

Le pari du bois-énergie
entre enjeux climatiques, science, marché et philosophie

TABLE DES MATIERES

Abréviations	p. 4
Interlocuteurs	p. 5
Principales références bibliographiques	p. 6
Unités de mesure	p. 7
 INTRODUCTION	 p. 8
 EN EUROPE	 p. 9
 AUX ORIGINES DU DEBAT	 p. 13
Une affaire de bilan	p. 15
Carbone fossile vs biogénique : mêmes atomes, cycles différents	p. 16
Des règles de comptabilisation ambiguës ?	p. 17
Dans la jungle des analyses de cycle de vie	p. 21
L'enjeu de la « dette carbone »	p. 24
Stocks menacés ?	p. 27
 EN SUISSE	
Des forêts pas tout à fait comme les autres	p. 29
Le bois suisse en chiffres	p. 31
La gestion durable : bien plus qu'un concept	p. 32
Des calculs...	p. 33
...aux planifications	p. 36
Et dans les forêts privées ?	p. 37
Des contrôles... et des labels	p. 39

Le bois-énergie suisse en sept questions

1. Quel bois utilise-t-on pour l'énergie ? p. 40
Sur le terrain, dans la forêt des Agittes
Entre sécheresse et bostryches
Filière sur le fil
Changement de paradigme
2. Le bois suisse est-il neutre en CO₂ ? p. 45
Compensation pas immédiate
Une question d'horizon temporel
Des émissions qui ne comptent pas ?
Le rôle clef de la cascade
3. Qu'en est-il des émissions polluantes ? p. 50
Des particules fines et pernicieuses
Diminution globale
4. Bois-énergie et biodiversité : un conflit d'intérêts ? p. 52
Déficits sur le Plateau
Propriétaires majoritairement attentifs
5. Y a-t-il assez de bois en Suisse pour les CAD ? p. 55
Encore du potentiel
Vers de possibles tensions ?
Garde-fous
« Au fur et à mesure »
Importations : qualité et traçabilité en question
6. Stocker plutôt que brûler ? p. 59
Vers des solutions différenciées
Des puits et des certificats
7. Quelles perspectives pour le bois-énergie ? p. 63
« Pour l'industrie d'abord »
Faire mieux que la combustion

SYNTHESE ET CONCLUSIONS **p. 65**

ANNEXES

- Interview de Francis Hallé : p. 69
« Les forêts ne sont pas renouvelables au rythme de l'industrie »
- Glossaire p. 72

Abréviations

Citepa	Centre technique français de référence en matière de pollution atmosphérique et de changement climatique
CCNUCC	United Nations Framework Convention on Climate Change (Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques)
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)
GIEC	Groupe International d'Experts sur le Climat (anglais : IPCC)
<i>IFN</i>	<i>Inventaire forestier national</i>
Inrae	Institut de recherche public français, œuvrant pour un développement cohérent et durable de l'agriculture, l'alimentation et l'environnement. L'Inrae est né le 1 ^{er} janvier 2020, de la fusion entre l'Inra (Institut national de la recherche agronomique) et l'Irstea (Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture).
JRC	Join Research Center, laboratoire de recherche scientifique de l'Union Européenne
LFo	Loi fédérale suisse sur les forêts
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFEN	Office fédéral de l'énergie
SEQUE	Système d'échange de quotas d'émissions
UTCAF	Règlement européen sur l'utilisation des terres, le changement d'affectation des terres et la foresterie (Land use, Land use change and Forestry - LULUCF)
WSL	Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage

Interlocutrices et interlocuteurs

Institut WSL

Gilianne Bowmann	Collaboratrice scientifique Sylviculture durable
Markus Didion	Collaborateur scientifique Analyse des ressources
Esther Thürig	Cheffe du groupe Analyse des Ressources

OFEN

Matthieu Buchs	Collaborateur scientifique, spécialiste Energies renouvelables
Marianne Zünd	Cheffe Médias et politique

OFEV

Pierre Alfter	Collaborateur Section Services écosystémiques et sylviculture
Roberto Bolgè	collaborateur Section conservation des forêts et politique forestière
Michael Reinhard	Chef de la Division Forêt

Cantons

Jean-Christophe Clivaz	Etat du Valais, chef de la Section forêt
Jeanne Chausse	Etat de Vaud, coordinatrice groupe COPBOIS-énergie (DGE-APEN)
Pierre Cothureau	Etat de Fribourg, Section Forêts et dangers naturels
Jan-Matti Keller	Etat de Vaud, inspecteur forestier 11 ^e et 16 ^e arrondissements (Vallée de Joux - Cossonay)
Melanie Oriet	République et Canton du Jura, responsable Forêts et Dangers naturels
Jean-François Schaller	Etat de Vaud, chef de la division approvisionnement et planification énergétique, Direction de l'énergie (DGE-APEN)

Universités et autres

Laurent Fivaz	Groupe forestier des Agittes, responsable bois-énergie
Richard Golay	Energie-bois Suisse, responsable de l'antenne romande
William (Bill) Gillet	Directeur du Programme Energie, EASAC
Sébastien Haye	E4Tech, bureau de conseil international (Lausanne et Londres)
Francis Hallé	Docteur en biologie et en botanique
Georg Klingler&Asti Roesle	Greenpeace Suisse, chargés de campagne climat et forêt
Retto Knutti	ETH Zürich (Ecole polytechnique fédérale de Zürich)
Philippe Leturcq	Prof. retraité, ancien chercheur CNRS et chercheur indépendant
Annie Levasseur	Prof. ETS Montréal (Ecole de technologie supérieure Université du Québec)
François Maréchal	Prof. EPFL (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne)
Bernard Steubing	Prof. assistant Université de Leiden, Institut des sciences environnementales
Eric Verrecchia	Prof. Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement

Je les remercie toutes et tous pour le temps consacré à répondre à mes questions et à la relecture des passages les concernant, avec un merci particulier au professeur Eric Verrecchia (Unil), qui a eu la gentillesse de relire ce travail. Les éventuelles erreurs qui subsisteraient restent de ma responsabilité.

Je remercie également les différent-e-s chargé-e-s de communication pour leur aide : Jeanne Dubuis (Ville de Lausanne), Samuel Gischar, Elisabeth Maret et Fabian Michel (OFEV), Marianne Zünd (OFEN), Sabine Froning (EASAC) et Mathias Schlegel (Greenpeace Suisse).

Références bibliographiques

Les différentes sources ponctuelles sont mentionnées intégralement au fur et à mesure en notes en bas de page. Les références utilisées plus de deux fois sont citées de manière abrégée, comme suit :

[Annuaire La forêt et le bois 2020](#)

OFEV (2020). *Annuaire La forêt et le bois 2020*. Berne : Office fédéral de l'environnement.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/publications-etudes/publications/annuaire-la-foret-et-le-bois-2020.html>

[EASAC 2017](#)

EASAC (2017). *Multi-functionality and sustainability in the European Union's forests*.

<https://easac.eu/publications/details/multi-functionality-and-sustainability-in-the-european-unions-forests/>

[FAO 2020](#)

FAO (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Rome.

<https://doi.org/10.4060/ca9825en>

[Forest Europe 2020](#)

Forest Europe (2020). *States of Europe's Forests 2020*.

https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2016/08/SoEF_2020.pdf

[IFN4](#)

Brändli, U.-B. ; Abegg, M. ; Allgaier Leuch, B. (2020). *Inventaire forestier national suisse. Résultats du quatrième inventaire 2009-2017*. Birmensdorf : Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL ; Berne : Office fédéral de l'environnement.

https://www.lfi.ch/publikationen/publ/ergebnisberichte/LFI4_Ergebnisbericht-fr.pdf

[Inra-IGN 2017](#)

Roux, A. ; Dhôte, J.-F. (Coordinateurs) ; Achat, D. ; Bastick, C. ; Colin A., Bailly A., Bastien J.-C., Berthelot A., Bréda N., Caurila S., Carnus J.-M., Gardiner, B. ; Jactel, H. ; Leban, J.-M., Lobianco A., Loustau D., Meredieu C., Marçais B., Martel S., Moisy C., Pâques L. ; Picart-Deshors, D. ; Rigolot, E. ; Saint-André, L. ; Schmitt, B. (2017). *Quel rôle pour les forêts et la filière forêt-bois françaises dans l'atténuation du changement climatique ? Une étude des freins et leviers forestiers à l'horizon 2050. Rapport d'étude pour le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, Inra et IGN*.

<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/etude-forets-bois-et-changement-climatique-rapport-2.pdf>

<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/etude-forets-bois-et-changement-climatique-annexes-au-rapport-1.pdf>

[JRC 2021](#)

Camia, A. ; Giuntoli, J. ; Jonsson, R. ; Robert, N. ; Cazzaniga, N.E. ; Jasinevičius, G. ; Avitabile, V. ; Grassi, G. ; Barredo, J.I. ; Mubareka, S. (2021). *The use of woody biomass for energy purposes in the EU*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/use-woody-biomass-energy-production-eu>

[JRC 2014](#)

Agostini, A.J. ; Giuntoli, J. ; Boulamanti, A. (2014). *Carbon accounting on forest bioenergy - Conclusions and recommendations from a critical literature review*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/carbon-accounting-forest-bioenergy-conclusions-and-recommendations-critical-literature>

[Les propriétaires forestiers en Suisse](#)

Walker, D. ; Artho, J. (2018). *Les propriétaires forestiers en Suisse. Etude sur les relations des propriétaires publics et privés avec leur forêt*. Berne : Office fédéral de l'environnement.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/publications-etudes/publications/proprietaires-forestiers-suisse.html>

Unités de mesure et équivalences

Unités de mesure de l'énergie

TJ térajoule = 1'000 GJ
GJ gigajoule = 1'000 MJ
MJ mégajoule = 1'000 kJ
kJ kilojoule
kWh kilowattheure

1 MJ = 0,2777 kWh

1 kWh = 3,6 MJ

Les besoins en chaleur pour le chauffage et la production d'eau chaude d'un bâtiment récent (2010), non Minergie, sont de l'ordre de 48kWh/an/m²¹

Unités de puissance

MW mégawatt = 1'000 W

Unité de surface

ha hectare = 10'000 m²

10 ha = 100'000 m² = environ 13,5 stades de foot

Dimensions d'un stade de foot (y compris zone de sécurité)² : 106 x 70 m = 7420 m²

Unités de poids

Mt Mégatonne = 1'000 kt = 1 million de tonnes

Kt kilotonne = 1'000 tonnes

t tonne = 1'000 kilos

1 kg de CO₂ contient 12/44 kg de carbone ou 0,2727 kilo de carbone

¹ <https://www.energie-environnement.ch/economiser-le-chauffage/situer-sa-consommation-de-chauffage>

² [https://org.football.ch/portaldata/28/Resources/dokumente/fr/14 terrains de jeu/14.1 DIRECTIVES INSTALLATIONS DE FOOTBALL.PDF](https://org.football.ch/portaldata/28/Resources/dokumente/fr/14%20terrains%20de%20jeu/14.1%20DIRECTIVES%20INSTALLATIONS%20DE%20FOOTBALL.PDF)

INTRODUCTION

Il est une controverse de longue date, vive en Europe, qui semble n'avoir jusqu'ici jamais atteint la Suisse, ou l'avoir à peine effleurée. Est-ce peut-être simplement parce qu'elle n'est pas pertinente pour notre pays ? Cette controverse pourrait se résumer par la question: le bois est-il un combustible neutre en CO₂ ? L'apparente évidence de la réponse est devenue argument et même slogan de promotion du bois en tant qu'énergie renouvelable, favorable au climat et pouvant avantageusement remplacer les combustibles fossiles.

Le principe, apparemment, est pourtant simple : le bois absorbe le CO₂ lors de sa croissance, CO₂ relâché lorsque le bois est brûlé pour produire de l'énergie et réabsorbé par les arbres en croissance, en un cycle continu et équilibré. Donc le bilan serait neutre pour l'atmosphère. Seule condition : que la forêt soit gérée de manière à ce qu'on ne prélève pas plus de bois qu'il n'en repousse.

Pourquoi alors tant de palabres, d'études et de montées au créneau en Europe, au motif que l'utilisation du bois pour l'énergie contribuerait au réchauffement climatique ? Parmi les derniers rebondissements : une lettre adressée par 500 scientifiques au président des Etats-Unis et à l'Union européenne entre autres, à laquelle a d'ailleurs réagit l'Association Energie-bois Suisse. Qu'en est-il justement dans notre pays, à l'heure de choix clefs en vue d'atteindre zéro émission nette en 2050 ? Objectif auquel les forêts et le bois pourraient contribuer, tandis que la filière fait face à une concurrence étrangère féroce, aux dégâts des bostryches et aux sécheresses, et à un enjeu essentiel : préparer les forêts de demain.

A la demande de l'Association Hewa, nous avons entrepris d'élucider la question de la neutralité carbone. Elle constitue le point de départ de cette "étude journalistique" qui, inévitablement, s'est élargie à d'autres thématiques en lien avec la forêt, sa gestion, les perspectives environnementales et énergétiques. Et nous a menée de la scène européenne au triage forestier des Agittes, en passant par les milieux scientifiques.

Les recherches en ligne, via Google, ont été complétées par une série d'entretiens principalement par zoom et par téléphone, mais aussi en présentiel et par échange d'e-mails. Pour les traductions, nous avons utilisé l'outil Deepl. Tout au long de ce travail, nous avons porté un regard curieux et autant que possible dénué d'a priori sur les problématiques abordées. S'il ne peut être exhaustif, vu la complexité du sujet et l'abondance des sources, il se veut cependant aussi objectif que possible.

► Une synthèse se trouve aux pages 65-67.

« On nous dit : le bois, c'est renouvelable. Magnifique ! Le problème, c'est que nous n'avons que 10 à 15 ans pour réduire nos émissions. Il est évident que l'importation massive de bois pour le brûler dans des centrales qui vont rejeter d'énormes quantités de CO₂ dans l'atmosphère n'est pas la solution. » Bill Gillet (EASAC)

« Pour atteindre les objectifs futurs de zéro émission net, vos gouvernements devraient travailler à préserver et restaurer les forêts, et non à les brûler ». C'est en ces termes que 500 scientifiques, dans une lettre en date du 11 février 2021³, ont enjoint le Président des Etats-Unis, l'Union Européenne, le Premier Ministre japonais et le Président de la Corée du Sud, à mettre fin aux subventions⁴ favorisant l'utilisation à large échelle du bois-énergie en substitution des combustibles fossiles. Mi-décembre 2020, à quelques jours de la fin de la consultation sur la taxonomie durable⁵ de l'Union Européenne 130 ONG, groupes de réflexion, d'experts et autres associations eux aussi montaient créneau⁶. En ligne de mire, une dizaine de points jugés problématiques dans cette première "liste verte", dont le fait qu'elle classifie comme « durable » l'utilisation de la biomasse forestière quelle qu'elle soit à des fins énergétiques. Alors qu'en parallèle une pétition⁷ – forte de plus de 96'400 signatures fin avril 2021 sur 125'000 escomptées – était lancée sur WeMove, soutenue par une centaine d'organisations et enjoignant l'Union Européenne de « protéger les forêts plutôt que de les brûler ».

Salves sur la REDII

Des actions dans la continuité d'un débat de longue date au sein de l'Union européenne, alors que celle-ci s'est notamment engagée, via le Green Deal⁸, à améliorer sa surface forestière et à lutter, à l'échelle mondiale, contre la déforestation due à son empreinte. Parmi les camps en présence : des industries, des propriétaires de forêts, des ONG, des scientifiques, des décideurs politiques. D'un côté ceux qui considèrent l'usage du bois-énergie comme un

³ Raven, P. & al. (11 février 2021). *Letter Regarding Use of Forest for Bioenergy, to President Biden, President von der Leyen, President Michel, Prime Minister Suga, and President Moon*
<https://www.dropbox.com/s/hdmmcnd0d1d2lq5/Scientist%20Letter%20to%20Biden%2C%20von%20der%20Leyen%2C%20Michel%2C%20Suga%20%26%20Moon%20%20Re.%20Forest%20Biomass%20%28February%2011%2C%202021%29.pdf?dl=0>

⁴ En 2017, les citoyens de quinze États membres de l'UE auraient subventionné à hauteur de 6,5 milliards d'euros l'utilisation du bois à des fins énergétiques, en tant qu'énergie renouvelable, et le chiffre total pour l'ensemble de l'UE serait bien plus élevé. Source: Natural Resources Defense Council NRDC (novembre 2019). *Burnout: E.U. clean energy subsidies lead to forest destruction*.
<https://www.nrdc.org/sites/default/files/burnout-eu-clean-energy-policies-forest-destruction-ip.pdf>

⁵ La taxonomie établit un système de classification commun destiné à encourager les investissements privés dans la croissance durable, dans la perspective de contribuer à faire de l'UE le premier continent « climatiquement neutre » d'ici 2050.

⁶ WWF European Policy Office, Zero Waste Europe, Humusz Szövetség, Vsl 'Ziedine ekonomika', ... (Décembre 2020). *Civil Society Statement: Ten Priorities for the Climate TaxonomyDraft Delegated Act*.
https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/civil_society_statement___ten_priorities_for_the_climate_taxonomy_delegated_acts_december_2020.pdf

⁷ <https://you.wemove.eu/campaigns/l-ue-doit-protoger-les-forets-plutot-que-les-bruler-pour-produire-de-l-energie>

⁸ Le Green Deal ou pacte vert pour l'Europe est « un ensemble de mesures allant d'une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre à des investissements dans la recherche et l'innovation de pointe, en passant par la préservation de l'environnement naturel de l'Europe » https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_fr

moyen d'atténuer le changement climatique. De l'autre ceux qui avertissent que son usage accru augmentera le réchauffement climatique pendant des décennies: pour chaque kilowattheure de chaleur ou d'électricité produit, l'utilisation du bois ajouterait plus de carbone dans l'air que les combustibles fossiles. Inexact, répliquent les partisans de la bioénergie : « Tant que les récoltes de bois ne dépassent pas la quantité de carbone absorbée par la forêt, cela n'augmente pas les concentrations atmosphériques de CO₂ ⁹ ».

En 2018 déjà, ce débat s'était cristallisé autour de la réglementation sur les énergies renouvelables REDII¹⁰ lors de sa révision. Cette directive instaure des critères de durabilité pour les biocarburants, bioliquides et combustibles issus de la biomasse, qu'elle soit d'origine agricole ou forestière. Critères jugés alors insuffisants par un groupe de 800 scientifiques, qui avait adressé au Parlement européen un courrier demandant de « limiter la biomasse éligible à des résidus et des déchets correctement définis, car le sort d'une grande partie des forêts du monde et le climat sont littéralement en jeu »¹¹. En mars 2019, c'était au tour d'un collectif d'ONG et de citoyens de recourir devant la Cour de justice contre l'Union Européenne pour contester l'inclusion de la biomasse forestière dans la REDII. Recours jugé irrecevable et rejeté finalement par le Tribunal, sans que celui-ci se positionne sur le fond¹².

Du charbon aux pellets

Particulièrement ciblées, les centrales au charbon se convertissant en centrales à biomasse, avec comme conséquence la commercialisation à large échelle des pellets. Ces granulés de bois devenus un agent énergétique clé pour la production d'électricité et le chauffage, commercialisé à large échelle dans le monde. En 2016, selon estimations, la production industrielle globale de pellets atteignait 29 millions de tonnes¹³. L'Europe en était le principal producteur (50%), et également le principal consommateur mondial, Royaume-Uni en tête. Selon des études de marché de 2019¹⁴, la demande mondiale continuera de croître au cours de la prochaine décennie. Une croissance rapide est prévue en Corée du Sud et au Japon, de l'ordre de 18% annuellement jusqu'en 2028. Parmi les pays industrialisés, ils seraient ceux qui investissent le plus dans ce domaine pour atteindre leurs objectifs climatiques et les importations devraient y augmenter de 1,3 millions de tonnes par an.

« Expansion substantielle »

De manière générale, l'utilisation de la biomasse ligneuse à des fins énergétiques est en hausse en Europe. La quantité de bois récoltée en forêt pour cette utilisation était de 109 millions de m³ en 2000, 154 en 2010, et 175 en 2018, selon l'évaluation des ressources

⁹ IEA Bioenergy (février 2021). *Campaigns questioning the use of woody biomass for energy are missing key facts*. <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/campaigns-questioning-the-use-of-woody-biomass-for-energy-are-missing-key-facts/>

¹⁰ <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii>

¹¹ Beddington, J.; Berry, S.; Caldeira K.; Cramer W.; ... (11 janvier 2018). *Letter from scientists to the EU parliament regarding forest biomass*. <https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2018/01/Letter-of-Scientists-on-Use-of-Forest-Biomass-for-Bioenergy-January-12-2018.pdf>

¹² L'élément majeur du recours, qui avait permis de saisir le tribunal de l'Union européenne, était pour les requérants la notion « d'actes les concernant directement et individuellement ». Ce que le Tribunal n'a pas admis. <http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?jsessionid=E5E178FB11B18520235DF80834C9748C?text=&docid=226323&pageIndex=0&doclang=FR&mode=req&dir=&occ=first&part=1&cid=800613>

¹³ The European Commission's College Centre for Bioeconomy (2019). *Brief on biomass for energy in the European Union*. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC109354/biomass_4_energy_brief_online_1.pdf

¹⁴ Martin, S. – Fastmarkets RISI (avril 2019). *Look East, pellet producers - Asia will drive most global bioenergy demand growth for next decade*. <https://insights.risiinfo.com/bioenergy-pellet-global-outlook/index.html>

forestières mondiales¹⁵. Entre 2009, année d'adoption de la RED, et 2015, elle a augmenté d'environ 34%¹⁶. Et la combustion du bois-énergie aurait généré cette même année, entre 350 à 380 mégatonnes CO₂, selon les estimations du JRC¹⁷.

En 2016, la bioénergie représentait 59,2% de l'ensemble des ressources renouvelables, ces dernières couvrant 17% de la consommation finale. Le nouveau cadre de l'UE en matière de climat et d'énergie pour 2030 prévoit d'élever cette part à 32%¹⁸, ce qui devrait encore accroître la demande. Tous les indicateurs économiques du marché du bois (c'est-à-dire FAOSTAT, Eurostat et CEE-ONU) confirment également une « expansion substantielle » du secteur forestier au cours des dernières années, d'après une étude du JRC récemment publiée dans la revue *Nature*, qui fait état d'une augmentation récente et irrégulière de la superficie forestière et de la biomasse récoltée dans l'Union Européenne (voir encadré 1).

Encadré 1

+49% de surface forestière récoltée par coupes rases¹⁹

Des données satellitaires à échelle fine ont permis d'observer une augmentation de 49% de la superficie forestière récoltée par « coupe à blanc » en Europe pour la période 2016-2018 par rapport à 2011-2015, ce qui équivaut à une augmentation de 69% en termes de biomasse totale récoltée par hectare. Elle est particulièrement importante dans les pays nordiques et baltes, et dans la péninsule ibérique : plus des trois quarts de cette augmentation est localisé entre sept pays, Suède et Finlande en tête, suivies par la Pologne, la France, la Lituanie, l'Allemagne et l'Espagne.

L'imagerie satellitaire révèle en outre que la taille moyenne des parcelles exploitées a augmenté de 34 % en Europe, ce qui pourrait avoir des effets sur la biodiversité, l'érosion des sols et la régulation de l'eau. Les auteurs identifient trois causes possibles à cette augmentation : la part croissante des forêts exploitées pour le bois atteignant l'âge de récolte, la récupération accrue de bois suite à des perturbations naturelles plus fréquentes – l'augmentation des pertes forestières dues aux perturbations naturelles, comme les incendies et les tempêtes, ont toutefois été exclues des statistiques de récolte mentionnées. Mais selon les auteurs de l'étude, « le contexte socio-économique et le cadre politique sont très probablement les facteurs les plus importants de l'augmentation des zones de récolte, même si un lien de causalité est difficile à prouver et à quantifier. » Si ce taux élevé de récolte forestière se poursuit, avertissent-ils, « la vision de l'UE pour l'après-2020 concernant l'atténuation du changement climatique par la forêt pourrait être entravée, et les pertes supplémentaires de carbone dues aux forêts nécessiteraient des réductions d'émissions supplémentaires dans d'autres secteurs afin d'atteindre la neutralité climatique d'ici 2050. »

A l'échelle mondiale, selon l'Évaluation des ressources forestières mondiales 2020²⁰, le total des prélèvements de bois dans les forêts et autres terres boisées est passé de 613 millions de m³ en 2010 à 691 millions de m³ en 2018. En plus de l'augmentation du bois rond industriel, une partie des récoltes vise à répondre à la demande croissante d'exportation de pellets.

Faits essentiels manqués ?

L'Europe fait-elle donc fausse route en promouvant l'énergie du bois à large échelle, en potentiel conflit avec ses objectifs à court terme d'atténuation du changement climatique, ou est-ce bien une voie pertinente pouvant lui permettre de devenir climatiquement neutre d'ici 2050 ? « Les campagnes mettant en question l'utilisation de la biomasse forestière pour

¹⁵ Ces chiffres sont pour l'Europe et la Fédération de Russie. Source: FAO 2020.

¹⁶ JRC 2021

¹⁷ JRC 2021

¹⁸ <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii>

¹⁹ Ceccherini G.; Duveiller, G.; Grassi, G.; Lemoine, G.; Avitabile, V.; Pili, R. ; Cescatti, A. (1^{er} juillet 2020). Abrupt increase in harvested forest area over Europe after 2015. *Nature* 583, 72-77.

<https://www.nature.com/articles/s41586-020-2438-y>

²⁰ FAO 2020

l'énergie manquent des faits essentiels. Plusieurs présentent de manière erronée les pratiques forestières et les systèmes de bioénergie », réagit pour sa part IEA Bioenergy, dans une publication sur son site suite à la lettre du 11 février 2021. Bien plus : « Elles associent l'utilisation de la biomasse ligneuse pour l'énergie à la surexploitation des forêts, à la déforestation permanente et à brûler des arbres ». Cela alors que la bioénergie « fait partie intégrante du secteur forestier (...) et que de nombreuses mesures ont déjà été prises en faveur de la gestion durable des forêts, particulièrement en Europe et en Amérique du Nord. »²¹

Hormis ces aspects, le débat sur le rôle de la bioénergie forestière est sous-tendu par un concept-clef, celui de la "neutralité carbone" du bois utilisée à des fins énergétiques. Concept devenu « pierre angulaire des politiques de nombreux pays en matière de bioénergie »²², tout en étant mis en question depuis plus d'une dizaine d'années. L'EASAC le qualifie de « représentation grossièrement erronée du bilan CO₂ de l'atmosphère, car il ignore la lenteur du processus de photosynthèse, qui prend plusieurs décennies pour que les arbres atteignent leur maturité²³. » L'organisation IEA Bioenergy le reconnaît : ce concept est « ambigu et utilisé différemment dans différents contextes »²⁴. Tandis que le Citepa a jugé nécessaire, en complément du Rapport national d'inventaire 2020 de la France sur les gaz à effet de serre, de consacrer une analyse à la question : « La biomasse énergie est-elle neutre en carbone ? »²⁵,

D'où vient cette notion de "neutralité carbone" et dans quelle mesure est-elle ou non pertinente pour évaluer ou justifier des projets de bioénergie ? C'est ce que nous allons maintenant essayer d'éclairer.

²¹ IEA Bioenergy (février 2021). *Campaigns questioning the use of woody biomass for energy are missing key facts*. <https://www.ieabioenergy.com/blog/publications/campaigns-questioning-the-use-of-woody-biomass-for-energy-are-missing-key-facts/>

²² EASAC 2017

²³ EASAC (13 mai 2020). *IEA Bioenergy critique of EASAC publications on forest bioenergy*. https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/News_Activities/200513_Open_letter_to_IEA_Bioenergy_Group_Critique_II.pdf

²⁴ Berndes, G.; Cowie, A. L. ; Pelkmans, L. – IEA Bioenergy (août 2020). *The use of forest biomass for climate change mitigation: dispelling some misconceptions*. https://www.researchgate.net/publication/344075912_The_use_of_forest_biomass_for_climate_change_mitigation_dispelling_some_misconceptions

²⁵ Mathias, E. ; Collas, R. – Citepa (juin 2020). *La biomasse énergie est-elle neutre en carbone ? Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France*. Format Secten. https://www.citepa.org/wp-content/uploads/Citepa_Rapport-Secten_ed2020_v1_09072020.pdf

AUX ORIGINES DU DEBAT

« Le bois en tant que source d'énergie est fondamentalement neutre en CO₂ si la même quantité qui repousse est prélevée dans la forêt. Le CO₂ est lié par photosynthèse et retourne dans l'air lorsqu'il est brûlé. Les émissions nettes sont nulles, le cycle est fermé, donc cela n'affecte pas le changement climatique. En revanche, lorsque le pétrole, le gaz et le charbon sont brûlés aujourd'hui, il n'y a pas de photosynthèse pour compenser – leur séquestration s'était faite aussi par photosynthèse, mais il y a des millions d'années – et tout ce CO₂ va "en plus" dans l'atmosphère. » Retto Knutti (ETH Zürich – auteur de rapports du Giec)²⁶

« La neutralité est basée sur l'hypothèse que, dans une filière-bois gérée de manière durable, les émissions de carbone provenant de la combustion ou de la décomposition du bois sont exactement compensées, à tout moment, par la capture dans l'atmosphère du carbone nécessaire à la photosynthèse de matière ligneuse. Cela relève d'une vision simpliste. » Philippe Leturcq, chercheur indépendant

C'est un fait : le processus de combustion du bois émet du dioxyde carbone (CO₂), mais aussi des polluants, dont les particules fines²⁷. Pourquoi ? Car le bois, comme toute matière organique, contient du carbone, en l'occurrence environ 50% en masse²⁸. Lors de la combustion, ce carbone (C) est oxydé par le dioxygène de l'air (O₂), ce qui produit du gaz carbonique (CO₂).

Le pouvoir calorifique du bois, c'est-à-dire la quantité d'énergie dégagée lors d'une combustion totale, est généralement plus faible que celui du gaz, du mazout ou même du charbon (houille, lignite).²⁹ D'autre part, son facteur d'émission est plus élevé que celui des combustibles fossiles. Celui-ci est déterminé sur la base de la teneur en carbone du combustible³⁰. Selon les lignes directrices du Giec³¹, le facteur d'émission par défaut pour le bois/déchets de bois est de 112 t de CO₂ par térajoule, alors qu'il est de 94,6 t CO₂ /TJ pour le charbon, de 73,3 t CO₂ /TJ pour le pétrole brut et de 56,1 t CO₂ /TJ pour le gaz naturel. Dans l'inventaire suisse des gaz à effet de serre³², c'est le facteur d'émission de 99,9 t CO₂/TJ qui est utilisé pour le bois.

²⁶ Retto Knutti participé en tant qu'auteur principal au 4^e rapport d'étape du Giec en 2007, et en tant qu'auteur principal coordinateur du 5^e rapport en 2013

²⁷ Voir question 3, p. 46

²⁸ Le bois se compose d'environ 50% de cellulose et 15-25% d'hémicellulose (C₆ H₁₀ O₅), de 20-23% de lignine (C₃₀ H₃₆ O₉), ainsi que des traces de divers sels minéraux – composition qui peut varier selon les essences. Sur cette base, on considère généralement que le bois contient, en masses, environ 50% d'atomes de carbone (C), 42% d'atomes d'oxygène (O) et 6% d'atomes d'hydrogène (H). Source : Dr. Perret, R. sur <https://www.rts.ch/decouverte/sciences-et-environnement/maths-physique-chimie/>

²⁹ Il faut distinguer le charbon de bois du charbon "de terre" à l'instar de la houille et la lignite, qui sont des combustibles fossiles. Source du tableau comparatif : OFEN (2019). *Statistique globale suisse de l'énergie*. Berne : Bundesamt für Bauten und Logistik BBL. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistique-globale-de-l-energie.html>

³⁰ OFEV (15 avril 2019). *Fiche d'information Facteurs d'émission de CO₂ selon l'inventaire des gaz à effet de serre de la Suisse*.

³¹ Eggleston, H.S. ; Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. ; Tanabe, K. (eds). GIEC (2006). *Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre, préparé par le Programme pour les inventaires nationaux des gaz à effet de serre* (Vol. II "Combustion stationnaire"). Japon : IGES. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/vol2.html>

³² Chiffres donnés au chapitre 3 "Energy" du rapport national d'inventaire des gaz à effet de serre : OFEN (avril 2020). Switzerland Greenhouse Gas Inventory 1990-2018. *Switzerland's National Inventory Report 2019 (GHG inventory 1990-2018)*

Pouvoir calorifique des agents énergétiques figurant dans la statistique globale de l'énergie			
Produits pétroliers ¹			
43,2 MJ/kg	0,0432 TJ/t	Pétrole brut	
42,9 MJ/kg	0,0429 TJ/t	Huile extra-légère ²	
41,2 MJ/kg	0,0412 TJ/t	Huile lourde	
31,8 MJ/kg	0,0318 TJ/t	Coke de pétrole ³	
46,0 MJ/kg	0,0460 TJ/t	Gaz liquide, autres	
42,6 MJ/kg	0,0426 TJ/t	Essence ⁴	
43,0 MJ/kg	0,0430 TJ/t	Carburant diesel ⁵	
43,2 MJ/kg	0,0432 TJ/t	Carburant d'aviation ⁶	
Gaz naturel			
40,3 MJ/m ³	0,0403 TJ/1000 m ³	En moyenne, Norm m ³ : 0 °C, 1013 mbar	
36,3 MJ/m ³	0,0363 TJ/1000 m ³	Pouvoir calorifique supérieur	
		Pouvoir calorifique inférieur	
Charbon ⁷			
25,5 MJ/kg	0,0255 TJ/t	Houille	
23,6 MJ/kg	0,0236 TJ/t	Lignite	
Bois ⁸			
15,0 MJ/kg	0,0150 TJ/t	Bûches, séchées à l'air	
11,6 MJ/kg	0,0116 TJ/t	Bois déchiqueté	
28,3 MJ/kg	0,0283 TJ/t	Charbon de bois	
18,0 MJ/kg	0,0180 TJ/t	Pellets	
Déchets ⁹			
11,9 MJ/kg	0,0119 TJ/t	Usines d'incinération des ordures	
Carburants biogènes (Pouvoir calorifique inférieur)			
9,07 kWh/l		Biodiesel	
5,85 kWh/l		Bioéthanol	
9,61 kWh/l		Huile végétale (huile de colza pure)	

Table 3-12 CO₂ emission factors 1990–1998 and years from 2013 onwards. For years between 1998 and 2013, the factors are linearly interpolated. Data source SGWA stands for annually updated reports of the Swiss Gas and Water Industry Association (SGWA).

CO ₂ emission factors			1990-1998	2013-2018
Fossil fuel	CS/D	Data sources	t CO ₂ / TJ	t CO ₂ / TJ
Gasoline	CS	EMPA (1999), SFOE/FOEN (2014)	73.9	73.8
Jet kerosene	CS	EMPA (1999), SFOE/FOEN (2014)	73.2	72.8
Diesel oil	CS	EMPA (1999), SFOE/FOEN (2014)	73.6	73.3
Gas oil	CS	EMPA (1999), SFOE/FOEN (2014)	73.7	73.7
Residual fuel oil	CS	EMPA (1999)	77.0	77.0
Liquefied petroleum gas	CS	FOEN (2015d)	65.5	65.5
Petroleum coke	CS	Cemsuisse (2010a)	91.4	91.4
Other bituminous coal	CS	Cemsuisse (2010a)	92.7	92.7
Lignite	CS	Cemsuisse (2010a)	96.1	96.1
Natural gas	CS	SGWA	see table below	
Biofuel	CS/D	Data sources		
Biodiesel	CS	assumed equal to diesel oil	73.6	73.3
Bioethanol	CS	assumed equal to gasoline	73.9	73.8
Biogas	CS	assumed equal to natural gas	see table below	
Wood	CS	Cemsuisse (2010a)	99.9	99.9

CO₂ emission factors for natural gas and biogas

Table 3-13 Time series of CO₂ emission factors of natural gas and biogas. SGWA refers to annual updates of properties of natural gas that are provided by the Swiss Gas and Water Industry Association (SGWA).

CO ₂ emission factors			1990	1995	2000	2005
Fuel	CS/D	Data sources	t CO ₂ / TJ			
Natural gas/Biogas	CS	SGWA	56.1	55.7	56.2	56.4

CO ₂ emission factors			2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Fuel	CS/D	Data sources	t CO ₂ / TJ									
Natural gas/Biogas	CS	SGWA	56.5	56.5	56.6	56.5	56.4	56.5	56.4	56.4	56.3	56.2

Cela fait que pour une même quantité d'énergie produite, la combustion du bois émet davantage de CO₂ que l'usage du gaz, du mazout, ou même du charbon. La substitution du bois à ces combustibles fossiles augmente donc les émissions, si l'on considère uniquement le processus de combustion : par exemple, sur la base des valeurs de référence des tableaux ci-dessus, 1 tonne de pellets sera nécessaire pour produire 0,018 TJ de chaleur (=5'000kWh), combustion qui générera 1,8 tonne de CO₂. Pour la même quantité de chaleur, il faudrait 0,76 tonnes de lignite (charbon) qui générera 1,73 tonnes de CO₂, ou 0,41 tonne d'huile extra-légère (mazout utilisé pour le chauffage), qui générera 1,29 tonne de CO₂, ou 0,49 m³ de gaz qui générera 1,01 tonne de CO₂³³.

	Pellets		Lignite		HEL		Gaz naturel	
Chaleur (TJ)	0,018	1	0,0236	1 0,018	0,0429	1 0,018	0.0363	1 0,018
Quantité (T) Pour le gaz : m ³	1	55,5	1	42,37 0,76	1	23,31 0,41	1	27,26 0,49
Emissions (T CO ₂)	1,80	99,9	2,27	96,1 1,73	3,16	73,7 1,29	2,04	56,2 1,01

Il en irait généralement de même en considérant les émissions fossiles indirectes ou “amont”, liées à la production et au transport, comme le quantifie par exemple le tableau³⁴ ci-dessous, à partir des données de la Base Carbone Ademe:

Combustibles	Émissions directes de CO ₂ (gCO ₂ /MJ)	Autres émissions de combustion (gCO ₂ eq/MJ)	Émissions « amont » (gCO ₂ eq/MJ)	Total des émissions (gCO ₂ eq/MJ)
Bois (H 20%)	102,8	5,2	3	111
Lignite	100	1,25	9	110,25
Charbon ⁽¹⁾	98,3	0,4	9	107,7
Pétrole brut	73	0,25	6,5	79,75
Gaz naturel	55,8	0,8	10,8	67,4

(1) anthracite

Tableau 2 - Émissions directes de CO₂, autres émissions de combustion et émissions « amont »

Les données sont empruntées à la « Base Carbone » de l'ADEME (2016) sauf pour l'émission directe de CO₂ du bois.

Pour celle-ci, on a retenu la valeur du facteur d'émission établie plus haut pour un taux d'humidité de 20 %

(valeur-type pour le bois séché à l'air)

³³ En caractères gras, les données reprises des deux tableaux précédents. En caractères light, les données calculées sur cette base, pour la production de 0.018 TJ de chaleur et pour 1 tonne de combustible/1m³ de gaz.

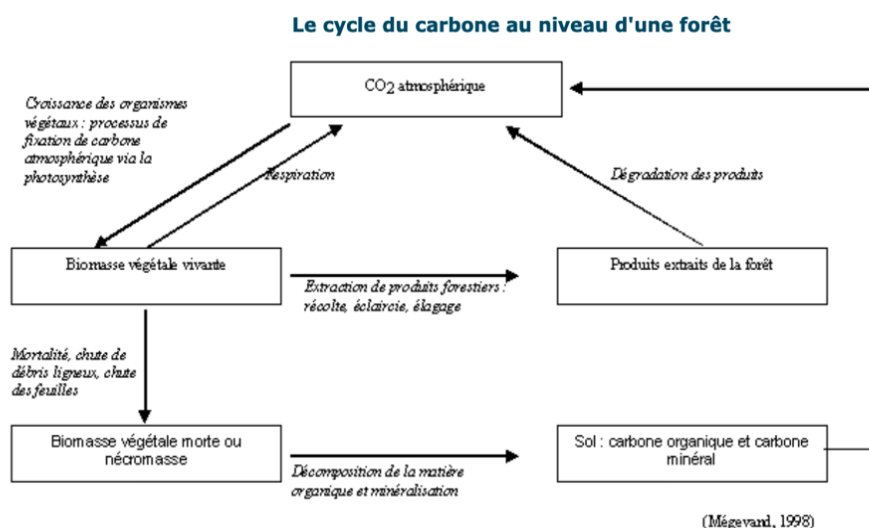
³⁴ Source : Philippe Leturcq (2018). *Forêt, bois et CO₂ : Le bois énergie mis en question*.

https://www.pijouls.com/blog/wp-content/uploads/2018/05/Boisenergie_Leturcq2018.pdf

Une affaire de bilan

Les formulations comme « le bois est un agent énergétique neutre en carbone », ou que son usage est « neutre vis-à-vis du climat », doivent donc être comprises en termes de bilan CO₂. Il ne s'agit pas d'une propriété intrinsèque du bois. Cette notion de neutralité se base sur l'hypothèse que les émissions de CO₂ liées à la combustion sont compensées par des absorptions équivalentes de CO₂ lors de la croissance des arbres, dans le cadre du processus de photosynthèse (voir encadré 2). Comme l'exprime par exemple l'Inra : « De manière générale, la combustion du bois va émettre plus de CO₂ que celle des énergies fossiles. De fait, la concentration de CO₂ dans l'air va être plus importante après la combustion du bois énergie. Mais, comme il s'agit de carbone biogénique et non fossile, le renouvellement des forêts qui ont produit du bois-énergie va séquestrer le carbone émis dans l'atmosphère par cette combustion et faire revenir le niveau de CO₂ à son niveau d'avant combustion.³⁵»

Un modèle alternatif consiste à considérer le carbone relâché lors de la combustion comme utilisant un crédit carbone du passé³⁶. Ainsi, lorsque le bois est brûlé, le carbone contenu dans le bois, absorbé durant la croissance des arbres, est relâché, donc le bilan serait neutre. De la même manière que si le bois n'avait pas été utilisé pour l'énergie mais laissé en forêt, puisqu'il se serait décomposé après la mort de l'arbre, et aurait donc de toute manière libéré progressivement son contenu carbone.



La « dégradation des produits » concerne à la fois la combustion du bois-énergie et la dégradation en général des produits fabriqués en bois (Source : FAO³⁷). Le réservoir sol (carbone organique et carbone minéral) est «le plus grand réservoir de carbone réduit. Une fois et demi le réservoir atmosphérique, deux fois celui de la végétation et presque deux fois ce que contiennent les océans de surface », relève le professeur Eric Verrecchia (Faculté des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne).

Condition quelle que soit l'interprétation : que la forêt soit gérée de manière durable. La notion de "gestion durable" est complexe et recouvre plusieurs dimensions : environnementale, sociétale, économique. Elle varie selon les contextes socio-économiques et biophysiques, et dépend « de valeurs sociales et de visions du monde », analyse le JRC³⁸.

³⁵ Ce temps est ce que l'on appelle la "dette carbone". Source : Inra-IGN 2016

³⁶ EASAC 2017

³⁷ <http://www.fao.org/3/y4000f/y4000f05.htm#TopOfPage>

³⁸ JRC 2021

Par exemple, si la valeur de conservation est prédominante, les objectifs de gestion « pourraient être davantage axés sur la protection stricte et la conservation de la faune sauvage ». Alors que si la valeur d'exploitation durable prime, la production de bois et les revenus pourraient être favorisés. Ce qui importe, en l'occurrence, est qu'on ne prélève pas plus de bois que ce qu'il ne repousse³⁹.

Encadré 2⁴⁰

La photosynthèse

Lors du processus de photosynthèse, les arbres, comme toutes les autres plantes vertes, absorbent par leurs stomates (petites fentes de leurs feuilles ou aiguilles) le CO₂ de l'air, grâce auquel se constituent le bois, l'écorce, les racines, les feuilles et les aiguilles. Tant qu'un arbre vit et croît, il absorbe plus de CO₂ qu'il n'en rend par la respiration. On estime que les forêts d'Europe absorbent 1,4 tonne de carbone par hectare et par an. Celui-ci reste stocké dans les forêts non exploitées jusqu'à ce que l'arbre meurt et se décompose naturellement. Ensuite, la matière organique (bois, écorce, feuilles) est minéralisée d'une part (carbone organique transformé en CO₂), d'autre part forme l'humus dans le sol. Lorsque le système est en équilibre, la quantité de CO₂ libérée est compensée par la quantité CO₂ liée à la croissance des arbres.

Carbone fossile vs biogénique : mêmes atomes, cycle différent

Au contraire des énergies hydraulique, solaire ou éolienne qui ne génèrent effectivement pas directement d'émission de CO₂⁴¹, la neutralité carbone de la bioénergie est revendiquée au motif que la récolte du bois et sa combustion s'inscrivent dans ce que le GIEC nomme le « domaine rapide » du cycle global du carbone. C'est ce qui différencie la bioénergie des agents énergétiques fossiles, dont la combustion transfère du carbone originaire du « domaine lent » de ce cycle global dans le « domaine rapide » (voir encadré 3), ajoutant ainsi du carbone dans l'atmosphère. Ces deux domaines expliquent la distinction généralement opérée entre le carbone dit biogénique et le carbone fossile.

Mais s'agit-il des mêmes atomes de carbone ? « Dans les deux cas, ce carbone provient de biomasse. Ce sont donc les mêmes atomes, qui ont été séquestrés par le biais de la photosynthèse. Dans un cas, ils ont été transformés par des processus biogéochimiques en molécules complexes – les hydrocarbures – lors du Carbonifère pour le charbon et du Crétacé, par exemple pour le pétrole. Dans l'autre cas il s'agit de processus biologiques actuels. Ces deux types de processus s'exercent donc sur une matière biologique, ce qui leur confère une signature isotopique un peu différente. Cela ne fait cependant pas de différence pour

³⁹ Voir par exemple OFEN : « Si les forêts sont utilisées de façon durable, le CO₂ libéré est de nouveau absorbé par les arbres qui repoussent. Le cycle est ainsi bouclé, raison pour laquelle la concentration de CO₂ dans l'atmosphère n'augmente pas. »

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/foret--bois-et-CO2/effets-de-l-utilisation-du-bois.html>

⁴⁰ Sources: <https://www.wsl-junior.ch/fr/la-foret/comment-les-arbres-fonctionnent/les-arbres-absorbent-ils-plus-de-CO2-qu'ils-nen-rejettent-dans-l-atmosphere.html>

<https://totholz.wsl.ch/fr/fonctions-du-bois-mort/cycle-du-carbone.html>

⁴¹ C'est-à-dire pour la seule production d'énergie, indépendamment des émissions liées à l'extraction des matières premières et à la fabrication des panneaux photovoltaïques ou des éoliennes par exemple. Par ailleurs, « pour compenser la nature intermittente des éoliennes, il faut les doubler de centrales thermiques à énergie conventionnelle de façon à assurer la demande sur le réseau, et le bilan est désastreux » note le professeur Eric Verrecchia.

l'atmosphère, contrairement au taux de CO₂ », explique Eric Verrecchia, professeur à la Faculté des géosciences et de l'environnement de l'Université de Lausanne.

Encadré 3

Le cycle du carbone, entre domaine rapide et domaine lent

On désigne par cycle global du carbone le déplacement du carbone, ou flux d'échanges entre quatre réservoirs interconnectés: l'atmosphère, la biosphère terrestre (animaux, végétaux, bactéries...) et les sols (en raison de la décomposition des êtres vivants), l'hydrosphère (océans, contient du carbone sous forme de CO₂) et la lithosphère (roches carbonates et roches fossiles). Les flux de carbone sont une certaine quantité de carbone qui passe d'un réservoir à un autre pour une certaine durée. Par exemple, lors de la photosynthèse végétale, le carbone présent dans l'air est absorbé et fixé par les plantes.

Le Giec⁴² distingue deux domaines dans ce cycle: un domaine rapide, avec des flux d'échanges importants et une rotation relativement rapide entre les différents réservoirs. Leur temps de renouvellement va de quelques années à des siècles. Un second domaine, lent, constitué par les réserves de carbone dans les roches et les sédiments. Les flux d'échange avec le domaine rapide, relativement faibles, se font par le biais du volcanisme, de l'érosion et de la sédimentation sur les fonds marins. Le temps de renouvellement des principales réserves du domaine lent est de l'ordre de 10'000 ans ou plus.

Pendant l'Holocène, qui a débuté il y a 11'700 ans et est toujours en cours, mais avant l'ère industrielle, le domaine rapide était proche d'un état stable, explique le Giec. Mais depuis l'ère industrielle, l'extraction des combustibles fossiles des réservoirs géologiques et leur combustion ont transféré une quantité importante de carbone d'origine fossile du domaine lent au domaine rapide, provoquant une perturbation majeure du cycle du carbone, générée par l'activité humaine. Depuis l'ère industrielle, deux autres gaz ont augmenté dans l'atmosphère pour les mêmes raisons: le méthane (CH₄) et l'oxyde nitreux (N₂O). L'augmentation de ces trois gaz, est, selon le Giec, la principale cause du changement climatique, représentant 80% du forçage radiatif.

Selon les estimations du JRC, les émissions liées à l'utilisation énergétique de la biomasse ligneuse représenteraient de 350 à 380 Mt CO₂⁴³, soit environ deux tiers des émissions de CO₂ de l'ensemble de la biomasse utilisée pour l'énergie, passées de 202 Mt en 1990 à 275 Mt en l'an 2000, pour atteindre 542 Mt en 2015⁴⁴. Toujours en 2015, les émissions de GES fossiles équivalentes et évitées grâce à l'utilisation de la bioénergie auraient été d'environ 250 à 270 Mt de CO₂. Cette comparaison, bien qu'instructive, « ne permet pas de tirer des conclusions sur l'impact négatif ou positif de la bioénergie forestière sur le climat », souligne le JRC. Cela pour deux raisons: d'une part celle-ci génère davantage d'émissions par unité d'énergie produite, d'autre part il faudrait prendre en compte la composition réelle du mix de cette biomasse ligneuse.

Des règles de comptabilisation ambiguës ?

Si l'hypothèse de la neutralité carbone est corrélée à cette différence entre le CO₂ biogénique et le CO₂ fossile, elle provient, selon le JRC de la Commission européenne⁴⁵, des inventaires nationaux des gaz à effet de serre de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), sur la base des lignes directrices du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Cette approche a été introduite dans les

⁴² Stocker, T. F.; Qin, D.; Plattner, G.-K.; Tignor, M.; Allen, S.K.; J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.) – IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Chap. 6 "Carbon and other biogeochemical cycles"). Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press.

⁴³ JRC 2021

⁴⁴ https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/ghg-emissions-by-sector-in#tab-chart_1

⁴⁵ JRC 2014

premières lignes directrices, en 1995, précise le JRC. Elle consiste à comptabiliser les émissions provenant de la combustion de la biomasse le secteur UTCAF (Utilisation des terres, changements d'utilisation des terres et foresterie) , en les considérant comme composante de la variation du stock de carbone de la catégorie d'utilisation des terres concernée. Ainsi, lorsque du bois est récolté pour l'énergie, il est comptabilisé comme une émission de CO₂ dans l'atmosphère pour l'année de récolte, au même titre que la mortalité des arbres ou les feux de forêt, tandis que leur croissance est comptabilisée comme une absorption de CO₂. Etant déclarées dans le secteur UTCAF, les émissions de CO₂ provenant de la combustion de la biomasse ne sont donc pas prises en compte dans les émissions totales du secteur de l'énergie, mais uniquement mentionnées comme élément d'information, afin d'éviter un double comptage. Contrairement aux émissions des combustibles fossiles qui, elles, sont comptabilisées dans le secteur de l'énergie. Ces règles ont des « effets pervers » sur le climat, alerte l'EASAC, car elles permettent aux pays qui importent de la biomasse à des fins énergétiques de ne pas comptabiliser ces émissions dans leur inventaire (voir encadré 4).

Encadré 4

Réformes demandées

Parmi les cibles des critiques de l'EASAC : la comptabilisation dans deux des outils clefs de l'Union Européenne en matière de politique climatique: les inventaires nationaux de gaz à effet de serre et le SEQUE (système d'échange de quotas d'émissions). Les règles actuelles permettent aux pays qui importent de la biomasse à des fins énergétiques de déclarer dans leur inventaire zéro émission, celles-ci étant enregistrées dans les variations de stock de carbone du secteur UTCAF du pays exportateur, pointent ces scientifiques. Sans compter que la mise en œuvre et la vérification de ces règles de comptabilisation « varient considérablement d'un pays à l'autre » avec comme conséquence un manque de transparence. Par ailleurs, les règles comptables du SEQUE, « permettent actuellement d'ignorer les émissions des cheminées des centrales à biomasse. » Ils demandent donc de réformer radicalement le SEQUE. Celui-ci est actuellement en révision, tout comme le règlement UTCAF et la législation sur la répartition de l'effort – les trois textes législatifs de l'UE sur le climat. Mise à jour qui fait suite à la proposition, en septembre 2020, dans le cadre du Green Deal, de la Commission européenne pour atteindre la neutralité climatique d'ici 2050, de porter l'objectif de réduction nette des gaz à effet de serre à 55% (au lieu de 40%) d'ici 2030 par rapport à 1990. L'EASAC estime que le SEQUE devrait « lier la comptabilisation aux effets réels sur les niveaux de CO₂ dans l'atmosphère. Cela demandera de calculer la période de récupération carbone pour chaque installation et sa chaîne d'approvisionnement. »⁴⁶

Chose néanmoins certaine, clarifiée par le GIEC⁴⁷: cette approche « ne doit pas être interprétée comme une conclusion sur la durabilité ou la neutralité carbone de la bioénergie (...). Ainsi, les lignes directrices du GIEC ne considèrent pas automatiquement la biomasse utilisée pour l'énergie comme « neutre en carbone », même si la biomasse est produite de manière durable. » Pour la biomasse annuelle, comme le maïs, le colza et autres cultures à courte rotation utilisées pour la production de biocarburants, ces lignes directrices se basent sur « l'hypothèse simplificatrice » que les émissions liées à sa combustion, à sa fermentation ou à sa décomposition sont compensées par l'absorption durant les mois de croissance de ces plantes, « de sorte que l'émission nette est nulle » et le bilan entre absorptions et émissions

⁴⁶ EASAC (26 août 2020). *Emissions Trading System: Stop perverse climate impact of biomass by radically reforming CO₂ accounting rules.*

<https://easac.eu/media-room/press-releases/details/emissions-trading-system-stop-perverse-climate-impact-of-biomass-by-radically-reforming-CO2-accounting-rules/>

⁴⁷ IPCC « Frequently asked questions »- question Q2-10. Sur : <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/faq/faq.html>

peut être considéré à l'inventaire comme égal à zéro⁴⁸. Ce type de culture énergétique est susceptible de générer des conflits et des déséquilibres en termes d'utilisation des terres, car entrant en concurrence avec les cultures alimentaires. Autre risque : le déboisement de forêts tropicales stockant beaucoup de carbone, pour permettre l'expansion des cultures d'huile de palme ou de soja afin de produire de l'électricité. Solution qui serait déjà envisagée dans certains pays, comme le Japon et la Guyane française, s'inquiète Peter Raven, principal initiateur de la lettre du 11 février⁴⁹. Mais c'est là sujet à part entière⁵⁰, qui ne peut être développé dans le cadre de ce travail.

Comparée à ces cultures, la biomasse forestière fait partie d'un cycle beaucoup plus long. L'hypothèse de la neutralité carbone de la bioénergie n'est donc pas valable, de manière générale, dans le cas de la biomasse forestière utilisée à des fins énergétiques. Une conclusion relayée en 2016 par la Commission européenne dans son document de travail en vue de l'élaboration de la Directive sur les énergies renouvelables, et soutenue par d'autres instances comme l'EASAC, ou encore le Comité scientifique de l'Agence européenne pour l'environnement en 2011 déjà⁵¹.

Reste que l'hypothèse de la neutralité carbone « est souvent utilisée dans les évaluations des gaz à effet de serre de la bioénergie dans d'autres contextes, même si les changements dans les réservoirs de carbone forestiers ne sont pas pris en compte dans ces contextes », constate le JRC⁵². C'est le cas notamment dans une partie des analyses de cycle de vie (ACV) évaluant les impacts de la bioénergie forestières, ou dans les calculs des effets de substitution du bois aux combustibles fossiles en termes d'émissions "évitées" (voir encadré 5).

Encadré 5

L'effet de substitution : délicat à évaluer et « discutable »

L'effet de substitution correspond à la quantité d'émissions de CO₂ évitée soit par le recours à un produit-bois au lieu d'un autre matériau, soit par l'usage de bois-énergie en remplacement d'une énergie de référence. Dans une étude menée en 2017, l'Inrae souligne que l'évaluation de ces phénomènes est délicate. Il s'agit, en effet, de comparer sur la base d'analyses cycle de vie, des filières complètes de production au périmètre strictement identique. « Les coefficients de substitution dépendent ainsi du contexte industriel national et des options d'usage qui y sont pratiqués ». De plus, ces coefficients sont susceptibles d'évoluer dans le temps, notamment en fonction de la stratégie des entreprises ou des habitudes de consommation.⁵³ Philippe Leturcq, professeur retraité de l'Université de Toulouse, qui a consacré plusieurs études au bois-énergie en tant que chercheur indépendant, considère quant à lui l'effet

⁴⁸ Calvo Buendia, E.; Tanabe, K.; Kranjc, A.; Baasansuren, J.; Fukuda, M.; Ngarize, S.; Osako, A.; Pyrozhenko, Y.; Shermanau, P.; Federici, S. (eds) – IPCC (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (vol. 2 "Energy"). Switzerland: IPCC.

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol2.html>

⁴⁹ <https://www.mightyearth.org/2020/07/01/project-to-build-japans-largest-palm-oil-burning-power-plant-defeated/>

⁵⁰ Voir par exemple le rapport (646/2020) de l'Office parlementaire français d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, « L'agriculture face aux défis de la production d'énergie » http://www.senat.fr/rap/r19-646/r19-646_mono.html#toc1

⁵¹ European Environment Agency Scientific Committee (15 septembre 2011). *Opinion of the EEA Scientific Committee on Greenhouse Gas Accounting in Relation to Bioenergy*. <https://www.eea.europa.eu/about-us/governance/scientific-committee/sc-opinions/opinions-on-scientific-issues/sc-opinion-on-greenhouse-gas/view>

⁵² JRC 2014

⁵³ Inra-IGN 2017

de substitution comme « très discutable »⁵⁴, notamment parce que l'analyse de cycle de vie présuppose la neutralité carbone du bois. Une quantité donnée d'émissions fossiles évitées par l'emploi du bois implique en réalité des émissions supplémentaires de CO₂ biogénique, relève-t-il.

Dans l'approche d'analyse de cycle de vie pour le calcul des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre des critères de la directive européenne sur les énergies renouvelables, les émissions liées à la combustion de la biomasse sont également considérées comme égales à zéro. Mais les critères de durabilité visent à garantir que cet impact carbone soit correctement pris en compte dans le secteur UTCAF – pour lequel de nouvelles règles en ce sens seront d'ailleurs mises en œuvre cette année (voir encadré 6).

Encadré 6

La comptabilisation s'améliore, mais...⁵⁵

La REDII (2018) définit, à son article 29, quatre critères principaux de durabilité pour la biomasse. Ceux-ci concernent toutefois uniquement les grandes installations, de puissance nominale de 20MW ou supérieure. Visées de ces critères : garantir la protection de la biodiversité (paragraphe 3,4,5), des pratiques de gestions légales et ne dégradant pas l'écosystème et maintenant la productivité à long terme de la forêt (paragraphe 6), une correcte prise en compte de l'impact carbone dans le secteur UTCAF à (paragraphe 7), ainsi que la promotion des filières bioénergétiques les plus efficaces (paragraphe 10). Selon ce dernier critère, la réduction des GES résultant de l'utilisation de biocarburants, de biogaz, de bioliquides et de biomasse doit être supérieure à un seuil minimum défini. L'option d'y inclure la comptabilisation du carbone biogénique avait fait l'objet de réflexions préalablement à la révision de cette directive, mais avait été rejetée notamment « en raison de l'importance cruciale des choix de valeurs impliqués dans la définition de la méthode de calcul – c'est-à-dire la subjectivité dans le choix des scénarios contrefactuels ». Plus fondamentalement, ce choix doit être vu dans le cadre des liens « entre les différents outils du corpus juridique de l'Union européenne, qui définissent la gouvernance du climat et la durabilité environnementale de la bioénergie forestière », dont le règlement sur l'utilisation des terres et la foresterie UTCAF. En l'occurrence, si la REDII, tout comme d'ailleurs le SEQE, « partent du principe que les émissions liées à la combustion de la biomasse sont nulles, c'est parce que celles-ci sont déjà comptabilisées dans le secteur UTCAF, comme une variation des stocks de carbone. »⁵⁶

Pour la période 2021-2030, en vertu du règlement UTCAF adopté 2018, les émissions de la biomasse utilisée à des fins énergétiques devront être enregistrées et comptabilisées dans le cadre des engagements climatiques de chaque état membre, grâce à l'application correcte de la comptabilité dans le secteur UTCAF. « Cette avancée répond à la critique générale formulée précédemment selon laquelle les émissions de la biomasse utilisée dans la production d'énergie n'étaient pas comptabilisées dans le cadre de la législation communautaire précédente », justifie la Commission européenne⁵⁷. Elle simplifie et améliore également la méthode de comptabilisation et établit « un nouveau processus de gouvernance pour surveiller la manière dont les Etats calculent les émissions et absorptions résultant des actions menées dans leurs forêts. » Tout ne sera pas pour autant solutionné dans la pratique, reconnaît le JRC : « Le règlement UTCAF en tant que tel ne peut garantir un impact climatique positif de la bioénergie. Une inadéquation des mesures d'incitation, une mauvaise communication entre les différents acteurs (...) » ou encore « la nécessité d'une comptabilité solide des impacts de la biomasse forestière importée peuvent encore produire des résultats climatiques imprévus. »⁵⁸

⁵⁴ Leturcq, Ph. (2020). GHG displacement factors of harvested wood products: the myth of substitution. *Scientific Reports* **10**, 20752. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77527-8>

⁵⁵ JRC 2021

⁵⁶ JRC 2021

⁵⁷ https://ec.europa.eu/clima/policies/forests/lulucf_fr

⁵⁸ JRC 2021

Dans la jungle des analyses de cycle de vie

« La réponse simple à la question de la neutralité carbone, c'est non. Il est faux de dire, de manière absolument simpliste, que l'usage du bois pour produire de l'énergie est neutre en carbone. Pour pouvoir l'affirmer, il faut analyser l'ensemble du cycle de vie et que toutes les émissions soient compensées d'une manière ou d'une autre. Dans un sujet comme celui-là, le diable est vraiment dans les détails et tout va dépendre de la manière dont on va poser l'équation à la base. » Sébastien Haye (E4Tech)

Dans la REDII, le critère de réduction des émissions de GES de la bioénergie est basé sur une analyse de cycle de vie simplifiée. L'objectif est de « comparer les différentes filières bioénergétiques et de promouvoir les plus efficaces »⁵⁹. Les émissions de carbone biogénique sont exclues des calculs. La question de la prise en compte ou non des émissions de carbone biogénique, ou des variations des stocks de carbone forestier ne sont de loin pas les seules variables intervenant dans les analyses de cycle de vie. Celles-ci s'avèrent complexes, avec à la clef des divergences de vues et des conclusions variables, au sein d'une abondante littérature scientifique, constate par exemple l'EFI (European Forest Institute)⁶⁰, car les systèmes étudiés diffèrent, tout comme les approches méthodologiques, le contexte des analyses et les objectifs politiques. La définition des scénarios de référence, les limites spatiales et temporelles de l'évaluation, la prise en compte ou non des effets induits par le marché, la manière dont la croissance forestière et la filière bois-énergie sont modélisées, etc. sont autant de choix méthodologiques qui influenceront les résultats.

Le JRC en 2014⁶¹, puis L'EASAC⁶² et la Commission européenne⁶³, entre autres, se sont penchées sur ces questions. Il en ressort notamment que parmi les paramètres déterminants figurent le type de matière première utilisée (voir encadré 7), le mode de gestion forestière, les effets induits par le marché et le scénario contrefactuel – ce que serait devenu le bois s'il n'avait pas été utilisé pour l'énergie. Une augmentation initiale des émissions est « presque inévitable » par rapport à l'utilisation de combustibles fossiles, cette période pouvant varier de moins d'une dizaine d'années à plusieurs siècles. Les meilleurs résultats sont généralement obtenus lorsque l'on utilise des rémanents forestiers (branches et houppiers notamment), les bois de basse qualité et les produits connexes des scieries.

Encadré 7

14% de bois d'origine inconnue

En 2015, 37% provenait du bois primaire (47% bois de tige, dont probablement au moins la moitié issu de taillis, et 53% des cimes, branches, etc.). Le bois de sources secondaires (sous-produits de l'industrie de transformation du bois et bois de récupération) représentait 49%. Les 14% restant sont d'origine inconnue, mais il s'agirait plus probablement de bois primaire, selon le JRC. A cette incertitude s'ajoutent des incohérences dans les données disponibles: les utilisations déclarées pour production de chaleur et d'électricité sont systématiquement plus importantes que les sources déclarées, écart qui s'est creusé au fil du temps.

⁵⁹ JRC 2021

⁶⁰ Berndes, G.; Abt, B.; Antti, A.; Cowie, A. L.; Dale V.; Egnel, G.; Lindner, M.; Marelli, L.; Paré, D.; Pingoud, K.; Yeh, S., – EFI (octobre 2016). *Forest biomass, carbon neutrality and climate change mitigation. From science to policy 3*.

https://www.researchgate.net/publication/309040428_Forest_biomass_carbon_neutrality_and_climate_change_mitigation_From_Science_to_Policy_3/link/58049cfb08ae310e0d9f95b8/download

⁶¹ JRC 2014

⁶² EASAC 2017

⁶³ https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_en_impact_assessment_part4_v4_418.pdf

Encadré 8

Comment se fait une ACV pour la bioénergie? Exemple.

L'ACV est une méthode scientifique permettant l'évaluation des impacts environnementaux potentiels de produits, de procédés, de services ou d'entreprises sur l'ensemble de leur cycle de vie (extraction des matières premières, production, transport, utilisation, fin de vie). Cette approche bénéficie du soutien du Programme des Nations Unies pour la Protection de l'Environnement et repose sur méthodologie encadrée par l'Organisation de normalisation (ISO)⁶⁴. Ces normes ISO sont révisées tous les cinq ans.

Dans les ACV classiques, toutes les émissions sont comptabilisées comme si elles se produisaient simultanément à l'instant zéro. De plus, dans le cas de la bioénergie, les émissions dues à la combustion de la biomasse sont considérées comme égales à zéro, pour les raisons évoquées précédemment.

Une autre méthode est l'ACV dynamique, développée par la professeur Annie Levasseur, experte en développement d'outils diagnostiques basés sur l'analyse du cycle de vie (ETS Montréal). Cette méthode prend en compte à la fois la temporalité, les émissions biogéniques et leur réabsorption. En voici un exemple simplifié pour un projet fictif de bioénergie. Il est tiré d'un avis scientifique publié par le Ministère des ressources naturelles du Québec en 2012.⁶⁵ Objectif : comparer les émissions de CO₂ d'un scénario avec usage de la biomasse forestière à un scénario de référence avec combustible fossile pour la production de chaleur. La biomasse est considérée comme composée de résidus de coupe forestière et le combustible fossile le mazout lourd. Dans le scénario de référence, les résidus de coupe sont laissés en forêt, où ils se décomposent avec le temps.

La comptabilisation prend en compte :

– Les émissions à la cheminée (dues à la combustion). Les facteurs d'émission utilisés sont ceux du GIEC, soit 112kg CO₂ /GJ pour le bois et 74kg CO₂/GJ pour le mazout. Ils représentent la quantité de CO₂ émise en situation idéale pour la production d'une quantité d'énergie donnée. L'efficacité du processus de conversion, c'est-à-dire le pourcentage d'énergie totale récupérée par le processus. Les deux scénarios considèrent une efficacité de 85%.

– Les émissions liées à la chaîne d'approvisionnement (extraction ou récolte, transport et prétraitement). Les valeurs considérées ici : 5,6kg CO₂ /GJ pour la biomasse et de 18,5kg CO₂ /GJ pour le mazout lourd :

Éléments qui influent sur les émissions de combustion ¹	Scénario de la biomasse (résidus de coupe)	Scénario de référence (mazout lourd)
Facteur d'émission (kg CO ₂ /GJ) ²	112*	74,1*
+ Taux d'efficacité du processus de conversion (%)	85	85
= Émissions à la cheminée (kg CO ₂ /GJ)	131,8	87,6
+ Émissions avant consommation (kg CO ₂ /GJ)	5,6	18,5
= Émissions de combustion de CO ₂ (kg CO ₂ /GJ)	137	106

1. Pour la production d'un GJ d'énergie.

2. Les facteurs d'émission par défaut, présentés par le GIEC, correspondent au PCI.

⁶⁴ Loerincik, Y. ; Schneider, G. ; Bochatay, D. – Quantis (11 décembre 2017). *Analyse de systèmes de transformation du bois énergie – Rapport de synthèse – Préparé pour la Direction générale de l'environnement (DGE), Direction de l'énergie (DIREN).*

https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/Rap-171219-transformation-bois.pdf

⁶⁵ Bernier, P. ; Paré, D. ; Thiffault, E. ; Bearegard, R. ; Bouthillier, L. ; Levasseur, A. ; St-Laurent–Samuel, A.(octobre 2012). L'utilisation de la biomasse forestière pour réduire les émissions de gaz à effet de serre du Québec (2012). *Avis scientifique — L'utilisation de la biomasse forestière pour réduire les émissions de gaz à effet de serre du Québec*. Québec : gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles. https://visionbiomassequebec.org/wp-content/uploads/2015/03/Avis-scientifique_MFFP.pdf

—Pour compléter l'analyse, il faut ajouter les émissions de CO₂ liées à la décomposition des rémanents de coupe qui seraient laissés en forêts s'ils n'étaient pas utilisés pour l'énergie. Elles s'ajoutent donc aux émissions liées à la combustion du mazout et selon leur décomposition graduelle. Le taux annuel de décomposition considéré est de 6% de la quantité de résidus pour produire 1 GJ d'énergie

Année	Scénario de la biomasse	Scénario de référence (mazout lourd)			
	Émissions de combustion (kg CO ₂)	Émissions de combustion (kg CO ₂)	Émissions des résidus ¹ (kg CO ₂)	Émissions totales (combustion + résidus) (kg CO ₂)	Émissions totales cumulées (kg CO ₂)
0	137	106	8	114	114
1	-	-	7	8	122
2	-	-	7	7	130
3	-	-	6	7	136
4	-	-	6	6	143
5	-	-	6	6	149
6	-	-	5	6	154
7	-	-	5	5	160
8	-	-	5	5	165
...	...	...	...	...	...
100	-	-	0	0	243

1. Les nombres présentés dans la colonne intitulée « Émissions des résidus » sont basés sur un taux annuel de décomposition de 6 % de la quantité de résidus requise pour produire un GJ d'énergie.

Le tableau ci-dessous illustre comment les émissions de CO₂ se répartissent dans le temps pour une année de production énergétique. A partir de l'an 4, les émissions totales cumulées du mazout dépassent celles du scénario biomasse à cause de la décomposition graduelle des résidus laissés en forêt. Dans un projet concret, l'énergie est produite durant plusieurs années. La situation est illustrée ainsi:

Année	Émissions annuelles (kg/CO ₂)																Émissions totales annuelles (kg/CO ₂)	Émissions totales annuelles (kg/CO ₂)	Émissions cumulées totales (kg/CO ₂)	Émissions cumulées totales (kg/CO ₂)	Différence ¹ (kg/CO ₂)
	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	M-B
0	137	114															137	114	137	114	-23
1	--	8	137	114													137	122	274	236	-38
2	--	7	--	8	137	114											137	130	411	366	-45
3	--	7	--	7	--	8	137	114									137	136	548	502	-46
4	--	6	--	7	--	7	--	8	137	114							137	143	685	645	-40
5	--	6	--	6	--	7	--	7	--	8	137	114					137	149	822	794	-28
6	--	6	--	6	--	6	--	7	--	7	--	8	137	114			137	154	959	948	-11
7	--	5	--	6	--	6	--	6	--	7	--	7	--	8	137	114	137	160	1096	1108	12
8	--	5	--	5	--	6	--	6	--	6	--	7	--	7	--		137	165	1233	1273	40
...	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20	--	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	137	206	2877	3549	672
...	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
50	--	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	137	237	6987	10355	3368
...	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
100	--	0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	137	243	13837	22434	8597

1. La colonne « Différence » indique les réductions cumulées d'émissions en CO₂ du scénario de la biomasse, un chiffre négatif indiquant une émission en CO₂ initialement plus forte pour le scénario de la biomasse. Les réductions des émissions en CO₂ engendrées par le scénario de la biomasse se poursuivent durant toute la vie du projet, tel que l'illustre la figure 2.

La première paire de colonnes B et M correspond aux émissions totales des scénarios Biomasse et Mazout pour une année, soit 137 et 114 kg/CO₂ respectivement. Une nouvelle paire B et M s'ajoute de la même manière pour chaque année. La colonne « Différence » montre qu'après 6 à 7 ans, la dette de CO₂ accumulée au départ avec l'utilisation de la biomasse est totalement remboursée. L'utilisation de la biomasse offre donc à partir de là des bénéfices climatiques par rapport à l'utilisation du mazout.

L'enjeu de la “dette carbone”

« Aujourd'hui, avec toute l'urgence climatique, il importe de réduire la quantité de carbone que l'on envoie dans l'atmosphère, même s'il est biogénique. De l'avis de beaucoup, il n'est pas acceptable de brûler de la biomasse et de prétendre être neutre, alors qu'il faudra peut-être 40 ou 50 ans pour que cette même quantité de CO₂ soit recaptée par la végétation. Une solution peut être neutre à long terme, mais causer du réchauffement à court terme. D'où la pertinence de se baser sur des analyses de cycle de vie dynamiques. » Annie Levasseur (ETS Montréal)

Compte-tenu d'une part de la durée sur laquelle se joue l'équilibre de la forêt en termes d'émissions et d'absorptions, d'autre part du CO₂ émis par la combustion de la biomasse forestière, l'un des enjeux est le calcul de “dette carbone” et de son “temps de remboursement”. Selon l'EASAC, le concept de neutralité carbone doit ainsi être considéré « au cas par cas », en lien avec ce temps de remboursement. En d'autres termes, il s'agit de prendre en compte le décalage temporel entre les émissions de CO₂ lors de la combustion de la biomasse pour la production d'énergie et sa réabsorption. Pour l'EASAC, étant donné « les temps de remboursement potentiellement très longs », selon le type de gestion et les matières premières utilisées, considérer la biomasse forestière comme une énergie renouvelable, avec les subventions que cela implique, « augmente le risque de dépassement de l'objectif de 1,5°C prévu par l'Accord de Paris. » La quantification de la dette carbone reste cependant controversée et les résultats très variables, conclut une méta-analyse danoise⁶⁶. « Les résultats des études sur la dette carbone reposent en grande partie sur des hypothèses. Ce sont les approches méthodologiques et les outils appliqués qui déterminent les résultats plutôt que les questions liées à la gestion des écosystèmes et de la chaîne d'approvisionnement. »

Le concept “dette carbone” trouve aussi d'autres interprétations dans la littérature scientifique. Dans son rapport le plus récent, le JRC⁶⁷ a centré son analyse sur les impacts du bois-énergie à la fois par rapport au climat et à la biodiversité. Pour l'impact climatique, il reprend l'approche déjà utilisée dans son étude de 2014⁶⁸. Il y définit la dette carbone comme le phénomène par lequel la filière bioénergétique peut produire des émissions de carbone plus importantes que le scénario de contrefactuel/référence fossile choisi pour la comparaison. Le “temps de remboursement” (payback time) est, dans ce cas, le « temps nécessaire pour que la dette carbone soit remboursée et que le système bioénergétique commence à fournir une atténuation carbone ». L'objectif étant de pouvoir répondre à la question : combien de temps faut-il pour que l'utilisation du bois, en remplacement par exemple du mazout ou du gaz, devienne avantageuse en termes d'impact climatique ?

Comme l'illustre la figure qui suit, jusqu'à ce que le “temps de remboursement” soit atteint, le système biogénique (en vert) aura émis davantage de CO₂ que le système fossile (en noir). Il aura ainsi entraîné « un forçage radiatif sur une période plus longue que le temps de remboursement ». Dans cette approche, la bioénergie ne pourra être considérée comme “neutre en carbone” qu'une fois le “point de parité” (Atmospheric Carbon parity point) atteint. C'est-à-dire lorsque les émissions supplémentaires du système biogénique jusqu'au temps de remboursement seront égales aux émissions fossiles économisées par substitution.

⁶⁶ Scott Bentsen, N. (juin 2017). Carbon debt and payback time – Lost in the forest? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **73**, 1211-1217.

⁶⁷ JRC 2014

⁶⁸ Voir note 69

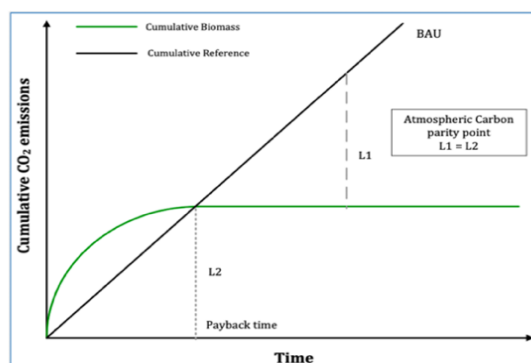


Figure 34. Visual description of payback time and atmospheric carbon parity point. Green Line: drop in the forest carbon stock due to bioenergy production; Black line: accumulated reduction in carbon emissions from substitution of fossil fuels. Source: (Agostini et al., 2014)

Source : JRC 2021

Le tableau suivant résume les résultats de l'étude utilisée comme base par le JRC. A court terme (10 ans) seules deux catégories de bois peuvent avoir des impacts climatiques plus avantageux que les combustibles fossiles : lorsqu'il est issu de boisements sur certaines terres agricoles difficilement exploitables (« marginal agricultural land »), et lorsqu'il provient de sources secondaires comme les résidus de l'industrie du bois ou le bois de récupération (« indirect wood »). L'utilisation de l'énergie du bois présente des avantages climatiques dans la plupart des cas à moyen terme (50 ans), et dans tous les cas à long terme (100 ans).

Table 5. Qualitative evaluation of carbon emission reduction of several forest bioenergy pathways compared to two different fossil sources and on three different time frames. Source (Agostini et al., 2014)

Biomass source	CO ₂ emission reduction efficiency					
	Short term (10 years)		Medium term (50 years)		Long term (centuries)	
	coal	natural gas	coal	natural gas	coal	natural gas
Temperate stemwood energy dedicated harvest	---	---	+/-	-	++	+
Boreal stemwood energy dedicated harvest	---	---	-	--	+	+
Harvest residues*	+/-	+/-	+	+	++	++
Thinning wood*	+/-	+/-	+	+	++	++
Landscape care wood*	+/-	+/-	+	+	++	++
Salvage logging wood*	+/-	+/-	+	+	++	++
New plantation on marginal agricultural land (if not causing ILUC)	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Forest substitution with fast growth plantation	-	-	++	+	+++	+++
Indirect wood (industrial residues, waste wood etc)	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+/-: the GHG emissions of bioenergy and fossil are comparable; which one is lower depends on specific pathways,

-; --; ---: the bioenergy system emits more CO₂eq than the reference fossil system

++; +++: the bioenergy system emits less CO₂eq than the reference fossil system

*For residues, thinning & salvage logging it depends on alternative use (roadside combustion) and decay rate

Source : JRC 2021⁶⁹

⁶⁹ Tableau repris de : Agostini, A. ; Giuntoli, J. ; Boulamanti, A.K. ; Marelli, L. (2014). *Carbon accounting of forest bioenergy conclusions and recommendations from a critical literature review*. Publications Office of the European Union.

Principale question à laquelle cette étude essaie de répondre : comment garantir que les modes d’approvisionnement en bois, suite à une demande accrue pour son usage énergétique, ne nuisent pas au climat et à la biodiversité ? Trois catégories d’interventions et leurs impacts potentiels sont évalués dans cette double perspective – qui prend donc en compte le temps de remboursement de la dette carbone: l’utilisation des rémanents d’exploitation forestière – qui autrement se décomposeraient en forêt ou seraient brûlés sur place – le boisement et la conversion de forêts naturelles en plantations d’arbres. Résultats : seules deux pratiques de gestion ont, à court et moyen terme, un impact favorable sur le climat et neutre ou positif sur la biodiversité : à court terme, l’utilisation de menus bois conifères (rémanents comme les petites branches et les cimes ou houppiers) en dessous des seuils de bois mort dépendant des conditions locales (catégorie 5). Et, à moyen terme, le boisement d’anciennes terres agricoles avec des forêts mixtes ou à régénération naturelle (19). Par contre, l’emploi des rémanents et bois morts de grande taille, tels que les souches hautes, les chicots (arbres morts sur pied) et les rondins de bois mort au sol (catégorie 1), une réduction des émissions est possible tout au plus à long terme et le risque d’impacter la biodiversité est élevé.

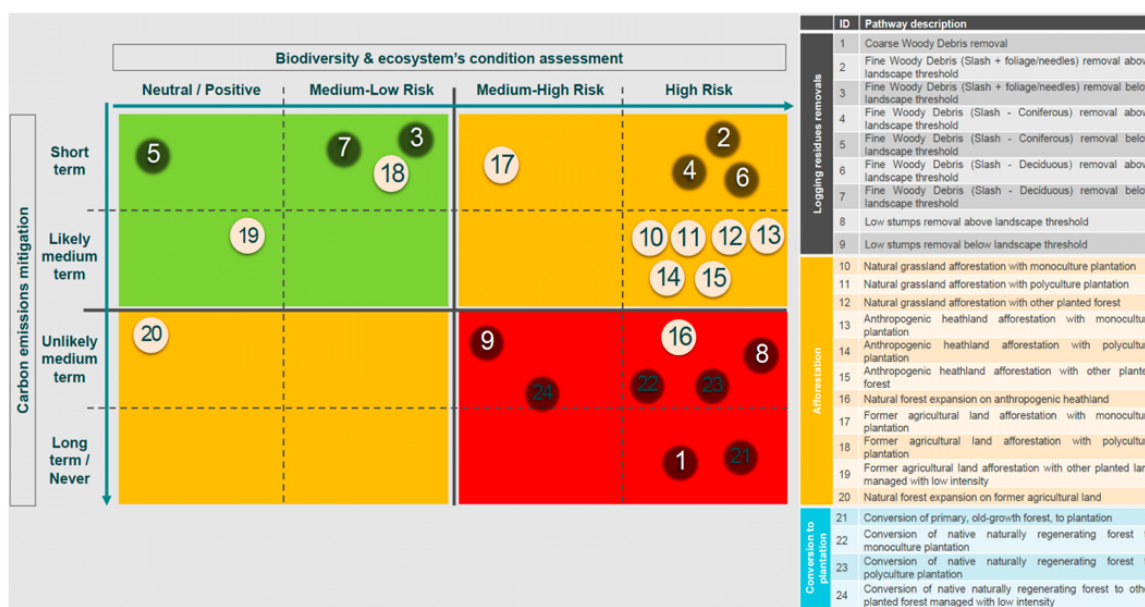


Figure 42. Qualitative assessment of the archetype pathways based on their climate and biodiversity impacts. Black symbols represent pathways referring to 'logging residues removal' intervention, yellow symbols refer to pathways for 'afforestation', and blue symbols refer to 'conversion to plantation' interventions. Uncertainty ranges are placed where payback time for carbon emissions could not be placed within a single one of the already broadly defined levels. The position of the interventions within each sub-section is arbitrary.

Source : JRC 2021

Parmi les autres études récentes, mais appliquées à des cas réels, celle de chercheurs du département de géosciences de l’Université de Copenhague⁷⁰ ont cherché à quantifier les conséquences sur les gaz à effet de serre de la conversion de dix centrales danoises de cogénération du charbon ou du gaz naturel à la biomasse de bois, en calculant notamment la période de récupération carbone. Résultats : le passage du charbon à la biomasse a eu un effet positif sur le CO₂ après six ans en moyenne. Pour le remplacement du gaz, il a fallu attendre dans la plupart des cas entre neuf et 22 ans.

⁷⁰ <https://www.science.ku.dk/english/press/news/2020/report-in-retrospect-the-burning-of-wood-in--district-heating-plants-has-resulted-in-climate-savings/>

Stocks menacés ?

Une étude venue à point nommé, alors que la conversion des centrales à charbon en centrales à biomasse et les importations massives de pellets pour la production d'électricité, cristallise une partie des débats et polémiques actuels sur la bioénergie. Problématique sur laquelle l'EASAC s'est focalisée depuis l'adoption de la REDII, précisément au motif que le « remplacement à large échelle du charbon par la biomasse pour la production d'électricité accroît le CO₂ atmosphérique », sans qu'il ait été démontré si ces effets initiaux pouvaient être inversés dans un laps de temps compatible avec l'Accord de Paris. « La REDII révisée continue à classer la biomasse de la même manière que le solaire, le vent et autres énergies renouvelables et les subventions se poursuivent⁷¹ », alors que des conditions concernant la période de remboursement de la dette carbone n'y ont pas été incluses, critiquent ces scientifiques. Leur crainte : que la REDII favorise encore davantage le développement du commerce international de pellets, avec le risque « d'endommager sérieusement les stocks de carbone forestiers globaux ».

TABLE 43. Total forest carbon stock, by region and subregion, 1990–2020

Region/subregion	Forest carbon stock (million tonnes)			
	1990	2000	2010	2020
Eastern and Southern Africa	30 932	29 642	27 978	26 250
Northern Africa	2 338	2 242	2 190	2 090
Western and Central Africa	61 005	58 253	55 745	52 546
Total Africa	94 274	90 137	85 913	80 886
East Asia	27 110	30 261	33 908	37 907
South and Southeast Asia	45 804	43 792	43 071	41 468
Western and Central Asia	4 180	4 511	4 959	5 358
Total Asia	77 093	78 564	81 938	84 733
Europe excl. Russian Federation	31 625	34 260	36 833	39 192
Total Europe	158 744	162 457	168 069	172 442
Caribbean	1 552	1 783	1 977	2 098
Central America	4 988	4 617	4 270	4 069
North America	136 644	137 730	139 324	139 951
Total North and Central America	143 184	144 131	145 572	146 118
Total Oceania	33 338	33 111	33 077	33 063
Total South America	161 765	154 917	147 917	144 846
WORLD	668 399	663 316	662 485	662 088

Source : FAO 2020

Selon l'évaluation des ressources forestières mondiales⁷², ces stocks n'ont cessé de diminuer depuis trente ans, passant de 668 gigatonnes en 1990 à 662 gigatonnes en 2020, avec toutefois des différences importantes selon les régions (voir tableau ci-dessus): s'ils ont régulièrement augmenté en Europe, ils se sont réduits de plus de 13 millions de tonnes en Afrique et de 17 millions de tonnes en Amérique du Sud. Même constat pour la surface forestière : elle s'est accrue de 19,3 millions d'hectares en Europe depuis 1990⁷³, mais au niveau mondial elle a diminué de 178 millions d'hectares, soit la superficie de la Lybie, bien que le taux de recul se soit ralenti. Il semble donc peu probable que l'objectif mondial d'augmenter la superficie forestière de 3% soit atteint d'ici 2030, prévient la FAO.

Toujours à l'échelle mondiale, il semble intéressant de relever que le bois-énergie est aussi, dans les faits, une énergie de première nécessité dans certains pays, notamment en Afrique⁷⁴

⁷¹ La seule installation de Drax au Royaume-Uni a reçu 789 millions de livres sterling (env. 916 millions d'euros) en 2018. Source: Norton, M.; Baldi, A.; Buda, V.; Carli, B.; ... (9 août 2019). Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy. *GCB Bioenergy* **11**, 1256-1263 <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcbb.12643>

⁷² FAO 2020

⁷³ Forest Europe 2020.

⁷⁴ Madon, G. (2017). Le bois, énergie de première nécessité en Afrique – Une ressource trop souvent négligée. *Afrique contemporaine*, **2017/1-2**, 201-222

où il sert principalement à cuisiner les repas. Tout comme il a joué « un rôle primordial pour nous chauffer et cuisiner depuis des millénaires jusqu'à la Révolution industrielle », avant d'être en partie supplanté par les énergies fossiles⁷⁵. Tandis qu'en Europe, la majeure partie du bois récolté l'est pour le bois d'œuvre ou industriel, comme le montre le tableau ci-dessous. Tant en Europe qu'en Amérique du Nord et Centrale, pour les années 1990 à 2018, le bois-énergie représente en moyenne un quart des récoltes de bois, les trois quarts étant du bois d'œuvre ou d'industrie. Le rapport s'inverse pour l'Asie, avec près de deux fois plus de bois récolté pour l'énergie, soit par ailleurs environ cinq fois plus qu'en Europe et en Amérique du Nord et Centrale.

TABLE 84. Industrial wood and woodfuel removals, by region and subregion, 1990–2018

Region/subregion	Wood removals (million m ³)											
	Industrial roundwood				Woodfuel				Total			
	1990	2000	2010	2018	1990	2000	2010	2018	1990	2000	2010	2018
Eastern and Southern Africa	29	36	35	37	200	250	293	317	229	286	327	354
Northern Africa	3	4	3	2	45	50	54	58	48	53	58	60
Western and Central Africa	32	35	37	41	245	301	351	383	277	337	388	425
Total Africa	61	71	72	79	445	551	644	700	506	623	715	779
East Asia	123	117	184	211	295	236	196	176	418	353	380	387
South and Southeast Asia	137	142	177	206	590	563	557	527	727	705	734	733
Western and Central Asia	9	14	19	25	11	9	11	15	20	22	29	41
Total Asia	268	273	379	442	897	808	764	718	1 165	1 081	1 144	1 161
Europe excl. Russian Federation	n.a.	374	371	430	n.a.	97	140	158	n.a.	470	511	588
Total Europe	642	519	533	650	157	109	154	175	799	628	687	824
Caribbean	1	1	1	1	6	4	5	5	7	6	6	6
Central America	3	3	3	4	34	38	42	44	37	42	45	48
North America	591	628	480	527	123	86	82	111	713	714	562	638
Total North and Central America	595	632	485	532	162	129	129	159	757	761	613	691
Total Oceania	34	47	57	77	9	13	11	10	43	60	68	87
Total South America	110	147	198	248	162	185	162	181	272	332	359	429
WORLD	1 710	1 690	1 723	2 028	1 833	1 795	1 863	1 943	3 543	3 485	3 586	3 971

Note: n.a. = not available.

Source : FAO 2020

« En Europe, les forêts sont gérées de manière à fournir toute la gamme des produits du bois. Tous ces produits forestiers réunis évitent les émissions de CO₂ fossiles en remplaçant des produits à forte empreinte CO₂ », résume l'Association Energie-bois Suisse, dans un argumentaire en faveur de l'usage du bois-énergie publié sur son site, en réaction notamment à la lettre des 500 scientifiques du 11 février et dans le sillage d'AIE Bioenergy. « Les critiques donnent l'impression que des forêts entières sont exploitées pour produire de l'énergie à partir du bois. Toutefois, cela ne reflète pas les pratiques forestières, en particulier en Europe», argumente la faïtière. Et a fortiori en Suisse : « Le bois-énergie est produit et utilisé de manière responsable et durable. C'est ce que garantit déjà notre loi très stricte sur les forêts.»

Concrètement, comment cette gestion durable des forêts est-elle mise en œuvre et contrôlée dans notre pays? Assure-t-elle un usage énergétique du bois favorable au climat, mais aussi à la biodiversité? Et quel rôle jouera, finalement, le bois-énergie à l'horizon 2050, dans le cadre de l'objectif zéro-émissions nette? Telles sont quelques-unes des questions qui seront abordées dans les pages qui suivent.

<https://www.cairn.info/revue-afrique-contemporaine-2017-1-page-201.htm>

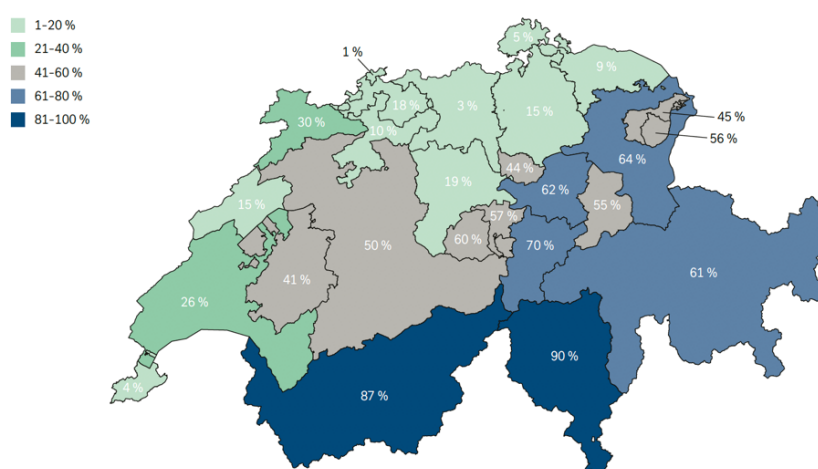
⁷⁵ Vuille F. ; Favrat, D. ; Erkman, S (2015). *Les enjeux de la transition énergétique suisse. Comprendre pour choisir : 100 questions-réponses*. Lausanne : EPFL Press.

« L'homme est capable d'être en osmose avec la nature et, en Suisse, on en a un exemple, c'est la gestion forestière. C'est un exemple d'économie circulaire et de développement durable. Il n'y a pas beaucoup d'autres secteurs aussi vertueux. » Richard Golay (Energie Bois Suisse)

Des forêts pas tout à fait comme les autres

Les forêts couvrent 1,3 million d'hectares, soit 32,1% du territoire suisse. L'Institut WSL les qualifie d'« assez particulières » en comparaison européenne. Les forêts destinées à la protection des infrastructures et des ressources naturelles représentent 41,2% de la surface forestière. Il s'agit de la plus grande proportion d'Europe. L'Autriche (19,2%) arrivant en deuxième position, suivie par la République Tchèque (10,7%)⁷⁶.

Graphique 5.2: Part de forêt protectrice par canton



Part de forêt protectrice par canton
Source : *Annuaire La forêt et le bois 2020*

Sur l'ensemble de notre pays, plus de la moitié de la surface forestière sert de protection contre les dangers naturels. Mais la forêt suisse remplit de multiples autres fonctions, en interdépendance⁷⁷: fourniture de bois, préservation de la biodiversité – un tiers des espèces vivant en Suisse sont tributaires de la forêt – rôle social en tant qu'espace de détente pour la population, sans oublier sa fonction paysagère. Les fonctions prioritaires varient selon les régions. Sur le Plateau la production de bois est prioritaire sur trois quarts de la surface forestière, alors qu'au Sud des Alpes, dans les Alpes et les Préalpes, c'est la protection contre les dangers naturels qui revêt la plus grande importance⁷⁸.

Le type de forêt le plus fréquent est la futaie régulière⁷⁹, qui couvre 60% de la surface forestière pour 72% du volume de bois. Environ 81% des boisements actuels proviennent de régénérations naturelles pures. Soit bien au-dessus de la moyenne européenne, de 68%,

⁷⁶ A l'échelle de l'Europe, les données restent cependant fragmentaires, précise le rapport : sur 20 pays ayant fourni des chiffres sur les forêts de cette catégories, seuls 12 ont déclaré avoir désigné comme telles des forêts de protection. Source : Forest Europe 2020

⁷⁷ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/la-foret-suisse-en-bref.html>

⁷⁸ IFN4

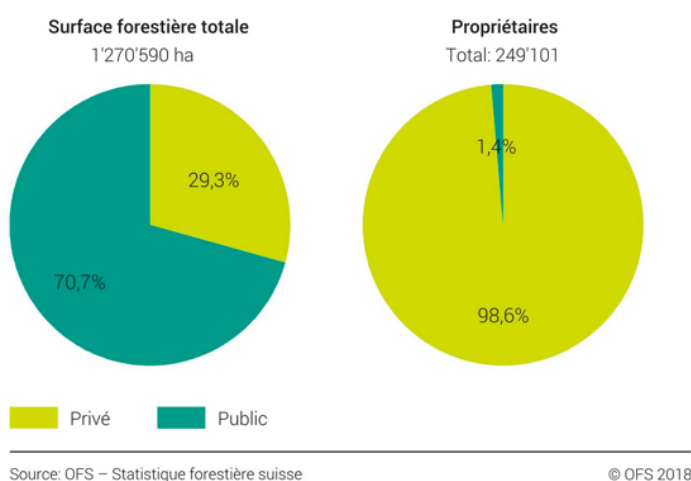
⁷⁹ Futaie composée de peuplements homogènes, bien délimités en surfaces et en étages (strates), voir définitions

hormis sur le Plateau (49%) « où l'on a souvent planté pour régénérer la forêt. »⁸⁰ Au niveau de la gestion forestière aussi, la Suisse est particulière. Elle est l'un des rares pays où les coupes rases sont interdites, et les cultures d'arbres⁸¹, de peupliers par exemple, y sont extrêmement rares : 0,1% des surfaces forestières d'après l'IFN⁸². Les plantations à courte rotation pour le bois de feu sont d'ailleurs considérées comme « contraires au principe de l'utilisation en cascade – valorisation matérielle avant récupération de l'énergie – et ne constituent pas, selon le Conseil Fédéral, une solution viable au sens de la Stratégie de la Suisse en matière de biomasse. »⁸³

62% des forêts sont régulièrement exploitées, 17% rarement et 21%, soit un cinquième, n'est pas exploité, selon l'IFN4. La topographie explique notamment ces différences : la majeure partie des forêts régulièrement exploitées se trouve sur le Plateau (79% de sa surface forestière sont régulièrement exploités) et le Jura (74%) – zones facilement accessibles et productives à basse altitude. Alors que dans les régions montagneuses, où les coûts de récolte sont élevés, l'objectif de gestion premier est souvent d'assurer la fonction de protectrice de la forêt⁸⁴.

Enfin, 1,3 million d'hectares appartiennent à près de 249'000 propriétaires. Environ 71% sont en mains publiques, et quelque 245'000 propriétaires privés se partagent les 29% restants⁸⁵. Alors qu'à l'échelle européenne, 53% des forêts sont propriété publique et 47% privée⁸⁶.

Surfaces forestières par catégorie de propriétaire, en 2017



Source : *Annuaire La forêt et le bois 2020*

⁸⁰ IFN4

⁸¹ Les cultures d'arbres sont des cultures de type agricole, de peupliers ou d'autres plantes ligneuses à croissance rapide, pour la production de bois. Source : IFN4

⁸² IFN4

⁸³ Conseil fédéral (21 juin 2017). *Besoins énergétiques de l'agriculture suisse : situation actuelle et potentiel d'amélioration Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat 13.3682 Bourgeois du 11 septembre 2013.* <https://www.news.admin.ch/news/message/attachments/48785.pdf>

⁸⁴ Blattter C.; Lemm R. ; Thürig, E.; Stadelmann G.; Brändli, U.; Temperli, Ch. (octobre 2020). Long-term impacts of increased timber harvests on ecosystem services and biodiversity: A scenario study based on national forest inventory data. *Ecosystem Services* 45.

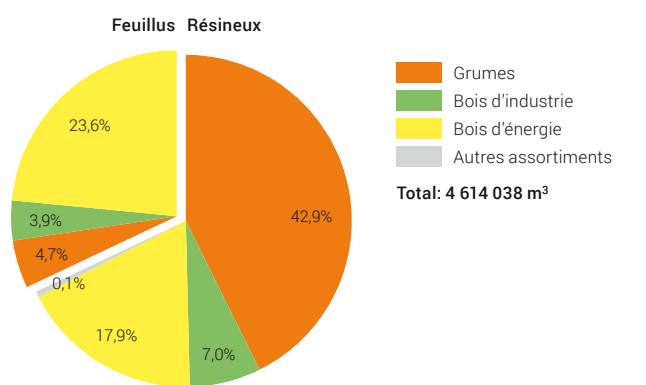
⁸⁵ *Annuaire La forêt et le bois 2020*

⁸⁶ Forest Europe 2020

Le bois suisse en chiffres

Près de 50% de la surface forestière sert à la production de bois, qui constitue la fonction prioritaire sur 31%. Chaque année, environ 7 millions de m³ de bois sont abattus en Suisse, « ce qui correspond à la longueur d'un train marchandise chargé de bois qui s'étendrait de la Suisse à l'Arabie Saoudite »⁸⁷, soit environ 4'000 kilomètres. En 2019, 4,6 millions de m³ ont été récoltés. Cette matière première est initialement répartie en trois assortiments principaux, ou « bois rond »⁸⁸: bois pour la construction et l'ameublement sous forme de grumes, bois-énergie et bois d'industrie pour la production de pâte à bois, de cellulose, et de panneaux de particules notamment.

Récolte de bois, en 2019



Source: OFS – Statistique forestière suisse

© OFS 2020

Le bois est la deuxième ressource énergétique indigène après l'hydraulique, alors que le pays doit importer 75% de l'énergie nécessaire à sa consommation. Celle-ci est couverte en 2019 par 24% d'énergies renouvelables, dont 5,2% provient de la biomasse (4,7% de bois et 0,5% de biogaz). Le bois est utilisé essentiellement pour la production de chaleur, et une petite part pour l'électricité.

Consommation finale d'énergies renouvelables, par technologie 2019		T 8.3.2.3
	Consommation finale en TJ	Part en %
Consommation finale d'énergies renouvelables	201 249	24,12%
Force hydraulique	105 570	12,66%
Energie solaire	9 984	1,20%
Chaleur ambiante	18 017	2,16%
Energie de la biomasse (bois et biogaz)	43 401	5,20%
Energie éolienne	492	0,06%
Part renouvelable des déchets	13 041	1,56%
Energie tirée des installations d'épuration des eaux	1 644	0,20%
Biocarburants	9 100	1,09%
Consommation finale totale	834 210	100,00%

Source : OFEN, statistique des énergies renouvelables⁸⁹

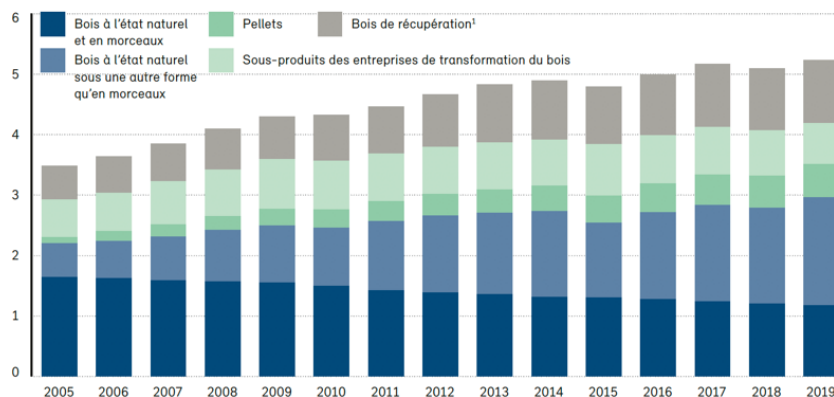
⁸⁷ Source : film *Sur les traces des mystères de la forêt*. https://www.lfi.ch/lfi/lfi_film-fr.php

⁸⁸ Les pourcentages donnés ici sont ceux du bois non-écorcé. Dans le schéma des flux de bois p. 35, ils correspondent aux chiffres des trois cases de la première ligne du tableau, sous "bois rond", donnés en m³ plein, c'est-à-dire de bois rond écorcé. Par bois rond, on entend selon la définition de l'Annuaire La forêt et le bois : « Assortiment de grumes, de bois d'industrie et de bois-énergie produits en forêt. »

⁸⁹ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/fr/home/statistiques/energie.assetdetail.14840713.html>

Entre 2000 et 2018, la consommation globale de bois-énergie a augmenté de presque 60%, passant de 3,28 millions de m³ à 5,23 millions de m³⁹⁰. La consommation de bois naturel « sous une autre forme qu'en morceaux » (granulés, bois déchiquetés, copeaux, sciure)⁹¹ a quasiment quadruplé, parallèlement à une forte augmentation de celle des pellets (+524'000 m³ pour 2018 par rapport à l'an 2000) et du bois de récupération (+640'000 m³).

Graphique 14.4 : Consommation de bois-énergie par type de combustible, 2005-2019, corrigée des variations météorologiques
en millions de m³



1 Y compris bois de récupération utilisé dans les usines d'incinération des ordures ménagères
Source : OFEN, Statistique suisse de l'énergie du bois

En 2019, on dénombrait au total 549'000 unités de chauffages à bois, toutes catégories confondues. L'augmentation de consommation la plus importante est celle des chauffages automatiques (>50kW), de 1,43 millions de m³ soit de 173%, et celle des chauffages spéciaux (chaudières à déchets renouvelables et usines d'incinération des ordures ménagères), de plus de 681'000 m³, soit de 135% par rapport à l'an 2000, alors que depuis 2015 celle des chauffages individuels et centraux au bois diminue.

La gestion durable : bien plus qu'un concept

La forêt suisse est gérée de manière relativement proche de la nature, la régénération s'y fait presque entièrement naturellement⁹², et on ne peut pas y prélever plus de bois qu'il n'en repousse, conformément au principe de durabilité. Ce concept remonte à Hans von Carlowitz, comptable et administrateur des mines saxonnes, qui, au début du 18^{ème} siècle, l'a développé dans son traité d'économie forestière *Sylvicultura æconomica*. Les forêts étaient alors « épuisées par l'étagage et les fours, ainsi que par la Guerre de Trente Ans »⁹³. Il a été inscrit dans la Loi sur les forêts (LFo 1991), mais était déjà ancré dans la loi sur la police des forêts de 1876, reposant « sur la prise de conscience que chaque génération a droit aux mêmes possibilités de rendement. Elle ne peut en utiliser que les intérêts – le bois qui croît – mais ne doit pas toucher au capital – le volume sur pied⁹⁴».

⁹⁰ Chiffres arrondis. La consommation de bois énergie est exprimée en m³ de bois compact en valeurs corrigées des variations météorologiques. Source : *Annuaire La forêt et le bois 2020*

⁹¹ Hormis les pellets, les types de bois se réfèrent à ceux définis comme « bois de chauffage » dans l'Opair. https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/1986/208_208_208/20200401/fr/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-1986-208_208_208-20200401-fr-pdf-a.pdf

⁹² Par rapport à la surface de régénération, la proportion de régénération naturelle est de 92,8%. Il s'agit de la plus forte proportion en comparaison des pays voisins. La Suisse est suivie par l'Autriche et l'Allemagne, alors que dans un pays comme la Tchéquie, plus de 80% de la régénération se fait par plantations. (Source : IFN4)

⁹³ https://fr.wikipedia.org/wiki/Hans_Carl_von_Carlowitz

⁹⁴ OFEV (29.05.2001). *125 ans de loi forestière : un succès durable*.

<https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-8245.html>

Dans le même esprit, le but premier de la LFo est « d’assurer la conservation des forêts dans leur étendue et leur répartition géographique ». Les coupes rases sont ainsi prohibées, sauf à titre exceptionnel, pour permettre l’exécution de mesures particulières. Comme en automne 2020, où une parcelle de 7'000 m² a été rasée dans la forêt du Jorat, dans le cadre du projet « Plantations expérimentales d’essences d’avenir » mené par l’Institut WSL (voir encadré 9)⁹⁵. De même, les défrichements sont interdits, sauf autorisation s’il est démontré que cela répond à des exigences primant l’intérêt à la conservation de la forêt⁹⁶. En général, ils doivent être compensés dans la même région par des plantations, mais des dérogations sont possibles⁹⁷. En 2019, 176 hectares de forêt, soit la surface de 270 terrains de foot, ont été défrichés dans le cadre de 364 décisions cantonales. Principales raisons : l’extraction de matières premières et la correction de cours d’eau. Enfin, tout abattage d’arbre en forêt est soumis à l’autorisation du service forestier.

Encadré 9

Préparer la forêt de demain

Quelles essences forestières, susceptibles d’être adaptées à une station vers la fin du 21^e siècle, qui pourraient déjà y croître aujourd’hui ? Telle est la question à l’origine du projet « Plantations expérimentales d’essences d’avenir », initié en 2020. Un réseau sera établi sur 57 parcelles d’essai réparties dans toutes la Suisse, où 18 essences au total, chacune de 7 provenances, seront observées sur plusieurs décennies. L’objectif : déterminer comment les essences testées prospèrent à long terme sous différentes conditions climatiques. Cela devrait également permettre de mieux comprendre les effets des intempéries et événements extrêmes sur celles-ci.

Le principe de gestion est défini ainsi à l’article 20 : « Les forêts doivent être gérées de manière à ce que leurs fonctions soient pleinement et durablement garanties (rendement soutenu). » Le stockage de CO₂ n’est pas répertorié comme une fonction à proprement parler de la forêt⁹⁸, mais la contribution de la forêt aux cycles mondiaux du carbone fait partie des six critères de durabilité de Forest Europe⁹⁹. C’est en fonction de ces critères, complétés par des indicateurs nationaux et ceux de l’Inventaire fédéral des forêts, que la durabilité de la forêt suisse est évaluée. Le bilan qui en ressort est que de nombreux indicateurs évoluent dans la direction souhaitée, selon l’IFN4.

Des calculs...

Parmi les indicateurs les plus importants, le rapport entre l’accroissement, c’est-à-dire l’augmentation du volume du bois (voir définitions), et le décroissement dû à l’exploitation et à la mortalité naturelle. Pourquoi ? Car il en va de la gestion durable des forêts : celle-ci ne

⁹⁵ 24heures (13.11.2020) : <https://www.24heures.ch/la-foret-de-demain-va-pousser-a-froideville-265096276577>; WSL: <https://www.wsl.ch/fr/projets/plantations-experimentales.html>

⁹⁶ https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/1992/2521_2521_2521/20170101/fr/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-1992-2521_2521_2521-20170101-fr-pdf-a.pdf

⁹⁷ *Annuaire La forêt et le bois 2020*. Les défrichements impliquent que les surfaces concernées ne sont plus considérées ensuite comme forêts, contrairement aux coupes rases.

⁹⁸ <https://www.vd.ch/themes/environnement/forets/la-foret-vaudoise/chiffres-cles/fonctions/>;
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets.html>

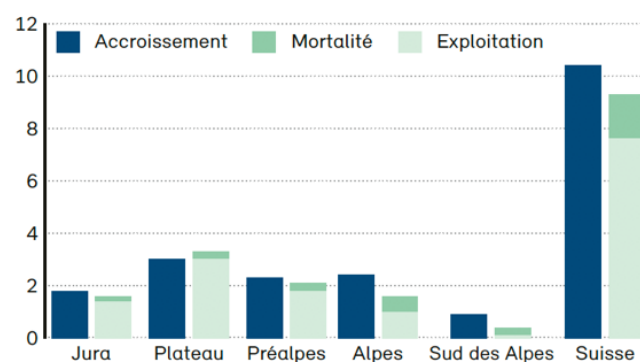
⁹⁹ Ces six critères sont 1. Conservation et amélioration appropriée des ressources forestières et de leur contribution aux cycles mondiaux du carbone 2. Maintien de la santé et de la vitalité des écosystèmes forestiers 3. Maintien et encouragement des fonctions de production des forêts (bois et non bois) 4. Maintien, conservation et amélioration appropriée de la diversité biologique dans les écosystèmes forestiers 5. Maintien et amélioration appropriée des fonctions de protection dans la gestion des forêts (notamment sols et eau) 6. Maintien d’autres bénéfices et conditions socio-économiques. Source : IFN4

peut être garantie « que si l'équilibre entre accroissement et décroissement est maintenue à long terme, sur une période mesurée en générations d'arbres », explique l'OFEV¹⁰⁰. Les calculs se font sur la base de l'Inventaire forestier national (voir encadré 10), en comparant les données des deux derniers recensements, l'IFN4 et l'IFN3.

Résultats : le volume sur pied de l'ensemble des arbres vivants s'est accru de 3,5%, atteignant 421 millions de m³ sur la surface recensée dans l'IFN4, et le volume de bois mort 29 millions de m³. Soit 450 millions de m³ au total, représentant 374m³ par hectare¹⁰¹. Cette moyenne correspond à celle de régions européenne comparables: 337m³/ha pour la forêt autrichienne, 377m³/ha et 396m³/ha pour certaines forêts allemandes, respectivement dans le Bade-Wurtemberg et en Bavière. Entre l'IFN3 et l'IFN4, l'accroissement moyen sur les surfaces forestières communes est de 10,4 millions de m³/an. Quant au décroissement, il est de 8,9 millions de m³/an entre les deux IFN, soit d'environ 14% inférieur à l'accroissement, avec cependant des différences importantes entre les régions.

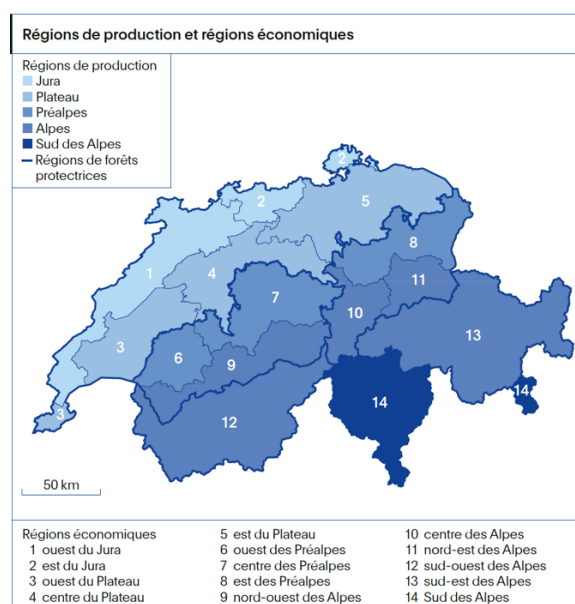
Graphique 3.2 : Accroissement, exploitation et mortalité par région, IFN3-IFN4

Bois de tige en écorce; en millions de m³/an



Source : Inventaire forestier national (IFN3 2004/06-IFN4 2009/17), WSL

Source : *Annuaire La forêt et le bois 2020*



Source : IFN4

¹⁰⁰ *Annuaire la forêt et le bois 2020*

¹⁰¹ Volume des arbres vifs et morts de la forêt accessible, sans la forêt buissonnante (voir définitions)

« Dans le Jura et les Préalpes, l'accroissement a été presque entièrement épuisé », soulignent les auteurs de l'IFN. Sur le Plateau, la situation semble problématique en termes de durabilité¹⁰², avec un décroissement supérieur de 10,4% à l'accroissement. Plus précisément, entre l'IFN3 et l'IFN4, les exploitations de bois représentent 3 millions de m³/an et la mortalité 0,28 millions de m³, soit un décroissement de 3,28 millions de m³/an, alors que l'accroissement est de 2,97 millions de m³/an. Il en était déjà ainsi pour la période IFN2-IFN3 « situation qui n'est pas durable à terme », avertissent les auteurs de l'IFN. A l'échelle suisse, les exploitations et la mortalité sont supérieures à l'accroissement pour le pin uniquement. Par contre, pour le Plateau, le problème concerne également l'épicéa, le mélèze et le chêne¹⁰³.

De plus, conséquence principalement de l'intensité d'exploitation, plus les chablis et attaques de scolytes, depuis l'IFN3 le volume par hectare a diminué de 4%, passant de 396m³/ha à 382m³/ha, la plus forte diminution, de 32m³/ha, concernant le centre du Plateau. Au cours des 20 dernières années, ce volume a chuté de 11%¹⁰⁴

Encadré 10¹⁰⁵

La forêt en échantillons

La Suisse compte quelque 500 millions d'arbres. Comme on ne peut les comptabiliser un par un, l'IFN procède par échantillonnage systématique. La carte de Suisse est quadrillée en 21'000 carrés identiques. Les intersections de cette trame constituent les points d'échantillonnage, dont environ 6'500 se situent en forêt : les placettes d'échantillonnages.

Ces 6'500 emplacements, vérifiés d'abord comme étant bien des forêts sur la base d'analyse de photos aériennes, seront tous visités par les équipes de l'IFN et feront l'objet de relevés détaillés, sur une surface de 50m sur 50m. Pour ces relevés terrestres, le centre de chaque placette est marqué par un tube, centre de deux cercles. Dans le plus grand (500 m²), les arbres sont mesurés à partir de 36cm à hauteur de poitrine, dans le plus petit (200 m²) à partir de 12 cm. Dans un troisième cercle, tous les jeunes arbres sont comptabilisés à partir d'une hauteur de 10cm.



Autres données relevées : la quantité de bois mort, la hauteur et le diamètre du tronc de certains arbres à 7m de haut, la quantité de bois exploité et l'âge des peuplements en comptant les cernes des arbres abattus, les arbres endommagés ou instables, l'évolution de la diversité des espèces et les grands arbres-habitats. Les relevés sont complétés par les informations des gardes forestiers, par exemple sur les coûts de récolte du bois. Les données terrestres et aériennes sont rassemblées et interprétées par l'IFN. Les résultats sont ensuite extrapolés à l'ensemble de la Suisse.

Chaque année, environ 700 placettes font l'objet de relevés. Il faut donc 9 ans pour que toutes soient enregistrées. Le premier inventaire a été réalisé entre 1983 et 1985, le deuxième entre 1993 et 1995, le troisième de 2004 à 2006 et le dernier en date, l'IFN 4, a été établi sur la base des relevés 2009-2017.

¹⁰² La durabilité de l'exploitation du bois se mesure généralement en comparant l'accroissement net, c'est-à-dire l'accroissement brut auquel on soustrait la mortalité, aux exploitations. C'est la norme utilisée notamment par Forest Europe. Les auteurs de l'IFN estiment toutefois « préférable » de comparer les exploitations plus la mortalité avec l'accroissement brut, comme dans le graphique 3.2. Source : IFN4

¹⁰³ IFN4

¹⁰⁴ IFN4

¹⁰⁵ Source : film *Sur les traces des mystères de la forêt*, https://www.lfi.ch/lfi/lfi_film-fr.php

... aux planifications

Mais comment détermine-t-on la quantité d'arbres que l'on peut récolter dans les forêts de Suisse ? Et qu'est-ce qui garantit une gestion forestière durable?¹⁰⁶ Outre les connaissances, la sensibilisation et le savoir-faire des forestiers, deux instruments y contribuent principalement : les planifications et les certifications. « La possibilité est calculée d'après un inventaire forestier par échantillonnage. Elle prend en compte l'accroissement de la forêt et la décapitalisation. En effet, pour chaque type de forêt, il y a un modèle optimal de la quantité de bois par hectare pour avoir une forêt durable, résistante, et résiliente. Donc, dans certains cas, il y a une décapitalisation nécessaire du matériel sur pied pour arriver à ce modèle », explique Jan-Matti Keller, inspecteur forestier à l'Etat de Vaud. « Pour résumer, les forestiers exploitent l'accroissement de la forêt, ainsi qu'une partie de décapitalisation dans certains cas. C'est ce que l'on appelle le rendement soutenu. »

Toute coupe de bois ou autre intervention sylvicole nécessite, évidemment, une autorisation du service des forêts concerné, qu'il s'agisse d'une forêt publique ou privée. Cette obligation est inscrite dans la loi forestière suisse, qui stipule que l'aire forestière doit être préservée. Mais la durabilité se joue aussi aux niveaux écologique, économique et social. Outil indispensable pour tenir compte de ces différents facteurs : les documents de planification. Selon la loi fédérale sur les forêts, la tâche d'édicter les prescriptions en la matière est déléguée aux cantons. Il existe généralement des documents de planification à la fois au niveau cantonal et au niveau local, c'est-à-dire de chaque entreprise forestière. Fin 2017, 88,6% des surfaces forestières étaient couverts par au moins un plan. Comparativement, en Europe la proportion est en moyenne de 76%, avec d'importants écarts – de 7,5% à 100% selon les pays –, de leur caractère obligatoire ou non, et de réglementation quant au volume de récolte, aux mesures de régénération, aux soins et autres opérations sylvicoles ou encore au volume de bois mort¹⁰⁷.

Les plans de développement cantonaux, qui « fixent les objectifs à long terme et les moyens de les atteindre » sont contraignants, au même titre que les plans directeurs en matière d'aménagement du territoire¹⁰⁸. 74% de la surface forestières suisse étaient couverts par un plan de développement forestier cantonal, et 59% gérée sur la base d'une planification locale. Ces planifications locales diffèrent d'un canton à l'autre : obligatoires quel que soit le type de propriété dans certains cantons, elles se limitent aux forêts publiques dans d'autres. De plus, elles s'appliquent généralement à partir d'une certaine surface de forêt. Dans le canton du Jura, un plan de gestion est imposé à tous les propriétaires de forêts à partir de 50 hectares : « C'est à la fois un outil de pilotage pour le propriétaire et un outil de contrôle pour l'Etat. Il définit quel est le volume de bois qu'il est possible d'exploiter durablement par année. Tous les quinze ans ce plan doit être révisé, ce qui permet d'avoir vraiment un contrôle sur la durabilité », explique Mélanie Oriet, Responsable du Domaine Forêts et Dangers naturels pour le Canton du Jura. Dans le canton de Vaud, c'est à partir de 20 hectares, à Genève de 10 hectares, à Fribourg (voir encadré 11) pour les forêts publiques¹⁰⁹.

¹⁰⁶ IFN4

¹⁰⁷ Forest Europe 2020

¹⁰⁸ IFN4

¹⁰⁹ Gollut C. ; Rosset Ch. – HAFL (Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires), sur mandat de l'OFEV (juin 2018). *Etat de la planification forestière dans les cantons en 2017*.

Encadré 11

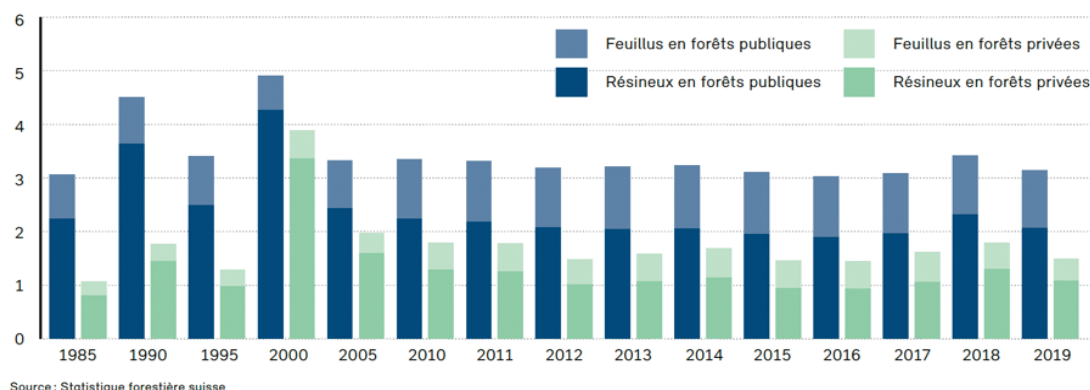
Comment on planifie les coupes: l'exemple fribourgeois¹¹⁰

Dans le canton de Fribourg, les plans de gestion sont obligatoires pour toutes les forêts publiques. Dans certains cas, ils peuvent être élaborés pour des forêts privées. La démarche se fait en collaboration avec le Service des forêts et de la faune, qui fournit les données de base et approuve la planification sylvicole et ses interventions. « Il n'y a pas si longtemps », les forestiers faisaient chaque décennie un inventaire de tous les arbres, en relevant là la fois leur espèce et leur diamètre. Ces informations permettaient de calculer, pour chaque forêt, le volume de chacune des espèces selon les catégories de diamètres. Aujourd'hui, ce sont les prises de vue aériennes qui permettent de créer les cartes des peuplements pour l'ensemble du territoire forestier. Grâce à l'expérience des inventaires antérieurs, il est possible d'estimer le volume du bois et l'accroissement pour chacun, donc d'obtenir des informations fiables sur la composition de la forêt et son évolution. Après chaque intervention importante, une mise à jour est faite. Sur la base de l'interprétation des photos aériennes et en parcourant les peuplements, le forestier pourra planifier les interventions pour les 15 ans à venir, dans une perspective durable. Il déterminera les possibilités de coupe pour les divers stades de développement, en différenciant feuillus de résineux, et en fonction de l'urgence des interventions. À l'avenir la planification devrait faire encore davantage appel à l'informatique.

Et dans les forêts privées ?

« Le plan de gestion reste une exception dans la forêt privée, constituée principalement de petites propriétés », constate l'IFN4. En moyenne, un propriétaire privé possède 1,5 hectare de forêt, et seulement un sur dix possède une surface forestière de plus de cinq hectares, en une ou plusieurs parcelles¹¹¹. En 2019, les forêts privées représentaient 29% de la forêt suisse et ont fourni 32% du bois abattu (en vert ci-dessous), dont 592 millions m³p de bois-énergie. Les forêts publiques 68% (en bleu), dont 1321 m³p de bois énergie¹¹².

Graphique 4.3 : Récolte de bois dans les forêts publiques et privées, 1985-2019
en millions de m³p



En cas de demande de coupes de bois dans des forêts privées, sur quelles bases les Services des forêts se déterminent-ils et s'assurent-ils que l'intervention s'inscrit bien dans une perspective durable? « Les gardes forestiers locaux sont des spécialistes qui connaissent très bien les forêts de leur compétence et peuvent donc bien juger la durabilité d'une intervention, selon les principes de la loi fédérale sur les forêts. Ils sont chargés de marquer les arbres à abattre et ils peuvent s'appuyer sur leur connaissance des bases de planification. Mais les

¹¹⁰ <https://www.fr.ch/energie-agriculture-et-environnement/forets/planification-sylvicole>

¹¹¹ *Les propriétaires forestiers en Suisse*

¹¹² On parle de m³ plein pour du bois rond écorcé. Le bois rond désigne, selon l'Annuaire La forêt et le bois, les assortiments de grumes (bois de tige écorcé), bois d'industrie et bois-énergie produits en forêts.

propriétaires privés qui exploitent régulièrement leurs forêts disposent eux aussi souvent d'un plan de gestion », explique Roberto Bolgè, de la division Forêt de l'OFEV. Par ailleurs, environ 15% d'entre eux n'exploitent pas du tout matériellement leur forêt, en particulier pour la production de bois (voir encadré 12)

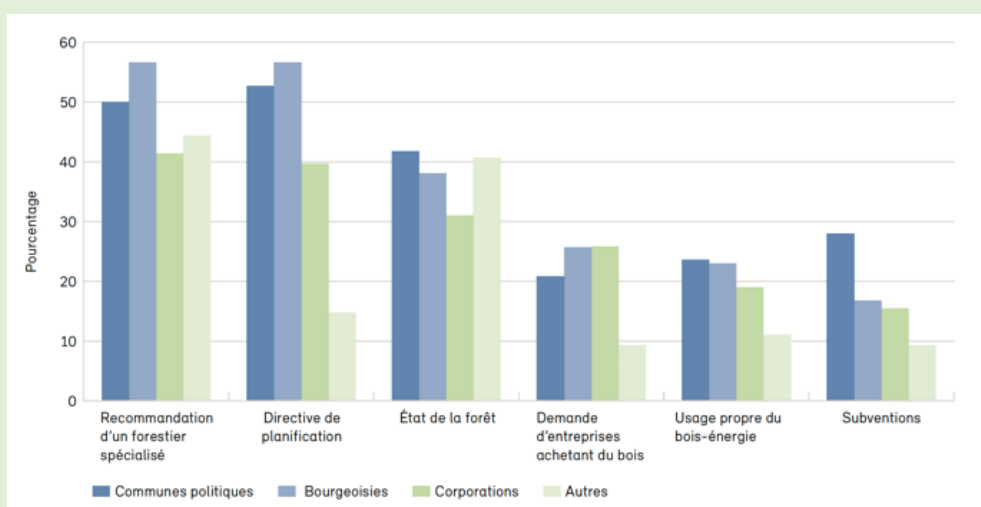
Encadré 12

Objectif numéro un : une forêt saine et stable

Selon l'étude menée par l'OFEV en 2018 auprès des propriétaires privés¹¹³, la production de bois-énergie compte parmi leurs objectifs prioritaires, bien avant la production de grumes de sciage. Mais, en premier lieu, la majeure partie d'entre eux veut disposer d'une forêt saine et stable. Cet objectif est également la priorité numéro une des propriétaires publics. Par ailleurs, l'utilité immatérielle de la forêt, comme ressource pour les générations futures par exemple ou pour le sentiment de bien-être, prime à leurs yeux sur son utilité matérielle, révèle l'étude.

Les résultats de la figure ci-dessus concernent les 2/3 des propriétaires, à savoir ceux ayant déjà réfléchi aux objectifs visés en exploitant leur forêt. Ainsi, si 92% d'entre eux ont pour priorité d'avoir une forêt saine et stable, ils représentent 60% par rapport à l'ensemble des propriétaires interrogés.

Comme pour les propriétaires privés, l'objectif premier de la presque totalité des propriétaires publics – sur les 80% ayant réfléchi aux objectifs liés à leur forêt – est d'avoir une forêt saine et stable. La production de grumes et de bois d'industrie est prioritaire par rapport à la production de bois-énergie, qui n'arrive qu'en cinquième position. Ce qui peut sembler paradoxal : « Nombre de propriétaires publics, en particulier les communes politiques, ont doté ces dernières années leurs bâtiments d'installations de chauffage au bois d'une puissance parfois élevée », relève l'OFEV dans ce même rapport. Quant aux déclencheurs des coupes de bois, il s'agit le plus souvent des recommandations d'un forestier spécialisé et le respect de la planification, puis de l'état de la forêt. Les facteurs économiques et l'usage du bois-énergie n'arrivent qu'ensuite.



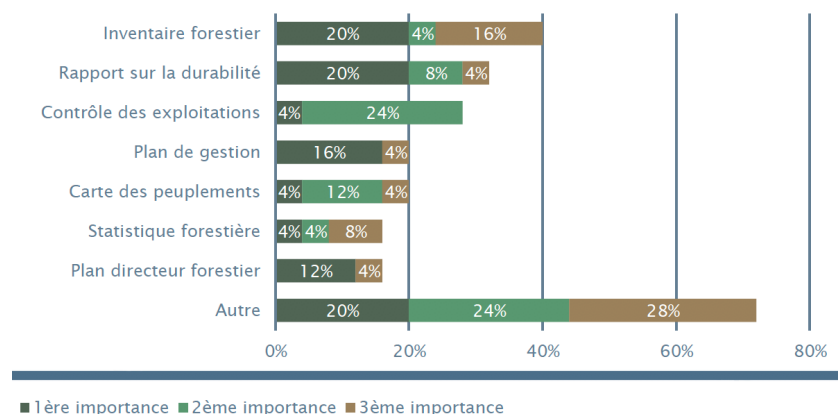
Les déclencheurs de coupes de bois dans les forêts publiques.

Source : *Annuaire La forêt et le bois 2020*

¹¹³ *Les propriétaires forestiers en Suisse*

Des contrôles...

Si planifier le développement forestier est une chose, contrôler sa durabilité effective en est une autre. Lors de l'enquête menée en 2017 sur mandat de l'OFEV auprès de 25 responsables cantonaux de la planification forestière¹¹⁴, l'instrument le plus cité était l'inventaire forestier, suivi par le rapport cantonal sur la durabilité des forêts et le contrôle des exploitations.



Résultats des réponses à la question : « Quels instruments vous permettent de contrôler le développement durable des forêts sur le territoire cantonal ? » Ceux-ci sont énumérés par ordre d'importance. Source : Enquête 2017 sur l'état de la planification forestières dans les cantons.

La Confédération propose aux cantons une série de treize indicateurs de base pour six critères : ressources forestières, santé et vitalité, fonctions de production, diversité biologique, fonctions de protection, fonctions socio-économiques¹¹⁵. Toujours selon cette enquête, deux tiers des cantons utilisaient ces indicateurs et la moitié avait rédigé un rapport cantonal sur la durabilité, en définissant notamment des valeurs-cibles et limites leur permettant d'apprécier l'état et l'évolution de leurs forêts. Efficace ? Oui, selon la majorité des aménagistes, qui estiment que ces instruments permettent « un constat global clair quant au développement durable des forêts de leur canton, même si cela n'est pas évident. » Principal écueil rencontré, le manque de certaines données suffisamment actuelles et précises à l'échelle cantonale pour évaluer les treize critères. Autre aspect à améliorer : la transmission du savoir relatif à la planification, « pas systématiquement assurée au sein des services forestiers ». A noter que depuis l'an dernier, les cantons, avec le groupe de travail WaPlaMa (Waldplanung und management) de la Société forestière suisse, ont lancé un projet pour, entre autres, développer une solution à ces difficultés.

... et des labels

Quant aux certifications, il existe essentiellement deux labels garantissant que la production est durable et socialement acceptable : FSC (Forest Stewardship Council) et PEFC (Program for the Endorsement of Forest Certification Schemes). En Suisse, 51% de la surface forestière est certifiée, ce qui correspond à la moyenne européenne (52%¹¹⁶). « La proportion de forêts certifiées peut varier rapidement car elle dépend de l'analyse coûts-bénéfices à laquelle procèdent les propriétaires et entreprises », précise l'IFN. Le label « Bois suisse », largement utilisé, n'a par contre aucune implication sur la manière de gérer les forêts, garantissant uniquement l'origine du bois.

¹¹⁴ Voir note 103

¹¹⁵ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/gestion-forestiere/planification-forestiere.html>

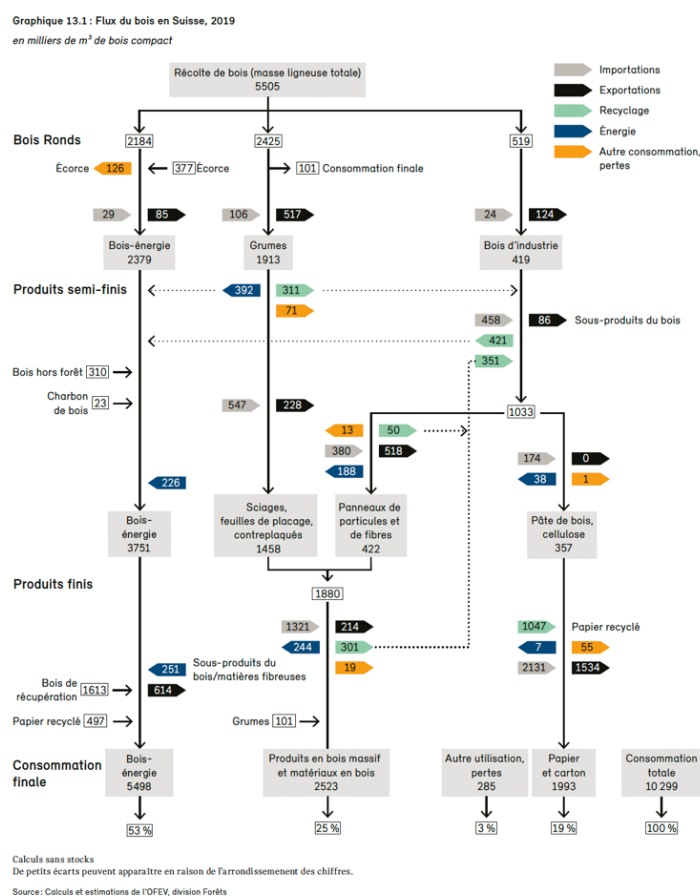
¹¹⁶ Forest Europe 2020

Le bois-énergie en Suisse, en 7 questions

1. Quel bois utilise-t-on pour l'énergie ?

En Suisse, le bois utilisé à des fins énergétiques représente 53% de la consommation finale de bois. Au bois-énergie issu directement de la forêt, viennent s'ajouter des sous-produits de scierie, du bois hors forêt issu par exemple de l'entretien des espaces verts, des bords de route ou des bois flottants sortis des lacs, ainsi que du bois de récupération¹¹⁷. Le bois-énergie consommé se répartit comme suit¹¹⁸ : 56,5% de bois à l'état naturel, 13% de résidus de bois – provenant des entreprises de transformation du bois, 20% de bois de récupération et 10,5% de pellets. Ces derniers sont généralement produits à partir de sciures et autres résidus, mais parfois aussi à partir de bois rond.

Le graphique ci-dessous illustre les flux du bois en Suisse, de la récolte en forêt jusqu'à l'utilisation finale en énergie, matériaux bois, papier ou carton.



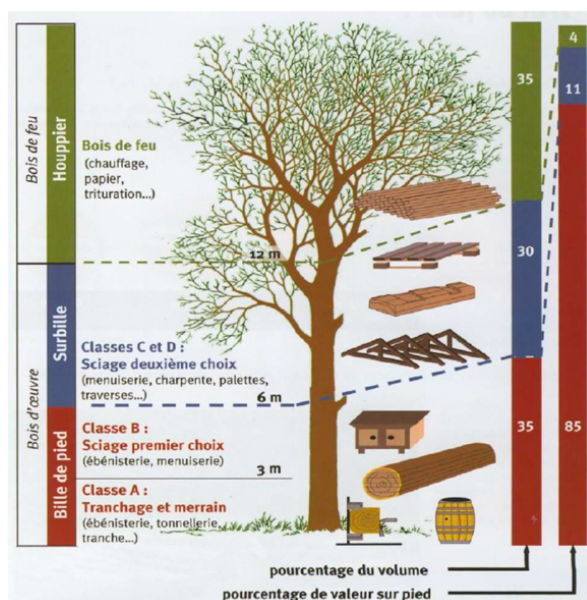
Source : Annuaire La forêt et le bois (2020)

Le bois-énergie primaire, issu directement de la forêt, est généralement un produit connexe de l'exploitation du bois de service, appelé aussi « bois d'œuvre » – c'est-à-dire le bois livré aux scieries et destiné à la construction ou à la fabrication de meubles. « Le bois-énergie est obtenu principalement à partir de bois de tige non affiliées au bois d'œuvre car non

¹¹⁷ Annuaire La forêt et le bois 2020. Calcul fait sur la base des chiffres du tableau 14.2

¹¹⁸ Stettler, Y. – Basler&Hofmann AG (août 2020). Schweizerische Holzenergiestatistik Erhebungsjahr 2019. Sur mandat de l'OFEN. <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistiques-sectorielles.html#kw-96276>

conformes, et partiellement à partir de restes de coupe tels les branchages, cimes et houppiers, appelés rémanents de coupe », détaille François Schaller, chef de la division Approvisionnement et planification énergétique à la Direction de l'énergie du canton de Vaud. Une partie doit cependant être laissée sur le sol pour favoriser la biodiversité¹¹⁹. L'assortiment peut aussi intégrer des produits d'éclaircies, « c'est-à-dire des arbres de petit diamètre prélevés dans des forêts jeunes pour faire de la place, mais qui ne peuvent être utilisés pour le sciage », ajoute Mélanie Oriet, ingénieure forestière et responsable du domaine Forêts et Dangers naturels à l'Office de l'environnement du canton du Jura.



Source : Pascal Junod, responsable Centre de compétence en sylviculture (Lyss)

Sur le terrain, dans la forêt des Agittes

Pour mieux comprendre ce qu'il en est sur le terrain, nous avons rendez-vous à Corbeyrier, sur les hauts d'Yvorne, avec Laurent Fivaz, responsable du bois-énergie pour le Groupement forestier des Agittes. Cette entreprise entretient environ 4'000 hectares de forêts publiques pour six communes, plus quelques centaines d'hectares appartenant à des privés. Elle a également repris, il y a six ans, la petite scierie de Corbeyrier. En cette matinée de novembre, des coupes de bois sont programmées dans une zone en forte pente, le long de la route de Boveau. Une forêt principalement d'épicéas, de sapins blancs, de tilleuls et de hêtres. En contrebas, le torrent d'Yvorne. A notre arrivée, les forestiers sont déjà à l'œuvre, dans le bruit des tronçonneuses. Comment sont choisis les arbres à abattre ? « Il y a plusieurs critères. D'abord, de la fonction prioritaire de la forêt dans une zone donnée. Ici, c'est la protection par rapport au torrent. Il faut que donc cette ère soit stable. Or, voyez là-bas un gros arbre a versé. Si on n'intervient pas, d'autres vont suivre et créer des niches d'arrachement, avec un risque de glissement de terrain et d'embarde sur le torrent. On enlève donc les arbres trop lourds et instables », explique Laurent Fivaz. Autre critère, le changement climatique : « De manière générale, on essaie de favoriser les feuillus, mieux adaptés. On prépare ainsi le terrain pour nos successeurs. »

Craquement à quelques mètres. Un grand épicéa tronçonné s'écroule dans la pente. A l'aide de câbles, il est lentement hissé au bord de la route. Le tronc est d'abord ébranché, puis débité

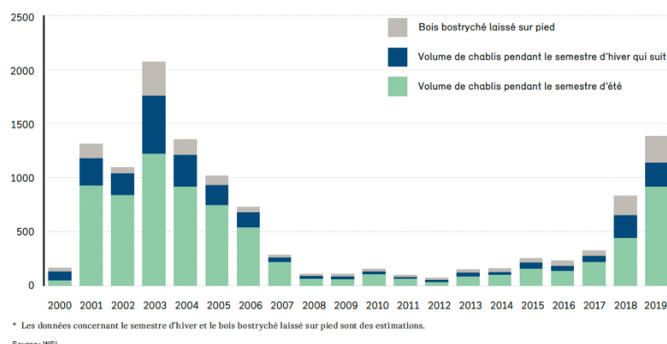
¹¹⁹ Voir question 4, p. 46 ss

en billons, dont deux de quatre à cinq mètres ce jour-là, la commande d'une scierie. Le reste, de même que les troncs de moindre qualité, ce sera du bois-énergie : des bûches pour les clients privés, une tradition depuis des décennies, mais surtout, depuis 2012, des copeaux pour la centrale de chauffage à distance de Villeneuve. Gérée par Groupe E, cette installation fournit de la chaleur à quelque 250 bâtiments¹²⁰, dont l'hôpital Riviera-Chablais. Et engloutit aujourd'hui quelque 20'000 m³ de copeaux par année. Pourtant, la manière de travailler n'a pas changé, assure Laurent Fivaz : « On exploite nos forêts comme avant, c'est-à-dire qu'on ne fait pas de coupe exprès pour le bois énergie. Simplement, on met en valeur les branchages et autres rémanents de coupe, qui autrement seraient laissés en forêt. » S'y ajoutent les résidus ligneux issus de la scierie, et du bois racheté à des communes voisines ou à des privés.

Entre sécheresse et bostryches

« Le bois n'est quasiment jamais récolté pour l'énergie d'abord, mais pour une utilisation matérielle. Mais ces dernières années, les épisodes de sécheresse et les attaques d'insectes tendent à changer la donne », constate Gilliane Bowmann, de l'Institut WSL. Dans le canton du Jura notamment, la situation sanitaire forestière est « qualifiée de catastrophique », se désole Mélanie Oriet : « Nous avons énormément de dégâts en forêt dus aux bostryches, qui attaquent les résineux et cause à terme la mort de l'arbre. Même en réagissant très vite, le bois subit une dépréciation en raison du bleuissement, si bien que les scieries n'en veulent plus, ou seulement à bas prix. L'autre problème est le dépérissement de forêts entières de hêtres, à cause des sécheresses successives. En 2019, entre 3'000 et 4'000 hectares ont été touchés, à des degrés divers. En termes de volume, cela représente 200'000 m³ de bois, dont la majeure partie n'était plus commercialisable comme bois d'œuvre. Ces phénomènes font que l'on se retrouve avec une surabondance de bois de forêt qui est utilisé comme bois-énergie. » Une solution gage de quelques revenus pour les propriétaires des forêts ravagées, mais qui ne résout pas le problème de la reconstitution de ces forêts endommagées. « Replanter de nouveaux arbres lorsque les dégâts sont d'une telle ampleur coûte très très cher, même s'il existe des subventions pour favoriser la plantation de certaines essences comme les chênes ou d'autres essences rares », explique Mélanie Oriet. « Par exemple, un propriétaire dont la forêt de hêtres aurait totalement séché sur 2 hectares, pourrait toucher 7'000 à 8'000 frs à l'hectare pour sa plantation. Cela peut paraître beaucoup, mais en réalité cela ne couvrira qu'une petite partie des coûts, les plantations exigeant un gros de travail et un suivi attentif. Le reste, c'est le propriétaire qui va devoir le supporter. »

Graphique 2.1 : Volume de chablis – dégâts du bostryche, 2000-2019
en milliers de m³



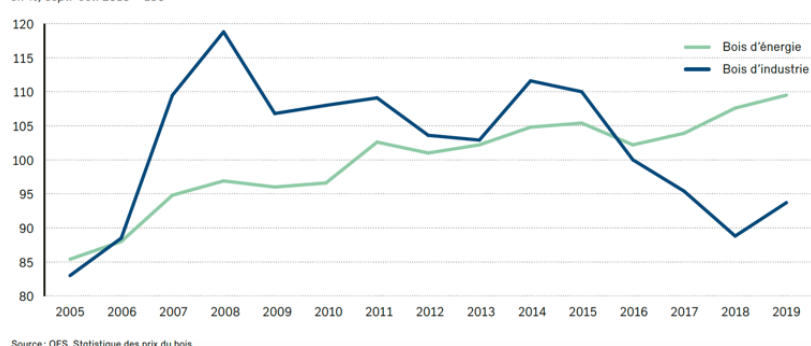
Outre les sécheresses, les dégâts dus aux bostryches (chablis) impactent la filière bois. Source : *Annuaire La forêt et le bois 2020*

¹²⁰ <https://api.geo.admin.ch/rest/services/energie/MapServer/ch.bfe.thermische-netze/tn866/extendedHtmlPopup?lang=fr>

Filière sur le fil

Même indépendamment des dégâts biologiques et abiotiques, l'économie et le marché du bois jouent un rôle non négligeable. Ainsi, explicite François Schaller, la stratégie cantonale vaudoise fait l'hypothèse qu'à terme, le bois alloué à l'industrie (environ 20'000 tonnes par année) pourrait être réaffilié au bois-énergie : « La filière du bois d'industrie, destinée à la production de papier et de panneaux, est en difficulté économique tant au niveau suisse qu'europpéen. Il n'y a à ce jour plus qu'une usine en activité en Suisse. » La tendance est globalement à la baisse pour le bois d'industrie¹²¹, dès lors moins avantageux pour la filière que le bois-énergie. Au Triage des Agittes, les troncs de qualité industrielle sont d'ailleurs déchetés en copeaux : « En 22 ans, nous n'avons produit qu'un seul lot de bois d'industrie. Il n'y a d'ailleurs presque plus de marché pour cet assortiment-là. La dernière papèterie de Suisse a fermé il y a quelques mois et la production de panneaux est meilleur marché à l'étranger », décrit Laurent Fivaz.

Graphique 15.2 : Indice des prix du bois d'industrie et du bois-énergie, 2005-2019
en %, sept.-oct. 2015 = 100



Les scieries souffrent aussi de la concurrence étrangère et disparaissent souvent faute de repreneurs. En 2019, la Suisse a importé plus de 195'000 tonnes de sciages, pour 122'000 tonnes exportées. Alors que le secteur de la construction utilise de plus en plus de bois, c'est d'usines hautement spécialisées à l'étranger que proviennent souvent les produits finis et semi finis nécessaires, relève Energie-bois Suisse¹²². Faute de demande en Suisse, quelque 466'000 tonnes de grumes, dont deux tiers de résineux, ont été exportés en 2019, principalement en l'Europe, et même une part de 26,9% en Asie – ce qui interroge quant à l'impact environnemental. « Sans le débouché du chauffage à distance pour les sous-produits, on n'aurait pas pris le risque de relancer l'exploitation de la scierie de Corbeyrier », reconnaît Laurent Fivaz.

« Changement de paradigme »

Mais pourrait-on en venir à récolter du bois spécifiquement pour l'énergie ? La question se pose, entre le développement des chauffages à distance, les difficultés de la filière, et le fait que les forêts ne sont pas rentables pour leurs propriétaires : elles ne génèrent aucun revenu ou sont une activité à perte pour 62% des communes et pour 81% des autres propriétaires publics – tels qu'associations, bourgeoisies ou paroisses¹²³. Et les 667 entreprises forestières suisses affichaient fin 2019 un découvert total de 41 millions de francs, avec un bilan positif

¹²¹ *Annuaire La forêt et le bois 2020*

¹²² Energie-bois Suisse (31 mars 2020), *Une exploitation forestière durable grâce au bois-énergie*. Communiqué de presse www.energie-bois.ch

¹²³ *Les propriétaires forestiers en Suisse*

pour 43% d'entre elles¹²⁴. « Dans certaines régions de Suisse, voire du canton de Vaud, il arrive que l'on fasse une coupe spécifiquement pour le bois-énergie, mais c'est relativement rare », estime François Schaller. Pierre Cothureau, responsable planification, inventaire et cadastre forestier au Service des forêts et de la nature de l'Etat de Fribourg, relève pour sa part : « Hormis certaines essences qui sont mises aux enchères et valorisées localement, les feuillus n'ont plus vraiment de valeur en bois de service, si bien qu'on a de plus en plus tendance à mettre directement l'entier de l'arbre comme bois-énergie. C'est moins compliqué pour le forestier et tout aussi rentable que de faire la distinction entre une partie bois de service et une partie énergie. » Autre tendance émergente : l'utilisation de bois rond pour la production des pellets au lieu des sous-produits de scierie traditionnels (voir encadré).

Pour Energie-bois Suisse, il s'agit là d'un « changement de paradigme » : si, par le passé, on récoltait le bois « majoritairement sous forme de produits fatals, c'est-à-dire issus des parties de l'arbres de moindre qualité (...) beaucoup d'interventions en forêt ont aujourd'hui pour but de récolter du bois-énergie, » notamment pour en faire des plaquettes.¹²⁵ Reste à savoir si ces tendances vont s'accroître et s'il pourrait devenir pertinent d'évaluer leur éventuel impact climatique. Puisque, selon les études scientifiques, le type d'assortiment de bois utilisé pour l'énergie influence la période de récupération carbone, donc la durée nécessaire pour que cette utilisation devienne avantageuse climatiquement par rapport à d'autres solutions.

Encadré 13

Du bois rond pour les pellets

« Traditionnellement, en Suisse, environ 95% des pellets sont produits soit à partir de sciures et copeaux résiduels provenant des scieries, soit de la deuxième transformation du bois dans les menuiseries », rappelle Richard Golay (Energie-bois Suisse). Mais des entreprises comme Valpellets à Uvrier qui alimente notamment à Anzère un des plus grands chauffages à distance à pellets d'Europe centrale¹²⁶ – ou Bestpellets à Dudingén, utilisent en partie du bois rond provenant directement des forêts. « Ce bois devant être séché avant d'être transformé, il faut avoir accès à une source de chaleur bon marché et renouvelable, car il serait aberrant écologiquement que l'on brûle du mazout ou du gaz pour sécher du bois. » Bestpellets a recours au biogaz, tandis que Valpellets utilise ainsi la chaleur issue des déchets ménagers.

Au niveau international, les pellets sont déjà produits à large échelle à partir de bois rond, notamment aux Etats-Unis, et exportés pour alimenter les centrales à charbon converties en centrales à biomasse. En Suisse, la demande a augmenté de 5% en 2018. La consommation a atteint 242'000 tonnes, alors que la production indigène s'est montée à 154'000 tonnes, dont 285 ont été exportées vers l'Italie principalement et que les importations 88'000 tonnes (chiffres arrondis), en provenance majoritairement d'Allemagne, d'Autriche et de France¹²⁷.

¹²⁴ *Annuaire La forêt et le bois 2020*

¹²⁵ Energie-bois Suisse (31 mars 2020), *Une exploitation forestière durable grâce au bois-énergie*. Communiqué de presse www.energie-bois.ch

¹²⁶ Energie-bois Suisse, <https://www.energie-bois.ch/energie-bois/exemples-de-realizations/chauffages-a-distance.html>

¹²⁷ *Annuaire La forêt et le bois 2020*

2. Le bois-énergie suisse est-il neutre en CO₂ ?

*«Le message qui a été donné de façon générale sur la neutralité carbone du bois est vrai, mais trop simplifié, c'est clair, et en Suisse on essaie de s'en rapprocher au maximum. Car parmi tous les facteurs qui entrent en jeu, il y a surtout la façon dont les forêts sont gérées. Et, ici, cette gestion est très bien faite, encadrée par une loi forestière parmi les plus strictes au monde.»
Gillianne Bowmann (WSL)*

*«Qu'on se questionne sur la neutralité CO₂ du bois, pourquoi pas, mais il faut alors aussi s'interroger sur la dépendance des collectivités publiques au gaz naturel... Concrètement, ce que l'on observe, c'est que le fait de pointer du doigt le bois-énergie comme non-neutre en CO₂ permet de freiner son développement et de continuer à consommer des combustibles fossiles.»
Richard Golay, ingénieur EPFL (Energie-Bois Suisse)*

« Vu la gestion forestière que l'on a en Suisse, la question de la neutralité carbone du bois ne se pose pas, d'autant plus au regard de la difficulté à sortir des énergies fossiles. » Responsable de l'antenne romande d'Energie Bois Suisse, l'ingénieur Richard Golay se dit formel : « C'est essentiellement la manière dont on gère les forêts qui détermine le fait que l'on puisse dire que le bois énergie est neutre en CO₂ en terme de bilan. » Le lien entre de neutralité carbone et gestion durable est formulé de manière similaire par l'OFEV : « Lorsque le bois est utilisé comme agent énergétique, donc brûlé, le carbone stocké dans le bois se lie à l'oxygène et se dégage sous forme de CO₂. Si les forêts sont utilisées de façon durable, le CO₂ libéré est de nouveau absorbé par les arbres qui repoussent. »¹²⁸

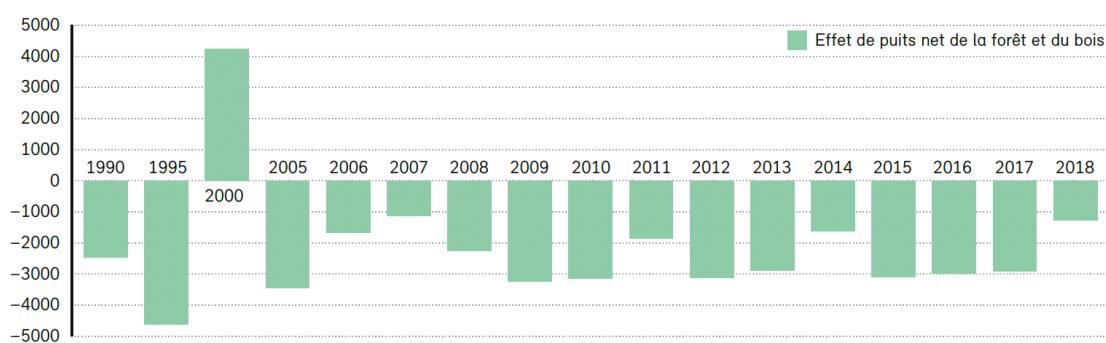
Soit, mais quelle quantité de CO₂ la combustion du bois-énergie émet-elle par année ? Pour le savoir, il faut se pencher sur les données des tables annexes à l'Inventaire des gaz à effet de serre de la Suisse¹²⁹. Ces émissions sont comptabilisées comme "biogéniques", c'est-à-dire issues de processus biologiques ou de la combustion de substances biologiques. Elles sont mentionnées « pour mémoire », et ne sont pas prises en compte dans le bilan des émissions « fossiles ». Il en est de même pour les émissions des autres catégories de biomasses dans le domaine de l'énergie. Pour la biomasse solide (bois, déchets de bois et fraction biogène des déchets) elles sont passées de 2'800 kilotonnes de CO₂ en 1990 à 4'200 kt(CO₂) en 2018. Et pour l'ensemble de la biomasse (solide, liquide, gazeuse et déchets organiques), de 4'400 kt(CO₂) en 1990 à 7'500 kt(CO₂) en 2018. Parallèlement, les émissions des carburants et combustibles fossiles étaient de 36'000 kt(CO₂) en 2018, soit une diminution de 6'200kt(CO₂) par rapport à 1990 – en partie en raison des effets de substitution, confirme l'OFEN. Le bilan annuel CO₂ de la forêt et du bois (voir encadré) indique quant à lui que la forêt est le plus souvent un puits de carbone depuis 1990.

¹²⁸ OFEV, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/foret-bois-et-CO2/effets-de-l-utilisation-du-bois.html>

¹²⁹ Chiffres arrondis, sur la base des tables 1.A(b) et 10s1 de l'Inventaire national des gaz à effet de serre 2020, voir note 32.

Graphique 8.1 : Effet de puits annuel net du secteur de la forêt et du bois, 1990-2018¹

En milliers de tonnes de CO₂, les valeurs négatives correspondent à un stockage net (puits).



1 Données remanées à partir d'une base de données améliorée

Source : OFEV, division Climat

En l'an 2000, suite à la tempête Lothar, la forêt suisse est devenue une source de CO₂. De 2006 à 2007, une exploitation et une mortalité accrue ont eu pour conséquence une diminution de l'effet de puits. L'année 2018 est marquée par une nouvelle diminution du puits. La raison ? les conditions climatiques qui, comme en 2011 et 2014, « ont favorisé la décomposition de la biomasse morte (litière, bois mort et sol) », explique l'OFEV.

Encadré 14

Protocole de Kyoto : le puits forestier probablement « négligeable »

Dans le cadre de la deuxième période du Protocole de Kyoto (2013-2020), toutes les parties contractantes doivent établir le bilan CO₂ annuel du secteur forestier et du bois¹³⁰. Ce qui n'était pas le cas pour la première période du Protocole, où la démarche était facultative. Ce bilan prend en compte les absorptions de CO₂ résultant de la croissance des arbres, les variations du carbone stocké dans la litière, le sol et le bois, les variations des réserves de carbone dans les produits en bois d'origine indigène, avec déduction des pertes liées à l'exploitation forestière et à la mortalité naturelle, ainsi que les émissions produites par des incendies de forêt – ces dernières ne jouant cependant pas de rôle notable au bilan. Les calculs sont effectués à partir de deux bases de données : l'Inventaire forestier national (IFN) et la base de données sur les sols de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (WSL).

La comptabilisation de la prestation de puits de carbone pour l'Inventaire GES de la Suisse aura lieu en 2022, à la fin de la période d'engagement du Protocole de Kyoto (2013-2020). Ce bilan sera décompté par rapport à une valeur de référence préalablement définie. L'OFEV considère pour l'instant que la prestation de puits dans l'évaluation de la réalisation de l'objectif 2020 sera négligeable, de l'ordre de quelques centaines de tonnes de CO₂. Les tempêtes, incendies ou autres événements extraordinaires « pourraient être exclus du décompte »¹³¹.

Compensation pas immédiate

Peut-on pour autant considérer que l'augmentation des émissions de ce CO₂ biogénique est compensée par une augmentation similaire ou supérieure de la quantité de CO₂ captée par la forêt suisse? «La reconstitution du bois récolté prend plusieurs décennies, soit la durée de vie des arbres. On ne peut donc pas dire que la quantité récoltée est immédiatement compensée», explique l'OFEV. Pour rappel, la compensation peut être considérée comme immédiate pour la biomasse annuelle – comme par exemple le maïs ou le colza, selon les lignes directrices du Giec pour les inventaires de gaz à effet de serre. Celles-ci se basent sur « l'hypothèse simplificatrice » que dans ce cas l'émission nette est nulle, les émissions liées à sa combustion, à son oxydation ou décomposition étant compensées sur une année. « Dans

¹³⁰ *Annuaire La forêt et le bois 2020*

¹³¹ *Annuaire La forêt et le bois 2020*

le cas d'une utilisation accrue du bois, l'inventaire suisse des gaz à effet de serre montre d'abord une diminution du puits en forêt, puis un changement dans la croissance étalé sur de nombreuses années. La quantité de CO₂ n'est donc compensée qu'après un cycle d'arbre » (voir encadré 15). Mais cette temporalité a-t-elle déjà fait l'objet d'un calcul spécifique ? « Comme la loi garantit une gestion durable des forêts, cela n'a pas été nécessaire jusqu'à maintenant », justifie l'OFEV.

Richard Golay l'admet également : « Il y a un plage de temps pour justifier cette neutralité du bilan CO₂ du bois utilisé comme énergie. Cette période n'est pas nulle, mais tout au plus de l'ordre de quelques dizaines d'années. Passée ce laps de temps, la quantité de CO₂ est la même que celle qui serait relâchée si le bois se décomposait en forêt. » Cependant, souligne l'ingénieur, « on ne doit pas raisonner à l'échelle du morceau de bois ou de l'arbre, mais des arbres en croissance à l'échelle de la forêt ou du paysage, dans un processus continu. Et cette période est une approche purement théorique. Si on veut augmenter la consommation du bois-énergie pour le substituer au mazout ou au gaz naturel, énergies fossiles qu'il s'agit d'abandonner d'ici 2050, on ne pourra pas le faire du jour au lendemain. Il importe donc d'engager maintenant cette transition, dans une logique intégrant l'ensemble de la filière-bois », estime Richard Golay.

Encadré 15

Un cycle raccourci

L'exploitation du bois conduit à un cycle sylvigénétique raccourci¹³² par rapport à la durée de vie des arbres et au processus de décomposition naturelle. Selon l'Institut fédéral de recherches WSL, les périodes de rotation habituelles dans les forêts exploitées sont de l'ordre de 120 à 160 ans. Les arbres y sont donc abattus après 25 à 50% de leur durée de vie possible. Un chêne pouvant vivre jusqu'à 900 ans environ, les épicéas, sapins et pins de 400 à 600 ans, les hêtres 500 ans et les mélèzes jusqu'à 900 ans. « Cette période de révolution tend à se raccourcir avec la demande croissante de bois énergie et de bois de petit diamètre », souligne le WSL.

Tandis que des arbres croissent, d'autres se décomposent. Alors que la combustion libère en une fois le carbone contenu dans le bois, la décomposition du bois est un long processus en plusieurs phases, dont la durée varie selon le type de bois et le microclimat, explique l'Institut WSL¹³³. Pour le tronc d'un arbre, des dizaines d'années, voire des siècles peuvent être nécessaires. Lors de ce processus, une partie seulement de ce carbone est émise lors de la phase de minéralisation, alors qu'une autre partie se transforme en humus, qui continue de séquestrer le carbone – sur un temps cependant très court comparé au stockage du carbone dans le sol. « La quantité de carbone libérée dépend d'un certain nombre de facteurs, tels que le matériau d'origine, la température ou l'humidité. Cette proportion est donc très variable dans l'espace et dans le temps. D'après les études que je connais, je ne pense pas qu'une valeur moyenne puisse être déduite pour une région telle que la Suisse, qui présente une grande diversité spatiale de types de forêts et de facteurs influençant la dégradation », note Markus Didion, du WSL.

Une question d'horizon temporel

D'après nos recherches, il n'existe effectivement pas, au niveau suisse, d'étude sur le bois-énergie prenant en compte le CO₂ biogénique et l'aspect temporel des émissions et réabsorptions. Cette problématique a été effleurée dans une étude menée en 2016 dans le cadre du Programme national de recherche « Ressource bois ». Son objectif était d'étudier

¹³² WSL, <https://totholz.wsl.ch/fr/dynamique-forestiere/exploitation-du-bois-et-cycle-naturel-de-la-foret.html>

¹³³ WSL, <https://totholz.wsl.ch/fr/bois-mort/decomposition-du-bois.html>

l'impact environnemental de l'ensemble de la filière du bois suisse¹³⁴, de la coupe des arbres au recyclage ou à la combustion. Sa principale conclusion : l'utilisation du bois en Suisse génère une réduction entre 2 et 3,01 millions de tonnes d'éq. CO₂ par an, diminution qui provient pour 2/3 du chauffage en remplacement du gaz naturel et du pétrole, et pour 1/3 de l'utilisation du bois dans la construction et la fabrication de meubles. Le bénéfice moyen global est de 0,5 tonne d'équivalent CO₂ par m³ de bois utilisé. Ses auteurs soulignent que la non prise en compte des émissions biogènes de CO₂ « fait que l'utilisation directe du bois comme source d'énergie semble meilleure qu'elle ne l'est en termes d'impact sur le changement climatique (...) L'effet des émissions de CO₂ biogénique dépend fortement de l'horizon temporel considéré : alors que leur impact est considérable sur des périodes de 100 ans ou moins, les effets à long terme sont négligeables par rapport au CO₂ fossile. Par conséquent, en ce qui concerne les effets climatiques à long terme, nos résultats sont plutôt robustes, alors que les effets climatiques à court terme du bois pourraient changer considérablement et pourraient même, dans certaines applications, remettre en question les avantages de l'utilisation du bois par rapport à d'autres matériaux ou sources d'énergie, si les émissions de carbone biogéniques étaient prises en compte. » Une publication de suivi, modélisant le schéma temporel de l'utilisation du bois et analysant les effets des émissions de carbone biogénique sur les impacts climatiques était annoncée. Elle n'a cependant jamais été terminée, comme nous l'a confirmé Bernhard Steubing, professeur assistant à l'Institut des sciences environnementales de l'Université de Leiden, l'un des auteurs de l'étude. En cause notamment, la difficulté dans le choix de l'horizon temporel et de la situation de référence. « Les forêts sont multifonctionnelles et fournissent toute une série de services autres que le bois d'énergie qui n'est souvent qu'un sous-produit de la récolte du bois. Alors, comment répartir la charge temporelle associée à l'incinération du bois énergétique entre toutes les fonctions de la forêt ? »

Il n'empêche que l'on peut se demander si, dans des cas concrets, les choses ne sont pas plus simples. Imaginons par exemple une petite commune, propriétaire de surfaces forestières, qui envisagerait la création d'une centrale de chauffage à distance au bois, qui pourrait être alimentée par des plaquettes issues de rémanents de coupe, chauffage qui permettrait de remplacer les installations de mazout et gaz d'une trentaine de maisons. Un tel projet pourrait-il être considéré comme avantageux climatiquement, malgré les émissions de CO₂ biogéniques ? « Pour ce cas-là, la réponse ne serait pas très difficile à obtenir », estime Sébastien Haye, du bureau de conseil E4Tech de conseil (Lausanne et Londres), tout en se montrant prudent : « Ce genre de question est suffisamment complexe et importante pour ne pas décider sans une étude préalable. Et généralement, la réponse sera souvent des réponses. »

Des émissions qui ne comptent pas ?

Faut-il en conclure que les communes, dans leurs projets de chauffages à distance au bois, devraient idéalement s'assurer de sa pertinence en termes d'impact climatique via une analyse de cycle de vie prenant en compte le CO₂ biogénique ? Sachant aussi que cela a un coût : de l'ordre 10'000 francs au minimum, mais pouvant aussi atteindre une centaine de milliers de francs, voire plus, selon la complexité des paramètres et la disponibilité ou non de modèles de calculs adaptés. Par ailleurs, ce choix politique pourrait sembler incohérent au

¹³⁴ Suter, F; Steubing, B.; Hellweg, S. (2017). Life Cycle Impacts and Benefits of Wood along the Value Chain. The Case of Switzerland. *Journal of Industrial Ecology* **21**: no. 4, 874-886. Il s'agit d'une étude revue par des pairs. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.12486>

regard des stratégies climatiques, qui ciblent les gaz à effet de serre d'origine fossile, du moins pour le CO₂ ¹³⁵ : dans les Perspectives énergétiques 2050+, le bois, comme la biomasse en générale, n'est-il pas considéré comme une énergie à émission zéro? De même dans les plans climat à l'échelle cantonale, voire communale. Exemple, la Ville de Lausanne, qui a présenté en janvier ses ambitions en matière climatiques, élaborées sur la base d'un bilan quantifiant ses émissions de gaz à effet de serre. « Concernant le bois, aucune émission directe liée à sa combustion n'est prise en compte, car il s'agit de carbone biogénique qui s'inscrit dans un cycle court d'émission-absorption, donc sans impact climatique à long terme. Son potentiel de réchauffement global à 100 ans (PRG100) qui sert de base aux calculs, a donc été considéré comme nul », justifie Jeanne Dubuis, chargée de communication pour la Ville de Lausanne. Seules y sont donc considérées les émissions fossiles liées à la production et au transport du bois qui ont effectivement lieu sur le territoire communal, c'est-à-dire lorsque ce bois est produit localement.

Cascade : concept clef, défi de taille

Si la non-prise en compte du CO₂ biogénique issu de la combustion du bois peut se justifier dans une perspective à long terme, cela ne reste-t-il pas, sur le fond, contradictoire avec la stratégie actuelle d'atténuation par la réduction des émissions de CO₂ entrant dans l'atmosphère, celle-ci ne faisant pas de différence entre le CO₂ fossile et biogénique ? Même si tel était le cas, est-il pertinent d'isoler le bois-énergie du reste de la filière ? Non, si l'on suit les conclusions de l'OFEV¹³⁶, que résume Michael Reinhard, chef de la Division Forêt de pour l'OFEV : « Le meilleur effet climatique est produit en considérant simultanément les systèmes forêt et bois en un ensemble, soit dès lors que l'on favorise son utilisation d'abord sous forme matérielle, stockant le CO₂, puis en passant par des formes moins nobles, jusqu'à son utilisation sous forme d'énergie. Le bois peut ainsi être utilisé à des fins diverses – pour la construction, pour les planches, pour la production de papier etc. Cette considération globale accroît les effets positifs de la forêt et du bois pour le climat, favorisant simultanément le captage, le stockage et la substitution matérielle, en remplacement du béton ou des énergies fossiles. »

Richard Golay fait en outre remarquer : « Ce concept ne tient pas compte du fait que la gestion et l'exploitation des forêts génèrent des assortiments qui ne peuvent être utilisés par les scieries ou d'autres applications, comme pour les panneaux agglomérés ». En quelque sorte, la cascade ne commence-t-elle pas lors de la récolte en forêt déjà? Reste que, sur le plan économique, la cascade au sens stricte pose « des défis de taille », selon les auteurs d'une étude réalisée dans le cadre du Programme national de recherche Ressource Bois¹³⁷. Notamment « lorsque la demande de produits intermédiaires est faible alors que celle de bois-énergie continue d'augmenter. »

¹³⁵ Les émissions de N₂O et CH₄ biogéniques, qui résultent notamment du traitement des eaux et des boues lors pour la production de biogaz, sont, elles, comptabilisées dans les inventaires et bilans des gaz à effet de serre.

¹³⁶ Sur la base notamment d'une étude réalisée en 2007 : Taverna, R. ; Hofer P. ; Werner, F. ; Kaufmann, E. ; Thürig E. (20027). *CO₂-Effekte der Schweizer Wald- und Holzwirtschaft. Szenarien zukünftiger Beiträge zum Klimaschutz*. Bundesamt für Umwelt, Bern.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/co2-effekte-schweizer-wald-holzwirtschaft.html>

¹³⁷ Rey, L. ; Thalmanne, Ph. (2017). *La recherche confrontée aux exigences de la politique forestière - Approvisionnement et utilisation durable du bois*. PNR 66

3. Qu'en est-il des émissions polluantes ?

La combustion du bois produit de l'énergie sous forme de chaleur, des gaz, et des résidus solides sous forme de cendres et de poussières. Les principaux gaz émis sont le dioxyde de carbone (CO₂) et la vapeur d'eau, qui ne sont pas des polluants mais participent à l'effet de serre, tout comme le méthane, gaz inoffensif pour l'homme et les animaux en concentration usuelle¹³⁸. La combustion produit cependant aussi des polluants potentiellement toxiques pour la santé humaine : monoxyde d'azote¹³⁹, composés organiques volatiles non méthaniques, et poussières fines - que l'on désigne aussi par le terme particules fines. Ces émissions, qui peuvent pour certaines être évitées, varient en fonction du type d'installation, du combustible utilisé et de son taux d'humidité, du bois humide étant plus polluant¹⁴⁰. La qualité de la combustion tient aussi à la méthode d'allumage¹⁴¹.

Tableau 1 : Facteurs d'émission moyens de chauffages au gaz naturel, à l'huile extra-légère et au bois et indications relatives au pouvoir calorifique, au volume d'effluents et à l'humidité du bois

		Pouvoir calorifique CPI	Volume d'effluents V _{eff}	Humidité du bois u	Facteurs d'émission par rapport à la quantité de combustible utilisée						
					SO ₂	NO _x	CH ₄	COVNM	CO	Pous- sières	CO ₂
Gaz naturel	Chauffage	[MJ/m ³]	[m ³ /m ³]	[mg/MJ]						[g/m ³]	
	<50 kW	36,3	10,2	0,5	18	6	2	14	0,1	56	
	50-350 kW	36,3	10,2	0,5	19	6	2	11	0,1		
	>350 kW	36,3	10,2	0,5	19	6	2	10	0,1		
HEL	Brûleur à air pulsé	[MJ/kg]	[m ³ /kg]	[mg/MJ]						[g/m ³]	
	<50 kW	42,9	12,4	12 ¹⁾	37	1	6	13	0,2	73	
	50-350 kW	42,9	12,4	12 ¹⁾	36	1	6	7	0,2		
	>350 kW	42,9	12,4	12 ¹⁾	33	1	2	8	0,2		
Catégories d'installation selon les statistiques de l'énergie du bois											
Bois		[MJ/kg] ¹⁾	[m ³ /kg] ²⁾	[%]	[mg/MJ]						[g/m ³]
	Cheminées à foyer ouvert	14,6	9,6	25	10	80	120	180	3 000	100	92
	Cheminées à foyer fermé et poêles-cheminée	14,6	9,6	25	10	80	100	150	2 500	100	
	Poêles en métal et en faïence	13,7	9,0	33	10	80	100	150	2 500	100	
	Poêles à granulés	13,8	9,0	33	10	60	12	18	300	60	
	Cuisinières à bois et appareils de chauffage central	13,7	9,0	33	10	70	160	240	4 000	200	
	Chaudières à bûches	13,7	9,0	33	10	80	50	75	1 250	50	
	Chaudières doubles/multicombustibles	13,7	9,0	33	10	70	160	240	4 000	200	
	Chauffages automatiques < 50 kW	11,7	7,8	54	10	120	8	12	600	100	
	Chaudières à granulés < 50 kW	13,8	9,0	33	10	60	3	4	200	50	
	Chauffages autom. 50-500 kW ext. ETB	11,6	7,8	54	10	120	7	10	500	80	
	Chauffages à granulés 50-500 kW	14,1	9,0	33	10	60	2	3	150	40	
	Chauffages autom. 50-500 kW int. ETB	13,9	9,0	33	10	220	7	10	500	80	
	Chauffages autom. > 500 kW ext. ETB	11,0	7,8/6,2	54	10	135	4	6	300	70	
	Chauffages à granulés > 500 kW	14,1	9,0/7,2	33	10	70	2	3	150	35	
	Chauffages autom. > 500 kW int. ETB	12,6	9,0/7,2	33	10	220	4	6	300	70	
	Installations de couplage chaleur-force au bois	10,5	7,8/6,2	54	10	120	1,3	2	100	12	
	Installations aux déchets renouvelables	13,0	10,8/8,6	11	20	100	1,3	2	100	8	

¹⁾ Pouvoir calorifique spécifique rapporté au bois utilisé d'humidité u, conformément à la Schweizerische Holzenergiestatistik, Erhebung für das Jahr 2013, OFEV 2014 (tableaux 1.3, 1.5, D et E)

²⁾ Volume d'effluents gazeux secs spécifique pour une teneur en oxygène de référence selon l'OPair (puissance calorifique s1 MW : 13 % vol O₂, >1 MW : 11 % vol O₂) rapporté au bois utilisé d'humidité u

Source : OFEV

Des particules fines et pernicieuses

Les particules fines sont un mélange complexe de particules issues, d'une part, directement des moteurs, des chauffages, du frottement des pneus sur les routes etc. et, d'autre part, de particules qui se forment dans l'air à partir de précurseurs dans l'air – gaz tels que le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote et les COV¹⁴². D'un diamètre inférieur respectivement à 10 (PM₁₀), à 2,5 (PM_{2,5}), voire 1 (PM₁) millièmes de millimètre, « ces particules peuvent donc pénétrer profondément dans les plus petites ramifications des poumons, puis dans les vaisseaux sanguins et lymphatiques¹⁴³», avec des conséquences potentiellement graves pour

¹³⁸ OFEV, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/produits-chimiques/glossaire-des-polluants/methane.html>

¹³⁹ OFEV, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/produits-chimiques/glossaire-des-polluants/oxydes-d-azote.html>

¹⁴⁰ OFEV (juin 2015). *Facteurs d'émission des chauffages*. Fiche d'information.

¹⁴¹ Energie-bois Suisse, <https://www.energie-bois.ch/energie-bois/allumage-le-bon-depart.html>

¹⁴² OFEV, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/air/info-specialistes/qualite-de-l-air-en-suisse/poussieres-fines.html>

¹⁴³ OFEV, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/air/info-specialistes/qualite-de-l-air-en-suisse/poussieres-fines.html>

la santé, notamment sur le système cardiovasculaire. Elles seraient responsables de millions de décès par année. Selon une récente étude européenne, coordonnée par l'institut suisse Paul Scherrer (PSI) « ce n'est pas la quantité de poussières fines, à elle seule, qui représente le plus grand risque pour la santé. Il se pourrait que ce soit surtout ce qu'on appelle leur potentiel oxydatif qui rend les particules fines si nocives¹⁴⁴ ». Ce potentiel oxydatif « est déterminé par des aérosols organiques secondaires anthropiques, qui proviennent surtout des chauffages au bois, et par des émissions de métal issues de l'abrasion des freins et des pneus dans la circulation routière. » Selon l'OFEV, qui a consacré un récent article à cette problématique¹⁴⁵, c'est en hiver surtout que l'atmosphère est chargée en particules fines, lorsque les chauffages fonctionnent à plein régime. Le chauffage à bois est responsable de plus de 90% des poussières fines liées aux chauffages, et d'environ 32% des émissions totales de ces particules en Suisse. Jusqu'en 2018, les valeurs limites concernaient seulement les PM10. Depuis, le Conseil fédéral a instauré une valeur limite pour les PM2,5 comme la suie, considérées comme très nocives pour la santé.

Diminution globale

Grâce aux dispositions pour améliorer la qualité de l'air, comme l'introduction des catalyseurs pour les véhicules et l'installation de filtres électriques dans les grandes installations de chauffage au bois, une diminution globale de la quantité de particules fines est constatée depuis 1995. Mais, toujours selon l'OFEV, d'autres mesures sont nécessaires pour respecter ces valeurs limites en hiver ou dans les zones très exposées. Elles concernent les petits chauffages alimentés manuellement comme les poêles et poêles cheminées. « En particulier quand elles sont mal exploitées, elles rejettent nettement plus de goudrons et de suie que les installations modernes à régulation automatique, qu'elles soient petites ou moyennes et alimentées avec des pellets, ou grandes et alimentées avec du bois déchiqueté – appelé copeaux ou plaquettes », détaille Richard Golay. « Les installations automatiques à plaquettes ou à pellets permettent la combustion complète des produits générés par la transformation du bois en énergie et, de plus, celles-ci sont munies de filtres pour capter les poussières fines restantes. Il s'agit donc de remplacer progressivement les installations anciennes qui ne sont plus conformes aux standards techniques actuels », souligne le responsable d'Energie-bois Suisse romande. Le Programme bâtiment prévoit des subventions pour substituer les installations alimentées en combustibles fossiles mais malheureusement pas pour renouveler le parc des vieux chauffages au bois. « Les émissions des chauffages modernes, s'ils sont bien régulés, sont très faibles et respectent sans problèmes les valeurs limites. » Par ailleurs, depuis mai 2018, de nouvelles prescriptions plus sévères sont entrées en vigueur, ainsi que des contrôles périodiques obligatoires des émissions polluantes pour les chauffages centraux au bois d'une puissance inférieure à 70kW, à l'instar de ce qui se fait déjà pour les installations de gaz et de mazout¹⁴⁶.

¹⁴⁴ Paul Scherrer Institut (18 novembre 2020). *Quelles sont les particules fines les plus dangereuses pour la santé ?* Communiqué de presse. <https://www.psi.ch/fr/media/actualites-recherche/quelles-sont-les-particules-fines-les-plus-dangereuses-pour-la-sante>

¹⁴⁵ Gattlen, N. – OFEV (4 décembre 2019). *Smog hivernal, les petits chauffages au bois montrés du doigt*. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/air/dossiers/les-petits-chauffages-au-bois-montres-du-doigt.html>

¹⁴⁶ Etat de Vaud, https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/air/fichiers_pdf/Flyer-Chauffage-bois.pdf

4. Bois-Energie et biodiversité : un conflit d'intérêts ?

La forêt suisse joue rôle important pour la biodiversité, plus d'un tiers des espèces animales et végétales vivant en Suisse en sont tributaires¹⁴⁷. Tant l'IFN que la station ornithologique constate un développement positif durant les dernières décennies¹⁴⁸, avec notamment une augmentation de la diversité des essences et des structures, et davantage d'oiseaux. Les réserves ont également augmenté, atteignant 5,8% de la surface de la forêt suisse, forêt dont un cinquième n'a plus été exploité depuis plus de 50 ans, ce qui est profitable à de nombreuses espèces¹⁴⁹. Dans le cadre de la politique forestière suisse et des conventions-programme sur la biodiversité des forêts, l'objectif est d'étendre ces réserves à 10% de la forêt suisse¹⁵⁰.

En comparaison avec d'autres habitats, la proportion en forêt d'espèces menacées est faible (9%). Cependant, ce milieu abrite plus de 1'500 espèces prioritaires au niveau national, c'est-à-dire nécessitant des mesures de conservation urgentes, ainsi que la moitié des champignons supérieurs¹⁵¹. Parmi les facteurs clefs pour la biodiversité en forêt, le bois mort, qui fait partie du cycle forestier naturel et constitue notamment une base vitale pour de nombreuses espèces. Même si son volume augmente depuis quelques décennies dans la forêt suisse, « les objectifs en matière de conservation ne sont pas encore atteints », explique WSL dans une « notice pour le praticien » consacrée à cette thématique¹⁵². Principales différences des forêts exploitées par rapport aux forêts naturelles : la mortalité naturelle y est plus faible et elles comportent peu d'arbres dépérissants de gros diamètre. Mais les résidus de coupe y fournissent des volumes importants de bois mort. Lors des coupes en effet, une partie des rémanents, comme les branchages, est généralement laissée au sol. Or, selon les conditions topographiques et d'accès, ceux-ci peuvent aussi constituer un intéressant potentiel de bois-énergie supplémentaire. Dans des régions comme le Québec, ils ont même été identifiés comme « la source la plus prometteuse de bois-énergie dans les régions forestières », selon la Professeure Annie Levasseur (ETS Montréal). « Il y a un conflit d'intérêts manifeste entre le besoin accru de bois-énergie et la conservation du bois mort », estime le WSL.

Déficits sur le Plateau

Dans les faits, le volume moyen de bois mort a bien augmenté ces dernières années : de 10,8 m³/ha dans le 2^{ème} inventaire national, il est passé à 24,2 m³/ha dans le dernier inventaire en date, pour la période 2009-2017¹⁵³. Soit plus du double de la moyenne européenne, de 11,5m³/hectare en 2015, et l'une des valeurs les plus élevées d'Europe: seule la Slovaquie devance la Suisse, avec 40,6m³/ha¹⁵⁴.

Il y a les moyennes, et il y a les constats individuels. En l'occurrence, « des déficits régionaux et locaux peuvent exister », résume Gilianne Bowmann de l'Institut WSL. Comme sur le

¹⁴⁷ IFN 4

¹⁴⁸ *Annuaire La Forêt et le bois 2020*

¹⁴⁹ *Annuaire La Forêt et le bois 2020*

¹⁵⁰ *Annuaire la Forêt et le bois 2020*

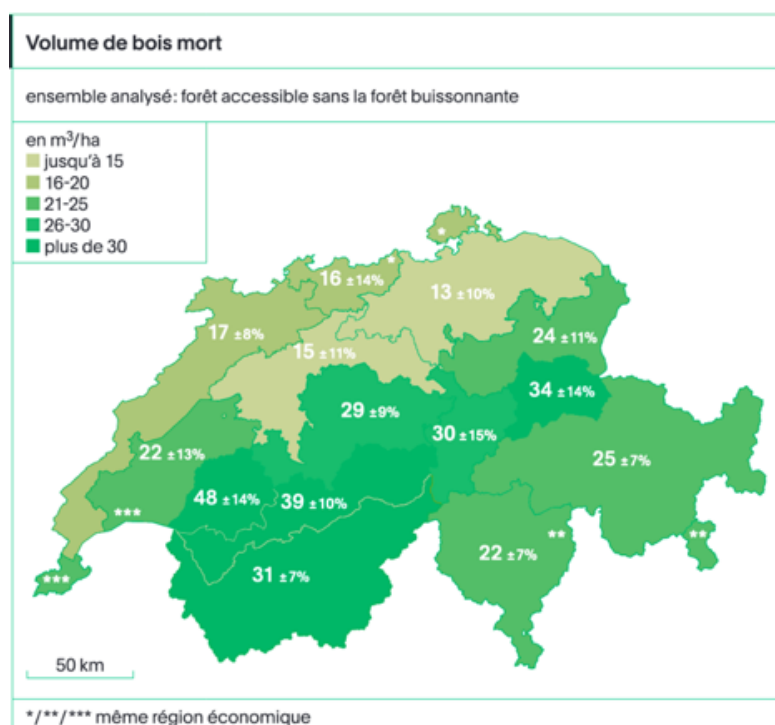
¹⁵¹ IFN 4

¹⁵² Lachat, Th. ; Brang, P.; Bolliger, M.; Bollmann, K.; Brändli, U.; Bütler, R.; Herrmann, S.; Schneider, O.; Wermelinger, B. – WSL (mai 2019). *Bois mort en forêt. Formation, importance et conservation. Notice pour le praticien.* <https://www.wsl.ch/de/publikationen/bois-mort-en-foret-formation-importance-et-conservation-1.html>

¹⁵³ IFN 4

¹⁵⁴ Forest Europe 2020. Les données relatives au volume de bois mort sur pied et à terre n'existent toutefois que pour 28 pays européens sur 45. Par ailleurs, comme le note l'IFN4, ces volumes dépendent des seuils à partir desquels le bois mort est relevé, seuils qui varient d'un pays à l'autre.

Plateau, où la forêt est plus ou moins utilisée à son maximum, parce que l'accès est facile et les conditions d'exploitation favorables. Par contre, dans les Grisons, le Tessin, et les zones montagneuses en général, sans subventions personne ne va récolter le bois.» Ainsi, selon les régions et les conditions topographiques, les branches et autres restes ne sont pas forcément valorisés comme bois-énergie, comme l'explique Jean-Christophe Clivaz, chef de la Section forêt à l'état du Valais : « On sort les troncs de la forêt par hélicoptère ou par câblage, mais on laisse les branches et autres rémanents se décomposer en forêt, car la vente de plaquettes ne couvrirait pas les coûts de production.» L'écart maximal d'une région à l'autre : de 13m³/ha à 48m³/ha. Chiffres qui doivent être comparés aux valeurs cibles fixées par l'OFEV, soit, pour ce qui est des forêts de production, de 20m³/ha pour le Jura, le Plateau et le sud des Alpes, et de 25m³/ha pour les Préalpes et les Alpes.



Source : IFN4

Comment les forestiers estiment-ils cette quantité ? Par savoir-faire essentiellement. Laurent Fivaz, responsable du bois-énergie pour le Groupement forestier des Agittes, ne considère pas les exigences relatives au bois mort comme problématiques : « Déjà rien qu'à l'abattage, environ 10% de branches restent au sol. Il s'y ajoute toutes les souches, qu'on n'exploite pas en Suisse contrairement par exemple aux pays nordiques, où se pratiquent par ailleurs des coupes rases. » Préserver et favoriser la biodiversité, l'ingénieur forestier y est particulièrement sensible. « Un arbre entouré de lierre, par exemple, aura une grande valeur écologique. Pour autant qu'il soit bien droit et stable, on le préservera lors des coupes. » Car contrairement aux idées reçues¹⁵⁵, explique-t-il, le lierre n'est pas un parasite à détruire : « Il fait partie des éléments essentiels à la biodiversité. »

¹⁵⁵ Groupement forestier des Agittes, <https://www.agittes.ch/lierre.html>

Propriétaires majoritairement attentifs

Du côté des propriétaires de forêts, laisser sur place d'une part les restes de récolte, d'autre part le vieux bois et le bois mort apparaissent comme les deux mesures les plus mises en œuvre pour préserver la biodiversité, révèle l'enquête menée par l'OFEV en 2018¹⁵⁶. Ces deux mesures sont appliquées respectivement par 77% et 66% des propriétaires privés gérant leur forêt¹⁵⁷. «Elles sont directement liées à la récolte du bois et n'entraînent que peu de travail supplémentaire» et sont appliquées « quelle que soit l'importance que ce propriétaires accordent à la biodiversité », analyse l'OFEV. Paradoxalement, favoriser et préserver la biodiversité arrive au quatrième rang de leurs objectifs liés à l'exploitation. Pourcentages encore plus élevés du côté des propriétaires publics : 91% ont laissé sur place les restes de récolte et 88% le vieux bois ou le bois mort. Reste que de l'avis du WSL, la demande croissante en bois-énergie pourrait « limiter la tendance à la hausse du volume de bois mort en forêt, ce qui pourrait ralentir l'amélioration des conditions de vie de certaines communautés saproxyliques », relève Gilianne Bowmann. « C'est un énorme enjeu.»

Encadré 16

Des pratiques gagnant-gagnant ?

A ce stade, les résultats du rapport du JRC pourraient-ils être éclairants dans le cas particulier de la Suisse? La comparaison est délicate. D'une part, parmi les trois modes de gestion examinés, deux ne correspondent pas aux pratiques en Suisse (« Afforestation » et « Conversion to plantation »). D'autre part, nous n'avons pas pu déterminer si les catégories de rémanents «Fine Woody Debris » et « Coarse Woody Debris » sont pertinentes pour la Suisse. Autre aspect flou : ce que recouvre exactement la notion de « fin », puisqu'elle n'implique pas un diamètre maximal défini, comme nous l'a confirmé le JRC. Contactée à ce sujet, la faîtière Energie-bois Suisse n'a pas non plus pu nous éclairer, faute de temps à disposition.

En gardant à l'esprit ces incertitudes, il semble que l'utilisation des rémanents de coupe, récoltés dans le respect des valeurs-seuils de bois mort fixées par l'OFEV, corresponde en partie à la catégorie gagnant-gagnant¹⁵⁸. Lorsqu'il s'agit de fins rémanents provenant de résineux (les résineux représentent 43,1% du bois-énergie récolté¹⁵⁹), l'impact serait ainsi favorable à court terme déjà, tant sur le climat que sur la biodiversité. S'il s'agit de fins rémanents de feuillus (56,9%) il y aurait un risque faible à moyen d'impacter la biodiversité, mais là aussi l'impact climatique serait favorable à court terme. La répartition résineux-feuillus varie beaucoup selon les régions : dans le Jura, à peine 25,7% de l'assortiment de bois-énergie forestier est composé de résineux, tandis que cette part atteint 69,8% dans les Alpes. Si les valeurs-seuils sont dépassées, comme sur le Plateau, la biodiversité pourrait être impactée, si l'on se base sur cette analyse, mais cela resterait favorable au climat même à court terme. Autre pratique favorable : l'usage de résidus de scierie et de bois de récupération¹⁶⁰. Par contre, l'utilisation de rémanents de grande taille ou d'arbres morts sur pied ne permet qu'à long terme au mieux une réduction des émissions, et présenterait, selon l'étude du JRC, de hauts risques pour la biodiversité. Mais là encore, est-ce pertinent pour la Suisse, par exemple dans les cas où des feuillus entiers sont utilisés comme bois-énergie, car n'ayant plus assez de valeur comme bois de service¹⁶¹?

¹⁵⁶ *Les propriétaires forestiers en Suisse*

¹⁵⁷ Sur les 85% gérant leur forêt, mais 65% et 55% si l'on considère l'ensemble des propriétaires

¹⁵⁸ Voir tableau de synthèse p. 43

¹⁵⁹ Nous avons calculé ces pourcentages à partir des données du tableau 4.4 « Récolte de bois par canton, par assortiments et par groupes d'essences, 2019 » de *l'Annuaire La forêt et le bois 2020*.

¹⁶⁰ Selon l'étude de base utilisée par le JRC (voir p. 26)

¹⁶¹ Voir p. 44-45

5. Y a-t-il assez de bois en Suisse, vu le développement des réseaux de chaleur à distance ?

En 2018, le nombre total de chauffages au bois en Suisse était de 562'000 unités, en léger recul par rapport à 2017 (-2%), dont un peu plus de 501'000 chauffages individuels, un peu moins de 51'000 chauffages centraux, 9'600 installations de chauffage automatique d'une puissance supérieure à 50kW, tandis que 14 installations de couplage-chaleur force et 107 installations spéciales étaient en service¹⁶². Jusqu'à l'an dernier, les réseaux de chauffage à distance (compris dans la catégorie "installations de chauffage automatique") n'étaient guère recensés ni documentés : le dernier relevé statistique officiel datait de 1978. Or, ceux-ci offrent un important potentiel dans le cadre de la stratégie énergétique 2050 : ils pourraient couvrir selon les estimations 40% des besoins en chaleur¹⁶³. En 2016, l'OFEN a donc lancé un programme « Réseaux thermiques », visant « à élargir les connaissances de tous les acteurs dans le domaine de l'approvisionnement énergétique, à les harmoniser les uns avec les autres et à les mettre à jour. »¹⁶⁴

Encore du potentiel

Selon les géodonnées désormais disponibles de Suisse-Energie ¹⁶⁵, on comptait quelque 700 réseaux de chauffage à distance utilisant le bois-énergie. Ce relevé concerne « les réseaux les plus aboutis » et n'est donc pas exhaustif. Entre 2015 et 2017, plus d'une centaine de centrales de chauffage à distance à bois ont été créées. Si un ralentissement s'observe pour les années 2018 et 2019, avec seulement une quinzaine de nouvelles installations, leur nombre pourrait continuer de croître ces prochaines années. L'Association Energie-bois Suisse pronostique qu'en 2030 le bois couvrira environ 15% du marché de la chaleur, et 25% en 2050¹⁶⁶, selon Richard Golay. Des visées réalistes, compte-tenu du potentiel durable de bois encore disponible et des économies d'énergie dans les bâtiments modernes ou rénovés. « L'exploitation durable du bois des forêts et d'autres types de bois-énergie hors forêts permettrait potentiellement de fournir 2 millions de mètres cubes de bois ou 5,4 TWh (térawattheures) d'énergie primaire », relevait le Conseil Fédéral, dans le cadre d'une motion d'une motion du groupe UDC adoptée fin 2019¹⁶⁷ demandant de mieux exploiter le potentiel énergétique du bois, notamment en promouvant les chauffages à distance. Une étude de 2020¹⁶⁸ envisageant différents scénarios estime quant à elle le potentiel économiquement durable de bois de chauffage de 1,2-5,3 millions de m³/an ou 10-41PJ (pétajoule)/an (= 2,77 à 11,38 TWh), selon le scénario. Si ce potentiel provient majoritairement du bois de forêt, il comprend aussi le bois hors forêt et le bois usagé, dont une partie est actuellement exportée. François Schaller attire encore l'attention sur un autre aspect : l'amélioration de l'isolation

¹⁶² OFEN Schweizerische Holzstatistik (2019) et *Annuaire La forêt et le bois 2020*.

¹⁶³ Hangartner, D. – Haute École de Lucerne (octobre 2019). *Liste "réseaux thermiques". Description de la méthode appliquée*. Sur mandat de Suisse Energie. <http://www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/storymap-des-reseaux-thermiques?noss=true>

¹⁶⁴ <https://geothermie-schweiz.ch/nouvelle-fiche-dinformation-reseaux-thermiques-en-bref/?lang=fr>

¹⁶⁵ <https://www.suisseenergie.ch/page/fr-ch/reseaux-thermiques> (site en chantier lors de notre dernière consultation, le 20.03.2020)

¹⁶⁶ Loretan, J. (automne 2019). Le bois ne se laisse pas abattre. *Effizienz 21* <https://www.effizienz21.ch/article/le-bois-ne-se-laisse-pas-abattre/25>

¹⁶⁷ Von Siebenthal, E. (21.03.2019). *Mieux exploiter le potentiel énergétique du bois*. Motion au Conseil national. <https://www.parlament.ch/fr/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefte?AffairId=20193277>

¹⁶⁸ Thees, O.; Erni, M.; Lemm, R.; Staldenmann, G.; Zenner, E. K. (octobre 2020). Future potential of sustainable wood fuel from forests in Switzerland. *Biomass and Bioenergy* **141**. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953420301811>

thermique des bâtiments, qui permet aux réseaux de chauffage à distance au bois d'augmenter le nombre de raccordements pour une même quantité d'énergie distribuée.

Vers de possibles tensions?

Reste qu'avec l'arrivée de nouvelles centrales de plus grande capacité, les tensions pour l'accès au bois pourraient s'accroître dans les prochaines années, anticipe l'Etat de Vaud¹⁶⁹. Difficultés d'approvisionnement qui pourraient générer une concurrence entre la valorisation énergie et la production de compost par exemple, ou une monopolisation des matières premières par ces grandes centrales au détriment de chaudières conventionnelles.» Dans le canton de Vaud, qui compte déjà quelques très grosses centrales utilisant du bois de forêt (voir encadré 17), quatre projets d'une certaine ampleur sont à l'étude. Ils pourraient impliquer une consommation de bois de 5'000 à 10'000 t/an environ pour chacun d'eux, indique François Schaller. «Certains pourraient valoriser du bois usagé à disposition dans le canton.» Mais le risque ne serait-il pas aussi de devoir recourir à des importations de bois de l'étranger, au détriment du climat? «Si le solde du potentiel cantonal en bois énergie (voir encadré) permettrait encore d'alimenter facilement les centrales en projet, il est vrai que nous sommes proches de l'équilibre entre production locale et consommation », reconnaît François Schaller.

Encadré 17

“Mastodontes” vaudois

Parmi les grosses centrales vaudoises, le CAD Haut-Lac à Villeneuve (puissance installée : 7,2 MW), Thermoréseau à Avenches, ou encore Sogebois au Sentier. « Elles consomment chacune environ 3000 tonnes par an de combustible. Sogebois s'alimente aussi avec une part non négligeable de bois usagé, tout comme l'installation Cricad à Crissier, qui fonctionne entièrement avec du bois usagé », précise François Schaller. Mais la centrale cantonale utilisant le plus de bois de forêt est certainement celle d'Enerbois à Rueyre¹⁷⁰. Elle n'est pas répertoriée sur la carte des réseaux de chauffages à distance, car l'énergie qu'elle produit est principalement utilisée pour la fabrication de pellets. Sa matière première : les sous-produits de la scierie voisine. Ecorces et plaquettes permettent de générer 26,5 millions de kWh d'électricité par année – l'équivalent de la consommation de 7'500 ménages – ainsi que de la chaleur pour plusieurs bâtiments. Avec cette énergie et à partir de la sciure de bois, l'installation produit 18'000 tonnes de pellets par an « correspondant aux besoins de 4'500 ménages. »

A noter qu'aucune de ces centrales n'entrerait en théorie dans la catégorie concernée par les critères de durabilité de la REDII, soit une puissance nominale de 20MW ou supérieure.

Garde-fous

« Théoriquement, importer du bois énergie serait donc possible ces prochaines années, en particulier compte-tenu du prix relativement plus élevé des assortiments qui constituent le solde du potentiel vaudois. Toutefois, la volonté du canton reste de recourir à une ressource de provenance régionale afin de privilégier le principe d'une filière d'approvisionnement courte. Le canton devrait favoriser le recours à d'autres ressources énergétiques pour éviter une importation massive de bois énergie. Si l'importation de bois énergie reste marginale et à partir de régions proches, l'impact sur le climat resterait acceptable. »

¹⁶⁹ Vaud-DGE (septembre 2017). *Stratégie bois-énergie du canton de Vaud*.

https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/Rap-171110-strategie-bois-energie.pdf

¹⁷⁰ <https://www.enerbois.ch/>

Elément à ne pas négliger, les subventionnements : « Pour pouvoir les octroyer, il faut que l'on puisse vérifier que l'approvisionnement soit bien local. C'est une condition qui est examinée lors de la demande de subvention », rappelle Jeanne Chaussedent, coordinatrice du COPBOIS-énergie, comité cantonal pour le développement et la planification du bois-énergie. Cet organe de coordination interne permet de traiter de manière interdisciplinaire les questions liées au bois-énergie. « La communication entre l'Etat, les porteurs de projets et les communes est essentielle », souligne l'ingénieure en énergie et environnement. Au final, l'évolution dépendra aussi de la sensibilité et du choix des acteurs et des autorités politiques locales. Un garde-fou politique en quelque sorte, assure Jan-Matti Keller, inspecteur forestier pour la région Vallée de Joux.

Encadré 18

Encore 105'000 tonnes par an

D'après la « Stratégie bois-énergie du canton de Vaud » (2017), le canton valorise environ 65% de la ressource de bois disponible. Le solde restant à utiliser se monte à 105'000 t/an, dont près de la moitié peut provenir directement de la forêt. « Le solde du potentiel de bois énergie forestier pourrait être mis sur le marché, d'une part dans le cadre d'une augmentation ciblée de l'exploitation forestière, en particulier chez les propriétaires privés et dans les forêts difficiles d'accès, et d'autre part en valorisant une part un peu plus élevée de la matière prélevée à des fins énergétiques », détaille François Schaller, chef de la division approvisionnement et planification énergétique. La stratégie cantonale fait par ailleurs l'hypothèse qu'à terme le bois alloué au bois d'industrie (soit environ 20'000 t/an) pourrait être ré-affilié au bois-énergie. Le potentiel comprend également le bois usager – qui ne peut être valorisé que dans des centrales spéciales comme Tridel ou Sogebos. « 60'000 tonnes de bois usagé sont récoltées dans le canton par année, dont seules 30'000 sont valorisées sur sol vaudois, le reste étant exporté. Mais les choses sont en train de changer et l'idée serait d'utiliser aussi ce potentiel-là. »

« Au fur et à mesure »

A l'échelle suisse également la question peut se poser de savoir combien de nouvelles centrales à bois peuvent en théorie encore être construites en Suisse en utilisant uniquement le potentiel de bois indigène. « Leur nombre n'a pas été évalué au niveau fédéral ou cantonal. La demande est contrôlée exclusivement par le marché », indique l'OFEV. Gilianne Bowman, de l'Institut WSL, rassure : « On est assez loin de la limite du potentiel durable de bois de chauffage et à court terme il ne devrait pas y avoir de problème. Toutefois, il importe de se poser ces questions au fur et à mesure que se construisent ces centrales, afin de définir leur localisation optimale. » Cela pour éviter des transports de bois sur de grandes distances, comme c'est le cas dans des pays comme la France, le Royaume Uni ou le Danemark, qui recourent par ailleurs aux importations pour alimenter leurs centrales à biomasse.

Actuellement, certaines grosses centrales de chauffage à distance de Suisse s'approvisionnent déjà dans un rayon de 50, voire de 100 kilomètres (voir encadré 19). Quant aux importations, elles sont encore marginales : « 98 % du bois-énergie utilisé en Suisse provient du pays et d'une gestion forestière durable. Et la majeure partie du bois importé provient des pays voisins de la Suisse », rappelle l'OFEV. De manière générale, l'augmentation de la consommation de bois-énergie en Suisse n'a pas généré d'augmentation des importations, qui ont varié de manière irrégulière ces vingt dernières années¹⁷¹. En 2020, elles représentaient 407'000 tonnes, dont 77'000 tonnes de pellets, soit un tiers de la consommation suisse de ce combustible.

¹⁷¹ D'après la banque de données Swiss Impex <https://www.gate.ezv.admin.ch/swissimpex/index.xhtml>, les importations depuis les années 2000 ont fluctué entre 278'000 et 546'000 tonnes selon les années.

Encadré 19

Approvisionnement : parfois jusqu'à 100 km

Une centrale de cogénération comme celle du site d'IWB à Bâle¹⁷², située sur la frontière, s'alimente en bois-énergie dans un rayon d'environ 50 km, donc également en provenance de la France et majoritairement de la Forêt noire en Allemagne, indique l'OFEV. Ses matières premières : le bois non utilisé pour l'industrie et bois d'œuvre, comme les couronnes d'arbres, branches et rameaux, et du bois de récupération selon la vidéo de présentation sur son site. Celle d'Engie et EWZ, à Sisslerfeld en Argovie, elle aussi proche de la frontière allemande, s'approvisionne dans un rayon de 100 km. Elle nécessite 110'000 tonnes de biomasse par an – copeaux de bois de forêt et bois résiduel non traité. L'énergie et la chaleur approvisionnent les usines de trois entreprises industrielles. Le reste de l'électricité produite est injectée dans le réseau local et permet d'alimenter l'équivalent de 17'5000 foyers. L'économie de CO₂ fossile estimée ? 50'000 tonnes¹⁷³.

Importations : qualité et traçabilité en question

Y a-t-il des réglementations concernant l'origine du bois importé et sa qualité? Sachant que dans l'Union européenne, seule la moitié des forêts est certifiée FSC ou PEFC et 14% du bois-énergie est d'origine non déclarée¹⁷⁴. La récolte pourrait aussi résulter de pratiques non admises dans la législation forestière suisse, comme les coupes rases, ou défavorables à la biodiversité et au climat. « Il n'existe pas de réglementation suisse sur l'origine ou le type de gestion des forêts pour les granulés de bois importés, mais des labels de qualité et d'origine », explique l'OFEV. Comme la certification EN+®, basée sur plusieurs normes ISO (vérifier) et dont le référentiel comporte des exigences « de durabilité et environnementales » et « sur les matières premières ». Ce que cela implique concrètement : que les producteurs certifiés EN+® documentent l'origine de leurs matières premières et la part certifiée (comme FSC ou PEFC), dont la traçabilité doit elle aussi être documentée¹⁷⁵. L'empreinte carbone (CO₂ éq. émis par tonne de granulés produite) doit également être déterminée par chaque producteur¹⁷⁶. Quant aux matières premières, ENplus n'autorise pour les granulés certifiés ni le bois de démolition, ni traité chimiquement. Par contre, ce bois peut provenir de souches, d'arbres complets sans les racines ou de plantations. Et plus de 600 cas d'utilisation frauduleuse de ce label ont été identifiés par EN+ au cours de cinq dernières années.

¹⁷² <https://www.iwb.ch/Ueber-uns/Kraftwerke/Basel.html>

¹⁷³ <http://www.epsf.ch/das-projekt/basisdaten.html> et <https://www.engie.com/business-case/engie-x-dsm-nutritional-products-switzerland>

¹⁷⁴ JRC 2021

¹⁷⁵ <https://www.propellets.ch/fr/chauffer-aux-pellets/les-avantages-des-pellets/une-qualite-convaincante.html>; et <https://enplus-pellets.eu/ch-fr/formulaires-et-informations/documentations-techniques.html>; <https://enplus-pellets.eu/ch-fr/fraud-management.html>

¹⁷⁶ ENplus (version 3.0, août 2015). Certification de Qualité des Granulés de Bois, Référentiel ENplus, partie 3 : « Exigences sur la qualité du granulé » et partie 4 : « Exigences de durabilité environnementale »

6. Stocker plutôt que brûler ?

«La meilleure chose à faire avec le bois, c'est de laisser sur la planète. On peut l'utiliser pour la construction ou pour d'autres usages durables, mais pas pour le brûler dans des centrales. Car aujourd'hui, tout le monde doit faire de son mieux pour augmenter les puits de carbone et ne pas mettre plus de CO₂ dans l'atmosphère.» Bill Gillet, EASAC

D'après les calculs de la biologiste Esther Thürig, cheffe du groupe de recherche Analyse des ressources à l'Institut WSL, la forêt suisse stocke actuellement 925 millions de tonnes de CO₂ (réd. : soit 252 millions de tonnes de carbone), dont une moitié dans les arbres, et l'autre dans son sol¹⁷⁷, un stock équivalant à presque vingt fois les émissions annuelles de CO₂ du pays. Par rapport à l'objectif de la Suisse de réduire à zéro ses émissions nettes de gaz à effet de serre d'ici 2050, ne vaudrait-il dès lors pas mieux, durant les 20 à 30 prochaines années, laisser croître la forêt suisse là où cela est possible, plutôt que de continuer à récolter son bois, voire augmenter la surface forestière afin d'accroître sa fonction de puits et de stock de carbone ?

Des options que l'OFEV aborde dans un document publié en septembre 2020¹⁷⁸ examinant l'importance, pour la future politique climatique suisse, des émissions négatives – c'est-à-dire l'extraction de l'atmosphère d'une grande quantité de CO₂ et son stockage durable (voir encadré). Si les boisements à grande échelle sont impossibles en Suisse, par manque de surfaces libres, la gestion des forêts et l'exploitation du bois pourraient, selon l'OFEV, permettre en théorie un effet de puits de 3,1 millions de tonnes de CO₂ par année. Comment ? D'une part, « en valorisant autant que possible le surplus de biomasse » par une utilisation en cascade, d'abord sous forme de produits ligneux à longue durée de vie, comme les meubles ou matériaux de construction, pour stocker durablement le carbone, puis comme agent énergétique, à condition de capter le CO₂ émis lors de la combustion pour le stocker à long terme dans une formation géologique (technologie BECCS, voir encadré 19). D'autre part, en augmentant et en préservant les volumes de bois disponibles dans des stations adaptées. La possibilité de renoncer partiellement à exploiter la forêt n'existe cependant que pour des stations déterminées et certains types de peuplements forestiers, souligne l'OFEV.

Autre élément à prendre en compte : le réchauffement climatique. « Cela force déjà les propriétaires de forêts à adapter leurs peuplements afin d'assurer un maximum de résilience face aux changements. Cette adaptation implique des travaux forestiers pour favoriser des essences compatibles avec le climat futur », explicite Pierre Alfter, de l'OFEV. « Au vu de la durée de vie d'un arbre, un renoncement à l'exploitation généralisé conduirait à un risque de perte des prestations écosystémiques forestières à moyen terme, avec l'effondrement de nombreux peuplements forestiers et des conséquences tant en terme de séquestration que d'émission de CO₂ », avertit ce spécialiste. C'est pourquoi, conclut-il, « les soins à la forêt, incluant les exploitations et la valorisation en cascade des produits forestiers sont indispensables et utiles à plusieurs niveaux. »

¹⁷⁷ Ottmer, B. – WSL (2020). La forêt, c'est plus que des arbres. *Diagonale* n°1, 10-13. Etude originale de référence: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/publikationen-studien/publikationen/CO2-effekte-schweizer-wald-holzwirtschaft.html>

¹⁷⁸ Conseil Fédéral (2 septembre 2020). *Quelle pourrait être l'importance des émissions négatives de CO₂ pour les futures politiques climatiques de la Suisse ? Rapport du Conseil fédéral en réponse au postulat 18.4211 Thorens Goumaz du 12 décembre 2018.* <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/62746.pdf>
Fiche d'information du 2 septembre : <https://www.news.admin.ch/newsd/message/attachments/62701.pdf>

Encadré 20

Du biochar aux promesses des BECCS¹⁷⁹

Pour réaliser les objectifs climatiques à long terme et atteindre zéro émission nette en 2050, il ne suffit pas de réduire les émissions de CO₂ fossiles. Selon le GIEC, des émissions négatives sont nécessaires, c'est-à-dire l'extraction d'une grande quantité de CO₂ de l'atmosphère pour le stocker durablement¹⁸⁰.» Différentes technologies de ce type existent, basées sur des approches biologiques ou techniques. Elles ne sont cependant pas encore suffisamment éprouvées et les conditions-cadres doivent être mises en place.

Outre la gestion des forêts et l'exploitation du bois, une autre option biologique envisagée est le biochar, ou charbon végétal. Généralement obtenu par pyrolyse, il vise à améliorer le sol et à stocker le carbone. Cela permettrait en théorie de stocker jusqu'à 2,2 millions de tonnes de CO₂ par an. Une centrale produisant du biochar fonctionne déjà à Bâle et fournit de la chaleur via un chauffage à distance pour l'équivalent de 300 foyers. Zürich étudie également une installation à l'horizon 2030. Mais cette technologie présente aussi des risques, comme l'introduction de polluants dans les sols et des impacts possibles sur les organismes y vivant. D'autre part, comme la biomasse disponible est limitée, la production de biochar sera en concurrence avec d'autres valorisations déjà établies. Les effets à long terme sont également méconnus et l'effet climatique ne peut être décrit avec précision, notamment quant à la modification d'albédo (réverbération) en lien avec la couleur plus foncée des terres.

Parmi les approches technologiques, les BECCS sont l'une des approches technologiques étudiées. Le principe : une centrale thermique produisant de la bioénergie (comme les centrales de chauffage à bois, les usines d'incinération des ordures ménagères, les installations de méthanisation), combinée avec une solution de captage du CO₂ émis à la sortie de la cheminée pour le stocker en sous-sol profond (CCS). Si la biomasse durablement exploitable (soit 2,8 mios de tonnes de biomasse sèche) était entièrement utilisée ainsi, la capacité de stockage théorique serait de 5,1 mios de tonnes de CO₂ /an. Mais dans ce cas, souligne l'OFEV, ni l'exploitation des forêts, ni l'utilisation bois, ni le charbon végétal n'offriraient de potentiel de puits supplémentaire, toute la biomasse étant accaparée par les BECCS. Parmi les risques, le conflit de ces installations avec d'autres besoins (par exemple en terres, en eau et nutriments pour production de denrées alimentaires). De plus, le captage du CO₂ à la source ainsi que le transport du CO₂ capté en vue de son stockage utilisant de l'énergie, l'évaluation de la contribution climatique nécessite des analyses de cycle de vie. La Suisse offrirait un potentiel de stockage théorique de 2'500 mios de tonnes de CO₂, principalement sur Plateau, mais le potentiel réalisable est encore inconnu et il n'existe pour l'instant ni programme d'encouragement, ni incitation réglementaire à cet effet, même si des activités de recherches menées depuis 2011 par Swisstopo. L'approche BECCS est aussi l'une des technologies d'émissions négatives les plus coûteuses. A l'étranger, la centrale électrique Drax est devenue en 2019 la première installation au monde capable de capter le CO₂ produit par la combustion de la biomasse. Mais en l'état, note l'OFEV, il paraît peu probable que Suisse participe directement à un projet d'installation BECCS à l'étranger.

Vers des solutions différenciées

« Nous avons constaté qu'avec une gestion réduite, ou en renonçant à toute gestion, les forêts suisses pourraient être un important puits dans les prochaines années. Cependant, avec le volume sur pied croissant et le vieillissement de la forêt, le risque de perturbation à grande échelle augmente, par exemple lors de tempêtes, d'attaques de bostryches ou, comme en 2018 et 2019, de sécheresse. Ces facteurs peuvent se renforcer mutuellement : ainsi, des arbres affaiblis par la sécheresse sont plus sensibles aux attaques des bostryches, et les années plus chaudes peuvent favoriser la reproduction des bostryches. Pouvons-nous de manière générale assumer un tel risque ? En tout cas pas dans les forêts de protection, qui sont importantes pour la Suisse », explique Esther Thürig. Ce qu'elle préconise : opter pour des

¹⁷⁹ Source : voir note 179

¹⁸⁰ voir note 166

solutions adaptées aux conditions locales et différenciées en fonction de la croissance, du volume sur pied initial et des différentes espèces d'arbres de chaque peuplement. « Si le volume sur pied est élevé et les conditions de croissance mauvaises, il vaut mieux protéger un vieux peuplement que de le rajeunir, pour préserver les stocks de carbone. Par contre, si la forêt a un rôle protecteur, il est nécessaire de l'entretenir pour éviter un effondrement à large échelle.» Avec son équipe, elle a examiné cinq scénarios pour la Suisse – allant d'une augmentation de la récolte de bois à une forte réduction, en passant par le maintien de la tendance actuelle – et a calculé leur bilan carbone¹⁸¹. Selon la chercheuse, dans les peuplements en croissance, c'est l'intensification de la récolte de bois, dans le cadre d'une gestion durable, qui permet la plus grande absorption de CO₂. «La question est aussi de savoir si nous voulons stocker le CO₂ aujourd'hui, dans 20 ou 50 ans. Selon l'objectif, la réponse est différente.»

Autre analyse du côté de Greenpeace Suisse: pour augmenter le potentiel d'absorption de stockage de carbone, « l'utilisation des forêts suisse doit être réduite plutôt qu'intensifiée, en particulier dans les zones fortement sollicitées du Plateau central ». De l'avis d'Asti Roesle et Georg Klingler, chargés de campagne respectivement forêt et climat, il s'agit également de renforcer ainsi la résilience de ces forêts au stress croissant lié à la chaleur et aux sécheresses.

Des puits et des certificats

Alors que l'organisation écologiste est en train de revoir sa précédente position sur le bois-énergie (voir encadré 21, page suivante), différentes entités œuvrent déjà dans le but d'augmenter le stockage de carbone forestier et dans les produits bois, avec vente de certificats CO₂. Comme depuis 2008 dans la réserve jurassienne de Soulce-Undervelier : en renonçant à en utiliser le bois, le volume de CO₂ stocké devrait être deux fois plus élevé en 2040 que si cette forêt était exploitée¹⁸². Le magazine *Diagonale*¹⁸³ cite encore d'autres exemples. Ainsi, l'Association suisse pour la protection du climat et des forêts¹⁸⁴ propose aux propriétaires et aux entreprises forestières une plate-forme pour réaliser des projets de compensation d'émissions par la création de puits en forêt, négociés sous forme de certificats CO₂. Un projet a été lancé en 2016 au sein de l'exploitation forestière de Bucheggberg (Soleure) : les propriétaires se sont engagés à y diminuer la récolte de bois ces 30 prochaines années, ce qui devrait permettre à terme d'éliminer 100'000 tonnes de CO₂ de l'atmosphère. Un autre projet est en cours à Homattflue-Golbach (Berne), où des propriétaires forestiers vont créer une réserve dans laquelle, durant 50 ans, ils ne récolteront pas du tout de bois. Dans le canton de Schwytz, la Corporation OAK (Oberallmeindkorporation Schwytz)¹⁸⁵ propose elle aussi la vente de certificats CO₂ pour financer un projet d'accroissement de l'effet de puits de ses forêts. L'industrie du bois s'est également lancée dans ce créneau : ainsi, le projet de l'Association Puits de CO₂ bois suisse¹⁸⁶ vise à augmenter la production de bois de sciage et de matériaux dérivés du bois en Suisse et la quantité de carbone fixée par le bois de construction.

¹⁸¹ Voir note 166

¹⁸² <https://www.myclimate.org/fr/sinformer/projets-de-protection-climatique/detail-des-projets-de-protection-du-climat/suisse-foret-7817/>

¹⁸³ Voir note 163

¹⁸⁴ <http://wald-klimaschutz.ch/>

¹⁸⁵ <https://oak-schwyz.ch/CO2-kompensation/>

¹⁸⁶ <https://ssh-pbs.ch/fr/>

Encadré 21

Greenpeace Suisse revoit sa position

Si les forêts européennes étaient gérées différemment, elles pourraient absorber deux fois plus de CO₂ chaque année : telles est la conclusion d'une étude publiée fin 2020 par la Naturwald Akademie¹⁸⁷, réalisée à la demande de Greenpeace Allemagne. « Si l'exploitation des forêts européennes était réduite d'un tiers, leur potentiel d'absorption du carbone pourrait passer de 245,4 millions de tonnes de CO₂ par an à 487,8 millions de tonnes, soit plus que la totalité des émissions nationales annuelles de la France, tout en favorisant la biodiversité et en augmentant la résilience des forêts », résumant ses auteurs. Sur cette base, Greenpeace Europe a publié un rapport sur la gestion des forêts européennes, plaidant pour la fin de la production de bois-énergie dans toute l'Europe et son remplacement « par des énergies renouvelables propres telles que le vent, l'eau et le soleil ».

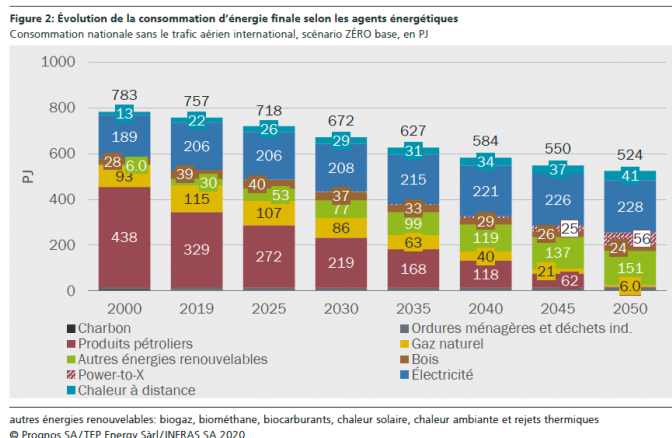
Greenpeace Suisse examine actuellement ce rapport pour en adapter les conclusions au contexte suisse. Jusqu'ici, la section helvétique de l'organisation avait adopté une position prudente : si l'approvisionnement en biomasse est limité à la quantité qui pousse de manière durable et si les systèmes de gestion assurent un haut niveau de biodiversité en forêt, alors l'utilisation du bois-énergie est raisonnable, pour autant que l'on évite les longs trajets en transports, source de gaz à effet de serre. Elle estimait qu'une légère augmentation d'environ 1/3 du bois-énergie était envisageable pour la Suisse, « mais la récente publication de Greenpeace Europe nous oblige à revoir cette position », annoncent Asti Roestle et Georg Kingler.

¹⁸⁷ Greenpeace(novembre 2020). *The Future of Forests in the European Union*. Rapport résumé sur https://www.greenpeace.org/static/planet4-eu-unit-stateless/dc958adf-20201203_greenpeace_future_of_forests_in_the_eu.pdf

Dr. Welle, T. ; Leinen, L. ; Bohr, Y. E. M-B; Vorländer A. K; (2020). *Waldvision für die Europäischeunion*. <https://naturwald-akademie.org/studies/eu-forests-could-absorb-twice-as-much-CO2/>

7. Quelles perspectives pour le bois-énergie ?

Zéro émissions nettes en 2050. Tel est l'objectif visé aujourd'hui par la Suisse. Pour cela, la priorité des autorités est de réduire autant que possible les émissions issues des énergies fossiles. Le scénario ZERO est caractérisé par une consommation croissante de chauffage urbain, via des réseaux de chaleur à distance, et d'autre part par une augmentation des technologies de production sans CO₂, résume l'OFEN. Quelle y sera la place du bois ? Dans les Perspectives 2050+¹⁸⁸, il n'est pas explicitement mentionné dans l'énumération des énergies préconisées pour le développement des réseaux de chaleur¹⁸⁹. « La biomasse est incluse dans les alternatives à émission zéro et est comprise parmi les énergies renouvelables », précise Roberto Bolgè, de l'OFEV.



La part du bois dans la consommation finale d'énergie pourrait atteindre 40 PJ en 2025, avant de diminuer jusqu'à 24 PJ en 2050. Source : OFEN

L'évolution projetée de consommation énergétique montre que la part du bois devrait augmenter jusqu'en 2025, suivie d'une baisse progressive pour atteindre en 2050 une consommation inférieure à celle de l'an 2000. La raison ? « La demande d'énergie thermique, c'est-à-dire pour le chauffage, sera réduite à long terme par des bâtiments de plus en plus efficaces sur le plan énergétique. En outre, de plus en plus de pompes à chaleur et de systèmes de chauffages à distance seront utilisés pour couvrir ces besoins en chauffage. En conséquence, l'utilisation directe du bois pour le chauffage diminuera d'ici 2050 », développe Marianne Zünd, pour l'OFEN. Quelle que soit la variante du scénario ZERO, l'utilisation de la biomasse solide est en tous les cas considérée comme « nécessaire pour couvrir la demande de chaleur aux heures de pointe ».

« Pour l'industrie d'abord »

Autre utilisation envisagée pour la biomasse : la production de chaleur industrielle. En septembre 2020, lors du 30^{ème} symposium sur l'énergie du bois, Daniel Büchel, directeur adjoint de l'OFEN, avait également évoqué cette perspective. Le bois, a-t-il expliqué, est recommandé d'abord « pour la fourniture de chaleur industrielle à haute température, puis

¹⁸⁸ OFEN (2020). *Perspectives énergétiques 2050+. Résumé des principaux résultats.*

<https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/politique/perspectives-energetiques-2050-plus.html>

¹⁸⁹ «Des réseaux de chaleur seront en outre développés de manière à ce que l'approvisionnement en chaleur pour le chauffage des locaux et en eau chaude soit davantage assuré par la chaleur à distance ou par la chaleur de proximité. Pour ce faire, on utilisera de l'énergie qui n'émet pas de CO₂, mais qui provient du biogaz/biométhane, de sources de chaleur telles que les cours d'eau, des eaux usées, des eaux usées des installations de traitement des eaux usées, des rejets thermiques des installations destinées à produire de l'électricité, ainsi que d'installations de géothermie produisant exclusivement de la chaleur.»

pour la production d'électricité en hiver dans les centrales de cogénération et pour la production de chauffages urbains. Ce n'est qu'en quatrième priorité qu'il doit être utilisé pour les maisons individuelles et les immeubles¹⁹⁰. Pourquoi d'abord pour les processus industriels ? « Comme le bois-énergie n'est disponible qu'en quantité limitée, il convient de l'utiliser de manière efficace et judicieuse. Comme il est en outre polyvalent et flexible, son utilisation peut être orientée en fonction des besoins », justifie Matthieu Buchs Spécialiste Energies renouvelables à l'OFEN. « Pour le chauffage et la préparation d'eau chaude – applications à basse température dans les maisons individuelles et les immeubles – il existe d'autres alternatives renouvelables ou neutres en carbone économiquement raisonnables, qu'il convient donc privilégier. A l'inverse, dans certains secteurs comme l'industrie pour la production de chaleur à haute température, il n'existe que très peu d'alternatives renouvelables. De même pour la production d'électricité, le bois peut être davantage mis à contribution l'hiver et ainsi bien compléter l'énergie photovoltaïque qui, elle, est surtout disponible en été. De plus, la production de chaleur qui s'accompagne inévitablement de la production d'électricité dans un couplage chaleur-force sera très facilement valorisée en hiver quand la demande est plus importante, à travers un réseau de chauffage à distance. »

Faire mieux que la combustion

Si les très hautes températures (800 à 1'000 degrés) qu'atteint le bois en brûlant s'avèrent intéressantes pour l'industrie, la combustion reste peu efficace. Pour François Maréchal, professeur à l'EPFL, il s'agit donc de trouver la meilleure manière de convertir la biomasse en énergie utile. « Avec la combustion, un atome de carbone de la biomasse permet de substituer, grosso modo, 0,3 atome de carbone fossile. » D'autres solutions permettraient de faire bien mieux : « Nous avons mené une étude qui montre qu'avec une approche plus globale, comme la conversion du bois en gaz associée au stockage d'électricité ou le concept de bioraffinerie, un atome de carbone de la biomasse pourrait remplacer jusqu'à 1,5 atome de carbone fossile, soit une efficacité cinq fois meilleure que la combustion ». Des solutions réalistes technologiquement, selon François Maréchal, « mais réalisables pour autant que l'on réoriente les investissements pour créer ce type de filières. » Pourrait aussi se poser le problème de l'approvisionnement en matière première, selon le développement de telles installations, le potentiel de biomasse forestière disponible en Suisse restant limité. Une limitation d'ailleurs prise en compte par la start-up fribourgeoise Bloom Biorenewables, qui a élaboré un processus permettant de produire, à partir de biomasse ligneuse et agricole, des plastiques, parfums ou molécules issus actuellement de la pétrochimie, comme le relate un article paru dans le magazine *Efficiencie*. Afin d'éviter d'entraver le passage de son projet à l'échelle industrielle, la jeune entreprise élabore ainsi d'autres pistes de collaboration, notamment avec des filières scandinaves.

Richard Golay tient pour sa part à rappeler qu'il n'y a pas que les réflexions scientifiques, mais aussi la réalité du terrain : « Une commune du Jura, par exemple, qui doit entretenir ses forêts, alors que les prix du bois sont très bas, préférera le valoriser dans un chauffage à distance local, plutôt que de le vendre à bas prix à une grande usine ailleurs en Suisse ! » Et en attendant 2050, les chauffages à bois ont un rôle important à jouer, estime-t-il pour sa part : « Le potentiel actuellement inexploité permettrait de remplacer près de 500'000 tonnes de mazout et ainsi de réduire les émissions de CO₂ fossile de 1,5 millions de tonnes chaque année. »

¹⁹⁰ Dr. Benedikt Vogel, sur mandat de l'OFEN, « Avec l'énergie du bois vers le zéro net » (octobre 2020)
<https://www.energie-bois.ch/actualites/actualites/news-detail/article/16-symposium-sur-lenergie-du-bois-avec-lenergie-du-bois-vers-le-zero-net.html>

SYNTHESE ET CONCLUSION

« Ce qui compte, c'est que le bois repousse et que le problème de la pollution de l'air soit résolu par des filtres, etc. Il n'y a donc rien à dire contre l'utilisation du bois en Suisse. Toutefois, cela ne doit pas être un argument pour dire qu'elle devrait ou doit être étendue arbitrairement. Car le potentiel n'est pas illimité et, d'autre part, il n'est sans doute pas utile partout. Là où le bois s'accumule de toute façon, ou là où il faut entretenir la forêt, on peut l'utiliser. Mais ni le reboisement, ni l'augmentation de l'utilisation du bois ne résoudre le problème climatique. » Prof. Retto Knutti (ETHZ)

« Les chaudières à bois automatiques permettent de chauffer habitation et sanitaires à faible coût et *sans rejet de CO₂* ¹⁹¹», « pour chaque kilo de mazout remplacé par du bois, ce sont *trois kilos de CO₂ en moins* dans l'atmosphère¹⁹² » : deux formulations parmi d'autres, non dépourvues d'ambiguïté, qui faute de préciser que ce CO₂ non rejeté ou évité est le CO₂ "fossile", peuvent laisser croire au consommateur que brûler du bois ne génère pas de gaz carbonique. Or, il n'en est rien : pour une même quantité d'énergie produite, la combustion du bois génère davantage de CO₂ que les combustibles fossiles. Ces émissions dites "biogéniques" se distinguent des émissions "fossiles" non par leur composition chimique – ce sont les mêmes atomes de carbone – mais parce qu'elles s'inscrivent dans un cycle du carbone à l'échelle humaine, alors que le pétrole ou le gaz rejettent dans l'atmosphère du carbone séquestré il y a des millions d'années. A l'échelle de l'Europe, entre 350 et 380 millions de tonnes de CO₂ biogénique auraient ainsi été rejetées dans l'atmosphère pour la production d'énergie en 2015, permettant d'éviter entre 250 et 270 millions de tonnes d'émissions fossiles.

La neutralité carbone n'est donc pas une propriété du bois, mais doit se comprendre en terme de bilan entre émissions et absorptions, sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit donné. Cette notion provient, à la base, des lignes directrices du Giec pour la comptabilisation dans les inventaires de gaz à effet de serre. Dans cet outil, les émissions de la bioénergie ne sont pas comptabilisées dans le secteur de l'énergie, contrairement à celles des combustibles fossiles, mais dans le secteur utilisation des terres et foresterie lorsque la biomasse est récoltée. Même si celle-ci est produite de manière durable, le Giec ne la considère pas automatiquement comme "neutre en carbone" : seules peuvent l'être les cultures à très courte rotation, comme le colza ou le maïs utilisés pour produire des biocarburants, où les émissions sont compensées en quelques mois par l'absorption des plantes en croissance.

A l'échelle de la forêt, c'est évidemment plus long, alors que lorsque le bois est brûlé, le carbone qu'il contient est rapidement rejeté dans l'atmosphère. La neutralité carbone au sens strict ne se réalise que dans des conditions particulières, en tenant compte de la temporalité des émissions et réabsorptions. Le concept ne peut donc, d'emblée et à lui seul, ni justifier, ni condamner l'utilisation énergétique de la biomasse forestière. Celle-ci permet des réductions d'émissions lorsqu'elle se substitue aux combustibles fossiles, si l'on considère que le CO₂ biogénique libéré par la combustion du bois aurait de toute façon été émis naturellement lors du processus de décomposition. L'enjeu étant de déterminer l'ampleur de ces réductions et

¹⁹¹ Commune de Montreux, <https://www.montreux.ch/travaux-et-urbanisme/construction-et-travaux/construction-efficiente/chauffage>

¹⁹² OFEV, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/production-de-bois/energie-du-bois.html>

surtout le temps nécessaire, via des analyses de cycle de vie. Les résultats varient en fonction de nombreux paramètres – comme le type de bois utilisé, le mode de gestion forestière, la capacité de séquestration de la forêt et le combustible substitué.

En Europe

La volonté de l'Union européenne d'élever la part des énergies renouvelables d'ici 2030 devrait accroître la demande en bois-énergie, déjà à la hausse depuis des années. Malgré cela, la superficie forestière s'est accrue, de même que le stock de carbone – qui ont par contre diminué au niveau mondial au cours de ces vingt dernières années. Les critiques ciblent principalement les centrales à charbon se convertissant en centrales à biomasse, encouragées par des subventions et certaines règles de comptabilisation, par ailleurs pas toujours bien appliquées. Celles-ci ont été adaptées et sont censées garantir, pour la période 2021-2030, une prise en compte correcte de toutes les émissions.

Au cœur des controverses, cette question : compte-tenu du présupposé de l'urgence climatique, est-il judicieux ou dangereux de brûler à large échelle du bois pour l'énergie, puisque le remplacement de combustibles fossiles par le bois génère inévitablement une augmentation initiale des émissions ? Fin janvier, le JRC de l'Union européenne a publié un rapport pour « détoxifier le débat ». Il y analyse trois catégories d'intervention (utilisation des rémanents de coupe, boisement et conversion de forêts naturelles en plantations d'arbres) visant à répondre à une demande accrue de bois-énergie, par rapport à leurs potentiels impacts à la fois sur le climat et la biodiversité. Résultats : à court terme, seule l'utilisation de fins rémanents de conifères, en dessous des valeurs-seuils de bois mort serait favorable. Hormis ces aspects, se pose aussi le problème de l'utilisation des terres pour les plantations dédiées à l'énergie, en potentiel conflit avec les cultures alimentaires et pouvant générer des déboisements, sujet à part entière non développé dans ce travail.

En Suisse

Même si l'on utilise aussi de plus en plus de bois-énergie, la quantité de carbone stockée dans les arbres et le sol forestier a, à l'échelle de la Suisse, augmenté au cours de ces quinze dernières années. Une loi forestière stricte et des outils de planification garantissent une gestion durable, principe inscrit dans la loi depuis près de 150 ans. Les coupes rases sont interdites, et la récolte s'apparente à de la "cueillette d'arbres". Le bois-énergie de forêt, généralement produit connexe de l'exploitation du bois de service, comprend aussi des rémanents de coupe et est principalement utilisé à l'échelle locale. Ces éléments vont dans le sens d'un impact climatique favorable à court terme, mais jusqu'ici aucune analyse de cycle de vie tenant compte du CO₂ biogénique n'a été menée, qui le prouverait. De plus, différents facteurs – dégâts dus à la sécheresse et aux bostryches, baisse des prix du bois d'industrie, disparition des scieries locales – changent aujourd'hui la donne, faisant du bois-énergie un débouché intéressant en soi et un but d'intervention en forêt, pour alimenter les centrales de chauffages à plaquettes.

Un conflit d'intérêt existe par ailleurs entre la demande accrue de bois-énergie et le bois mort nécessaire à la biodiversité. Le volume moyen de bois-mort est cependant parmi les plus élevés d'Europe, en dépit de déficits régionaux, comme sur le Plateau. Dans cette région, la situation pourrait être problématique en termes de durabilité, puisque l'exploitation et la mortalité dépassent l'accroissement depuis plusieurs années déjà.

S'il y a encore un potentiel durable de bois pour l'énergie – bois de forêt, hors forêt et usagé – le développement des réseaux de chauffages à distance pourrait accroître la concurrence

entre ses différentes valorisations, voire générer des importations. Pour l'instant, celles-ci sont marginales pour le bois-énergie et proviennent majoritairement des pays voisins.

A l'horizon 2050, le bois, considéré comme énergie renouvelable « à émission zéro », devrait être surtout utilisé pour la fourniture de chaleur industrielle à haute température et le chauffage à distance. D'autres perspectives de conversion du bois plus efficaces que la combustion sont également à l'étude. La gestion des forêts et l'exploitation du bois pourraient aussi permettre d'accroître l'effet de puits de carbone : par l'utilisation du bois en cascade en développant son usage dans la construction, par des options biologiques comme le biochar, et peut-être grâce aux technologies combinant la bioénergie au captage à la cheminée du CO₂ et à son stockage à long terme dans des formations géologiques. Renoncer à exploiter les forêts ou limiter la gestion pourrait augmenter cet effet de puits, mais en même temps le risque de perturbation à grande échelle lors de tempêtes ou d'attaques de bostryches par exemple. Cela n'est donc pas considéré comme une solution judicieuse, du moins pour les forêts de protection. Cependant, ne devrait-on pas augmenter les subventions pour la reconstitution des forêts dévastées par la sécheresse et les bostryches ?

Pour conclure, si l'on veut évaluer l'impact climatique de projets de bioénergie, il semble pertinent de mener des analyses de cycle de vie, prenant en compte le CO₂ biogénique et la temporalité des émissions. Qui pourront servir de base pour déterminer ce qui est préférable à court et à long terme : par exemple s'il vaut la peine, pour obtenir des effets bénéfiques à long terme, d'accepter de générer durant quelques années davantage d'émissions de CO₂ qu'avec des énergies fossiles, ou s'il vaut mieux envisager d'autres solutions qui n'émettent pas directement de CO₂, comme le solaire ou l'éolien – mais ne sont pas pour autant sans impact environnemental. En tenant compte du fait que la pertinence d'utiliser le bois comme source de chaleur ne se limite pas aux seuls aspects climatiques : il en va du maintien d'emplois à l'échelle régionale et de la valorisation d'une ressource locale, renouvelable et contribuant, pour la Suisse, à sa petite part d'autonomie énergétique.

Plus largement...

...ne faudrait-il pas aussi garder à l'esprit d'autres considérations, comme la question du temps de séjour du CO₂ dans l'atmosphère, ou liées aux lacunes scientifiques? L'European Forest Institute relève notamment : « Les effets du changement climatique sur la croissance des forêts et le carbone des sols sont incertains, et associés à des risques comme les incendies ou les vagues de sécheresse, qui peuvent affecter considérablement le stock de carbone.»¹⁹³ Par ailleurs, « la plupart des études actuelles se concentrent sur les gaz à effets de serre », alors que d'autres facteurs du climat importants peuvent être influencés par le couvert végétal, comme l'albédo. Le professeur Eric Verrecchia (Université de Lausanne) abonde en ce sens : « Le climat est quelque chose de tellement complexe, de tellement rétroactif, de tellement incorporé entre biosphère, atmosphère, lithosphère, pédosphère et hydrosphère, que ramener l'augmentation des températures à une variable, en l'occurrence le CO₂, est juste ridicule. » Dans ce domaine, beaucoup de processus sont encore méconnus. Comme le rôle de la vapeur d'eau, « premier gaz à effet de serre, mais trop complexe pour être modélisée avec précision », du rayonnement et des cycles solaires, l'importance du "blue carbon" stocké sur les zones littorales, ou encore le "greening effect", c'est-à-dire l'augmentation de la croissance des forêts et des plantes en général en raison de l'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère

¹⁹³ EFI (octobre 2016). *Forest biomass, carbon neutrality and climate change mitigation. From science to policy*3

durant ces cinquante dernières années. Le CO₂ qui par ailleurs « a varié au cours des siècles et des centaines de millénaires pour des raisons naturelles », relève ce spécialiste.

Au-delà des aspects climatiques et économiques, l'utilisation du bois participe aussi, au final, d'un choix de société plus large, d'ordre en partie philosophique : celui de renoncer aux ressources fossiles et d'opter, là où cela est possible, pour une économie plus circulaire, basée sur les ressources locales et renouvelables. D'un pari aussi, faute de vision claire et de certitude absolue sur l'avenir du climat et celui de la planète.

Priska Hess – Journaliste RP indépendante

Sur mandat de l'Association HEWA (hewa-association.org)

Avril 2021

ANNEXES

Francis Hallé : « Les forêts ne sont pas renouvelables au rythme de l'industrie »

Pour le botaniste et biologiste français Francis Hallé, l'usage du bois-énergie à grande échelle est une « erreur monumentale ». Mais cela peut être une bonne idée au niveau local. Entretien avec celui qui veut faire renaître une forêt primaire en Europe de l'Ouest.

–Quelle est votre avis sur la promotion actuelle du bois-énergie en Europe ?

On ne peut pas être contre le bois-énergie, car l'homme a le droit de se chauffer avec le bois mort qui l'entoure. C'est vieux comme l'espèce humaine et il n'est pas question que cela s'arrête. Moi-même, j'apprécie toujours une bonne flambée ! Il n'y a rien qui fasse autant de bien et soit aussi réjouissant.

Maintenant, c'est une question d'échelle. Faire un feu dans la cheminée, ce n'est pas la même chose que de transformer une centrale à charbon en centrale à biomasse. Cela, je suis furieusement contre. Promouvoir une telle utilisation du bois, comme le fait la Communauté européenne, est, pour moi, une erreur monumentale. Car s'il est vrai que les forêts sont renouvelables, elles ne le sont pas au rythme de l'industrie. La forêt ne peut se reconstituer que sur un temps beaucoup plus long que le temps de l'homme. Par conséquent, la production de pellets pour remplacer le charbon dans les usines, c'est mortifère. On se bat d'ailleurs actuellement contre l'ouverture d'une grande usine de pellets dans les Pyrénées, comme auparavant contre la centrale de Gardanne... Tout cela est d'une grande absurdité.

–Mais entre ces deux extrêmes, il y a aussi des centrales de chauffage à distance locales, comme en Suisse...

Vous avez raison. Nous en avons des exemples en France aussi, comme récemment une commune de Bretagne qui a décidé de chauffer le groupe scolaire avec du bois. Cela, c'est une très bonne idée, car il y des haies vives dans cette région, qu'il faut tailler et entretenir, donc il y a du bois disponible chaque année. Il y a quelques années encore, ce bois-là était simplement brûlé sans récupération de son énergie. Encore une fois, c'est une question d'échelle et de bon sens.

–Quels conseils à des communes qui souhaitent développer un chauffage à distance à bois ?

De le faire sans hésiter, à condition qu'il y ait sur place une ressource en bois disponible. En France, il importe aussi de laisser tranquilles les forêts naturelles, en se fournissant en bois provenant de plantations ou de monocultures.

–Cette distinction entre forêt et plantation¹⁹⁴, c'est important ?

Ce sont deux choses non seulement différentes, mais opposées. L'industrie du bois, en France, essaie de nous faire croire qu'une plantation d'arbres est une forêt. Tout le monde vous parle

¹⁹⁴ Selon Forest Europe 2020, seuls 2,2% des forêts européennes sont sans intervention humaine ("undisturbed by man"), tandis que les plantations représentent 3,8%, le 94% étant des forêts semi-naturelles, avec d'importantes disparités entre les pays. En Suisse, les forêts où l'homme n'intervient pas couvrent 43'000 hectares. Au Royaume-Uni, il n'existe pas de forêt sans intervention humaine et, sur 3,19 millions d'hectares de forêts, plus de 2,8 millions sont des plantations. C'est en Fédération de Russie que se trouve le plus grand nombre d'hectares de forêts où l'homme n'intervient pas – plus de 241 millions d'hectares, sur un total d'environ 810 millions d'hectares.

Élément à prendre en compte dans l'interprétation: des plantations n'ayant pas fait l'objet d'une gestion intensive « pendant une période significative » peuvent être considérées comme des forêts semi-naturelles (voir définitions).

par exemple de la forêt des Landes, alors qu'il s'agit d'une immense plantation de pins, sur un million d'hectares. De même, la FAO intègre, sous le terme « forêts », des plantations et de vraies forêts, ce qui biaise les choses. Les forêts naturelles ne devraient pas dépendre d'un organisme comme la FAO qui s'occupe d'agriculture et d'alimentation, mais d'une structure vraiment indépendante chargée uniquement des forêts. Il en va de même en France, les vraies forêts ne devraient pas dépendre du Ministère de l'Agriculture.

–Et par rapport à la question du CO₂ ?

Les plantations sont faites pour être rapidement exploitées, donc elles ne stockent pas le carbone à long terme.

Il est clair que si on brûle du bois, on remet dans l'atmosphère tout le carbone que le bois avait fixé au cours de sa vie. La combustion, c'est l'inverse de la photosynthèse. Ce n'est donc pas une très bonne méthode pour produire de l'énergie, mais encore une fois, tout est une question d'échelle.

–L'une des critiques des scientifiques est que l'usage du bois énergie, parce qu'il émet davantage de CO₂ que les combustibles fossiles à court terme, est très risqué par rapport à l'urgence climatique. Votre avis ?

Je m'associe à ces scientifiques. Je trouve que le mieux serait d'utiliser des sources d'énergie qui ne relâchent aucun carbone, comme le vent, le soleil, les marées, etc. Quant au nucléaire, même s'il ne relâche pas de carbone, le principe de précaution devrait nous conduire à l'abandonner dès que possible.

–En Suisse, comme en France, on mène des plantations expérimentales de différentes essences, pour observer sur plusieurs années lesquelles sont les mieux adaptées aux changements climatiques. Est-il selon vous pertinent que l'homme cherche à préparer les forêts de demain ?

Une fois de plus, l'homme se pense supérieur à la Nature, comme partout et à toutes les époques. Avec l'idée que nous serions chargés de corriger les défauts de cette Nature et d'améliorer ses performances. Or, c'est une absurdité. Les forêts sur notre planète sont là depuis le Dévonien, c'est-à-dire depuis plus de 350 millions d'années. Elles se passaient donc se passaient très bien de nous et s'en sortaient très bien toute seule en cas de changements climatiques – et il y en a eu déjà d'énormes avant notre ère. Croire que nous soyons chargés d'améliorer les forêts, c'est selon moi de l'arrogance de primates.

Ces expériences dont vous me parlez seraient valables si les arbres ne changeaient jamais. C'est omettre le fait que dans un même arbre, il y a plusieurs génomes, donc des génomes plus ou moins adaptés au nouveau climat. Cela rend donc ces expériences, à mon avis, presque inutiles.

–Mais n'est-il pas légitime de vouloir améliorer la résilience des forêts ?

Oui, la recherche de la résilience me paraît très importante. Pour cela, la solution est simple : il faut une biodiversité maximale. Plus la forêt sera riche en biodiversité animale et végétale, plus elle sera résiliente. On peut y contribuer en laissant le bois mort au sol. Car ce bois mort enrichit le sol, mais pas seulement : sa décomposition fait intervenir des quantités d'organismes, des bactéries, des champignons, etc. Et là-dessus vivent des quantités d'insectes, qui constituent la base des chaînes alimentaires de toute la faune. A l'inverse, moins il y aura de biodiversité, comme dans les monocultures d'arbres, moins la forêt sera résiliente contre les feux, contre les vents, contre les parasites.

–Quelle est la meilleure manière d’exploiter une forêt ?

Pour moi, c’est la libre évolution. En France, cela est devenu un mode de gestion admis par les forestiers. On n’intervient pas, sauf éventuellement pour ouvrir de petites pistes s’il s’agit de permettre aux gens de venir se détendre en forêt. Mais il n’y a absolument pas besoin de gérer une forêt. Je suis furieusement contre l’anthropocentrisme qui voudrait qu’une forêt dont ne nous occupons pas ne pousse pas bien. Si l’exploitation est nécessaire, appliquons les méthodes respectueuses de la forêt, comme celles de Pro Silva¹⁹⁵.

–Mais on dit que pour qu’une forêt puisse bien se renouveler, il faut, par exemple, pratiquer des éclaircies ?

C’est faux. Tout comme de dire qu’une forêt qu’on n’exploite pas «va s’étouffer et mourir», comme je l’ai entendu dans une école forestière en France. Je n’en veux pas aux forestiers, qui font du bon travail, mais ils ne sont pas suffisamment biologistes. Encore une fois, la forêt était là des millions d’années avant nous. Elle sait très bien ce qu’elle a à faire. Laissez-la se développer toute seule !

–Où en est votre projet de forêt primaire en Europe de l’Ouest ? (voir encadré)

Attention, il ne s’agit pas de recréer une forêt primaire en plantant des arbres, mais de permettre qu’une telle forêt se forme d’elle-même, ce qui prendra plusieurs siècles. Notre association¹⁹⁶ a maintenant énormément d’adhérents, de fondations et d’associations qui la soutiennent. Nous pouvons donc être très optimistes sur ce plan-là. Le problème est qu’en raison du coronavirus on ne peut pas voyager pour l’instant. La recherche du meilleur site, que nous devions commencer l’automne dernier, est donc remise à plus tard.

Qui est Francis Hallé ?

Né en 1938, le botaniste et biologiste Francis Hallé est un spécialiste de l’écologie des forêts tropicales humides et de l’architecture végétale (discipline botanique). Co-fondateur d’Opération Canopée, il a dirigé depuis 1986 les explorations scientifiques du Radeau des Cimes, pour observer la canopée des forêts primaires – explorations qui ont inspiré le film documentaire *Il était une forêt*, réalisé par Luc Jacquet. En 2019, Francis Hallé a lancé le projet de « faire renaître une forêt primaire en Europe de l’Ouest ».

Avec son association, il est en quête d’un espace public de 70'000 hectares – car une forêt primaire doit pouvoir accueillir de grands animaux – où cette forêt pourrait croître et évoluer librement, sans aucune intervention humaine. « La forêt primaire est le meilleur dispositif connu pour combattre à la fois les dérèglements du climat, la perte de fertilité des sols et l’érosion de la diversité biologique », estime-t-il. Les dernières forêts primaires équatoriales se situent en Amazonie, en Afrique centrale et en Indonésie. Celles d’Europe ont quant à elles presque toutes disparu depuis la fin du 19^{ème} siècle. La seule qui subsiste est celle de Bialowieza, dans l’Est de la Pologne. Elle est malheureusement elle aussi menacée.¹⁹⁷

¹⁹⁵ Association de forestiers promouvant une sylviculture basée sur le traitement irrégulier et respectueux des processus naturels des écosystèmes forestiers. <https://prosilva.fr/>.

Pour la Suisse : https://www.prosilva.ch/Home_1.html. La Fondation suisse Pro Silva Helvetica a quant à elle pour but de « promouvoir la forêt jardinée et plus généralement la sylviculture multifonctionnelle et respectueuse des rythmes et des lois de la nature. Il s’agit d’une sylviculture qui considère individuellement chaque arbre ou groupe d’arbres et qui travaille en harmonie avec les conditions naturelles de chaque milieu ». www.pro-silva-helvetica.ch/jardi.php

¹⁹⁶ <https://www.foretprimaire-francishalle.org>

¹⁹⁷ <https://www.faunesauvage.fr/sinformer/sinformer-articles/francis-halle-la-foret-primaire-de-bialowieza-doit-etre-sauvee>

GLOSSAIRE

Ces définitions sont reprises ou paraphrasées à partir de différentes sources, citées entre parenthèses, avec références en notes de bas de page si nécessaire.

Accord de Paris

Traité international juridiquement contraignant, adopté le 12 décembre 2015 lors de la Conférence de Paris (COP21). Il vise à réduire par étapes les émissions mondiales de gaz à effet de serre. Objectif : contenir les températures bien en dessous de 2 degrés par rapport à l'ère préindustrielle, en limitant cette hausse à 1,5°. Pour cela, les Parties doivent parvenir, au cours de la deuxième moitié de ce siècle, à un équilibre entre émissions anthropiques et absorptions anthropiques des gaz à effet de serre. L'Accord de Paris oblige les Etats à communiquer tous les cinq ans leur contribution au niveau national et à prendre des mesures pour y parvenir. Il encourage également à conserver et renforcer les puits et réservoirs de gaz à effet de serre, notamment les forêts. (Source : UNFCC)¹⁹⁸

Bioénergie

Energie tirée de toute forme de biomasse (Source : IPCC)

Biomasse

Matière organique, d'origine végétale (biomasse ligneuse=bois) ou animale (purin, lisier, graisse animale, suif, etc.), pouvant être transformée en combustibles ou en biocarburants. La biomasse commence également à servir de matière chimique en substitution du pétrole, pour la production de bioplastiques et d'autres produits de synthèse. (Source : *Les enjeux de la transition énergétique suisse*)¹⁹⁹

Bois de tige

Volume aérien de la tige d'un arbre, de l'empatement à la cime (Source : *Annuaire La Forêt et le bois 2020*)

Cascade (utilisation en)

Utilisation du bois d'abord comme matériau de construction (bâtiments, aménagements intérieurs, meubles), puis comme matériau pour les panneaux de particules notamment, enfin comme produit chimique, et utilisation énergétique qu'une fois qu'il ne peut plus être valorisé matériellement. (Source : *PNR66*)²⁰⁰

Chablis

Arbre ou groupe d'arbres déraciné ou rompu et tombé-s au sol, pour des raisons qui lui sont propres (sénescence par exemple) ou sous l'action d'agents naturels (vent par exemple)²⁰¹.

Cogénération

Production conjointe de chaleur et d'électricité à partir d'un même agent énergétique et au sein de la même installation. La cogénération permet déjà de tirer parti du fait que la combustion dégage de la chaleur à très haute température, plus de 1'000 degrés. (Source : *Les enjeux de la transition énergétique suisse*)

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)

Entrée en vigueur le 21 mars 1994, la CCNUCC est l'une des trois conventions adoptées lors du « Sommet de la Terre de Rio » en 1992, avec la Convention sur la diversité biologique et la Convention sur la lutte contre la désertification. Son objectif ultime : stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre « à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique » (Source : UNFCC)

Combustibles fossiles

Désigne tous les combustibles riches en carbone issus de la fossilisation d'animaux ou végétaux morts et enfouis dans le sol, à l'abri de l'oxygène et de l'atmosphère, depuis des centaines de millions d'années. Les agents énergétiques fossiles englobent le pétrole, le gaz naturel et le charbon. (Source : *Les enjeux de la transition énergétique suisse*)

Coupe rase

Elimination totale d'arbres forestiers. Même dépourvue d'arbres, la surface touchée reste cependant toujours une forêt au sens de la loi. En Suisse, les coupes rases sont interdites, mais les cantons peuvent les autoriser à

¹⁹⁸ <https://unfccc.int/fr/process-and-meetings/l-accord-de-paris/qu-est-ce-que-l-accord-de-paris>

¹⁹⁹ Vuille, F. ; Favrat, D ; Erkman, S. (2015). *Les enjeux de la transition énergétique suisse. Comprendre pour choisir : 100 questions-réponses*. Lausanne : EPFL Press.

²⁰⁰ Rey, L. ; Thalmann, Ph. (2017). *Approvisionnement et utilisation durable du bois*. Synthèse thématique dans le cadre du PNR 66 « Ressource Bois ». Fond national suisse pour la recherche, Berne.

²⁰¹ [https://fr.wikipedia.org/wiki/Chablis_\(arbre\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Chablis_(arbre))

titre exceptionnel pour permettre l'exécution de mesures particulières. Contrairement au cas du défrichement – une surface définitivement défrichée n'est plus considérée comme forêt au sens juridique du terme, des arbres croissent à nouveau après une coupe rase. (Source : OFEV²⁰²)

Culture d'arbres

En Suisse, culture de type agricole de plantes ligneuses à croissance rapide, comme les peupliers, dans un but de production de bois (Source : IFN4).

Dioxyde de carbone (CO₂)

Gaz d'origine naturelle ou résultant de la combustion des combustibles fossiles (pétrole, gaz, charbon, etc.) et de la biomasse ainsi que des changements d'affectation des terres et d'autres procédés industriels comme la production de ciment. C'est le principal gaz à effet de serre anthropique qui influe sur le bilan radiatif de la Terre. Il sert de référence pour la mesure des autres gaz à effet de serre (Source : IPCC²⁰³)

Equivalent CO₂

Mesure métrique utilisée pour comparer les émissions de divers gaz à effet de serre sur la base de leur potentiel de réchauffement planétaire ou global, en convertissant les quantités d'autres gaz en quantité équivalente de dioxyde de carbone ayant le même potentiel de réchauffement planétaire. (Source : JRC²⁰⁴)

Energie renouvelable

Source d'énergie dont l'exploitation n'entraîne en aucun cas l'épuisement de la ressource d'origine. Son renouvellement naturel est suffisamment rapide, ou son exploitation suffisamment modérée, pour qu'elle puisse être considérée comme inépuisable à l'échelle humaine. (Source : *Les enjeux de la transition énergétique suisse*) En droit de l'Union européenne, les énergies renouvelables sont définies par une double approche : comme «sources d'énergie non fossiles renouvelables » et selon la liste suivante : énergie éolienne, solaire, aérothermique, géothermique, hydrothermique, marine et hydroélectrique, biomasse, gaz de décharge, gaz des stations d'épuration d'eaux usées et biogaz. Le point commun à l'ensemble de ces énergies est la qualité pérenne de la ressource. Cette pérennité est basée sur deux fondements : la durabilité de la ressource ainsi que la durabilité des modes d'exploitation de l'énergie.²⁰⁵

Forêts

Selon la Loi fédérale sur les forêts : toutes les surfaces couvertes d'arbres ou d'arbustes forestiers à même d'exercer des fonctions forestières. Leur origine, leur mode d'exploitation et la mention au registre foncier ne sont pas pertinents. Sont assimilés aux forêts : les forêts pâturées, les pâturages boisés, les peuplements de noyers et de châtaigniers; les surfaces non boisées ou improductives d'un bien-fonds forestier, telles que les vides ou les surfaces occupées par des routes forestières ou d'autres constructions ou installations forestières; les biens-fonds faisant l'objet d'une obligation de reboiser. Dans le cadre fixé par le Conseil fédéral, les cantons peuvent préciser la largeur, la surface et l'âge minimaux que doit avoir un peuplement sur une surface conquise par la forêt ainsi que la largeur et la surface minimales que doit avoir un autre peuplement pour être considérés comme forêt. Si le peuplement en question exerce une fonction sociale ou protectrice particulièrement importante, les critères cantonaux ne sont pas applicables. (Source : Lfo)

Selon l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : écosystème recouvert en permanence d'arbres, lorsque le degré de recouvrement est d'au moins 10 % et la superficie de plus de 0,5 ha, et que les arbres peuvent atteindre au moins 5 m de hauteur.(Source : IFN4)

Forêts semi-naturelles

Les forêts semi-naturelles présentent certaines caractéristiques des écosystèmes naturels, mais l'homme y intervient et elles présentent différents degrés de naturalité. Elles se distinguent des plantations. (Source : Forest Europe 2020).

Futaie

Forme de forêt dans laquelle les arbres résultent principalement d'une multiplication à partir de graines. On distingue : la **futaie régulière**, composée de peuplements homogènes, de surface délimitée, avec une structure en strates – étages délimités dans laquelle les arbres formant le peuplement principal peuvent être classés dans

²⁰² OFEV, Division Forêts (2019). *Défrichement et coupes rases : clarification des termes*.

²⁰³ IPCC

²⁰⁴ JRC 2021

²⁰⁵ Bereni, A. (2019). Énergies renouvelables et transition énergétique en droit de l'Union Européenne: un développement favorisé par le mécanisme des aides d'État. *HAL archives-ouvertes.fr*
<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02398367/document>

le même stade de développement ; la **futaie irrégulière**, futaie à une ou plusieurs strates, avec un stade de développement mélangé ; la **futaie d'aspect jardiné**, futaie à structure étagée, sans stade de développement dominant, ou futaie à une ou plusieurs strates, avec structure par collectifs d'arbres – petits groupes d'arbres distincts comprimés. (Source : IFN4)

Forêt buissonnante

Surface forestière dont le peuplement déterminant pour l'IFN est couvert à plus de deux tiers d'arbustes. (Source : IFN4)

Gaz à effet de serre

Composant gazeux qui participe au phénomène appelé réchauffement climatique, en piégeant au sein de l'atmosphère des rayonnements infrarouge émis par la surface terrestre. Les principaux gaz à effet de serre sont : la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et certains fluides destinés aux installations de réfrigération et de climatisation. (Source : *Les enjeux de la transition énergétique suisse*)

Gestion forestière durable

La gestion durable des forêts signifie la gestion et l'utilisation des forêts d'une manière et avec une intensité telles qu'elles maintiennent leur diversité biologique, leur productivité, leur capacité de régénération, leur vitalité et leur capacité à satisfaire, actuellement et à l'avenir, les fonctions écologiques, économiques et sociales pertinentes, sans porter préjudice à d'autres éco systèmes (Source : Forest Europe 2020).

Grumes

Bois de tige écorcé et sans souche. (Source : *Annuaire La Forêt et le bois 2020*)

Neutralité carbone

Selon la définition du Giec²⁰⁶: « Situation dans laquelle les émissions anthropiques nettes de CO₂ sont compensées à l'échelle de la planète par les éliminations anthropiques de CO₂ au cours d'une période donnée. On parle aussi d'émissions nettes de CO₂ égales à zéro "Net zero CO₂ emissions." »

L'expression de neutralité carbone est employée par les Etats et Parties dans le cadre de l'Accord de Paris, par des filières, par les entreprises, qui déclarent tout ou partie de leur activité comme étant d'ores-et-déjà « neutre en carbone », ou devant y parvenir. Cette expression est ainsi utilisée dans des cadres politiques, législatifs et réglementaires précis, mais aussi dans des contextes de communication moins réglementés. Et derrière une même expression, se trouvent en réalité des définitions différentes, avec des règles de comptabilisation, des périmètres et des principes différents. Pour faciliter l'harmonisation, et donc la crédibilité de ce terme, un projet de norme volontaire est en cours à l'Organisation internationale de normalisation (ISO), à l'initiative du Royaume-Uni. La future norme volontaire visera ainsi toutes organisations publiques et privées, pour s'appliquer à leur activité, leurs produits et services. (Source : Citepa²⁰⁷)

Plantations

Surfaces forestières établies artificiellement par plantation de graines ou de boutures, et gérées de manière intensive (Source : Forest Europe 2020). Lorsque les plantations n'ont plus fait l'objet d'une gestion intensive pendant une « période significative », on les considère comme une forêt semi-naturelle.

Plaquettes

Combustible produit à partir de bois aux caractéristiques et de qualités très diverses. Les plaquettes peuvent provenir de scieries (issues de la transformation du bois), de grumes déclassés en raison de défauts, de rémanents de coupe ou de zones hors forêts tels que les parcs et jardins. (Source : Etat de Vaud²⁰⁸)

Pellets (granulés de bois)

Petits agglomérés cylindriques, fabriqués en général à partir de sciure et de copeaux provenant de l'industrie du bois, qui sont pressés à haute pression au travers d'une matrice, presque comme des vermicelles. La teneur en énergie des pellets est très élevée: deux kilos de pellets contiennent autant d'énergie qu'un litre de mazout. (Source : Energie-bois Suisse et Pro Pellets)²⁰⁹

²⁰⁶ https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_french.pdf

²⁰⁷ https://www.citepa.org/fr/2021_02_b06/

²⁰⁸ DGE-DIREN Vaud (avril 2017). Qualité des plaquettes forestières: Notions et recommandations pour l'exploitant de chaudière à plaquettes forestières.

https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/rapp-170427-guide-plaquettes.pdf

²⁰⁹ <https://www.energie-bois.ch/energie-bois/combustibles-bois/pellets.html>

Protocole de Kyoto

Protocole conclu en 1997 et entré en vigueur en 2005, qui fixe pour chaque État industrialisé des objectifs de réduction contraignants des émissions de gaz à effet de serre. Pour la première période d'engagement, de 2008 à 2012, les pays industrialisés s'étaient engagés à réduire leurs émissions de 5,2% par rapport à 1990. Cet engagement a été reconduit jusqu'en 2020. Le 1^{er} janvier 2021 marque la fin de la période couverte par ce Protocole de Kyoto et le début de celle couverte par l'Accord de Paris.

Puits de carbone (forêt) : lorsqu'elle absorbe plus de CO₂ qu'elle n'en émet. Dans le cas contraire, elle est une source²¹⁰.

Rémanents

Résidus d'exploitation forestière, tels que branchages, cimes et houppiers, laissés dans la forêt après les opérations d'exploitation forestière ou en partie récupérés comme bois-énergie.

SEQUE

Créé en 2005, le SEQUE-UE est le premier système mondial d'échange international de quotas d'émissions. Il fonctionne dans les 28 États membres de l'UE, plus l'Islande, le Liechtenstein et la Norvège. Il repose sur un principe de plafonnement et d'échange des droits d'émissions. Un plafond est fixé pour limiter le niveau total de certains gaz à effet de serre (CO₂, N₂O, et hydrocarbures perfluorés PFC), plafond qui diminue progressivement afin de faire baisser ce niveau total. Dans les limites de ce plafond, les entreprises reçoivent ou achètent des quotas d'émission qu'elles peuvent échanger avec d'autres entreprises en fonction de leurs besoins. Elles peuvent également acheter un nombre limité de crédits internationaux dégagés par des projets de réduction des émissions dans le monde entier. A la fin de chaque année, chaque société doit restituer un nombre suffisant de quotas pour couvrir toutes ses émissions, sous peine de s'exposer à de lourdes amendes. Une entreprise ayant réduit ses émissions peut conserver l'excédent de quotas pour couvrir ses besoins futurs, ou bien les vendre à une autre entreprise qui en a besoin (Source : Commission européenne)²¹¹.

Stock de carbone

Quantité absolue de carbone présente à un moment donné dans un réservoir de carbone, par exemple dans les végétaux, dans la litière ou dans le sol. (Source : IFN 4)

Stock (ou volume) sur pied

Volume sur écorce de tous les arbres vivants d'un diamètre minimum de 10 cm à hauteur de poitrine. Il comprend la tige du niveau du sol jusqu'à un diamètre au sommet de 0 cm, à l'exclusion des branches. Correspond à ce que l'IFN désigne par « volume » (Source : JRC)

Substitution (effets de)

Effets résultant de l'usage du bois en remplacement d'énergies ou de matériaux concurrents, non renouvelables. Leur évaluation est délicate, car elle suppose de comparer des filières complètes de production, au périmètre identique, sur tout le cycle de vie. Les coefficients de substitution dépendent ainsi du contexte industriel national et des options d'usages qui y sont pratiqués²¹². L'effet de substitution du bois-matériau est considéré aujourd'hui comme un important levier pour atténuer le changement climatique.

Taillis

Forêt issue de rejets de souches ou de drageons, exploitée à courte rotation – de 10 à 30 ans (Source : IFN4)

Volume total

Dans l'IFN, somme du « volume » et du « volume de bois mort », c'est-à-dire volume du bois de tige en écorce de tous les arbres et arbustes sur pied (vifs) et à terre (morts), à partir d'un diamètre de 12 cm à hauteur de poitrine. (Source : IFN4)

<https://www.propellets.ch/fr/chauffer-aux-pellets/les-avantages-des-pellets/une-production-durable.html>

²¹⁰ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/foret--bois-et-CO2.html>

²¹¹ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_fr

²¹² Inra-IGN 2017