

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 169 (2018)
Heft: 4

Artikel: Incertitude et pilotage des écosystèmes forestiers (essai)
Autor: Rosset, Christian / Dumollard, Gaspard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1097388>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 02.05.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Incertitude et pilotage des écosystèmes forestiers (essai)

Christian Rosset

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (CH)*

Gaspard Dumollard

Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (CH)

Incertitude et pilotage des écosystèmes forestiers (essai)

Les incertitudes, loin d'être une simple facette de la gestion des écosystèmes forestiers, touchent au contraire à toutes ses dimensions et sont au cœur de son extraordinaire complexité. Ce constat nous incite à penser les approches et les outils de la gestion forestière dans la perspective de ces incertitudes. Dans cet essai, la question est abordée sous l'angle de trois grands types d'incertitude: 1) les incertitudes portant sur la définition d'objectifs de gestion sur le très long terme, 2) les incertitudes quant aux perturbations qui peuvent affecter la gestion forestière, et 3) les incertitudes portant sur les écosystèmes et leur dynamique. L'étude de ces trois types d'incertitudes fournit des éléments de réflexion allant dans le sens d'une gestion dynamique et adaptative des écosystèmes forestiers. Tout d'abord, le poids des incertitudes futures doit être relativisé et ramené au champ d'action qui est réellement à la portée du gestionnaire forestier. Ensuite, les progrès considérables de ces dernières années dans le domaine de la télédétection et des outils informatiques d'aide à la décision rendent possible une gestion dynamique et adaptative des écosystèmes. Enfin, la mise en place d'un processus d'apprentissage en continu, à travers des dispositifs et des supports adaptés, permet d'affiner toujours plus la compréhension des écosystèmes.

Keywords: uncertainty, adaptive management, steering, remote sensing, electronic decision making tools, learning process

doi: 10.3188/szf.2018.0194

* Länggasse 85, CH-3052 Zollikofen, courriel christian.rosset@bfh.ch

L'incertitude fait partie intégrante de la gestion des écosystèmes forestiers. Les très longues périodes de production qui caractérisent la gestion forestière nous obligent à nous projeter dans un avenir d'autant plus incertain qu'il est lointain. A l'échelle des périodes de production, nous ne pouvons que partiellement influencer le développement des forêts, en reprenant une situation à un moment donné et en la faisant évoluer sur une, deux, voire trois décennies, pour la remettre ensuite aux générations suivantes. Dans le même temps, des perturbations surviendront, plus ou moins prévisibles, voire imprévisibles, représentant autant de sources d'incertitudes pour la conduite des forêts. Influencer le développement des forêts, c'est intervenir dans des écosystèmes pour lesquels notre compréhension est forcément limitée eu égard à leur complexité. Cette complexité représente une source d'incertitudes supplémentaire.

Dans ce contexte, il n'est pas évident de prendre des décisions et de les assumer. Selon le Petit Robert, la décision est une «qualité qui consiste à ne pas s'attarder inutilement dans la délibération et à ne pas changer sans motif ce qu'on a décidé». Quant à l'incertitude, elle est définie comme une «chose incertaine, mal connue, qui prête au doute», ce qui ne facilite pas le processus de délibération et peut représenter un motif susceptible de remettre en question les décisions prises.

Dans cet essai, nous choisissons de traiter des trois types d'incertitudes suivants, en se focalisant sur le premier, et de proposer quelques pistes de réflexion pour y faire face:

- les incertitudes par rapport à la pertinence des objectifs de gestion au vu des très longues périodes de production;
- les incertitudes par rapport aux changements et perturbations qui affectent la gestion;

- les incertitudes liées à notre connaissance des écosystèmes forestiers forcément limitée au vu de leur complexité.

Incertitudes et portée des décisions du gestionnaire

Dans le cadre de la gestion des futaies régulières, le but de composition en essences et la détermination des périodes de production pour un périmètre forestier donné représentent deux décisions fondamentales, dont la réalisation, à moins de vouloir maintenir l'état actuel, prend généralement plusieurs décennies, ce qui est largement au-delà de la portée du gestionnaire. Ce ne sont donc pas tant ces objectifs stratégiques qui sont importants que les changements que l'on désire appliquer la prochaine décennie, voire la suivante pour contribuer à tendre vers ces objectifs. De même, l'incertitude sur la per-

tinence et la justesse des décisions prises se situe moins au niveau des objectifs stratégiques sur le long terme, dont la réalisation est hypothétique, car très éloignée et largement dans les mains des générations futures, qu'au niveau du changement que l'on désire apporter à moyen terme. Il s'agit donc de relativiser le poids des objectifs stratégiques et de les ramener au champ d'action qui est à la portée du gestionnaire.

Pour illustrer ce propos, le périmètre forestier de 472 ha de la forêt de Bremgarten appartenant à la Bourgeoisie de Berne est pris comme exemple. Sa proportion de feuillus est de 55%. Sur la base de sa structure démographique actuelle, présentée dans la figure 1, il est possible de reconnaître les périodes de production effectives, soit entre 110 et 130 ans, aussi bien pour les feuillus que pour les résineux.

L'ampleur du renouvellement démographique est l'élément central qui va permettre de faire évoluer les périodes de production effectives et la composition en essences du périmètre. Le renouvellement démographique, exprimé sous forme de surface totale à rajeunir par décennie, va permettre de façonner, décennie après décennie, la structure démographique, en exploitant des surfaces arrivées plus ou moins à maturité tout en assurant l'établissement de la nouvelle génération d'arbres sur ces mêmes surfaces. Dans notre cas d'étude, environ 25 ha, soit 5% de l'ensemble du périmètre, ont été rajeunis ces dix dernières années, alors que la surface de rajeunissement était deux fois plus importante dix ans auparavant. La proportion de feuillus obtenue dans le rajeunissement pendant la dernière décennie était de 80% (figure 1).

Voyons à présent ce qui est susceptible de se passer en faisant varier la surface totale à rajeunir par décennie (STR) en rajeunissant en priorité les surfaces les plus âgées, tout en poursuivant un but de composition en essences correspondant à ce qui a été réalisé lors de la dernière décennie.

Si le gestionnaire poursuit le rajeunissement avec la même ampleur qu'au cours des dix dernières années, la période de production effective va tout d'abord se maintenir entre 120 et 140 ans, pour ensuite augmenter et tendre vers 160 ans (figure 2; variante 1). Si on veut maintenir les périodes de production à leur niveau actuel, c'est-à-dire entre 110 et 130 ans, il faudrait rajeunir 40 ha par décennie (variante 2). Un rajeunissement de 60 ha par décennie (variante 3) permet de diminuer les périodes de production pendant les trois prochaines décennies en passant de 120 à 100 ans, puis d'évoluer très lentement vers des périodes de 80 ans. Avec une surface de rajeunissement beaucoup plus importante dans les deux premières décennies (respectivement 110 ha puis 70 ha), la variante 4 permet de diminuer les périodes de production effectives à 90 ans en seulement 20 ans. Par la suite, la surface de rajeunissement par décennie passe à 60 ha. Ainsi la période de

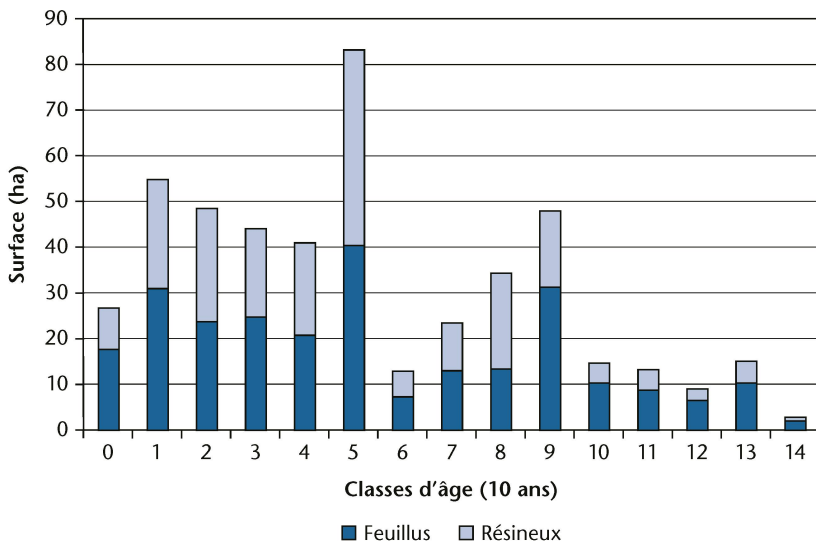


Fig. 1 Structure démographique actuelle du périmètre forestier de Bremgarten (Bourgeoisie de Berne) sous forme de classes d'âges.

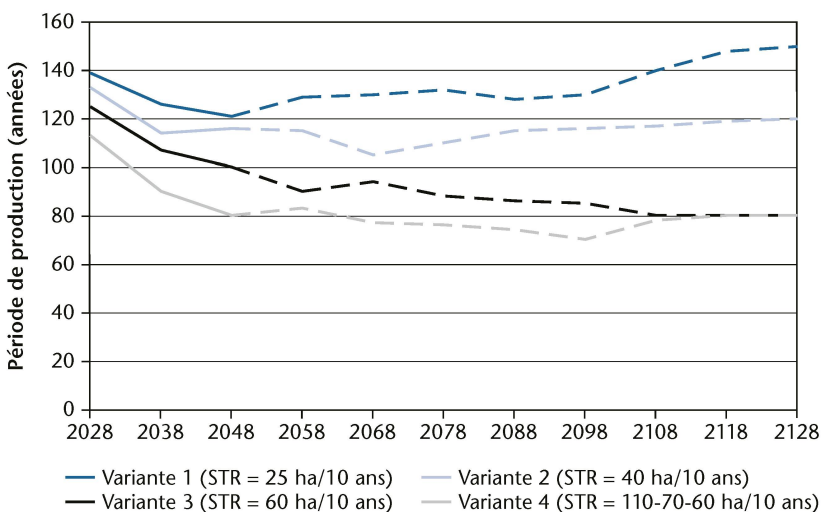


Fig. 2 Evolution des périodes de production effectives suivant différentes variantes de rajeunissement. STR: surface totale de rajeunissement par décennie.

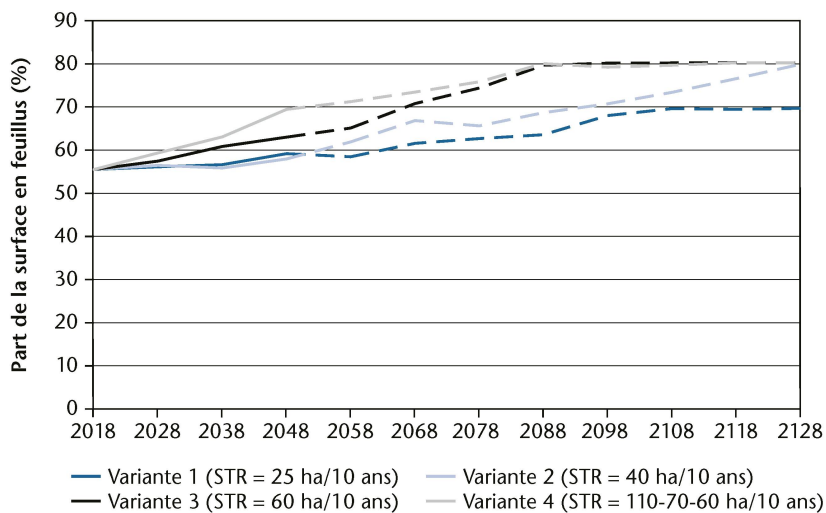


Fig. 3 Evolution de la composition en essences du périmètre suivant différentes variantes de rajeunissement. STR: surface totale de rajeunissement par décennie.

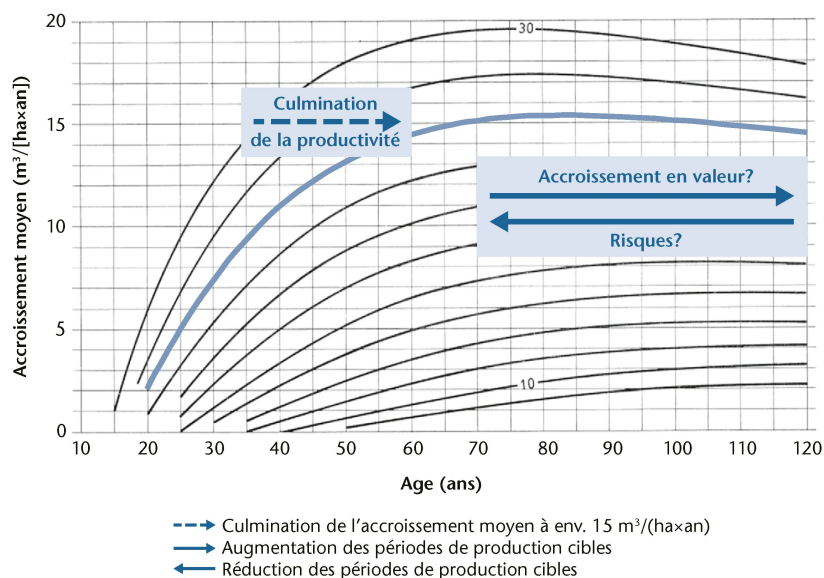


Fig. 4 Evolution de l'accroissement moyen du bois fort de tige pour l'épicéa en fonction de l'indice de fertilité (h_{dom} à 50 ans). Exemple pour la détermination des périodes de production sur la base de la courbe pour l'indice de fertilité 26. Source du graphique: Badoux (1983)

production effective atteint 80 ans une décennie plus tard et se stabilise par la suite plus ou moins à cette valeur.

L'ampleur du renouvellement démographique a un impact prépondérant sur les périodes de production effectives à moyen et à long terme. Inversement, il est possible de déterminer la STR de référence (ou surface de rajeunissement durable) à partir des périodes de production cibles au moyen du modèle de forêt normale (Bachmann 1999, Rosset 2005b).

De manière analogue, plus la surface de rajeunissement est importante, plus la composition en essences va évoluer rapidement vers l'objectif de long terme de 80% de feuillus (figure 3). La variante 4 permet d'atteindre déjà 60% après une décennie, il faut deux décennies à la variante 3 pour atteindre le même niveau et quatre décennies pour les deux autres variantes.

Cet exemple permet d'illustrer le rôle déterminant de l'ampleur du renouvellement démographique sur l'évolution d'un périmètre forestier. La question est de savoir quelle surface est à rajeunir ces 10, voire 20 prochaines années pour faire évoluer dans ce laps de temps les périodes de production effectives et la proportion de feuillus avec l'ampleur souhaitée. Les objectifs stratégiques servent avant tout à orienter cette décision. On constate aussi l'importance de penser en termes de variantes pour esquisser et clarifier les différents itinéraires susceptibles de mener aux objectifs stratégiques et de déterminer le cap à atteindre à moyen terme; aux générations futures de déterminer si elle désire maintenir ce cap ou pas.

La réflexion n'est cependant pas terminée. Il convient d'évaluer les implications à moyen terme de l'ampleur du renouvellement démographique décidé, tout d'abord en termes de volume à exploiter (possibilité), mais aussi être au clair sur la mise en œuvre sur le terrain de la surface totale à rajeunir et sur la faisabilité de l'établissement de la nouvelle génération d'arbres. La variante 4 avec ses très grandes surfaces de rajeunissements représente dans cette perspective un défi de très grande ampleur. Il convient aussi de prendre en compte les conséquences de ces décisions en termes de flexibilité pour les générations futures. Si elles souhaitent par exemple revenir aux périodes de production actuelles, cela prendra plus de temps que de les descendre à 80 ans. WIS.2 Cockpit est un exemple d'outil informatique d'aide à la gestion qui permet de répondre à ces différentes questions et de simuler les développements démographiques pour différentes variantes (Rosset 2005a). Ce logiciel permet aussi de procéder de façon plus détaillée, par exemple en différenciant les périodes de production par essences tout en tenant compte des stations en présence selon les données disponibles (Rosset 2005b, Rosset et al 2014). Enfin, les simulations du WIS.2 Cockpit peuvent servir de base à l'évaluation économique de différentes stratégies sylvicoles dans un contexte incertain (Pauli et al 2016).

Incertitudes et détermination des périodes de production

Le choix des périodes de production cibles va permettre d'orienter l'ampleur du renouvellement démographique à effectuer dans un périmètre forestier. Afin de réduire les incertitudes pesant sur ce choix, il est important d'être au clair sur les aspects essentiels à prendre en compte pour faciliter la délibération qui mène à la prise de cette décision, pour identifier les différentes sources d'incertitudes et pour reconnaître les motifs susceptibles de remettre en cause cette décision. La figure 4 propose une approche simplifiée pour la détermination des périodes de production. Elle se focalise tout d'abord sur la pro-



Fig. 5 Exemple de suivi de l'effet des interventions sylvicoles sur le développement du rajeunissement sur quatre ans. Source: projet Forest Time Machine

duction de bois en termes de volume en visant sur la courbe le début de la culmination de la productivité moyenne, puis sur l'intérêt d'augmenter les périodes de production en vue d'un accroissement en valeur significatif tout en tenant compte des risques liés à cette augmentation. Les réflexions précédentes sur le rythme du renouvellement démographique sont aussi prises en compte.

Les tables de production sont utilisées ici pour illustrer le propos, mais il est aussi possible d'utiliser des modèles de croissance forestière plus modernes et mieux adaptés tels que SiWaWa (Schütz & Rosset 2016).

Incertitude et capacité d'adaptation face aux changements

Traditionnellement, la collecte des données sur l'état des forêts se fait sous forme d'inventaires par placettes et cartes des peuplements, au mieux une fois par décennie, souvent en lien avec l'élaboration des plans de gestion. Les progrès considérables de ces dernières années en informatique et dans le domaine de la télédétection sont en train de changer radicalement la situation. L'utilisation pratique des données Sentinel-2 représente un exemple de progrès parmi tant d'autres, mais est emblématique (p. ex. Weber et al 2017).

Ces progrès ouvrent la voie à un suivi du développement des massifs forestiers d'une manière toujours plus détaillée et à une fréquence beaucoup plus élevée, voire annuelle. Grâce à ce nouveau type de suivi, le gestionnaire peut suivre de près l'évolution des forêts dont il a la charge et intervenir en conséquence pour maintenir le cap qu'il s'est fixé ou le remettre en question dans le cas de perturbations de grande ampleur. Il devient dès lors possible de mettre en place une gestion adaptative permettant

de faire face aux incertitudes et de les gérer (p.ex. Gautschi 2003 pour une discussion sur le pilotage anticipatif et réactif des forêts).

Incertitudes et processus d'apprentissage en continu

Il n'est pas simple d'appréhender les écosystèmes forestiers au vu de leur nature hautement complexe, ni de se figurer leur dynamique du fait de la croissance lente des arbres. Cette dernière implique aussi de ne pas pouvoir observer rapidement les effets de nos interventions, ce qui représente une source supplémentaire d'incertitude. L'expérience et l'expérimentation sont importantes pour affiner toujours plus la compréhension de ces écosystèmes, en particulier celle des processus naturels sur lesquels on s'appuie pour la pratique d'une sylviculture proche de la nature.

L'informatique et les récents progrès importants dans le domaine des capteurs (p. ex. les photographes de très haute résolution; Rosset et al 2016) peuvent être mis à profit pour mettre en place une mémoire non seulement chiffrée, mais aussi visuelle des forêts (figure 5). Ces technologies permettent d'effectuer un suivi des pratiques sylvicoles et de leurs effets, en particulier de leur efficacité et de leur efficience.

Nouvelles technologies pour répondre aux incertitudes

L'incertitude fait partie intégrante de la gestion forestière et représente un important défi pour la prise de décision et la capacité à s'adapter aux changements. Les exemples présentés dans ce court essai proposent certains éléments de réflexion per-

mettant de faciliter le processus de décision et d'y intégrer la question des incertitudes:

- en abordant la complexité de la gestion des écosystèmes par étape, en se concentrant tout d'abord sur trois décisions-clés pour le développement de la structure démographique d'un périmètre forestier: périodes de production cibles, objectif de composition en essences et surface totale à rajeunir;
- en clarifiant le rôle et la portée de ces décisions, en mettant en relation le moyen terme (rayon d'action et cap à atteindre) et le long terme (orientation, tendance);
- en mettant à profit l'informatique pour mettre en relation ces décisions de façon dynamique et ainsi pouvoir explorer et clarifier les options en présence et leurs conséquences sur les moyen et long termes;
- en aidant à faire face aux incertitudes susceptibles de survenir grâce aux nouvelles technologies qui permettent une représentation toujours plus claire et plus nette des écosystèmes et de leur dynamique;
- en facilitant la gestion du savoir sylvicole en mettant en place une mémoire chiffrée et visuelle.

Les progrès très conséquents de ces dernières années en informatique et, de manière plus générale, dans les nouvelles technologies permettent d'imaginer et de concevoir de nouveaux systèmes de gestion adaptatifs et dynamiques (p.ex. Heinimann 2010) permettant d'assister le gestionnaire dans un pilotage flexible des écosystèmes forestiers face aux incertitudes. ■

Soumis: 17 mai 2018, accepté (sans comité de lecture): 29 mai 2018

Unsicherheit und Waldmanagement (Essay)

Unsicherheiten sind alles andere als ein simpler Nebenaspekt im Waldmanagement. Vielmehr betreffen sie alle seine Dimensionen und sind der Kern seiner Komplexität. Diese Beobachtung veranlasst uns, über Ansätze und Instrumente des Waldmanagements aus der Perspektive dieser Unsicherheiten nachzudenken. Dabei berücksichtigen wir in unserem Essay drei grundlegende Typen von Unsicherheit: 1) Unsicherheiten bei der Festlegung von sehr langfristigen Managementzielen, 2) Unsicherheiten über Störungen, die die Waldbewirtschaftung beeinflussen, und 3) Unsicherheiten über Ökosysteme und ihre Dynamik. Die Untersuchung dieser drei Typen von Unsicherheit bietet eine Grundlage für Überlegungen in Richtung eines dynamischen und adaptiven Waldmanagements. Erstens muss das Gewicht der zukünftigen Unsicherheiten relativiert und auf das Handlungsfeld zurückgeführt werden, das den Waldbewirtschaftern wirklich zur Verfügung steht. Zweitens haben die erheblichen Fortschritte, die in den letzten Jahren in den Bereichen Fernerkundung und IT-getriebener Entscheidungsunterstützungssysteme erzielt wurden, ein dynamisches und anpassungsfähiges Waldmanagement ermöglicht. Drittens ermöglicht die Implementierung eines kontinuierlichen Lernprozesses, das Verständnis der Waldökosysteme weiter zu verfeinern.

Références

- BACHMANN P (1999) Waldwachstum I/II. Zürich: ETH Zürich, Forsteinrichtung und Waldwachstum. Vorlesungsskripten.
- BADOUX H (1983) Tables de production. Epicéa. Birmensdorf: Institut fédéral de recherches forestières.
- GAUTSCHI M (2003) Störereignisse und forstliche Planung. Schweiz Z Forstwes 154: 207–215. doi: 10.3188/szf.2003.0207
- HEINIMANN HR (2010) A concept in adaptive ecosystem management – an engineering perspective. For Ecol Manage 259: 848–856.
- PAULI B, STÖCKLI B, ROSSET C (2016) Wirtschaftliche Konsequenzen waldbaulicher Strategien zur Bewältigung des Klimawandels. Schweiz Z Forstwes 167: 39–48. doi: 10.3188/szf.2016.0039
- ROSSET C (2005a) Le WIS.2, un instrument informatique performant pour une gestion efficace et ciblée des écosystèmes forestiers. Schweiz Z Forstwes 156: 496–509. doi: 10.3188/szf.2005.0496
- ROSSET C (2005b) Système de gestion sylvicole intégrée et d'aide à la décision. Le WIS.2, un instrument informatique pour une gestion sylvicole efficace et ciblée, durable, multifonctionnelle et proche de la nature. Zurich: EPF Zurich. Diss. n° 16005, 175 p.
- ROSSET C, SCHÜTZ JP, GÜNTER M, GOLLUT C (2014) WIS.2 – a sustainable forest management decision support system. Math Comput For Nat Res Sci 6: 89.
- ROSSET C, BLUM K, WUILLEMIN E (2016) Partir à la découverte des multiples facettes des forêts et de leurs gestions. La Forêt 69 (9): 19–21.
- SCHÜTZ JP, ROSSET C (2016) Des modèles de production et d'aide à la décision sur smartphone. Outils et méthodes. Rev For Fr 68: 427–439.
- WEBER D, GINZLER C, FLÜCKIGER S, ROSSET C (2018) Potenzial von Sentinel-2-Satellitendaten für Anwendungen im Waldbereich. Schweiz Z Forstwes 169: 26–34. doi: 10.3188/szf.2018.0026

Uncertainty and steering forest ecosystems (essay)

Uncertainties are not just one element of managing forest ecosystems; they influence every dimension and are at the heart of the extraordinary complexity of this activity. This fact leads us to review the approaches and tools of forest management through the lens of uncertainty. This essay looks at this question from the perspective of three major types of uncertainty: 1) uncertainty regarding the definition of management objectives in the very long term; 2) uncertainties regarding the disturbances which can affect forest management and 3) uncertainties regarding ecosystems and their dynamics. Studying these three types of uncertainty provides food for thought leading us towards dynamic and adaptive management of forest ecosystems. From the start, the relative weight of the different uncertainties must be estimated, and focused on the field of action which is available in practice to the forest manager. Then, the rapid progress of recent years in remote sensing and IT-based decision support tools makes possible a dynamic and adaptive ecosystem management. Finally, putting in place a continuous learning process, through appropriate measures and support systems, allows us to refine even more our understanding of ecosystems.