouvelles fonctionnalités dans la plate-forme : visus et éditeurs de scènes 3D qui pourront être mis à profit dans les autres projets CAPSIS. CAPSIS a également été utilisée dans plusieurs projets de l'**ANR** (Déduction, Forgeco).

Quelques publications scientifiques marquantes

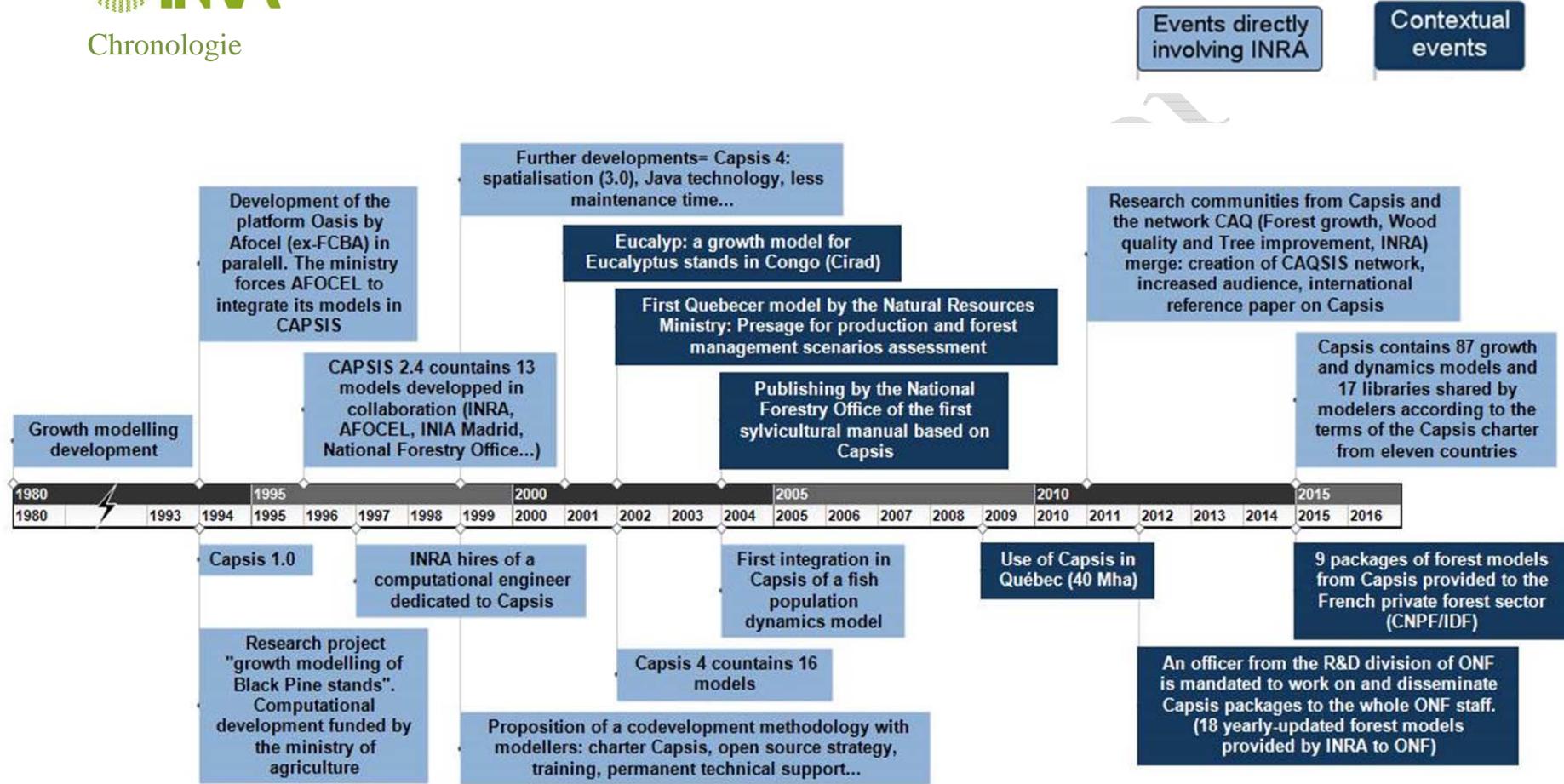
(voir <http://CAPSIS.cirad.fr/CAPSIS/publications>)

4. Circulation des connaissances et intermédiaires

L'INRA a organisé la diffusion de CAPSIS en développant une licence dite "**logiciel libre**" (LGPL - Lesser General Public Licence et en rédigeant une **charte** simple décrivant les droits et devoirs de chacun permettant aux partenaires intéressés de rejoindre le projet sans nécessiter la rédaction de conventions bilatérales croisées. Ainsi un partenaire de l'IFN peut utiliser une bibliothèque introduite par un partenaire d'Irstea dans la plus grande transparence. Le choix de cette licence particulière permet également de travailler avec des partenaires du secteur privé en précisant exactement ce qui est du domaine libre et ce qui ne l'est pas (rôle de la Charte CAPSIS).

L'informaticien de l'INRA dispense des **formations** aux nouveaux utilisateurs et assure également une **assistance** téléphonique ou par mail.

A l'ONF, les utilisateurs de CAPSIS mettent ensuite au point des **guides de sylviculture** par essence et par massif à partir de CAPSIS (un modèle s'applique à un type de forêt). Un gestionnaire forestier ONF doit suivre obligatoirement les recommandations inscrites dans ces guides pour la gestion de la forêt publique française. Récemment, 20 guides ont été rédigés par l'ONF ; 17 d'entre eux ont construit leurs recommandations en utilisant CAPSIS. Un des trois guides restants a utilisé deux modèles (Simcop et Oasis) qui ont été récemment inclus dans CAPSIS. Les deux derniers guides correspondent à des essences (Chêne rouge du domaine atlantique et pins à crochets des Pyrénées) pour lesquels il n'y a pas encore de modèles disponibles. Les guides de l'ONF sont remis à jour tous les 10 ans et certains d'entre eux ont été publiés aux éditions Lavoisier/ONF et ainsi diffusés également au grand public.



NEA

5. Impacts de premier niveau

L'ONF (office national des forêts) est le principal utilisateur de CAPSIS, pour la gestion de la forêt publique française. Toutes espèces confondues c'est plus de 2,8 Millions d'Ha de forêts publiques en France sur les 3,825 Millions, soit 73,2 % de la forêt publique française, qui est concernée par cette plateforme..

Impact économique :

L'Office national des forêts est un des premiers utilisateurs des modèles de croissance et de la plateforme CAPSIS, avec deux principaux types d'utilisation : la mise au point d'itinéraires sylvicoles et l'élaboration de guides de sylviculture par essence et par grande région forestière. Les modèles permettent une comparaison rapide de plusieurs scénarios sylvicoles, ce qui aurait demandé auparavant de longues années d'expérimentation. L'utilisation de ces modèles a permis de tester, évaluer et comparer des scénarios d'éclaircie (intensité, nature, nombre, durée de rotation) sur la base de critères de décision plus variés : production totale, croissance en diamètre moyen et diamètre dominant, gamme des diamètres obtenus, volume prélevé, élagage... Ceci permet la construction de référentiels par simulation de plusieurs scénarios avec une ou plusieurs parcelles d'initialisation (état du peuplement au début de la simulation) et pour chacune des fertilités stationnelles choisies. Les modèles sont aussi utilisés comme outils pédagogiques pour démontrer la plus ou moins forte capacité de réaction des peuplements, notamment dans le contexte **d'augmentation de productivité**, parfois difficile à appréhender. Les modèles facilitent également les diagnostics en permettant la représentation des relations entre certaines variables de peuplement, par exemple entre surface terrière et hauteur dominante, selon la fertilité du peuplement. Un diagnostic permet de positionner un peuplement réel par rapport aux référentiels définis dans le guide et donc de faire un choix d'intervention.

Impact environnemental: Le logiciel CAPSIS est utilisé en contexte montagnard et méditerranéen pour simuler les évolutions climatiques. Diverses alternatives de gestion sont simulées à différentes échelles :

- au niveau de la parcelle, par exemple des coupes maintenant un couvert assez clair pour favoriser la régénération de telle ou telle essence tout en protégeant le sol;
- au niveau d'un versant ou d'un petit massif grâce à la prise en compte de la dispersion des essences et de conditions climatiques, pédologiques et topographiques. À cette dernière échelle, on peut simuler des directives d'aménagement anticipatives, notamment par le choix des essences objectifs selon les conditions stationnelles actuelles et de leur transformation prévisible (« migration » des étages bioclimatiques vers le haut).

Impact politique – territorial :

Plusieurs chercheurs du département EFPA ont participé à l'expertise collective scientifique et technique à visée prospective sur l'avenir du massif forestier landais et à l'analyse prospective de la ressource forestière et des disponibilités en bois de la région Aquitaine à l'horizon 2025 et utilisé CAPSIS pour ces études. CAPSIS et le modèle de croissance sur le pin maritime pp3 ont permis ainsi de proposer des itinéraires sylvicoles pour la reconstitution après la tempête Klaus et de calculer successivement l'état du massif juste après la tempête de 2009 puis en 2011 en intégrant l'impact des scolytes et des opérations de nettoyage. Ces informations ont été stratégiques dans le maintien et le développement de la filière forestière en Aquitaine, CAPSIS ayant fourni des scénarios pour éclairer les décisions de replantation.

Faiblesses :

Cette plateforme est jusqu'à présent beaucoup moins utilisée pour la gestion de la forêt privée française, car l'outil n'est pas directement utilisable par un gestionnaire et manque de convivialité ; il est nécessaire que l'utilisateur soit formé et que les informations délivrées par CAPSIS soient « interprétées » avant d'être directement applicable par un gestionnaire. Il est possible que des gestionnaires de la forêt privée bénéficient des avancées de CAPSIS par l'intermédiaire des guides produits par l'ONF.

Par ailleurs, il serait utile que l'ergonomie de la plateforme et des sous-modèles (mortalité, modules d'éclaircie, scénarios économiques...) soient améliorés ou développés.

6. Impacts de niveau 2

CAPSIS est également utilisé dans plusieurs pays, comme le Portugal, ou la Chine. Deux retombées remarquables au Congo et au Québec sont illustrées dans ce paragraphe.

Utilisation de CAPSIS dans les plantations d'Eucalyptus au Congo : Un exemple de transfert existe pour la forêt tropicale, combinant d'une part le modèle de croissance élaboré pour les plantations d'eucalyptus (Cirad) hébergé par la plate-forme CAPSIS et d'autre part par un SIG et sa base de données géoréférencées comportant des données relatives au massif. Un premier prototype a été élaboré pour un industriel en charge des plantations autour de Pointe-Noire (Eucalyptus Fibre Congo - République du Congo) (Cucchi et al., 2006). Il permet, pour un groupe de parcelles sélectionnées dans le SIG, de simuler la croissance des arbres jusqu'à une date cible, et de visualiser sous forme de cartes thématiques les caractéristiques dendrométriques ainsi obtenues pour chacune des parcelles. Certaines requêtes automatiques ont également été préprogrammées pour extraire les informations pertinentes pour la gestion du massif (par exemple, visualisation des parcelles brûlées, de celles dont la fertilisation a été réalisée et de celles dont la fertilisation reste encore à effectuer). Dans ce cas, il s'agit de fonctionnalités de la base de données, inhérentes à la gestion du massif, sans intervention du modèle de croissance. Cet outil est innovant techniquement car il met en oeuvre des logiciels adaptés pour chaque tâche. Il est également innovant scientifiquement dans la mesure où le modèle de croissance connecté au SIG n'est pas restreint à une simple équation de production en volume (c'est souvent le cas pour les outils « industriels » utilisés en gestion courante) mais bien une chaîne de modèles de croissance qui permet de simuler les effets d'une large gamme de sylvicultures. Elle prend en compte également des critères importants pour la gestion durable du massif (par exemple, l'exportation d'éléments minéraux). Ce modèle, dans la version actuelle qui intègre les effets de la densité de plantation pour plusieurs clones, a été validé avec succès pour le massif de Pointe-Noire (estimations non biaisées, écart type des erreurs inférieur à 10 % pour la plupart des variables considérées). Ce prototype est également transférable à d'autres industriels pour une utilisation en gestion courante moyennant des adaptations, nécessaires à chaque entreprise. Ces modifications sont réalisées au cours de l'opération de transfert de façon à ce que l'industriel s'approprie l'outil complet.

Utilisation de CAPSIS au Québec.

Au Québec, 87% de la superficie forestière productive, soit 452 000 km² sur un total de 518 000 km², est publique, mais exploitée en concessions privées. Du fait du climat froid, la forêt québécoise a une croissance limitée. La loi sur les forêts de 1987 stipule que « toutes les entreprises qui récoltent du bois sur les forêts publiques doivent respecter la possibilité annuelle de coupe à rendement soutenu. Cela signifie que le volume de bois récolté chaque année ne peut être supérieur à ce que la forêt produit annuellement ».

En 1999, un chanteur québécois (Richard Desjardin) dénonce dans un film documentaire, "L'erreur boréale", la surexploitation de la forêt québécoise. Le scandale public conduit les dirigeants politiques à mettre en place une commission d'enquête. Suite aux recommandations de cette commission (rapport Coulombe), le gouvernement québécois modifie en 2001 la loi sur les forêts et d'autres dispositions législatives, dans le but d'accentuer la participation des citoyens à la gestion de celles-ci et d'en assurer un développement durable¹. Le Forestier en chef du ministère des Ressources Naturelles du Québec a la responsabilité de déterminer ces possibilités forestières, lesquelles correspondent au volume maximum des récoltes annuelles que l'on peut prélever à perpétuité, sans diminuer la capacité productive du milieu forestier. Cet exercice doit tenir compte de certains objectifs d'aménagement durable des forêts telle la dynamique naturelle des forêts, notamment leur composition et leur structure d'âge ainsi que leur utilisation diversifiée. Le recours à des outils d'optimisation et de spatialisation, l'amélioration des modèles de croissance, une meilleure prise en compte des considérations environnementales et économiques, sont des avancées majeures dans les processus visant à réaliser ce calcul. Dès 2004 des nouveaux chiffres d'exploitation donnant « les

¹ (Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier, L.R.Q., chapitre A-18.1, article 46). Le calcul des possibilités forestières est rendu public sur le site du ministère (http://forestierenchef.gouv.qc.ca/wp-content/uploads/2013/01/MDPFdpf_evolution_V5_0.pdf)



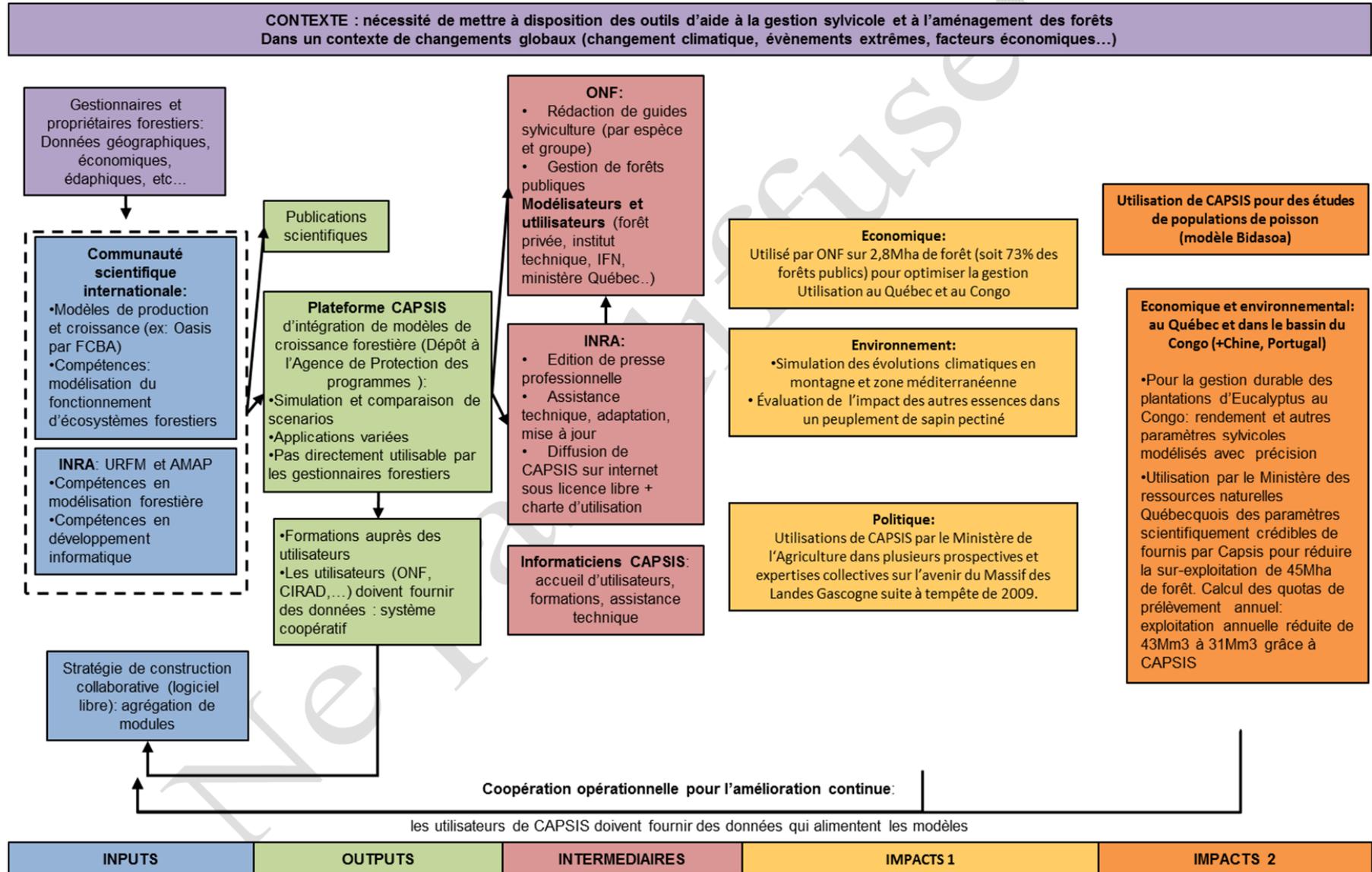
possibilités forestières » sont calculés à partir de 3 modèles de croissance mis au point par des chercheurs québécois à partir de la plateforme CAPSIS...

C'est ainsi 45 millions d'ha de forêts qui sont gérés indirectement avec CAPSIS au Québec. L'outil CAPSIS fournit aux politiques publiques et aux gestionnaires une référence scientifique crédible pour prévenir la surexploitation des forêts québécoises.

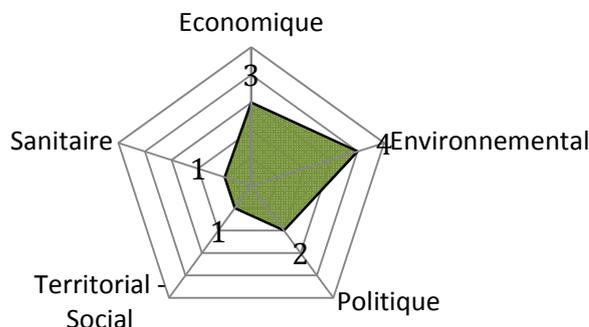
Utilisation de CAPSIS pour des usages non forestiers : études de populations de poisson (modèle Bidasoa)

Dès 2005, CAPSIS a également accueilli un modèle de croissance sur les poissons Bidasoa, suite à une demande du gouvernement de Navarre (Espagne) d'étudier des pertes de continuité des rivières sur la dynamique de population et génétique des truites de mer. Les simulations sur CAPSIS ont motivé la destruction de plusieurs barrages, en conformité avec la Directive Cadre sur l'Eau européenne. Un nouveau module (Méditerranée) est en cours de développement en 2013, en réponse à une requête de la filière pêche française de gestion de populations endémiques de truite de mer. De possibles futurs usages de ce module incluent la possibilité de réintroduire des lignées endémiques, de modifier les droits de pêches à la ligne, de contrôler les continuités écologiques... en accord avec la DCE.

8. Impact Pathway



9. Vecteur d'impacts



Echelle: 1-5/5

Dimension d'impact	Importance ²	
Politique	2/5	En France, l'outil CAPSIS a été utilisé dans plusieurs prospectives sur l'avenir du Massif des Landes de Gascogne et orienté les incitations politiques. Au Québec, la plateforme CAPSIS est une composante majeure du calcul de la possibilité forestière (i.e., les volumes pouvant être récoltés annuellement sur terres publiques). La crise de confiance du public envers le Ministère des Ressources naturelles de cette province exige aujourd'hui que les institutions publiques se dotent d'outils fiables. CAPSIS est l'un de ces outils.
Environnemental	4/5	En France, CAPSIS permet de simuler différentes alternatives de gestion et d'anticiper ainsi les impacts en terme de biodiversité en forêt méditerranéenne ou de montagne dans un contexte changeant (notamment l'adaptation au changement climatique). Au Congo, les modèles prennent en compte des paramètres d'exportation d'éléments minéraux pour une gestion durable des plantations. Au Québec :La plateforme a contribué à la gestion durable de 45 millions d'hectares de forêt. La possibilité forestière, quantifiée par CAPSIS, est estimée à quelques 40 millions de mètres cubes de bois. Une telle récolte a évidemment un impact majeur..
Territorial - social	1/5	Les prédictions de la plateforme ont une incidence sur le maintien de la ressource (et par conséquent sur les emplois de la filière) et sur le paysage.
Economique	3/5	En France, l'utilisation de CAPSIS et des modèles a permis de tester, évaluer et comparer différents scénarios sylvicoles et de faire des choix d'itinéraires. Ces choix de sylviculture ont un impact sur la ressource d'un point de vue quantitatif et qualitatif et sur les coûts de gestion. Au Québec : L'estimation de la possibilité forestière dans laquelle intervient la plateforme CAPSIS a évidemment des impacts significatifs sur l'économie locale. La possibilité forestière est estimée à quelques 40 millions de mètres cubes de bois. Une telle récolte a évidemment un impact majeur. En tant qu'outil d'aide à la décision, CAPSIS contribue à évaluer la valeur des forêts québécoises.

² Le degré d'importance a été évalué par certains utilisateurs eux même (Mathieu Fortin, ancien ingénieur forestier du ministère des ressources naturelles du Québec, Christine Deleuze du département R&D de l'ONF)



10. Source des données

Ce rapport a été rédigé sur la base d'une analyse bibliographique ainsi que d'entretiens semi-directifs conduits avec les acteurs de l'innovation, notamment les chercheurs de l'INRA impliqués (François de Coligny, Thierry Caquet, Jean-François Cosson), l'Office National des Forêts (Christine Deluze), le Ministère Québécois des Ressources Naturelles et de la Faune (Mathieu Fortin).

Ne pas diffuser