

# Concilier demande d'énergie et protection du capital naturel

Par Pascal YVON  
Carbon Forest

De tout temps, le prélèvement sur la ressource forestière a constitué une menace sur les espaces naturels et sur leur diversité biologique.

L'énergie bois est probablement la première à avoir été utilisée par l'homme, après le soleil, mais elle offre un faible rendement. Elle doit être réservée à des unités de proximité.

Représentant 4 % de l'énergie produite en métropole, son potentiel est de si faible enjeu que la question de l'avenir forestier ne saurait se réduire à une discussion sur la ressource énergétique. Le bois n'est pas uniquement un matériau énergie ! C'est un matériau dont on détermine la destination selon l'époque et le besoin.

Pour assurer les approvisionnements matière tout en préservant le capital naturel, la bonne solution passe par la multifonctionnalité : maintenir la biodiversité, préserver les sols, mieux stocker le carbone dans le sol comme dans la biomasse, assurer la bonne gestion de l'approvisionnement en eau, produire en premier lieu du bois d'œuvre, puis du bois de chauffage. Ce modèle de gestion existe ; il est en outre parfaitement rentable.

## Un peu d'histoire

Le prélèvement sur la ressource forestière a toujours constitué une menace pour la diversité biologique. Le bois énergie a contribué au développement urbain et industriel, et en a subi les aléas. Les forges, les verreries, les fours à chaux, les villes, notamment quand elles ont souffert des blocus en période de guerre, ont parfois contribué à détruire d'importantes surfaces boisées.

De nos jours, la prise de conscience du réchauffement climatique conduit au développement des EnR<sup>(1)</sup> afin de satisfaire nos besoins énergétiques tout en préservant l'environnement.

Du coup, nous observons une relance de l'exploitation de la biomasse forestière, parfois de façon déraisonnée. Nous tenterons dans cet article d'apporter un éclairage objectif sur le niveau raisonnable de prélèvement sur le BE<sup>(2)</sup>, permettant d'assurer le développement du capital naturel, ou tout du moins son maintien.

## Énergie bois

### Énergie végétale

Le végétal comme matériau énergétique est probablement le premier à avoir été utilisé par l'homme, après le soleil. Depuis ces temps anciens, le souci de l'améliora-

tion du rendement est constant. Dès la découverte des hydrocarbures (le naphte au VI<sup>e</sup> siècle), l'homme a vite compris que les énergies carbonées fossiles avaient un rendement supérieur au bois.

Source d'énergie	Kg	KW / h
<b>Bois sec</b>	<b>4,00</b>	<b>11,4</b>
<b>Tourbe sèche</b>	<b>2,00</b>	<b>11,4</b>
<b>Charbon</b>	<b>1,70</b>	<b>11,4</b>
<b>Fuel</b>	<b>1,00</b>	<b>11,4</b>

Figure 1 – Données retraitées issues d'une étude finlandaise, "Wood fuels basic information pack", Jyväskylä science park, 2000, ITEBE.

### Chauffage au bois

Malgré cela, la question technique du chauffage a fait des progrès considérables, dépassant parfois des taux de rendement supérieurs à 90 % grâce aux foyers fermés, aux chaudières à foyer renversé, à « lit fluidisé ».

Le bois, traditionnellement façonné en bûches, peut désormais être broyé sous forme de plaquettes forestières pour pouvoir être utilisé dans des centrales de chauffage rural ou urbain. Trituré, il offre une plus grande facilité de stockage, de transfert et de chargement. L'usage du charbon de bois devient anecdotique.

(1) EnR : énergie renouvelable.

(2) BE : bois énergie.

## Le rendement énergie-bois

S'il est vrai qu'il est intéressant de substituer du bois aux énergies fossiles, le faible rendement énergétique de celui-ci ne doit pas être grevé par son transport : consommation de carburant, usure du matériel, des routes et des pneus...

Ainsi, la centrale à biomasse de Gardane est une erreur, puisque le bassin local ne pourra jamais l'approvisionner. C'est ainsi que depuis 2018, on importe 100 000 tonnes de bois du Brésil, lestant un peu plus le premier déficit de notre balance commerciale. Le bois énergie doit donc être réservé à des unités de proximité.

Ressource	Facteur d'émission (tC/tep)
Bois (anhydre)	1,16
Charbon	1,1
Electricité (mix EU)	1,06
Fioul	0,84
Gaz naturel	0,64
Electricité (mix F)	0,25

Figure 2 – Source : P. Leturcq – Univerbois, septembre 2012.

## La demande énergétique

La consommation d'énergie primaire en France métropolitaine était de l'ordre de 248 Mtep en 2017. Elle est à peu près stable depuis une dizaine d'années (elle varie entre 237 et 274 Mtep).

La part des EnR est d'environ 12 %, dont un peu moins de 4 % pour le bois.

En ce qui concerne la production de chaleur, la biomasse représente 23 % de celle-ci, mais il est difficile de connaître la part réelle du bois, dans la mesure où la biomasse englobe les déchets, la méthanisation...

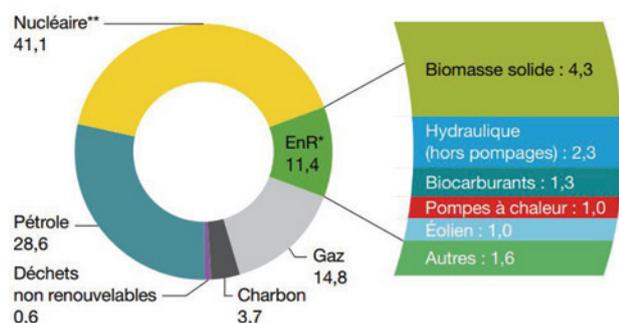


Figure 3 – Source : Statistiques MEDD-2017.

En 2013, dans le cadre de la transition énergétique, il a été envisagé d'augmenter la production énergétique en recourant plus largement au bois. Voyons maintenant si le bois peut réellement constituer une ressource énergétique supplémentaire conséquente.

## La ressource disponible en bois énergie

### La ressource bois

La forêt métropolitaine représente un stock de 2,7 milliards de m<sup>3</sup> de bois sur pied.

Du point de vue carboné, elle fixe en moyenne 2,7 T de carbone par hectare par an (CC/Ha/an), soit 45 MtC, correspondant à près de la moitié des émissions de carbone nationales (96 MtC en 2017).

Ces chiffres montrent le potentiel du bois énergie. Augmenter la production d'énergie à partir de la biomasse forestière est tentant ! Cela d'autant plus que la surface de la forêt augmente de 80 000 ha/an en moyenne depuis trente ans, alors que l'exploitation forestière en 2017 affichait un volume de 40 Mm<sup>3</sup>.

Mais le bois n'est pas uniquement un matériau énergie ! C'est un matériau dont on détermine la destination selon l'époque et le besoin. En temps de guerre, on l'utilise beaucoup plus à des fins énergétiques, et beaucoup moins en temps de construction.

### La production biologique du bois sur pied en Métropole

Tous les chiffres concernant la forêt méritent une explication.

Si l'on parle de bois fort tige<sup>(3)</sup>, le prélèvement annuel est de 43 Mm<sup>3</sup>, pour une production biologique de 86 Mm<sup>3</sup>. Si l'on considère le bois total, le prélèvement est de 62 Mm<sup>3</sup> (pertes d'exploitation comprises) sur une production biologique totale de 129 Mm<sup>3</sup>.

La plupart des chiffres sont exprimés en bois fort ; cela permet d'englober le bois énergie. La foresterie évite de récolter le bois trop petit, lequel doit constituer un retour minimal à la terre. Mais attention, l'INGF<sup>(4)</sup> parle de bois rond sur-écorce, quand l'AGRESTE<sup>(5)</sup> considère le bois rond sous-écorce. Et l'écorce entre dans le potentiel de bois énergie (rapport Peyron-Yvon, 2011).

Compte tenu de l'augmentation de la surface forestière, la production biologique est en hausse constante, comme l'est, par conséquent, le capital sur pied, créant ainsi un cercle haussier. On considère qu'en 2050, la production biologique atteindra les 150 Mm<sup>3</sup> de bois total.

### Le potentiel de bois sur pied mobilisable

À long terme, il devrait y avoir une poursuite de l'augmentation de la surface forestière et des volumes sur pied. Même si la hausse se stabilise, les volumes sur pied continueront d'augmenter. Cependant, restons prudents. D'abord parce qu'en 2012, l'INGF a revu ses prévisions de volumes à la baisse ! Ensuite, il faut tenir compte des

(3) Bois fort tige : volume estimé des tiges de diamètre supérieur à 7 cm. Le volume du petit bois (moins de 7 cm), appelé charbonnette, est traditionnellement destiné à rester au sol.

(4) INGF : Institut national d'information géographique et forestière.

(5) AGRESTE : Institut statistique du ministère de l'Agriculture.

incertitudes climatiques (la tempête de 1999 a conduit à une hausse de l'exploitation pendant trois ans, pour afficher par la suite une forte baisse de celle-ci. La tempête de 2009 dans les Landes engendre aujourd'hui une chute du volume mobilisable au moins pour les années 2020-2040). Par ailleurs, une surface importante présente des difficultés d'exploitation, particulièrement en zone de montagne ou périurbaine. Il faut également tenir compte des disparités régionales d'une ressource française hétérogène ; le taux de prélèvement peut varier dans des proportions allant jusqu'à 85 % selon les essences et les circonstances (n°5-2012, *Revue forestière française*). Aussi, le changement climatique se fera sentir différemment selon les régions en termes de productivité et de mortalité.

Statistiquement, nous devons tenir compte de ces aléas. La ressource potentielle exploitable peut donc s'accroître, mais restons prudents en n'allant pas au-delà de 20 Mm<sup>3</sup> de bois fort/an. Nous pourrions peut être atteindre 63 Mm<sup>3</sup> de bois extraits, correspondant à 90 Mm<sup>3</sup> de bois coupés pour une production totale de 150 Mm<sup>3</sup>.

### Le potentiel de bois énergie mobilisable

Les quantités de bois de chauffage produites et consommées sont très difficiles à déterminer. Une importante autoconsommation et des transactions locales hors statistiques obligent à travailler par recoupements. Grâce aux placettes forestières référencées INGF, on connaît assez bien la production de bois. Il faut y retrancher le BO<sup>(6)</sup> produit, pour obtenir une masse de bois BE théorique. Par ailleurs, à partir du nombre de ménages chauffés au bois, on peut, grâce à l'équivalent fuel, réaliser une autre estimation et opérer des recoupements. D'après l'ADEME, il y a 3 700 chauffages collectifs bois en France. Le chauffage domestique représenterait 7,3 M tep correspondant à la consommation de 27 Mm<sup>3</sup> de bois. Si l'on se base sur les transactions déclarées en France, la production annuelle de bois de chauffage serait seulement de 16 Mm<sup>3</sup>. Et si l'on se réfère aux statistiques données par l'INGF, la production réelle de bois énergie avoisinerait les 40 Mm<sup>3</sup>. Mais il faut revoir ce chiffre à la hausse, dans la mesure où notre forêt possède près de 7 M d'hectares d'arbres jeunes, qui produisent peu de bois d'œuvre. Or, dans l'état actuel du marché des grumes, une proportion importante de bois d'œuvre est actuellement utilisée comme bois énergie (en raison de sa faible proportion). Enfin, selon l'INSEE, en tenant compte des ménages qui se chauffent au bois, on arriverait à une consommation de bois évaluée à 40 Mm<sup>3</sup> (dont une part de déchets bois).

En croisant ces différentes sources, on peut donc raisonnablement penser que la part du bois sur pied allouée à l'énergie dépasse le chiffre précité. La quantité réellement utilisée serait supérieure à la quantité déclarée officiellement, notamment par l'effet de l'autoconsommation.

Pour conclure, il y a toujours dans les arbres fournissant le meilleur bois d'œuvre, une proportion de bois de basse qualité appelée selon l'essence et l'utilisation, BI<sup>(7)</sup> ou BE.

(6) BO : bois d'œuvre.

(7) BI : bois industrie.

Si bien qu'en moyenne, et même en l'absence de politique énergétique, plus de la moitié du bois extrait de la forêt ne sert que comme bois d'industrie ou bois d'énergie (les déchets de la première transformation : copeaux, sciure...).

### Un volume limité

Si, en 2017, 43 Mm<sup>3</sup> de bois sont sortis de forêt, dont 18,5 Mm<sup>3</sup> de BO, on a théoriquement un reste correspondant à 24,5 Mm<sup>3</sup> de BI-BE, un chiffre à revoir à la hausse compte tenu des incertitudes statistiques exposées *supra*, on se situe plus probablement aux environs de 35 Mm<sup>3</sup>. Par conséquent, à horizon 2050, on peut raisonnablement tabler sur un volume de 50 Mm<sup>3</sup> de bois énergie, ce qui représente moins de 4 % de l'énergie produite en Métropole. Ce chiffre est lui aussi sous-évalué. En tenant compte de l'autoconsommation et de la sous-évaluation de ce volume, on pourrait arriver à 6 %. Compte du faible enjeu que cela représente, l'avenir de la forêt ne saurait se réduire à la question énergétique.

## Une exploitation industrielle de la forêt, le risque de l'artificialisation des sols

### Gérer la forêt au service d'une seule ressource, le bois énergie

L'exploitation industrielle de la forêt conduit à l'artificialisation de celle-ci, c'est donc une fausse bonne idée. Pour faire du bois énergie, on voit conduire des taillis à très courte rotation, sur moins de dix ans. Ce qui provoque un appauvrissement des sols, une réduction de la diversité génétique, une perte de biodiversité globale...

De la même manière, il y a des exemples d'artificialisation de la forêt au profit de l'industrie, comme dans les Landes. Quand Nicolas Brémontier conçut son projet de fixation des dunes, les Landes présentaient des étendues souvent marécageuses ; les surfaces boisées ne représentaient qu'entre un quart et un tiers de la surface actuelle (c'est-à-dire 250 à 300 000 hectares). Elles étaient limitées aux zones saines, étaient composées de mélanges d'espèces d'arbres, en proportions variables : des chênes (pédunculé, tauzin), des saules, des aulnes, mais aussi des pins maritimes présents depuis plus de 10 000 ans.

L'industrie s'est considérablement développée, asservissant le massif forestier, avec le recours à des pratiques totalement industrialisées : rouleau landais, plantation sur labour, regonflage en opérant un nouveau labourage entre les lignes afin d'activer la croissance des arbres jusqu'à leur vingt ans, pour les couper à blanc étoc<sup>(8)</sup> à quarante ans, et recommencer le processus.

Le bois est aujourd'hui tronçonné sous forme de billons, mesurant parfois jusqu'à sept mètres pour réaliser des charpentes, il ne l'est pratiquement jamais sous forme de grumes, sauf lorsque des acheteurs étrangers le

(8) Blanc étoc : coupe de tous les arbres sans exception sur une surface de plus de 1 000 m<sup>2</sup>, pouvant même atteindre des hectares. Littéralement « au sol blanc de souche », l'étoc désignant la souche. Synonyme : coupe rase.

demandent (comme le firent des acheteurs espagnols après l'ouragan de 1999). Bien sûr, les billons sont triés en fonction de leur qualité, mais le bois n'est plus considéré comme une matière aux propriétés exceptionnelles.

### Les raisons de l'adoption de ce modèle industriel

Dans ce modèle, la part du bois massif diminue au profit de matériaux industriels fabriqués à partir de bois déchiquetés. Le bois n'est plus ici qu'une source de fourniture de fibres de carbone, lesquelles sont utilisées presque indifféremment pour produire du bois restructuré, sous forme de lamellé-collé, lamellé croisé, KLH, CLT, OSB... Au-delà de la perte d'un savoir-faire ancien, il y a également une perte économique réelle, puisque la fibre constituée naturellement a nécessité une importante énergie pour développer ses caractéristiques mécaniques sans pour autant apporter une véritable valeur ajoutée industrielle. Dans la même veine, la chimie du bois, qui constitue une activité d'avenir émergente, ne verrait plus dans le bois que des molécules...

Le bois reconstitué permet ainsi à l'industriel de bénéficier d'un glissement de la marge au détriment du propriétaire, et donc souvent au détriment de la collectivité. En effet, les bois reconstitués coûtent deux à quatre fois plus cher que le bois massif. Il faudrait donc utiliser le bois massif, en tenant compte de ses caractéristiques, partout où il a sa place, et ne réserver le bois reconstitué qu'aux usages pour lesquels le recours au bois massif n'est pas possible.

### Conséquences environnementales

Les conséquences environnementales de ce modèle sont considérables. La monoculture spécifique équiennne met en sommeil les essences naturelles initiales. Les risques (tempêtes, biotiques, d'incendie...) sont terriblement accrus. Les coupes à blanc et les labours créent autant de puits permettant au carbone du sol et de la biomasse souterraine de s'échapper.

Il doit aussi être tenu compte de la valeur économique du bois d'œuvre, cette valeur variant de 1 à 10 000 € le m<sup>3</sup>. Aussi bien économiquement qu'écologiquement, il vaut mieux vaut exploiter 1 m<sup>3</sup> à 10 000 € que 10 000 m<sup>3</sup> à 1 €. Par ailleurs, plus le bois a de valeur, et plus sa valorisation sera élevée une fois transformé.

## Un capital naturel à préserver

### La biodiversité

La biodiversité de la flore et de la faune est une partie importante du capital naturel. Elle le conditionne en quelque sorte. Mais elle n'est pas seule à le constituer. Il y a également le carbone, l'eau, le matériel sur pied, et donc le volume forestier.

#### La biodiversité limite les risques

Une étude américaine récente montre qu'une biodiversité accrue offre une meilleure résilience (Potter et Guo, 2019). La biodiversité est primordiale ; elle permet même d'éviter le risque biotique, à partir de trente-cinq essences ligneuses. Dans le cadre du réchauffement climatique, rappelons-nous que les risques de sécheresse et bio-

tiques sont liés entre eux. La sécheresse engendre des faiblesses ; et toute faiblesse est la porte ouverte aux maladies. La diversité des essences et la variété des classes d'âge peuvent prémunir un peuplement. Nous avons identifié des forêts anciennes qui présentent de telles caractéristiques.

#### La corrélation carbone – biodiversité

Par ailleurs, il est acquis que la quantité de carbone contenue dans le sol est en corrélation avec la biodiversité (voir la Figure 4 ci-dessous) (Abbadie, 2018 ; Marquet, 2010). La Figure 5 ci-après montre la quantité de carbone présente dans un sol en fonction de la profondeur, jusqu'à 120 cm, et du niveau de biodiversité.

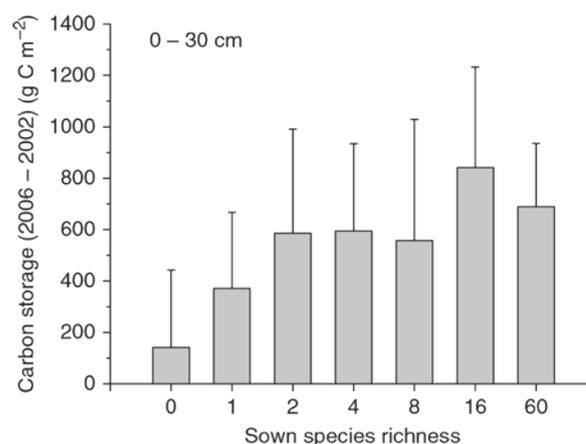


Figure 4 : « L'effet de la richesse d'une espèce de plante sur le stockage du carbone dans la perspective de labour total après quatre années d'expérimentation. Les barres d'erreur sont des déviations standards. L'augmentation des stocks de carbone sur les terrains nus représente la proportion attribuée au changement de la masse du sol. La corrélation entre la richesse des espèces et le stockage du carbone organique des sols est très élevée indépendamment de l'inclusion ( $P=0,002$ ) ou de l'exclusion ( $P=0,016$ ) des parcelles de terrain nu [objets] des analyses. » (Source : Steinbess *et al.* (2008), *Global Change Biology* 14, pp. 2937-2949).

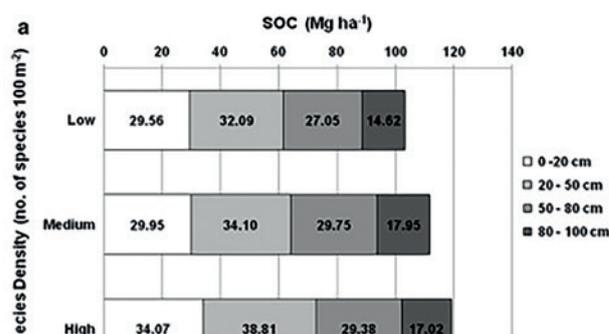


Figure 5 : « Le contenu du carbone organique des sols (COS) à travers les différentes profondeurs du sol des jardins avec des densités d'espèces de plantes différentes dans le détroit de Thrissur, Kerala, Inde.

a COS, en Mg ha<sup>-1</sup> b COS calculé en Mg ha<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup> pour une classe de profondeur ; la profondeur indiquée est celle du point central de l'échantillon de la classe de profondeur. La classe de densité de profondeur des espèces (espèce 100 m<sup>-2</sup>) : Basse (<0,66), Moyenne (0,66-1,1), Élevée (>1,1). »

(Source : Steinbess *et al.* (2008), *Global Change Biology* 14, pp. 2937-2949).

## Le carbone

Véritable sujet d'actualité, du fait qu'il est nécessaire à la vie. C'est un élément essentiel de la richesse du sol et il constitue une source d'énergie pour les végétaux.

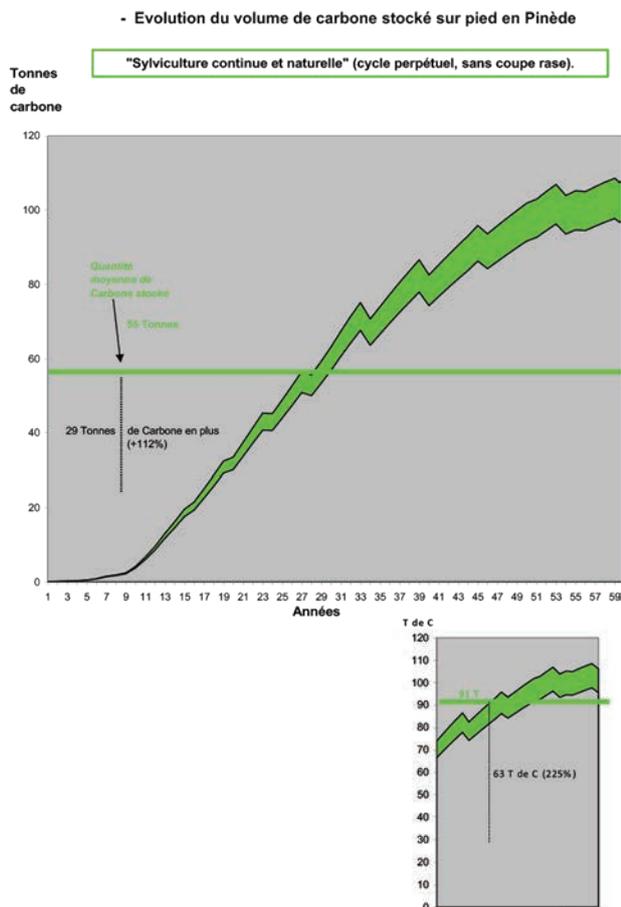
### Le carbone du sol, un indicateur de biodiversité

Puisqu'il y a corrélation entre teneur en carbone et biodiversité, on peut donc considérer le carbone comme un indicateur de cette biodiversité.

Certains modèles sylvicoles permettent d'atteindre des niveaux surprenants de carbone contenu dans le sol. Dans celui que nous étudions depuis 2013 avec l'iEES<sup>(9)</sup>, nous avons pu relever des teneurs en carbone pouvant aller jusqu'à 9 % de la masse du sol, sur les vingt premiers centimètres, avec très peu d'azote résiduel. Nous en concluons que, dans un système mature, les végétaux parviennent à fonctionner en économie circulaire, alors qu'un système pionnier va, lui, s'alimenter de façon « minière », en puisant dans le sol ce dont il a besoin.

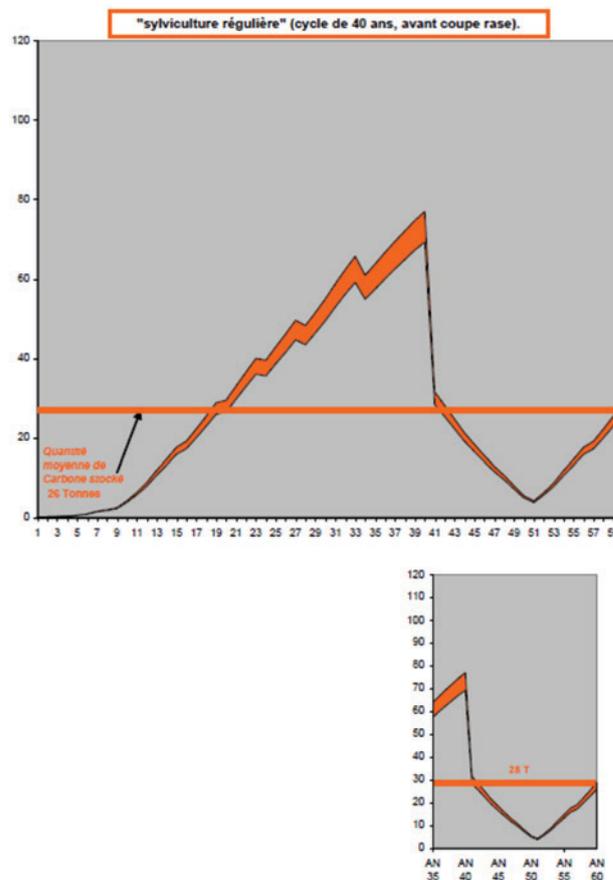
### Le carbone dans la biomasse

Si la maturité d'un système permet d'accroître la quantité de carbone contenue dans le sol, elle permet aussi de stocker beaucoup plus de carbone dans la biomasse végétale. Notre comparaison entre les deux modes culturaux – la sylviculture classique avec régénération par coupe à blanc, et la sylviculture à couvert continu avec régénéra-



(9) iEES : Institut d'écologie et des sciences de l'environnement de Paris.

tion naturelle diffuse, sans coupe à blanc – est réalisée à partir d'une plantation initiale identique. Ainsi, la sylviculture continue permet de stocker en permanence deux fois plus de carbone dans les arbres. Si nous considérons qu'il n'y a pas de plantation (petite fenêtre), le stockage peut même être quatre fois plus important.



## Concilier protection du capital naturel et extraction de la ressource

### La gestion forestière

#### Objectif de gestion

La bonne solution pour assurer les approvisionnements matière tout en préservant le capital naturel passe par une gestion multifonctionnelle : c'est-à-dire en maintenant la biodiversité, en préservant les sols, en stockant mieux le carbone dans le sol comme dans la biomasse, en assurant une bonne gestion de l'approvisionnement en eau et en produisant en priorité du bois d'œuvre, puis du BE.

#### Les moyens techniques

Préserver le capital naturel exige de conserver un couvert végétal dans toutes les strates, et ce simultanément. La gestion à couvert continu est pratiquée depuis des siècles, parfois sans que l'on en ait conscience, en zones naturelles (ce sont souvent des « communs »), en montagne, dans les marais, mais aussi dans des secteurs que l'homme a voulu conserver intacts, dans des parcs périurbains ou dans ceux de châteaux.

## Comparaison de la durée de stockage du carbone dans le bois transformé, en fonction de deux méthodes sylvicoles.

- Durée moyenne de stockage du carbone  
dans le bois transformé

"Sylviculture continue et naturelle" (cycle perpétuel, sans coupe rase).

"Sylviculture régulière" (cycles, avant coupes rases).

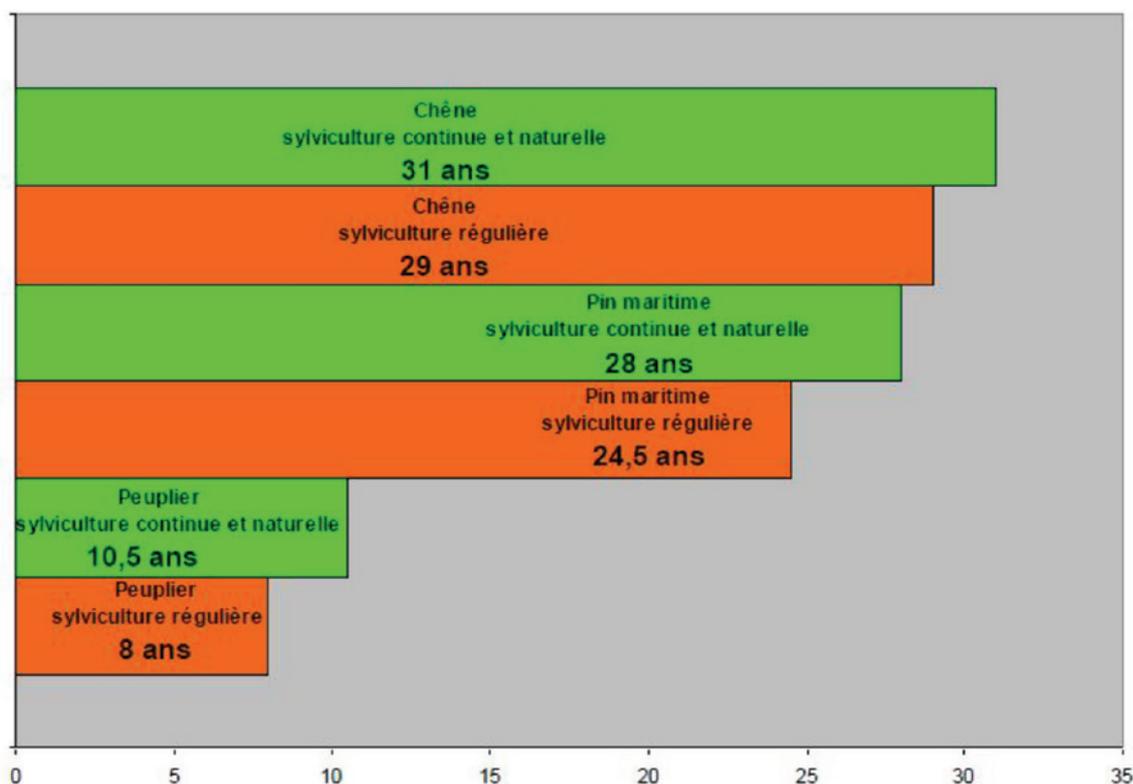


Figure 8 – Source : Rapport Peyron-Yvon MEEDE-MAAP, 2011.

Pour parvenir à cette préservation, il faut s'appuyer sur le matériel existant et savoir jouer sur les différences d'automatisme entre les essences à croissance lente et celles à croissance rapide. En matière sanitaire, il faut opérer des mélanges d'âge et génétiques. La vraie difficulté de cette gestion réside dans la technique de régénération qu'il faut maîtriser.

### Les effets positifs de la gestion à couvert continu

#### *Effets positifs sur le carbone*

Cette sylviculture permet donc de stocker deux fois plus de carbone dans la biomasse végétale et dans le sol forestier, même lorsque celui-ci est exploité ! La biodiversité bénéficie de la corrélation avec le carbone. De plus, la gestion induit une meilleure utilisation du bois et un meilleur stockage du carbone dans le bois transformé, la

durée de stockage étant proportionnelle à la qualité et au diamètre du bois.

#### *Effets positifs sur le plan économique*

Une productivité élevée n'est pas incompatible avec une sylviculture de gestion durable (c'est-à-dire préservation de la diversité des espèces, des âges, pas de coupe rase, maintien de très gros arbres, du bois mort...). La sylviculture à couvert continu génère moins de frais, ce qui permet, même avec des recettes moindres, de dégager une meilleure rentabilité. Il faut aussi tenir compte de l'amélioration qualitative du peuplement qui ne fera jamais l'objet d'une coupe à blanc. Ce volume capitalisé doit entrer dans le calcul de rentabilité, qui peut être supérieure de 80 % à celle d'autres formes de gestion.

- Recettes et dépenses d'une Pinède sur 120 ans  
"Sylviculture continue et naturelle" (cycle perpétuel, sans coupe rase).

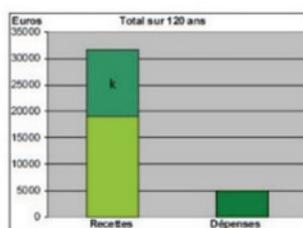
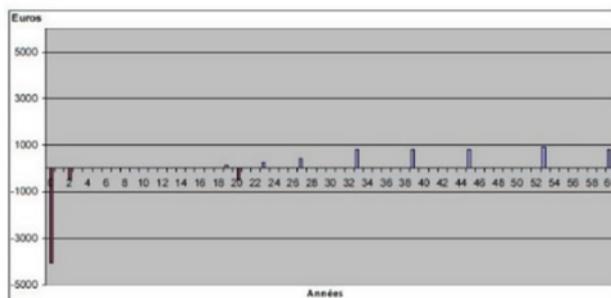


Figure 9 – Source : Rapport Peyron-Yvon MEEDE-MAAP, 2011.

## Conclusion

Concilier demande d'énergie avec protection du capital naturel est parfaitement possible. Mais cela ne peut se faire qu'en prenant conscience des particularités du bois et de la forêt.

Gérons les forêts en recourant à la technique du couvert continu, en accompagnant au plus près l'automation naturelle et en nous appuyant sur le matériel sur pied à notre disposition.

L'objectif doit toujours être orienté vers l'amélioration de la qualité du bois et du peuplement. La diversité végétale doit être prise en compte.

La première transformation doit tout mettre en œuvre pour utiliser les volumes, les essences et les qualités diverses qui sont proposées.

Une telle organisation optimise la biodiversité dans des massifs aux essences variées, présentant des écosystèmes matures dans lesquels les végétaux fonctionnent en économie circulaire, des écosystèmes économes en énergie et préservant les ressources du sol, dont l'eau et les minéraux. Elle optimise le stockage durable du carbone dans des réservoirs sur lesquels nous pouvons agir : le sol et la biomasse.

En ce qui concerne le bois énergie, celui-ci doit rester l'accessoire de la transformation et du recyclage, afin de récupérer les calories liées à la perte de matière. Le faible rendement énergétique du bois, par comparaison avec d'autres énergies disponibles, doit conduire à ne l'utiliser que comme source énergétique de proximité, comme jadis.

- Recettes et dépenses d'une Pinède sur 120 ans  
"Sylviculture régulière" (cycle de 40 ans avant coupe rase).

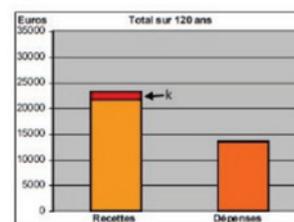
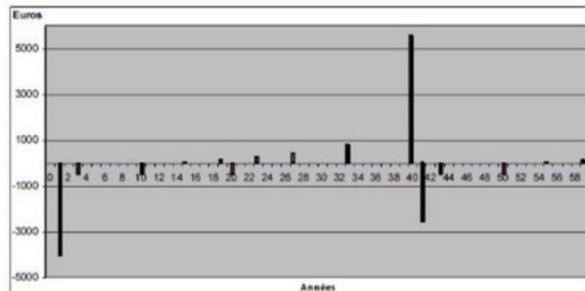


Figure 10 – Source : Rapport Peyron-Yvon MEEDE-MAAP, 2011.

La filière bois énergie, de son côté, doit orienter les produits transformés au mieux de leur utilisation ; elle doit être économe en énergie et opter pour une exploitation qui permette la plus longue durée possible de stockage du carbone.

En ces temps de réchauffement climatique, nous devons réapprendre à utiliser des ressources naturelles que nous avons jusque-là négligées.

## Bibliographie

- LEMOINE B. (1982), *Tables de production du pin maritime dans le Sud-Ouest de la France*.
- PAJOT G. (2005), *Rotation forestière et valeur de la séquestration de carbone*, XV<sup>èmes</sup> Journées SESAME, Rennes.
- LOUSTEAU D. (2004), « Séquestration du carbone dans les grands écosystèmes forestiers en France », Rapport Carbofor.
- ABBADIE L. (2018), iEES.
- MARQUET P. (2010), *Wiley Periodicals*.
- PEYRON J.-L. & YVON P. (2011), « Pour une gestion forestière et une filière forêt-bois multifonctionnelles (économiquement efficaces, écologiquement viables, socialement acceptables) », MEEDE MAAP.
- POTTER K. & GUO Q. (2019), in *PNAS*, 25 mars.
- Statistiques (2017), MEDD.
- STEINBESS *et al.* (2008), *Global Change Biology*, 14, pp. 2937-2949.
- Jyväskylä Science Park (2000), *Wood Fuels Basic Information Pack*, ITEBE.
- LETURCQ P. (2012), *Univerbois*.