AMÉNAGEMENT ET GESTION

Trajectoire de la forêt des Landes (1850-2022) : un puits de carbone soumis à des dynamiques sociales et écologiques changeantes

Thérèse Rabotin[1,2], Dalia Fages-Gouyou [2], Gilles Billen[3], Julia Le Noë[2*]

1. Laboratoire de Géologie, École Normale Supérieure-PSL, CNRS, IPSL, Paris, France

2. Institut des Sciences de l'Écologie et de l'Environnement de Paris—Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

3. UMR7619 Metis, CNRS, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France

*Auteure correspondante : Julia Le Noë – julia.lenoe@ird.fr

ORCID : https://orcid.org/0000-0001-8816-5800

Trajectoire de la forêt des Landes (1850-2022) : un puits de carbone soumis à des dynamiques sociales et écologiques changeantes

Depuis la mise en place du massif forestier landais au milieu du XIX[e] siècle, de profondes mutations du métabolisme socio-écologique territorial se sont succédé : l'abandon du système agro-pastoral traditionnel, l'exploitation d'une forêt conçue pour le gemmage, puis pour le bois d'œuvre et de trituration, et enfin la période récente de grande vulnérabilité aux aléas climatiques. La modélisation du cycle du carbone dans la filière montre que l'intensité de la séquestration du carbone dans la biomasse, le sol et les objets en bois suit étroitement cette périodisation, et en vient à s'annuler dans la période la plus récente.

Trajectory of the Landes forest (1850-2022): a carbon sink subject to changing social and ecological dynamics

Since the establishment of the Landes forest in the middle of the 19th century, a succession of profound changes in the socio-ecological metabolism of the area has taken place: the abandonment of the traditional agro-pastoral system, the exploitation of forest grown for its resin and then for timber and pulpwood, and finally the recent period of high vulnerability to climate hazards. The modelling of the carbon cycle in this sector shows that the intensity of carbon sequestration by the biomass, soil and wooden objects follows this periodisation closely and ends up cancelling itself out in the most recent period.

Messages clés :

- L'approche interdisciplinaire du métabolisme socio-écologique combine l'histoire environnementale et la modélisation biogéochimique.
- Cette approche permet de relier la périodisation des rapports sociaux dans le territoire et son fonctionnement en termes de cycle du carbone.
- Le rôle de puits de carbone de la filière forêt-bois est en voie de s'inverser sous l'effet d'une exploitation trop intensive de la forêt et d'aléas climatiques de plus en plus fréquents.

Mots clés : métabolisme socio-écologique, séquestration du carbone, transition forestière.

Highlights:

- The interdisciplinary approach of socio-ecological metabolism combines environmental history and biogeochemical modelling.
- This approach makes it possible to link the periodisation of social relationships in the area with its functioning in terms of the carbon cycle.
- The role of carbon sinks in the forest-wood sector is in the process of reversing due to overly intensive exploitation of the forest and the increasingly frequent occurrence of climate hazards.

Keywords: socio-ecological metabolism, carbon sequestration, forest transition

Citation de l'article : Rabotin, T., Fages-Gouyou, D., Billen, G., Le Noë J., (2025). Trajectoire de la forêt des Landes (1850-2022) : un puits de carbone soumis à des dynamiques sociales et écologiques changeantes. *Revue forestière française*, 76(4), 363-377. https://doi.org/10.20870/revforfr.2025.9847

Licence Creative Commons
Attribution - 4.0 International (CC BY 4.0)

Jusqu'au milieu du XIX[e] siècle, les Landes de Gascogne sont constituées de grandes étendues de landes, pâtis et bruyères à moitié inondées sur lesquelles repose un système agro-sylvo-pastoral original. Les paysans, propriétaires ou métayers, y cultivent sans jachère de petites parcelles de céréales vivrières, grâce à une fumure animale très intensive obtenue par l'élevage extensif de grands troupeaux ovins sur les vastes landes communales en libre pacage (Dupuy, 1996). De petits îlots forestiers plantés de pins sont en outre exploités pour le bois, et pour la résine qui constitue une production de vente complémentaire. Ce régime agro-pastoral largement basé sur le droit d'usage des terres communales est vu par les élites possédantes locales et nationales comme un frein au développement économique du territoire, et lui confère un imaginaire de désert sauvage (le « Sahara français »), comme une « colonie intérieure » qui doit être mise en valeur (Aldhuy, 2004). Ce système socio-écologique est donc remis en question, tant par l'État que par les notables locaux susceptibles d'acquérir du foncier, qui constituent le Conseil Général des Landes. Celui-ci étudie dès les années 1840 le meilleur usage à faire des communaux (Cuzacq, 1877) et, quelques années plus tard, en 1857, est votée au parlement national la *loi relative à l'assainissement et la mise en culture des Landes de Gascogne*, qui enjoint les communes à « assainir » leurs terrains et à les boiser à hauteur d'un douzième par an, pour les vendre ensuite à des particuliers. L'État joue un rôle important dans le processus, puisqu'il a la charge de la construction des routes agricoles, et prête aux communes qui n'auraient pas la possibilité de boiser les fonds nécessaires aux opérations. Engendrant une transformation sociale et juridique profonde, cette loi marque un tournant dans l'histoire des Landes de Gascogne, en transformant complètement le paysage landais et l'économie de subsistance qui lui était associée, et conduit à l'émergence d'une nouvelle économie fondée sur l'exploitation commerciale de la forêt principalement pour le gemmage. Ces transformations nourrissent l'imaginaire de progrès associé à ce massif forestier, et font entrer les Landes, jadis territoire archaïque aux yeux des pouvoirs publics, dans le capitalisme industriel (Dupuy, 1996 ; Aldhuy, 2010). Depuis ce tournant majeur, les trajectoires de l'exploitation du bois et de son usage dans les Landes n'ont cessé d'évoluer, dictées par un ensemble de choix politiques, techniques et économiques, pour aboutir au massif forestier que l'on connaît aujourd'hui, à 90 % privé et tourné vers l'exploitation intensive de bois, majoritairement de Pin maritime (87 %) (IGN, 2024).

Ces dynamiques forestières liées à l'aménagement du territoire ne sont cependant pas qu'un fait social. Elles dépendent aussi de processus écologiques et biogéochimiques comme la croissance des arbres, la formation et la décomposition de la litière, etc. La trajectoire de la filière forêt-bois des Landes, comme celle de beaucoup d'écosystèmes, est donc façonnée par des dynamiques écologiques et sociales, et doit être comprise comme un phénomène socio-écologique difficilement appréhendable sous l'angle d'un seul champ disciplinaire. Le cadre d'analyse du métabolisme socio-écologique, en plein essor depuis une trentaine d'années, s'appuie sur l'identification des flux de matière et d'énergie et leur utilisation comme point d'articulation entre logiques sociales et écologiques. (Fischer-Kowalski, 1998 ; Fischer-Kowalski and Haberl, 2007 ; Foster, 2000 ; Le Noë *et al.*, 2023). Ce sont ici les flux biogéochimiques de carbone qui permettent l'articulation de ces deux axes, puisqu'ils permettent de mesurer avec une unité commune, et donc de rendre commensurables des processus aussi hétérogènes que la photosynthèse, la respiration des sols, la récolte et la transformation du bois ou de la résine, et le bilan carbone associé à l'ensemble de ces processus. L'étude des flux biogéochimiques de carbone permet donc de construire une vision d'ensemble du fonctionnement de la filière forêt-bois, ce qui permet de rendre visibles les logiques sociales qui structurent ces flux et déterminent leur intensité.

Le cadre d'analyse du métabolisme socio-écologique, adossé à l'approche méthodologique de l'écologie et de la biogéochimie territoriale (Buclet, 2015), s'avère particulièrement pertinent pour étudier la trajectoire socio-écologique de la forêt des Landes. À l'heure où reposent sur la forêt de nombreux espoirs pour atténuer le changement climatique tout en continuant à fournir de l'énergie et des matériaux biosourcés, il nous semble nécessaire de comprendre les liens entre les développements économiques et politiques passés de la filière forêt-bois, les résistances sociales et, d'une certaine manière, environnementales qui y ont fait obstacle, et la trajectoire du bilan carbone de cette filière. Plus spécifiquement, les questions auxquelles nous chercherons à répondre sont les suivantes : Comment le bilan carbone de la filière forêt-bois a-t-il évolué depuis la mise en place du massif forestier moderne ? Comment les mutations de la filière bois ont-elles affecté la gestion des forêts et leur bilan carbone, ainsi que celui des biens manufacturés de la sylviculture ? Quels jeux d'acteurs, insérés dans des rapports socio-économiques régionaux, nationaux et internationaux, ont façonné la trajectoire carbone de la filière forêt-bois des Landes ? Pour répondre à ces questions, nous adoptons une approche interdisciplinaire alliant compilation de données issues de différentes archives des statistiques agricoles et forestières, modélisation de l'évolution des stocks de carbone dans la filière forêt-bois depuis 1850, et intégration de la littérature en sciences sociales sur le sujet, dans le but d'étayer un récit historicisé, visant à ancrer les données quantitatives issues de l'approche de modélisation dans leur contexte socio-économique. Nous proposons une périodisation du système socio-écologique du département des Landes résultant de l'évolution de rapports so-

ciaux et économiques aux échelles régionales, nationales et internationales, et cherchons à comprendre comment elle s'articule avec la trajectoire carbone de la filière, c'est-à-dire à sa capacité à séquestrer le carbone atmosphérique sous forme de biomasse sur pied, d'humus dans le sol et d'objets en bois en usage dans la société, et ainsi à atténuer le changement climatique en cours. En raison de la disponibilité des données statistiques à l'échelon départemental, notre périmètre d'étude géographique se borne au département des Landes et non à l'ensemble de la forêt des Landes de Gascogne.

MÉTHODES ET DONNÉES

Modèles

Le modèle CRAFT (Le Noë *et al.*, 2020) permet de reconstruire la dynamique des stocks et flux de carbone à long terme dans les écosystèmes forestiers à l'échelle territoriale ou nationale à partir des chroniques de surfaces boisées et forestières, de récolte de bois, des températures et précipitations mensuelles. Nous l'utilisons ici à l'échelle territoriale pour le département des Landes, depuis 1850. Le modèle initial est composé de deux modules (figure 1) :

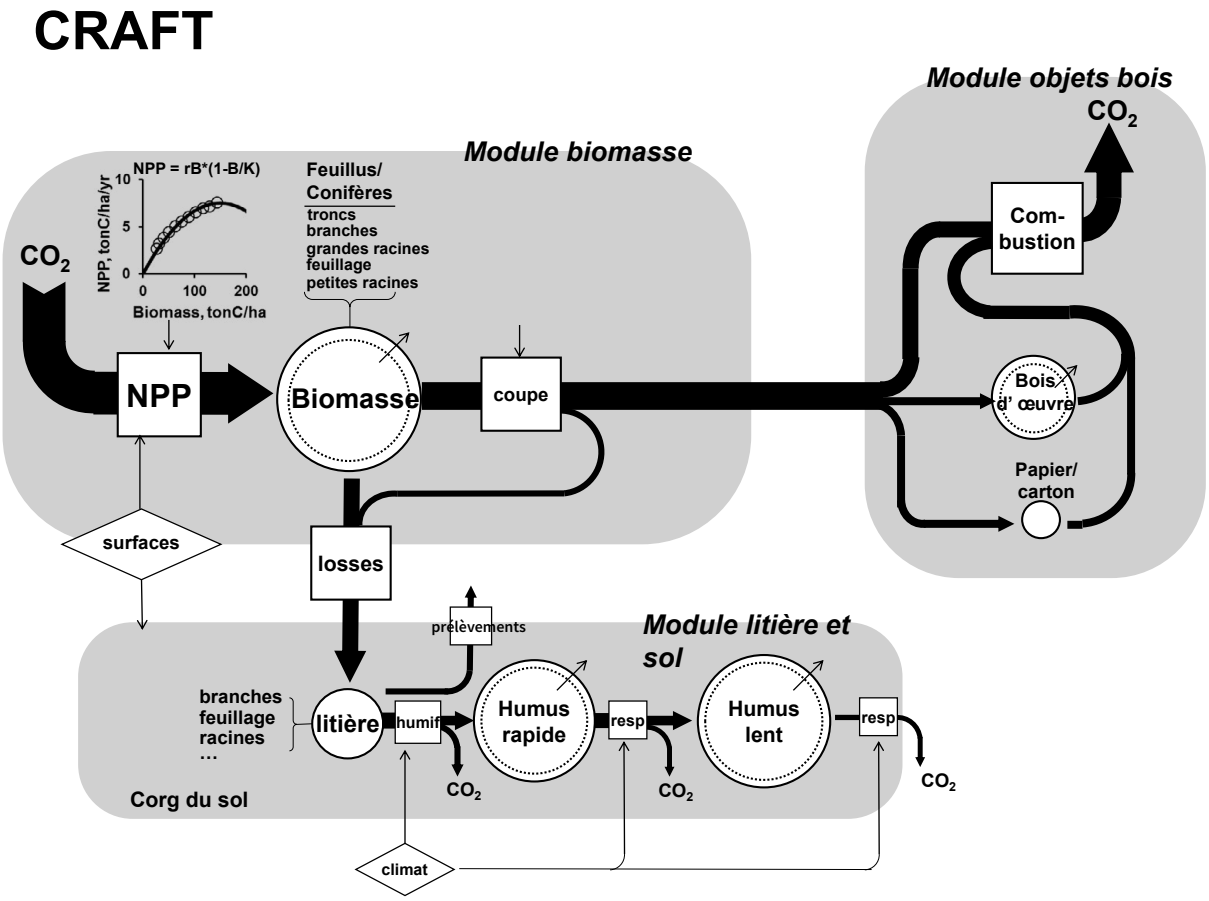
Le premier module calcule la biomasse selon une démarche originale inspirée de Duvigneaud *et al.* (1971) en établissant une relation logistique entre la production primaire nette (PPN) annuelle et la biomasse sur pied pour modéliser les stocks de carbone dans la biomasse :

$$PPN = rB \times (1 - B/K)$$

où r est le taux d'accroissement (an^{-1}), et K la capacité de portance théorique ($tC\ ha^{-1}$), PPN la production primaire nette et B la biomasse sur pied.

Cette relation a d'abord été établie sur la base des tables de production forestière permettant de formaliser mathématiquement la relation entre PPN et biomasse pour différentes essences et classes de sol et de déterminer des

Figure 1 | Schéma du modèle CRAFT et de ses trois modules utilisés dans cette étude.
Le module objets-bois constitue un développement original de la présente étude et ne faisait pas partie du modèle publié par Le Noë *et al.* (2020).



intervalles de valeurs possibles pour les paramètres r et K (Vannière, 1984). Afin de prendre en considération les possibles changements temporels du rythme de croissance, notamment liés au changement climatique et à l'accroissement de la fertilisation azotée par retombées atmosphériques (aussi connu sous le nom de « *greening* », Boisvenue et Running, 2006 ; Charru *et al.*, 2017), un coefficient d'accroissement linéaire α du paramètre r entre différentes dates est introduit (tel que $r(t) = r0 + \alpha$). Les valeurs des trois paramètres, r, K et α sont optimisées à partir des données d'inventaire de la biomasse sur pied disponibles à six dates depuis 1960 (IGN, 2024). La méthode d'optimisation a été décrite en détail par Le Noë *et al.* (2020). Elle consiste à balayer dans un intervalle de valeurs possibles l'ensemble des combinaisons des trois paramètres et à retenir le triplet de valeur qui minimise l'écart entre les données d'observation et les simulations par le modèle. Dans la présente étude, la méthode a été enrichie en considérant deux points d'inflexion possibles des variations de r (soit α et α'), pour rendre compte d'abord de la période de « *greening* » de la fin du XX^{e} siècle, puis de la possibilité d'une période récente de « *browning* », c'est-à-dire de stagnation ou de réduction de la productivité des forêts (Pan *et al.*, 2018 ; Ballantyne *et al.*, 2017). Quatre dates (1930, 1940, 1950 et 1960) ont été testées pour déterminer la meilleure date possible pour les premiers points d'inflexion. Les valeurs des quatre paramètres (r, K, α et α') ont ainsi été optimisées pour un faisceau de 8 hypothèses concernant la date du premier point d'inflexion et l'existence ou non d'un second. Après une initialisation par une hypothèse d'état initial à l'équilibre entre croissance et extraction, la dynamique de la biomasse sur pied à l'échelle départementale est calculée par récurrence en fonction de la PPN, de la mortalité naturelle et de l'extraction annuelle, compte tenu des paramètres de croissance α, α', r et K. Ceci permet aussi d'estimer les apports de biomasse à la litière. L'effet des grands incendies est pris en compte selon la démarche décrite par Le Noë *et al.* (2021), en considérant pour chaque évènement la fraction de surface du massif affectée, et une efficience de combustion de 60 % pour la fraction de biomasse susceptible de brûler, estimée elle-même à 40 % de la biomasse.

Le second module du modèle CRAFT utilise les apports au sol pour calculer la dynamique du carbone de la litière et du sol forestier, conformément au modèle ForClimD (Liski *et al.*, 2002 ; Perruchoud *et al.*, 1999) qui considère quatre catégories de litière (feuilles mortes, branches, troncs et racines) et deux réservoirs d'humus (rapide et lent). L'effet ponctuel des grands incendies est également pris en compte comme pour la biomasse vivante, en considérant une efficience moyenne de combustion pour les composants de la litière de 85 % pour la litière de feuilles, 50 % pour les branches mortes, 30 % pour les troncs et 0 % pour les racines (Van Leeuwen *et al.*, 2014).

Un troisième module a été adjoint à CRAFT pour élargir l'étendue du modèle à l'ensemble de la filière forêt-bois en incluant une estimation du devenir du bois extrait de la forêt. Longtemps négligée, la compréhension des dynamiques de C liées au réservoir des produits issus du bois a fait l'objet d'une attention plus soutenue depuis la fin des années 1990 (Dixon *et al.*, 1994 ; Pingoud *et al.*, 2001, 2006 ; Geng *et al.*, 2017 ; Sato et Nojiri, 2019). L'approche consiste à distinguer les différentes formes de produits récoltés : bois de feu (ou bois énergie), bois de sciage (ou bois d'œuvre), bois d'industrie ou bois de trituration (panneaux ou papeterie), et de leur affecter une durée de demi-vie en usage (ou une constante de dépréciation) qui peut varier au cours du temps en lien avec des changements de mode de consommation. La plupart des auteurs utilisent des temps de demi-vie de l'ordre de 25-50 ans pour le bois d'œuvre, de 5-25 ans pour les panneaux, de 2-5 ans pour le papier et carton, et de 1-2 ans pour le bois énergie (Pingoud *et al.*, 2001 ; Skog *et al.*, 2004 ; Hoover *et al.*, 2006 ; Ganguly *et al.*, 2020). Notre module calcule donc par récurrence, à partir d'un stock initial à l'équilibre ($Si(0) = Pi(0)/ki$), le stock en usage de chaque catégorie de produit en bois récolté, comme :

$$S_i(t+1) = S_i(t) + P_i(t) - k_i * S_i(t)$$

où $S_i(t)$ est le stock de C dans le matériaux de type i (kton C), $P_i(t)$ le prélèvement de bois destiné à ce type d'usage à l'année t (kton C an^{-1}), et k_i la constante de dépréciation de premier ordre de ce type de produit (an^{-1}), liée à la durée de demi-vie ($T_{1/2}$) par la relation $k = \ln(2)/T_{1/2}$.

Séries temporelles des données d'entrée, de calibration et de validation

Les données d'entrée du modèle CRAFT sont les séries temporelles concernant les surfaces forestières et les extractions de biomasse et leurs usages. Elles ont été compilées pour le département des Landes depuis 1865 à partir de données recueillies dans différentes annales des statistiques agricoles et forestières : les Enquêtes Agricoles Décennales (EAD) puis les Statistiques Agricoles Annuelles (SAA) depuis 1865 et jusqu'en 1981, consultées dans le cadre de cette étude aux archives départementales des Landes à Mont-de-Marsan dans les séries W et M, ainsi que dans les publications officielles des Landes archivées par la BnF dans sa bibliothèque numérique Gallica. Ces enquêtes reposent sur des questionnaires que les agriculteurs et les sylviculteurs remplissent individuellement et dont les réponses sont rassemblées par les conseils départementaux puis transmises au ministère. Les résultats statistiques publiés par le ministère de l'agriculture sont disponibles aux archives nationales agricoles de Caen, consultées dans le cadre d'un travail antérieur. Les données plus récentes (après 1981) sont fournies par les Statistiques agricoles annuelles et l'IGN. Les séries

rassemblées concernent les surfaces forestières par classe d'essence (feuillus, conifères) et de propriété (domaniale, communale ou privée), l'extraction de bois par classe d'essence et d'usage du bois extrait. Enfin, quelques rapports plus anciens ne dépendant pas d'un organisme étatique ont été utilisés pour cette étude : l'Atlas et la statistique Daubrée (1908) et le rapport du forestier landais Roger Sargos (1937). La première donnée de surface forestière disponible provient quant à elle du Cadastre napoléonien, en 1836. Rassembler ces données pour constituer des séries temporelles fiables et pouvant être importées dans le modèle CRAFT a nécessité divers ajustements, comme l'homogénéisation des nomenclatures de catégories et des unités, et le lissage de l'effet des changements de mode de collecte de certaines données. D'autre part, pour les années non renseignées, les valeurs entre les deux années les plus proches issues des statistiques ont été interpolées.

La chronique des surfaces forestières en feuillus et en conifères dans le département des Landes que nous avons ainsi établie est montrée dans la figure 2a.

Pour constituer la série d'extraction de produits forestiers (figures 2b et 2c), on a considéré l'extraction totale, rarement renseignée explicitement, comme égale à la somme des extractions par usage. La conversion en carbone des données fournies en unités techniques a été opérée en utilisant les coefficients suivants (tableau 1) :

La chronique des grands événements d'incendies du massif, avec les surfaces affectées dans le département des Landes (figure 2b) a été reconstituée par la Direction départementale des territoires et de la mer (DDTM) des Landes (DDTM, 2010) (tableau 2).

Tableau 2 | Chroniques des principaux incendies ayant affecté le massif forestier du département des Landes (source : DDTM, 2010 complétés de données de Dupuy, 1996 et Wikipedia[1]).
* Forêts nouvellement plantées ; probablement incendies volontaires liés à la résistance des populations agro-pastorales spoliées.

** Le grand incendie de 2022 a surtout concerné le département de la Gironde.

Années	ha concernés
1869-1872	55 000*
1892-1898	25 000
1922	5 000
1942	95 000
1943	27 500
1945	30 000
1949	23 860
1997	500
2022	200**

Tableau 1 | Conversion des données techniques en m^3 de bois rond et en C

* Agreste (2013).

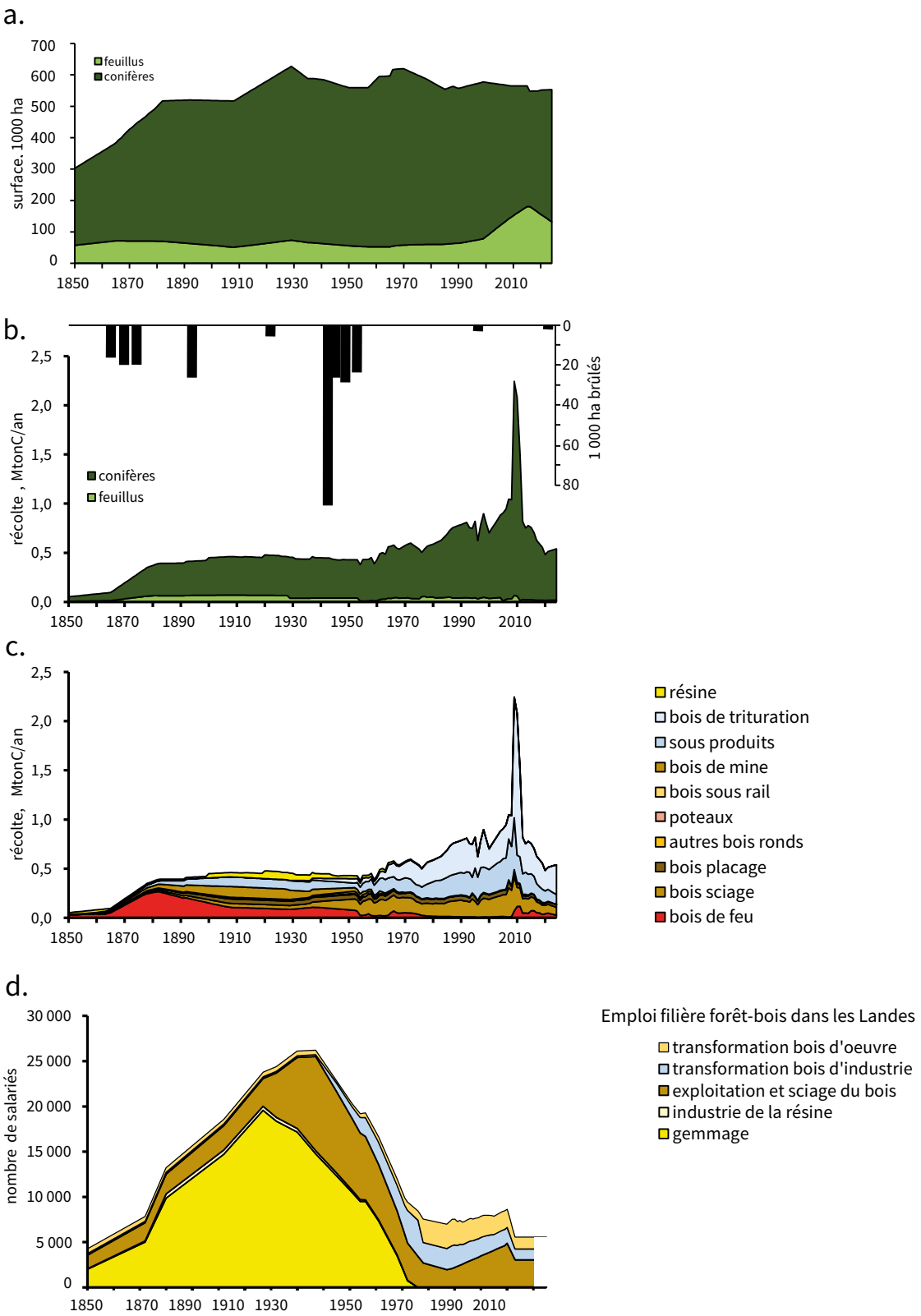
** Eggleston *et al.* (2006).

*** En considérant 70 % de colophane, 20 % d'essence de térébenthine et 10 % d'eau.

	Unité initiale	m^3 bois rond
Bois de chauffage	1 stère	0,67*
Traverses de chemin de fer	1 traverse	0,12*
poteaux	1 poteau	0,35*
Grumes	1 m3 rond	1,275*
		Tonne de carbone
Bois de conifères	1 m^3	0,21**
Bois de feuillus	1 m^3	0,27**
Résine	1 L	0,00066***

1 https://fr.wikipedia.org/wiki/Feux_de_forêt_de_2022_en_Gironde ; https://fr.wikipedia.org/wiki/Forêt_des_Landes.

Figure 2 | Chronique de 1850 à 2022 (a) des surfaces forestières du département des Landes ; (b) de l'extraction de bois de la forêt par type de peuplement (l'ampleur des grands incendies est également figurée) et (c) par destination de la récolte ; (d) de l'emploi lié à la filière forêt-bois dans le département des Landes.



Les données de biomasse sur pied nécessaires pour la calibration des paramètres α, r et K du modèle CRAFT sont disponibles sur le site de l'IGN (2024). Dans une publication antérieure (Le Noë *et al.,* 2020), seules les données de biomasse sur pied disponibles en 1985, 1998 et 2011 avaient été utilisées. Nous avons ici enrichi le travail de calibration en nous appuyant sur les données de biomasse sur pied fournies par l'IGN pour 1961, 1978 et 2022. Pour valider les sorties du module sol, les données acquises par le Réseau de mesures de la qualité des sols (© GIS SOL, RMQS, 2024) au cours de deux campagnes de mesures (dont la seconde est encore en cours) sont utilisées pour valider les simulations de la dynamique du carbone organique des sols. Le RMQS réalise des échantillons de sols dans un maillage de 16 km sur l'ensemble du territoire français. Les stocks de carbone du sol ont été échantillonnés en 26 sites forestiers dans le département des Landes lors de la première campagne en 2009, et 6 ont été remesurés à ce jour. Nous utilisons donc la moyenne des données de ces 6 sites pour valider les dynamiques temporelles simulées par le module sol de CRAFT.

En parallèle, nous avons rassemblé des données concernant l'emploi dans la filière forêt-bois, dans l'intention de compléter le panorama socio-économique du département (figure 2d).

L'ensemble des données collectées et leurs sources sont récapitulées dans le tableau 3 (ci-dessous).

Tableau 3 | Sources mobilisées pour la collecte des données par année. SA = statistique agricole, SAA = statistique agricole annuelle, EAD = enquête agricole décennale, TEco = Tableaux économiques de l'Aquitaine, IGN = Inventaires forestiers de l'Institut Géographique National, Agreste = données fournies par le ministère de l'Agriculture.

Année	Surfaces	Usage	Emploi filière
1836	Cadastre	Interpolation	
1865	SA	Interpolation de la distribution	
1878	Statistique de l'administration forestière		
1882	SA	Interpolation de la distribution	Papy, 1948
1892	EAD	Interpolation de la distribution	
1908	Inventaire Daubrée (1912)		
1920	Ministère de la Guerre		
1929	EAD, SAA	SAA	Papy, 1948
1935	SAA	Interpolation de la distribution	
1937	Rapport Sargos (1937)		
1940-1942	SAA	Interpolation de la distribution	
1945-1953	SAA	Interpolation de la distribution	
1954-1972	SAA		
1971	SAA	SAA, Statistique de Production des branches (Ministère de l'agriculture)	
1976	SAA	SAA, Statistique Production des branches	
1978	SAA, IGN	Statistique de Production des branches	
1983-2000	TEco	TEco	
1988	IGN	IGN	
1999	IGN	IGN	
2000-2024	Agreste	Agreste	
2010	INSEE		

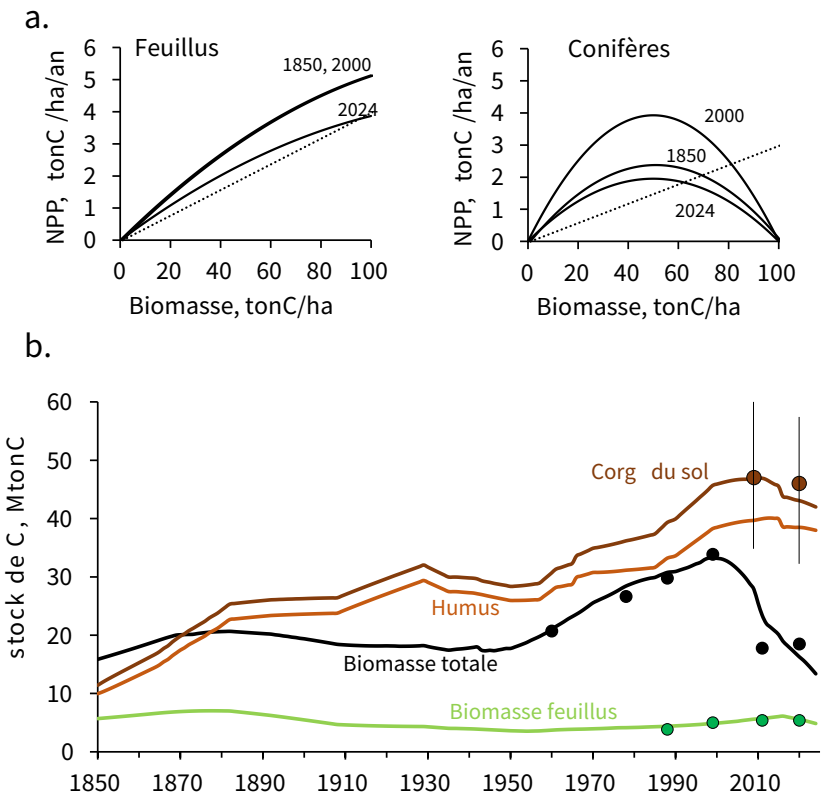
RÉSULTATS

Calibration et validation du modèle CRAFT

L'optimisation des valeurs des paramètres de croissance de la forêt permet d'ajuster les sorties du module de biomasse de CRAFT aux données observées des stocks de carbone dans les feuillus et les conifères à 6 dates entre 1960 et 2010, fournies par l'IGN (figure 3). Il apparaît que l'évolution de l'extraction ne permet pas d'expliquer à elle seule la baisse récente des stocks de carbone dans la biomasse en place, même en prenant en compte les destructions dues aux tempêtes des années 2000, mais qu'il faut également prendre en compte une réduction des taux de croissance forestiers (liés peut être à une augmentation de la vulnérabilité aux sécheresses ou aux attaques de ravageurs) pour reproduire la baisse des stocks de carbone dans la biomasse sur pied observée après les tempêtes Klaus et Martin. Il semble donc bien que la forêt des Landes soit entrée dans une période de *browning*, c'est-à-dire de décroissance du potentiel productif, comme le suggèrent Pan *et al.* (2018) à l'échelle de l'ensemble des forêts tempérées mondiales et Hertzog *et al.* (2025) pour la France.

Le module de dynamique de la litière et de l'humus fournit une estimation des niveaux de matière organique du sol qui peut être comparée aux mesures du RMQS. L'incertitude liée à ces dernières est importante, du fait du faible nombre d'observations disponibles et de leur grande variabilité spatiale. Néanmoins, le modèle reproduit les mesures de façon satisfaisante (figure 3b).

Figure 3 I (a) Résultats de l'optimisation des paramètres de croissance des forêts de feuillus et de conifères nécessaires pour reproduire (b) l'évolution observée de la biomasse en place (données IGN, 2024). La figure (b) montre aussi la validation du module de calcul du stock de carbone organique du sol par les mesures de matière organique du sol par le RMQS. Les barres d'erreur représentent l'écart-type des valeurs de stocks échantillonnés par les campagnes RMQS.



L'estimation du stock d'objets en bois en usage repose sur un choix de durée de demi-vie en partie arbitraire et peut difficilement être validée sur des observations. La figure 4a montre l'évolution calculée des stocks de produits forestiers par type d'usage, pour des valeurs standard des durées de demi-vie pour chaque catégorie (voir Méthodes). À titre de test de sensibilité, nous avons aussi calculé l'évolution du stock en faisant l'hypothèse de durées de vie 50 % plus élevées de 1850 à 1950 et 50 % plus basses de 1970 à 2024 (figure 4b), en raison des changements dans la vitesse de de renouvellement des biens de consommation au cours de ces différentes périodes. Il apparaît dans tous les cas que le stockage de carbone dans les produits issus de la forêt est plus important lorsque la part de bois extrait pour le bois d'œuvre l'emporte sur celle pour le bois énergie et de trituration.

L'évolution des stocks de carbone au cours de la période 1850-2024 dans la biomasse, la matière organique du sol et le stock d'objets en bois reconstituée par le modèle est présentée dans la figure 5.

Logiques sociales et acteurs de la trajectoire biogéochimique de la forêt des Landes

Les séries temporelles des surfaces forestières et de l'extraction de bois couvrant la période 1850-2022 (figures 2a, b, c) permettent d'analyser l'évolution de la biomasse et des stocks de carbone grâce au modèle CRAFT (figure 5). Ces données sont enrichies par une chronique des emplois liés à l'activité forestière (figure 2d) et par les analyses historiques existantes (Papy, 1948 ; Dupuy, 1996), qui permettent ensemble de comprendre la trajectoire socio-écologique du système forêt-bois des Landes et d'en proposer une périodisation.

- **La mise en place du massif forestier (1850-1880)**

Encouragées ou contraintes par la loi de 1857 sur l'assainissement et le boisement des Landes dont il a été question en introduction, les communes landaises vendent la majorité de leurs pâturages communaux, qui sont rapidement remplacés par la forêt dont la surface augmente donc rapidement jusqu'en 1880 (figure 2a). Le massif forestier voit sa biomasse sur pied augmenter jusqu'à 21 Mton C (figure 5). C'est le Pin maritime, essence bien adaptée aux conditions du milieu et déjà présente dans le cordon littoral, qui domine dans les nouvelles plantations. Cette période de mise en place du massif forestier est une période de mutation rapide et brutale de l'organisation de la société, éliminant en une trentaine d'années le système agro-pastoral traditionnel selon une logique rappelant les conquêtes coloniales : les Landes sont « un nouveau front à assainir, défricher et coloniser » (Aldhuy, 2010).

Au cours de cette période, le bois extrait est dédié principalement à la production sur place de charbon de bois destiné à une petite industrie métallurgique qui s'installe à cette époque (figure 2c). Puis cet usage diminue lorsque le coke s'impose définitivement comme matière première de la sidérurgie, à partir des années 1880 (Lerat, 2010 ; Sargos, 1949). En parallèle, l'extraction de la résine se développe rapidement, occupant sur les nouveaux domaines forestiers, acquis par un petit nombre de propriétaires, un nombre croissant de métayers-gemmeurs issus des petites exploitations agro-pastorales disparues. La résine est utilisée pour différents produits (térébenthine, colophane, goudrons…), dont la rupture d'approvisionnement depuis l'Amérique du Nord suite à la Guerre de Sécession (1861-1865) participe à augmenter la demande et à rendre cette activité très rentable (Papy, 1948).

- **L'âge d'or du gemmage (1880-1939)**

Le gemmage et la transformation de la résine deviennent alors les activités économiques principales des Landes à la fin du XIX^{e} siècle et jusqu'à la Deuxième Guerre mondiale, occupant plus de 20 000 personnes en 1920 (figure 2d). La forêt, qui atteint en 1930 son étendue maximale, est gérée en fonction de cette activité qui exige des arbres d'une vingtaine d'années dont on peut extraire la résine de façon régulière pendant plusieurs saisons, avant de les « gemmer à mort » pour les abattre ensuite (Dupuy, 1996). Un Institut du Pin, créé à Bordeaux en 1920, contribue au rayonnement international de l'industrie landaise de la résine (Krasnodębski, 2016). Pour ce qui concerne l'extraction du bois, elle accompagne le développement national de l'industrie du charbon minier et concerne donc maintenant moins le bois de feu que le bois de mine, les poteaux, les traverses de chemin de fer (figure 2c). L'industrie de transformation du bois commence également à se développer (figure 2d). Du point de vue de la forêt, cette période est celle d'une grande stabilité des surfaces et du niveau d'extraction. Pour ce qui concerne le climat social, cette époque d'insertion des Landes rurales dans le capitalisme industriel est aussi celle de conflits majeurs entre métayers-gemmeurs et propriétaires pour le partage des richesses (Dupuy, 1996).

- **L'essor du bois d'œuvre et de la papeterie (1939-1999)**

Dès 1926, le cours des produits résineux, remplacés progressivement par leurs équivalents issus de la pétrochimie, est en baisse. La crise des années 1930, puis la Seconde Guerre mondiale et la pénurie de main d'œuvre qu'elle entraîne, conduisent à l'abandon de l'exploitation de nombreux domaines forestiers. La baisse d'entretien qui en découle favorise les incendies qui, de 1940 à 1949, touchent plus de 150 000 ha (tableau 2). Beaucoup des surfaces détruites changent d'usage et s'ouvrent à l'agriculture, avec l'essor d'une autre monoculture, celle du maïs (notamment sur des surfaces qui serviront de couloirs pare-feu). Mais le changement d'usage principal

Figure 4 l Calcul des variations du stock d'objets en bois (a) avec une hypothèse standard de durée de demi-vie constante sur la période ; (b) avec des valeurs de demi-vie 50 % plus longues de 1850 à 1950 et 50 % plus courtes de 1970 à 2024. Les valeurs de durée de demi-vie considérées pour chaque classe d'objets en bois sont indiquées (en années) dans la légende.

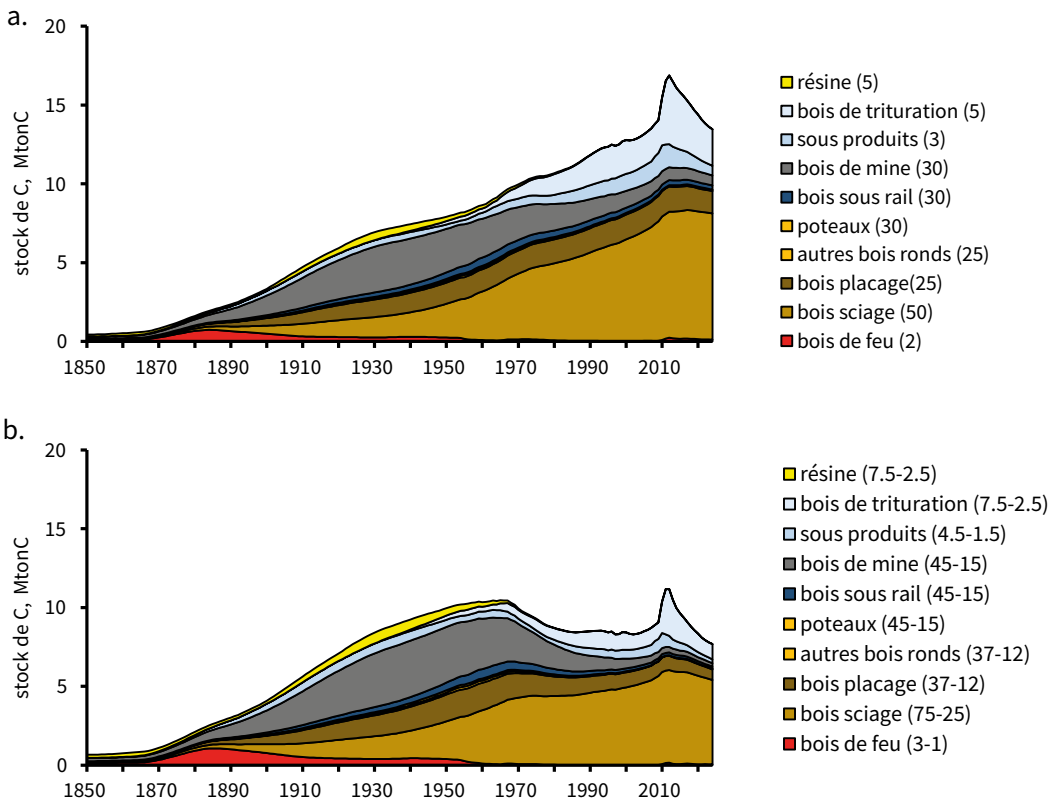
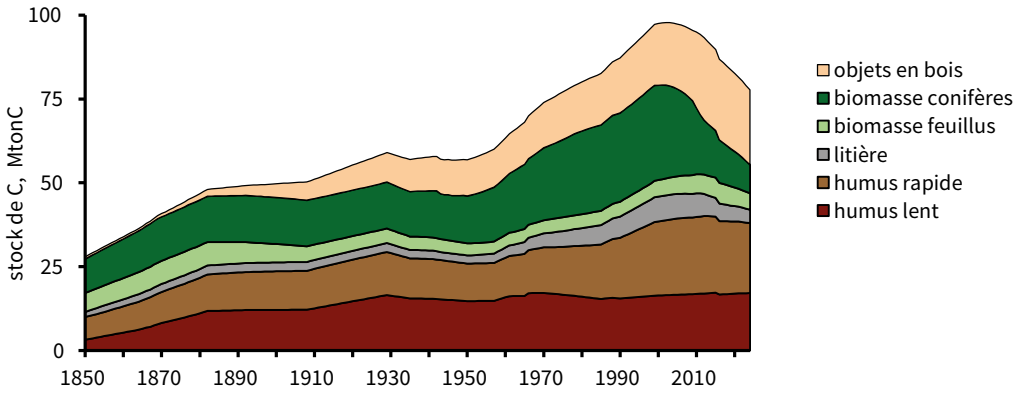


Figure 5 l Chronique de l'évolution des stocks de carbone accumulés dans le sol, la biomasse et les objets en bois de la forêt des Landes telle que reconstituée par la modélisation CRAFT. (Les valeurs considérées pour le stock d'objets en bois sont celles de l'hypothèse standard de la figure 4a.)



concerne l'activité de gemmage, qui est remplacée par la trituration, pour la papeterie ou le bois de placage. Les plantations faites à cette fin sont d'une autre nature, plus denses (400 pins/ha dans les années 1980 contre 250/ha précédemment), avec des variétés de pins sélectionnées pour une croissance plus rapide, souvent avec une fertilisation phosphatée au moment de la plantation (Trichet *et al*, 1999). À surface égale, ceci permet une extraction croissante (figure 2b, c), accompagnée pourtant d'une augmentation du stock de biomasse en place (figure 5). Ce paradoxe apparent ne s'explique que par l'accélération de la croissance forestière exprimée par la valeur optimale du paramètre α indiquant une augmentation de 70 % du taux de croissance r entre 1930 et 2000. Cette valeur optimisée de l'accélération du rythme de croissance prend en compte l'ensemble des facteurs susceptibles d'en être à l'origine : sélection génétique, fertilisation, dépôt atmosphérique, amélioration des méthodes de gestion, changements environnementaux atténuant l'effet de certains facteurs limitants (concentration atmosphérique en CO_2, allongement de la période de croissance végétale). Le gemmage est complètement abandonné au début des années 1970, et c'est désormais l'industrie du bois d'œuvre, mais surtout la papeterie qui deviennent les activités économiques principales, occupant cependant une main d'œuvre beaucoup plus faible (figure 2d). L'exploitation de la forêt, à peuplement dense et à rotation rapide, s'est mécanisée et intensifiée pour répondre aux besoins de l'industrie très capitalistique du papier et du carton. Ces évolutions socio-économiques s'expliquent à la fois par les avancées techniques, qui ont rendu la résine obsolète face aux produits de la pétrochimie, et par l'adaptation des classes possédantes (propriétaires terriens et directeurs d'usine) à la demande nationale, malgré la forte capacité de résistance des métayers-gemmeurs (Mischi, 2013). La disparition dès 1972 du statut de métayer au profit de travailleurs forestiers souvent indépendants a sans doute aussi limité l'ampleur des conflits sociaux (Klein et Léo, 2022).

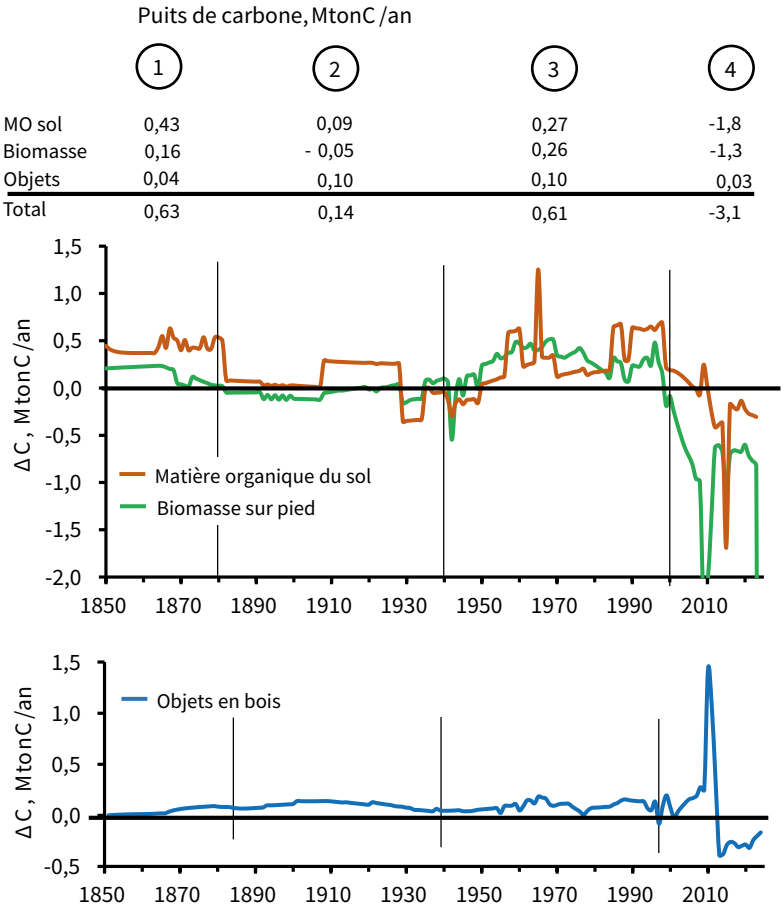
• L'instabilité climatique et le retour du bois énergie (2000-2022)

Ce nouveau régime accroît la vulnérabilité de la forêt landaise, dans un contexte d'augmentation de fréquence et d'intensité d'événements climatiques extrêmes due au changement climatique. Si en effet, depuis 1949, la forêt des Landes a su échapper aux destructions massives des incendies (tableau 2), d'importantes tempêtes constituent désormais un facteur de risque considérable. La tempête Martin en 1999, puis la tempête Klaus en 2009, impactent de très importantes surfaces de forêt. Les pics d'extraction observables dans la figure 2b, c en 2000 et surtout en 2009-2010 en sont la conséquence directe : le bois tombé du fait de la tempête est utilisé directement, majoritairement pour la trituration, puis l'extraction diminue, le temps que la biomasse se renouvelle. La dynamique de reboisement après les tempêtes semble s'accompagner d'une augmentation de la part de feuillus dans la surface forestière totale (figure 2a). Selon le Centre national de la propriété forestière (CNPF), de nombreuses surfaces reboisées en Pin maritime ont été recensées comme des surfaces feuillues lorsque le diamètre de ces nouveaux pins était inférieur au diamètre recensable, et que des feuillus étaient présents sur la surface (CNPF, 2022). Ces surfaces sont donc de nouveau recensées comme des peuplements de pins maritimes quelques années plus tard, ce qui explique la nouvelle diminution de la part de feuillus dans la surface totale à partir de 2020. Il ne semble pas à ce jour que les tempêtes aient eu de réel impact sur les choix de gestion forestière quant à la diversification des essences dans la forêt des Landes (Banos et Deuffic, 2020). Il est intéressant cependant d'observer la réapparition de l'usage de bois pour la production énergétique depuis la tempête Klaus. Outre le développement des politiques « Climat-Énergie » qui ont favorisé le développement du bois-énergie en substitution des combustibles fossiles, Banos et Deuffic (2020) soulignent qu'il a été une manière pour de nombreux exploitants forestiers de s'assurer un revenu à court terme dans le contexte post-tempête. La tempête aurait aussi poussé certains propriétaires à commercialiser de nouvelles ressources, particulièrement les souches, pour l'industrie papetière. Ainsi, si cette période de grande instabilité est celle où commencent à être visibles les bouleversements liés au changement climatique, elle ne semble pas être marquée par une volonté notable d'inflexion de l'intensité extractive sur la forêt.

La trajectoire du puits de carbone de la forêt des Landes.

Les résultats de la modélisation CRAFT permettent de comprendre l'évolution de la trajectoire carbone de la filière en la mettant en lien avec la périodisation proposée. Les variations nettes du stock de carbone dans la biomasse, dans le sol et dans les objets en bois en usage sont calculées dans la figure 6. Une variation de C total positive de ces trois stocks signifie que la filière forêt-bois agit comme puits net de carbone, c'est-à-dire que les flux de carbone entrants dans les différents réservoirs sont supérieurs aux flux sortants, conduisant à un stockage de carbone atmosphérique. À l'inverse, une variation du stock de C négative correspond à un comportement de source vis-à-vis de l'atmosphère c'est-à-dire d'émission de CO_2. Appréhender les variations des stocks de C dans les sols, la biomasse et les produits de bois permet donc de mettre en avant les tendances de stockage ou déstockage du carbone pour chaque réservoir et de prolonger l'articulation des dynamiques sociales et écologiques qui façonnent la trajectoire de la filière forêt-bois des Landes.

Figure 6 | Taux de variation annuel de l'accroissement du stock de carbone associé à la matière organique du sol, à la biomasse en place et aux objets de bois en usage, au cours des 4 périodes caractérisant la trajectoire du système forêt-bois des Landes : 1. Mise en place du massif forestier ; 2. Âge d'or du gemmage ; 3. Essor du bois d'œuvre de la papeterie ; 4. Instabilité climatique et retour du bois énergie.



Les tendances révélées par ces variations de stocks correspondent étroitement aux quatre périodes que nous avons distinguées dans la trajectoire socio-écologique de la forêt des Landes. Au cours de la période d'établissement du massif forestier, celui-ci agit logiquement comme un accumulateur de C, tant dans la biomasse en place que dans la matière organique du sol, et stocke en moyenne 0,63 Mton C par an. La seconde période, celle de l'apogée du gemmage et de l'exploitation du bois pour les infrastructures, montre un système moins rétentif (0,14 Mton C/an), où la biomasse n'accumule plus guère de carbone, le sol un peu plus, mais où le stock d'objets en bois s'accroît nettement. La période de prédominance du bois d'œuvre et de la papeterie, qui conduit à une forêt dense et très productive, est encore une période de fort stockage du carbone (0,78 Mton C/an) à part sensiblement égale entre la biomasse et le sol et, plus modestement, dans les objets en bois. Enfin la dernière période voit l'effondrement du pouvoir de séquestration de carbone de la forêt landaise : tant le sol que la biomasse émettent plus de C qu'ils n'en prélèvent.

DISCUSSION

Le phénomène de transition forestière, défini par un accroissement des surfaces forestières au détriment des surfaces agricoles, est une caractéristique générale de l'histoire de l'industrialisation des pays du Nord (Mather, 1992 ; *Rudel et al.,* 2005 ; Meyfroidt *et al.*, 2010 ; Gingrich *et al.,* 2019). Levillain (2023) a montré qu'en Europe cette transition forestière n'est pas le résultat d'une baisse de sollicitation extractive des forêts qui aurait été rendue possible par la substitution du bois de feu par les énergies fossiles, mais est plutôt la marque d'un nouveau mode d'exploitation forestière, plus intensif, repoussant les « frontières extractives », et dans lequel l'accroissement

du stock de bois en place s'accompagne paradoxalement d'un accroissement de son extraction. Le cas de la forêt des Landes en constitue une parfaite illustration, et l'on peut y déceler plusieurs des frontières extractives mentionnées par cet auteur. Tout d'abord, on l'a vu, le territoire des Landes au début du XIX^{e} siècle, constitue pour les élites régionales et l'État un front pionnier à conquérir et exploiter. La région entière est ainsi refaçonnée suivant un projet modernisateur, destiné à la spécialiser afin de l'intégrer à la société industrielle. Une autre frontière est représentée par le perfectionnement des techniques d'extraction forestière. La forêt mise en place est une plantation, au sens d'un système écologique fortement simplifié, en monoculture, organisé pour la production spécialisée et l'exportation d'une seule denrée marchande principale (Tsing, 2017). C'est la résine dans un premier temps, dont l'extraction est nécessairement manuelle et requiert une abondante main d'œuvre. L'exploitation du bois de trituration et, dans une moindre mesure, du bois d'œuvre, en demandent moins et se prêtent davantage à la mécanisation : le bois de trituration deviendra la production principale de la forêt au XX^{e} siècle. La sélection de variétés de pins performantes est au cœur du système de plantation (Bouffier et Pastuszak, 2014). Chacune de ces spécialisations tend à maximiser la production à un niveau proche des limites de la capacité biologique du milieu. Si dans un premier temps, la mise en place du système peut s'accompagner d'un accroissement des stocks de carbone, capable d'atténuer le réchauffement climatique, le niveau d'extraction du milieu forestier reste trop intensif pour permettre à la forêt de jouer longtemps ce rôle de puits de carbone, sans même parler du puits de carbone non réalisé en l'absence d'une gestion plus durable de la forêt (*opportunity cost,* Erb *et al.*, 2021). Il apparaît même clairement, dans ce nouveau régime d'extraction dans la forêt des Landes, que l'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes conduit à réduire à néant cette capacité de stockage du carbone qu'a pu avoir la forêt, devenue aujourd'hui émettrice nette de CO_2.

D'autre part, on note que la forêt landaise a eu un rôle d'accompagnement des transitions énergétiques, et que ces transitions ont contribué à son évolution : outre la résine, le bois de mine est un des principaux produits extrait de la forêt des Landes au XIX^{e} et début du XX^{e} siècle. Indispensable à l'extraction du charbon, il est exporté massivement vers l'Angleterre. Le bois n'est donc pas remplacé par le charbon, mais concourt à son exploitation. Lorsque le pétrole prend progressivement de l'importance en Europe occidentale, la résine perd de son intérêt et c'est tout le système résine-bois rond qui se métamorphose au profit d'un nouveau système basé sur l'extraction massive de la cellulose destinée à l'industrie du papier/carton, principalement d'emballage, dont la demande explose, dans un système de commerce mondialisé. Plus récemment, le nouvel essor du bois-énergie ne fait qu'ajouter une sollicitation supplémentaire au système forestier, qui en perd sa capacité de séquestration de carbone, alors même que, paradoxalement, cette capacité devient l'objet d'une valorisation financière à travers les crédits d'émission de CO_2 (Guérin-Turcq, 2024). ■

CONCLUSION

Par une approche interdisciplinaire, mobilisant recherche de données d'archives, modélisation biogéochimique et investigations historiques et historiographiques, nous avons pu retracer la trajectoire socio-écologique du système forêt-bois du département des Landes depuis près de deux siècles, et en proposer un récit liant histoires sociale et environnementale. Le recours à la modélisation permet d'établir un lien quantitatif entre la gestion de l'occupation du sol, le niveau d'extraction des produits de la forêt et les stocks de matière en place. L'approche par les flux de carbone permet de dégager une vision d'ensemble du fonctionnement biogéochimique du système, fonctionnement qui constitue la base matérielle de l'économie de la filière et concourt à l'un de ses effets environnementaux majeurs : son incidence sur le climat.

Nous avons montré que le potentiel de stockage du carbone, avancé par les acteurs industriels de la filière forêt-bois comme argument pour poursuivre la spécialisation et l'intensification de l'exploitation de la forêt, semble aujourd'hui avoir atteint sa limite face à l'ampleur des dérèglements climatiques en cours. Pour la première fois de son histoire, le massif forestier landais contribue positivement à l'accroissement de l'effet de serre. La nature même de son exploitation s'en trouve remise en cause.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement l'unité Info&Sols et le GIS-Sol qui ont accepté de nous transmettre les données de stocks de carbone organique dans les sols de la forêt des Landes pour les deux campagnes de mesures disponibles. Ces données nous ont été transmises dans le cadre du contrat 2024-RMQS-IRD. Nous remercions également les archivistes des Archives départementales des Landes pour leur aide et leurs conseils qui nous ont permis de trouver et de rassembler les données utilisées pour ce travail.

RÉFÉRENCES

Agreste. (2013). *Graphagri 2013 : la forêt et les industries du bois. France. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire*.

Aldhuy, J. (2004). Imaginaire géographique, idéologie territoriale et production régionale : réflexions autour des Landes de Gascogne (XVIIIème-XIXème). *Hegoa : cahiers du SET, 113-120*. URL : https://shs.hal.science/halshs-00080645

Aldhuy, J. (2010). La transformation des Landes de Gascogne (XVIII^{e}-XIX^{e}), de la mise en valeur comme colonisation intérieure ? *Confins, 8*. https://doi.org/10.4000/confins.6351

Ballantyne, A., Smith, W., Anderegg, W., Kauppi, P., Sarmiento, J., Tans, P., Shevliakova, E., Pan, Y., Poulter, B., & Anav, A. (2017). Accelerating net terrestrial carbon uptake during the warming hiatus due to reduced respiration. *Nature Clim Change*, *7*, 148–152.

Banos, V., & Deuffic, P. (2020). Après la catastrophe, bifurquer ou persévérer ? Les forestiers à l'épreuve des événements climatiques extrêmes. *Nat. Sci. Soc*, *28*, 226–238. https://doi.org/10.1051/nss/2021008

Biomass burning fuel consumption rates: a field measurement database. (2014). *Biogeosciences*, *11*, 7305–7329. https://doi.org/10.5194/bg-11-7305-2014

Boisvenue, C., & Running, S. W. (2006). Impacts of climate change on natural forest productivity. Evidence since the middle of the 20th century. Climate change impacts on forest vegetation. *Glob. Change Biol*, *12*, 862–882.

Bouffier, L., & Pastuszka, P. (2014). Choix du matériel végétal : exemple du massif landais. *Innovations Agronomiques*, *41*, 31-41–02630129.

Buclet, N. (2015). (sous la direction de) (2015). Essai d'écologie territoriale. L'exemple d'Aussois en Savoie. CNRS Editions., 216 p

Charru, M., Seynave, I., Hervé, J. C., Bertrand, R., & Bontemps, J. D. (2017). Recent growth changes in Western European forests are driven by climate warming and structured across tree species climatic habitats. *Annals of Forest Science*, *74*(38). https://doi.org/10.1007/s13595-017-0626-1

C.N.P.F. (2022). *Diversification et reconstitution post incendie dans le massif des Landes de Gascogne*. https://www.cnpf.fr/document/diversification-et-reconstitution-post-incendie-dans-le-massif-des-landes-de-gascogne

Cuzacq, P. (1877). *Des concessions de terrains communaux dans le département des Landes : loi du 19 juin 1857, relative à l'assainissement et à la mise en culture des landes de Gascogne, jurisprudence*. Source Gallica BnF.

Daubrée, L. (1912). – *Statistique et atlas des forêts de France.* Ministère de l'Agriculture et de la Forêt.

Dixon, R. K., Solomon, A. M., Brown, S., Houghton, R. A., Trexier, M. C., & Wisniewski, J. (1994). Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. *Science*, *263*, 185–190. https://doi.org/10.1126/science.263.5144.185

Dupuy, F. (1996). *Le pin de la discorde. Les rapports de métayage dans la Grande Lande.* Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme.

Duvigneaud, P. (1971). *Productivité des écosystèmes forestiers. Actes du Colloque de Bruxelles*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000015360

Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/

Erb, K., Haberl, H., Le Noë, J., Tappeiner, U., Tasser, E., & Gingrich, S. (2021). Changes in perspective needed to forge "no-regret" forest-based climate change mitigation strategies. *GCB Bioenergy*, *gcbb.12921*. https://doi.org/10.1111/gcbb.12921.

Fischer-Kowalski, M. (1998). Society's Metabolism: The Intellectual History of Materials Flow Analysis, Part I, 1860– 1970. *J. Ind. Ecol*, *2*, 61–78. https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.1.61

Fischer-Kowalski, M., & Haberl. (2007). Conceptualizing, observing and comparing socioecological transitions*., in: Socioecological Transitions and Global Change: Trajectories of Social Metabolism and Land Use, Social And Political Science 2010 and Before*.

Foster, J. B. (2000). *Marx's ecology: materialism and nature*. Monthly Review Press.

Ganguly, I., Pierobon, F., & Sonne Hall, E. (2020). Global warming mitigating role of wood products from Washington state's private forests. *Forests*, *11*(2), 194.

Geng, A., Yang, H., Chen, J., & Hong, Y. (2017). Review of carbon storage function of harvested wood products and the potential of wood substitution in greenhouse gas mitigation. *For. Policy Econ*, *85*, 192–200. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.08.007

Guérin-Turcq, A. (2024). Le feu et le capital. Les incendies dans les Landes de Gascogne en 2022. *Études rurales*, *214*, 59–76.

Hertzog, L. R., Piedallu, C., Lebourgeois, F., Bouriaud, O., & Bontemps, J.-D. (2025). Turning point in the productivity of western European forest associated with a climate change footprint. *Science of the Total Environment*, *967*, 178843. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178843

Hoover, C., Birdsey, R., Goines, B., Lahm, P., Marland, G., Nowak, D., Prisley, S., Reinhardt, E., Skog, K., & Skole, D. (2006). Quantifying greenhouse gas sources and sinks in managed forest systems. In *Quantifying Greenh.Gas Fluxes Agriculture and Forest: Methods Entity-Scale Inventory Tech Bull; (IPCC)*.

I.G.N. (2024). *Inventaire forestier, résultats départementaux*. https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?rubrique251

Klein, A., & Léo. (2022). . Tronço, bouleau, dodo ? Les bûcherons ne se laissent pas abattre. *Z : Revue itinérante d'enquête et de critique sociale*, *15*(1), 94–99. https://doi.org/10.3917/rz.015.0094.

Krasnodębski, M. (2016). L'Institut du Pin et la chimie des résines en Aquitaine (1900-1970). *Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences. Université de Bordeaux*. https://theses.hal.science/tel-01409230v1

Landes, D. D. T. M. (2010). Rapport de présentation de l'Atlas relatif au risque incendie de forêt dans les Landes. *Agence MTDA. Décembre*. https://www.landes.gouv.fr/index.php/contenu/telechargement/8953/115891/file/Etude_PPRIF_Landes_vfinale6_cle2b6af4.pdf

Le Noë, J. (2023). Le métabolisme socio-écologique pour penser la durabilité des interactions sociétés/environnements. In: Dangles, O., Sabrié, M(L). *Sciences de la durabilité : comprendre, co-construire, transformer: réflexion collective*. 66–69. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/2023-10/010087946.pdf

Le Noë, J., Matej, S., Magerl, A., Bhan, M., Erb, K., & Gingrich, S. (2020). Modeling and empirical validation of long-term carbon sequestration in forests (France, 1850–2015. *Glob. Change Biol*, *26*, 2421–2434. https://doi.org/10.1111/gcb.15004

Le Noë, J., Erb, K.H., Matej, S., Magerl, A., Bhan, M., & Gingrich, S. (2021). Altered growth conditions more than reforestation counteracted forest biomass carbon emissions 1990–2020. *Nature Communications*, 12–6075. https://doi.org/10.1038/s41467-021-26398-2

Lerat, S. (2010). *Landes et Chalosses. tome 2. De la fin de l'Ancien régime à*.

Levillain, G. (2003). Quand l'industrie fait feu de tout bois: persistance du bois en Europe et redéfinition des frontières extractives (1913-2020. *Histoire et Mesure*, *38*(1). https://journals.openedition.org/histoiremesure/19188

Liski, J., Perruchoud, D., & Karjalainen, T. (2002). Increasing carbon stocks in the forest soils of western Europe. *For. Ecol. Manag*, *169*, 159–175. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00306-7

Mather, A. S. (1992). The Forest Transition. *Area*, *24*, 367–379. https://www.jstor.org/stable/20003181

Meyfroidt, T. K. R., & Lambin, E. F. (n.d.). Forest transitions, trade, and the global displacement of land use, Proc. *Natl. Acad. Sci. U.S.A*, *107*(49), 20917–20922. https://doi.org/10.1073/pnas.1014773107

Mischi, J. (2013). Ouvriers ruraux, pouvoir local & conflits de classes*, Agone 51,* 7-25.

Pan, N., Feng, X., Fu, B., Wang, S., Ji, F., & Pan, S. (2018). Increasing global vegetation browning hidden in overall vegetation greening: Insights from time-varying trends. *Remote Sensing of Environment*, *214*, 59–72.

Papy, L. (1948). Richesses et dévastations de la Forêt Landaise. Un désert aux portes de Bordeaux. *Cah. O.-m*, *1–4*, 297–333.

Perruchoud, D., Joos, F., Fischlin, A., Hajdas, I., & Bonani, G. (1999). Evaluating timescales of carbon turnover in temperate forest soils with radiocarbon data. *Glob. Biogeochem. Cycles*, *13*, 555–573. https://doi.org/10.1029/1999GB900003

Pingoud, K., Perälä, A.-L., & Pussinen, A. (2001). Carbon dynamics in wood products. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, *6*, 91–111. https://doi.org/10.1023/A:1011353806845

Pingoud, K., Skog, K. E., Martino, D. L., Tonosaki, M., Xiaoquan, Z., & Ford-Robertson, J. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

Rudel, T. K., Coomes, O. T., Moran, E., Achard, F., Angelsen, A., Xu, J., & Lambin, E. (2005). Forest transitions: towards a global understanding of land use change. *Global Environmental Change*, *15*, 23–31. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.11.001

Gingrich, S., Lauk, C., Niedertscheider, M., Pichler, M., Schaffartzik, A, Schmid, M., Magerl, A., Le Noë, J., Bhan, M., Erb, K. (2019). Hidden emissions of forest transitions: a socio-ecological reading of forest change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *38*, 14–21. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.04.005

Sargos, R. (1937). *Statistique de production. Bois et gemme de la forêt landaise*.

Sargos, R. (1949). *Contribution à l'histoire du boisement des Landes de Gascogne*.

Sato, A., & Nojiri, Y. (2019). Assessing the contribution of harvested wood products under greenhouse gas estimation: accounting under the Paris Agreement and the potential for double-counting among the choice of approaches. *Carbon Balance Manag*, *14*, 15. https://doi.org/10.1186/s13021-019-0129-5

Skog, K. E., Pingoud, K., & Smith, J. E. (2004). A Method Countries Can Use to Estimate Changes in Carbon Stored in Harvested Wood Products and the Uncertainty of Such Estimates. *Environmental Management*, *33, Supplement 1*, 65–73. https://doi.org/10.1007/s00267-003-9118-1

Trichet, P., Jolivet, C., Arrouays, D., Loustau, D., Bert, D., & Ranger, J. (1999). Le maintien de la fertilité des sols forestiers landais dans le cadre de la sylviculture intensive du pin maritime. *Étude Gest. Sols*, *6*, 197–214.

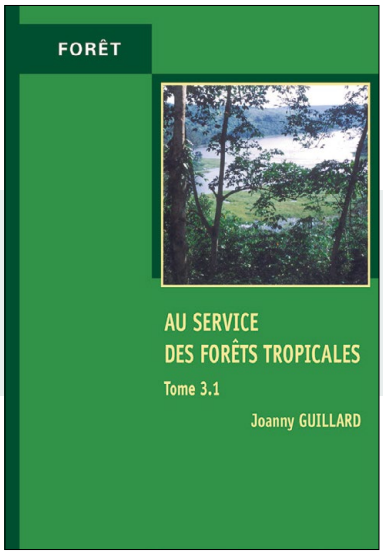
Tsing, A. (2017). *Le champignon de la fin du monde : sur les possibilités de vie dans les ruines du capitalisme*. Paris. La Découverte. 416 p.

Au service des forêts tropicales

Histoire des services forestiers français d'outre-mer 1896-1960

Tome 3.1

Joanny Guillard



2023
1042 pages
16,5 x 24 cm
ISBN : 978-2-493139-03-0

44,00 € + frais de port

L'ouvrage

En développant l'histoire des services des Eaux et Forêts dans la France d'outre-mer, dans leur organisation et leurs diverses activités, spécialement en Afrique tropicale, cet ouvrage offre un large panorama de l'évolution des forêts coloniales. Cette troisième partie « Les grandes actions forestières » traite des doctrines et des actions techniques menées en forêt (réglementations, statuts, aménagement forestier, sylviculture). Découpé en chapitres thématiques, chacun avec une bibliographie détaillée, appuyés par de nombreuses informations statistiques et techniques, souvent issues d'extraits de la littérature grise, cet ouvrage intéresse aussi bien les responsables et agents des pays tropicaux et les forestiers que les historiens.

L'auteur

Ingénieur agronome (Paris), ingénieur des Eaux et Forêts (Nancy), maîtrise en sciences économiques (Paris Panthéon), Joanny Guillard (1923-2018) commence sa carrière comme Inspecteur des Forêts pendant près de neuf ans sur le terrain au Cameroun. Suit plus d'une décennie de missions et séjours plus ou moins longs pour diverses organisations dans de nombreux pays tropicaux, francophones ou non, en matière de foresterie et de développement rural. Chargé en 1967 du centre de Nancy de l'ENGREF, il se consacre à l'enseignement supérieur forestier et à la recherche en économie forestière, pendant seize ans. Pendant cette période, comme ensuite en tant qu'Ingénieur général du GREF, en effectuant chaque année des visites en forêt tempérée et en zone tropicale, il renforce son expérience. Il consacre sa retraite pendant vingt ans à la collecte et à l'analyse non interrompue d'une documentation considérable et à la rédaction méthodique du présent ouvrage.

L'ouvrage est disponible en deux versions :

• la version papier du tome 3.1 est disponible au prix unitaire de 44 euros + frais de port.

Les tomes 1, 2 et 4 sont également disponibles à la vente.

• la version électronique au format PDF, en libre accès sur le site, rubrique Ebooks :

https://infodoc.agroparistech.fr/index.php?id_rubrique=130&opac_view=-1&lvl=cmspage&pageid=6

Ouvrages édités et diffusés par : **AgroParisTech - Service éditions**
14 rue Girardet - CS 14216 - F-54042 NANCY Cedex

Renseignements et commandes auprès de Laurence Genevois-Corgiolu
Tél. : 03 83 39 68 23. Mél. : laurence.genevois@agroparistech.fr