

Productivité écologique et rendement photosynthétique d'une hêtraie en Haute-Ardenne

Freddy Devillez, A. Gossuin, T. Marynen, Robert Iserentant, T. C. Jain, Jean Lebrun, Ch. Renard

Abstract

The present study deals with the productivity and photo-synthetic efficiency of a beechwood located in the belgian "Haute-Ardenne" ; this stand has an estimated dry biomass of 343 t/ha. The ecological productivity reaches 11,59 t/ha/year and the photosynthetic efficiency is 2,34 % according to the total radiant energy during the effective assimilation period. In connection with the total amount of radiant energy recorded throughout the year, the photosynthetic efficiency is only 1,18 %.

Citer ce document / Cite this document :

Devillez Freddy, Gossuin A., Marynen T., Iserentant Robert, Jain T. C., Lebrun Jean, Renard Ch. Productivité écologique et rendement photosynthétique d'une hêtraie en Haute-Ardenne. In: Bulletin de la Classe des sciences, tome 59, 1973. pp. 431-440;

doi : <https://doi.org/10.3406/barb.1973.60718>

https://www.persee.fr/doc/barb_0001-4141_1973_num_59_1_60718

Fichier pdf généré le 04/06/2020

ÉCOLOGIE VÉGÉTALE

Productivité écologique et rendement photosynthétique d'une hêtraie en Haute-Ardenne ⁽¹⁾

par F. DEVILLEZ, A. GOSSUIN et T. MARYNEN (†)

avec la collaboration de

R. ISERENTANT, T. C. JAIN, J. LEBRUN et CH. RENARD ⁽²⁾

(Laboratoire d'Écologie Végétale de l'Université de Louvain)

Summary. — The present study deals with the productivity and photosynthetic efficiency of a beechwood located in the Belgian "Haute-Ardenne"; this stand has an estimated dry biomass of 343 t/ha. The ecological productivity reaches 11,59 t/ha/year and the photosynthetic efficiency is 2,34 % according to the total radiant energy during the effective assimilation period. In connection with the total amount of radiant energy recorded throughout the year, the photosynthetic efficiency is only 1,18 %.

INTRODUCTION

Un article antérieur, paru ici-même (Devillez *et al.*, 1973), avait pour objet l'étude de la structure et de la biomasse d'une hêtraie au Plateau des Tailles. La présente communication en constitue la suite. Elle est consacrée à la productivité écologique et au rendement photosynthétique de ce peuplement forestier. Il n'est donc point nécessaire de reprendre ici tout ce qui a trait à la localisation et à la description de l'écosystème envisagé.

⁽¹⁾ Recherches poursuivies dans le cadre du Centre pour l'Étude du Problème de l'Eau sur le Plateau des Tailles (CETA) et favorisées de l'appui du Fonds de la Recherche fondamentale collective et du Commissariat Royal au Problème de l'Eau.

⁽²⁾ Monsieur F. DEVILLEZ est le rédacteur principal de cette communication collective. Ont encore participé aux diligences que comportait cette étude sur le terrain ou en laboratoire: A. COMPÈRE, J.-M. DUMONT, E. et M. LEBRUN, M.-F. JOURET.

Les analyses effectuées n'ont porté que sur la seule productivité primaire nette et les mesures adéquates de biomasse ont été réalisées au mois d'août, au moment où la quantité de matières organiques sur pied est à son maximum.

La productivité primaire nette de l'année est assimilée, dans notre cas, à la somme de la masse des organes formés et des accroissements ligneux réalisés au cours de la saison végétative; la production annuelle de la strate herbacée a d'ailleurs été incluse dans cette valeur.

Quant au rendement photosynthétique, il a été calculé au départ de cette productivité annuelle, des facteurs généralement admis de transformation des valeurs pondérales en contenus énergétiques et du rayonnement solaire global enregistré localement.

§ 1. LA PRODUCTIVITÉ

1. MÉTHODES

Par suite de l'histoire mouvementée de la forêt et de l'absence d'inventaires successifs, c'est l'accroissement annuel courant qui servira de base au calcul de la productivité des arbres. Cette méthode qui présente l'avantage de fixer ce caractère du peuplement tel qu'il se présente actuellement entraîne certains inconvénients. En effet, les résultats peuvent être influencés par des variations climatiques et par l'âge des arbres, ou encore, ils peuvent traduire les effets d'une intervention sylvicole plus ou moins récente.

L'accroissement en volume des troncs a été estimé à la suite de deux cubages effectués à deux ans d'intervalle. A l'exception des pousses de l'année pour lesquelles la production annuelle correspond à la biomasse, la productivité des houppiers a été calculée selon la formule de Whittaker (1965), exprimée de la manière suivante:

$$\frac{dB}{B} = k \frac{dS}{S}$$

où B et S désignent respectivement la biomasse des branches (B) et des troncs (S), comme dB et dS se rapportent aux accroissements correspondants; le facteur k tient compte des taux respectifs de croissance. Ne disposant pas de la valeur réelle de k , nous l'avons

Productivité écologique et rendement photosynthétique d'une hêtraie

considérée comme étant égale à l'unité, soit le minimum requis. En effet, la vitesse d'accroissement en bois fort est généralement inférieure aux taux correspondants des branches, les houppiers étant constitués de bois plus jeune que les fûts. Pour cette seule raison, il n'est guère probable que la productivité des houppiers soit surestimée. La technique utilisée par Duvigneaud (1967), plus précise, semble-t-il, n'a pu être utilisée, faute de données suffisantes.

Il n'existe pas de méthode satisfaisante pour apprécier l'accroissement annuel des racines et des souches. Nous avons jugé opportun d'appliquer le même mode de calcul que pour les houppiers, en considérant simultanément les biomasses des matériels épigé et hypogé et leurs accroissements respectifs. C'est faire ainsi confiance à la méthode de Newbould (1967), plus qu'au choix d'un coefficient arbitraire de transformation au départ de la biomasse du tronc (Schenkler, 1962) ou des parties aériennes (Duvigneaud, 1967).

La productivité de la strate herbacée est délicate à estimer. En effet, celle-ci est dominée par *Deschampsia flexuosa*, espèce vivace, de phénologie mal connue et dont les innovations ont une durée de vie probable de 6 années. La production annuelle de la florule a donc été obtenue en divisant par six sa biomasse totale.

2. RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Les résultats sont résumés au tableau 1.

TABLEAU 1. — Productivité des divers éléments de la hêtraie. Valeurs exprimées en t/ha/an.

HÊTRES	
Pousses de l'année	3,83
Branches	1,71
Troncs	2,27
Matériel hypogé	1,78
Total	9,59
STRATE HERBACÉE	
	2,00
TOTAL	11,59

Comme pour la biomasse, c'est évidemment la productivité des arbres qui l'emporte et qui règle les caractéristiques du peuplement.

Une bonne part de cette productivité (31 %) revient aux pousses de l'année, si bien que la production annuelle de bois de branche et de tronc est finalement faible. En d'autres mots, il faut 3,5 t de feuilles pour élaborer 2,3 t de bois fort ; et ces chiffres correspondent exactement à ceux qu'obtient Burger (1950).

Par ailleurs, si l'on se réfère aux données fournies par Nanson (1962), à propos d'une autre hêtraie ardennaise, la production annuelle des branches est trop élevée par rapport à celle des fûts ; mais cela correspond à ce qui a déjà été constaté à propos du volume et des biomasses des houppiers. On pourrait, bien sûr, mettre en cause les techniques qui diffèrent assez bien selon les auteurs, mais il reste que la productivité des branches telle qu'elle a été estimée dans le cas présent peut être considérée comme une valeur minimale si l'on tient pour valables les formulations mathématiques de Newbould (1967) et de Whittaker (1965).

La productivité du matériel hypogé est supérieure à ce qui est enregistré ailleurs. Les modes de calcul sont certainement en cause, mais il est difficile à l'heure actuelle de juger de leurs validités respectives.

En ce qui concerne la strate herbacée, toute comparaison devient difficile. On peut tout au plus remarquer que sa productivité est élevée, vraisemblablement en raison des conditions écologiques favorables à son développement. Signalons toutefois que Bliss (1966) a trouvé pour une communauté analogue du type *Carex-Deschampsia* et pour un recouvrement semblable, une productivité de 1,1 t/ha/an pour les seules parties aériennes. Si l'on applique à cette valeur la relation selon laquelle la production souterraine des herbes vaut deux fois leur production aérienne (Scott & Billings, 1964), la productivité globale serait de 3 t/ha/an, soit une tonne de plus que ce qui a été estimé dans le cas présent.

De façon tout à fait générale, Whittaker & Woodwell (1971) considèrent que la production annuelle des forêts tempérées oscille entre 6 t/ha/an et 30 t/ha/an, avec une moyenne de 13 t/ha/an. Entre 60° et 65° de latitude, celle-ci tomberait à une moyenne de 12 t/ha/an (Nichiporovich, 1964). Enfin, selon Lieth (1962), la productivité des hêtraies varie entre 7,6 et 13,5 t/ha/an. Avec ses 11,6 t/ha/an, le peuplement envisagé se situe donc au-dessus de la moyenne. La valeur dégagée, tout en étant inférieure aux résultats de Rodin & Bazilevič

(1966), dépasse les 10 t/ha/an que Möller (1945) a obtenues dans une hêtraie de classe II au Danemark et même les 10,6 t/ha/an de la hêtraie ardennaise de Nanson (1962). Ehwald (1957) trouve une valeur similaire en Allemagne dans une hêtraie de classe I. Plus proches de nous, les résultats acquis par Duvigneaud *et al.* (1972) indiquent 11,8 t/ha/an en hêtraie nue et 13,1 t/ha/an dans la hêtraie à fétuque.

Tout en ne perdant pas de vue que la production d'une forêt dépend, pour une bonne part, du climat local (Pardé, 1964), on peut admettre que la hêtraie du Plateau des Tailles atteint une productivité satisfaisante. Cependant, c'est pour une bonne part grâce à la strate herbacée et aux houppiers que ce résultat est acquis. Si bien que la production annuelle de bois fort est médiocre et ne justifie pas, au point de vue forestier, un classement favorable de ce type de peuplement.

§ 2. LE RENDEMENT PHOTOSYNTHÉTIQUE

Les auteurs (Rabinovitch, 1951; Odum, 1959) estiment à 1 % la part de l'énergie solaire incidente fixée en moyenne par photosynthèse nette. Mais cette efficacité diffère amplement selon les types d'écosystèmes. C'est que la surface assimilatrice est nettement variable de l'un à l'autre. Il est aussi certain que l'indice foliaire joue un rôle significatif. Dans les forêts de nos régions, il fluctue entre 5 et 9; dans le cas présent, il a été estimé à 7,3. L'augmentation de biomasse peut être considérée comme étant le produit de l'indice foliaire par la vitesse d'assimilation nette (Blackman, 1964; Montheith, 1964).

Pour calculer le rendement photosynthétique net, il importe de connaître la quantité de matière organique élaborée, le rayonnement solaire global reçu et les facteurs de transformation énergétique. Le premier de ces termes étant déjà déterminé, il convient d'envisager successivement les deux autres.

1. LE RAYONNEMENT SOLAIRE GLOBAL

Nous tenons du Service climatologique de l'Institut royal Météorologique les mesures du rayonnement global effectuées au Plateau des Tailles.

Le tableau 2 reprend à titre d'exemple les valeurs obtenues en 1966 au cours de la période d'assimilation effective. Selon les observations phénologiques de Renard (1971), celle-ci s'est étalée au cours de l'année en question, du 10 mai, début du débourrement, au 10 septembre, date de la formation de la couche séparatrice du pétiole. Il s'agit donc de la période durant laquelle les feuilles sont présentes et capables de réaliser une photosynthèse effective. Cette façon de faire nous semble plus précise que celle qui consiste à calculer le nombre de jours à température moyenne égale ou supérieure à 10° (Noirfalise & Galoux, 1950; Nanson, 1962), bien que finalement les résultats s'écartent fort peu.

TABLEAU 2. — Rayonnement solaire global par décades sur une surface horizontale (en cal/cm²) pour la période d'assimilation effective de l'année 1966.

	mai	juin	juillet	août	septembre	total
Décade I	—	5.656	3.646	3.171	2.256	
Décade II	4.801	3.965	2.742	4.473	—	
Décade III	4.475	2.793	3.962	3.186	—	45.093

Le rendement photosynthétique se calcule souvent aussi à partir du rayonnement global annuel. Les données de l'année 1966 étant incomplètes, c'est la valeur enregistrée en 1967 qui a été choisie, soit 89.651 cal/cm².

2. LES FACTEURS DE TRANSFORMATION ÉNERGÉTIQUE

La quantité de matière sèche élaborée pendant l'année 1966 est transformée en énergie correspondante (Tableau 3) grâce aux facteurs de conversion fournis par Ovington & Heitkamp (1960). Ces auteurs ont, en effet, déterminé le pouvoir calorifique des organes desséchés pour plusieurs essences et notamment pour le hêtre.

Productivité écologique et rendement photosynthétique d'une hêtraie

TABLEAU 3. — Facteurs de transformation de Ovington & Heitkamp (1960) et énergie emmagasinée annuellement (1966) par les divers éléments de la hêtraie.

	Hêtres				Strate herbacée	Total
	Pousses de l'année	Branches	Troncs	Matériel hypogé		
Facteurs de transformation (Kcal/kg de mat. sèche)	4.690	4.718	4.555	4.718	4.197	
Énergie emmagasinée (Kcal/ha/an)	16.230.860	9.601.130	10.353.515	8.421.630	8.389.803	52.996.938

3. LE RENDEMENT PHOTOSYNTHÉTIQUE

Le rendement photosynthétique net durant la période d'assimilation effective s'élève à 2,34 %. Si l'on tient compte de l'énergie globale incidente de toute l'année, il est de 1,18 %.

Comme pour la productivité, ces valeurs sont loin d'être médiocres et correspondent aux chiffres qui selon Galoux (1963), caractérisent les hêtraies de classe II. En effet, Nanson (1962) obtient un rendement de 1,23 % pour toute l'année et 1,95 % pour la seule période de végétation; Helmers & Bonner (1960) mentionnent une valeur de 2,5 % pendant la période d'assimilation effective. Enfin, à titre de référence, signalons les rendements photosynthétiques repris par Duvigneaud (1971) à propos d'une chênaie mélangée à Virelles-Blanmont: calculé sur le flux énergétique reçu au cours de l'année entière, il est de 0,73 % par rapport au rayonnement global et de 1,47 % par rapport au rayonnement photosynthétiquement actif; il est respectivement de 1,20 % et 2,40 % sur la base de l'énergie solaire incidente pendant la seule période de végétation active. En tout état de cause, les valeurs enregistrées dans la hêtraie du Plateau des Tailles restent appréciables et sont, sans doute, à mettre en relation avec un indice foliaire assez élevé (7,3).

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La productivité écologique annuelle d'une hêtraie haut-ardennaise a été définie à la suite de divers observations, mesures et calculs qui ont établi les éléments de sa structure et de sa biomasse.

La productivité des houppiers (accroissement ligneux) a été estimée par rapport aux biomasses respectives des branches et des troncs; l'accroissement en bois fort de ces derniers ayant d'ailleurs fait l'objet de cubages à deux ans d'intervalle. Les productions de l'année ont été mesurées directement. Quant à la strate herbacée, très largement dominée par *Deschampsia flexuosa*, on a apprécié sa productivité au sixième de sa biomasse, selon le rythme supposé de formation et de persistance des touffes de cette graminée.

La productivité totale ainsi calculée est de 11,59 t/ha/an. Il vient ainsi qu'il faut 3,4 t de feuilles chaque année pour élaborer 2,3 t de bois fort. Cette productivité totale est appréciable car elle se situe honorablement dans la fourchette des valeurs citées pour les hêtraies. Toutefois, la part qui revient au tronc est faible et ceci en relation avec les caractères dendrologiques peu satisfaisants que l'on peut résumer en disant que les arbres forment beaucoup de branches pour peu de tronc, défaut qui a déjà été mis en évidence lors de l'étude de la structure du peuplement.

Quant au rendement photosynthétique net, rapporté au rayonnement solaire global, il a été calculé soit en fonction du flux durant toute l'année ou durant la saison d'assimilation effective seulement. Dans le premier cas, le coefficient obtenu est de 1,18 % et, dans le second, de 2,34 %. Ce sont là encore des valeurs non négligeables et qui se comparent favorablement aux chiffres disponibles pour des communautés végétales analogues. Ce rendement photosynthétique appréciable est, sans doute, à mettre en relation avec un indice foliaire assez élevé (7,3) qui caractérise la futaie étudiée.

Finalement, celle-ci se caractérise par une biomasse sèche totale, sur pied, de 343 t/ha, une productivité de 11,6 t/ha/an et un rendement photosynthétique net de 2,34 % pendant la période d'assimilation effective.

RÉFÉRENCES

- BLACKMAN, G. E. The analysis of the factors which determine limits of productivity. *Colloque « Martacion de las investigaciones ecologicas e agricolas a la luchan del Mundo contre el hambro »*, Madrid, 10 p., 1964.
- BLISS, L. C. Plant productivity in alpine microenvironments on Mt. Washington, New Hampshire. *Ecol. Monogr.*, 36, 125-155, 1966.

Productivité écologique et rendement photosynthétique d'une hêtraie

- BURGER, H. Holz, Blattmenge und Zuwachs. X Die Buche. *Mitt. Schwz. Anst. forstl. Versuch.*, 26, 418-468, 1950.
- DEVILLEZ, F., JAIN, T. C., MARYNEN, T., ISERENTANT, R., JOURET, M.-F., LEBRUN, J., RENARD, C. Structure et biomasse d'une hêtraie en Haute-Ardenne. *Bull. Acad. Roy. de Belgique, Cl. Sc.*, 59, 333-361, 1973.
- DUVIGNEAUD, P. La productivité primaire des écosystèmes terrestres. In « *Problèmes de productivité biologique* », Masson & Cie, Paris, 37-92, 1967.
- DUVIGNEAUD, P. Concepts sur la productivité primaire des écosystèmes forestiers. In « *Productivité des écosystèmes forestiers* », Actes coll. Bruxelles, 1969, Unesco 1971. *Écologie et conservation*, 4, 111-140, 1971.
- DUVIGNEAUD, P., PAULET, E., KESTEMONT, P., THANGE, M., SCHNOCK, G., TIMPERMAN, J. Comité national belge du programme biologique international — Sections PT et PF. Projet Mirwart. Contribution n° 2: Productivité comparée d'une hêtraie et d'une pessière, établies sur une même roche-mère, à Mirwart. *Bull. Soc. Roy. Bot. de Belgique*, 105, 183-196, 1972.
- EHWALD, E. Über den Nährstoffkreislauf des Waldes. *Dtsch. Akad. Landwirtschaft, Berlin*, 6, 1-56, 1957.
- GALOUX, A. Approche énergétique et cybernétique de la hêtraie. *Lejeunia*, 23, 16 p., 1963.
- HELMERS, H. & BONNER, J. Photosynthetic limits of forest tree yields. *Proc. Soc. Americ. forest.*, 32-35, 1959.
- LIETH, A. Die Stoffproduktion der Pflanzendecke. *Fischer Verlag, Stuttgart*, 156 p., 1962.
- MÖLLER, C. M. Untersuchungen über Laubmenge. *Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. Copenhagen*, 287 p., 1945.
- MONTHEITH, J. L. Physical parameters of photosynthesis in the field. *X Intern. Bot. Congress, Edinburgh*, 2, 1964.
- NANSON, A. Quelques éléments concernant le bilan d'assimilation photosynthétique en hêtraie ardennaise. *Bull. Inst. Agron. et Sta. Rech., Gembloux*, 30, 321-331, 1962.
- NEWBOULD, P. J. Methods for estimating the primary production of forests. *I.B.P. Handbook n°2, Blackwell Sc. Publ., Oxford and Edinburgh*, 62 p., 1967.
- NICHIPOROVICH, A. A. Solar radiation energy and photosynthesis conditioning the productivity of ecological systems. *X. Intern. Bot. Congress, Edinburgh*, 244, 1964.
- NOIRFALISE, A. & GALOUX, A. Les étages de végétation dans l'Ardenne belge. *Cent. Rech. Ecol. et Phyt. de Gembloux*, 11, 21 p., 1950.
- ODUM, E. P. Fundamentals of ecology. *Saunders Company, Philadelphia and London*, 546 p., 1959.
- OVINGTON, J. D. & HEITKAMP, D. The accumulation of energy in forest plantations in Britain. *J. Ecol.*, 48, 639-646, 1960.
- PARDÉ, J. Indice climatique et production ligneuse. *C.R. Acad. Agr. de France*, 50, 569-576, 1964.
- RABINOVITCH, E. I. Photosynthesis and related process. *Interscience, New York*, 2 (1), 605 p., 1951.

- RODIN, L. E. & BAZILEVIC, N. I. The biological productivity of the main vegetation types in the northern hemisphere of the old world. *Forestry Abstracts*, 27 (3), 369-372, 1966.
- SCHENKLER, G. Ertragspotentiale Verschiedener Waldgesellschaften Südwestdeutschlands. In LIETH, « *Die Stoffproduktion der Pflanzendecke* » Fischer Verlag, Stuttgart, 156 p., 1962.
- SCOTT, D. & BILLINGS, W. D. Effect of environmental factors on standing crop and productivity of an alpine tundra. *Ecol. Monogr.*, 34, 243-270, 1964.
- WHITTAKER, R. H. Branch dimensions and estimation of branch production. *Ecology*, 46, 365-370, 1965.
- WHITTAKER, R. H. & WOODWELL, G. M. Measurement of net primary production of forests. In « *Productivité des écosystèmes forestiers* », Actes coll. Bruxelles, 1969, UNESCO 1971. *Écologie et Conservation*, 4, 159-175, 1971.