



**HAL**  
open science

# Introduction d'espèces fixatrices d'azote au sein de plantations à courte rotation

Cécilia Gana

► **To cite this version:**

Cécilia Gana. Introduction d'espèces fixatrices d'azote au sein de plantations à courte rotation. 2021.  
hal-03447384

**HAL Id: hal-03447384**

**<https://hal.science/hal-03447384>**

Preprint submitted on 24 Nov 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## INTRODUCTION D'ESPÈCES FIXATRICES D'AZOTE AU SEIN DE PLANTATIONS À COURTE ROTATION

CÉCILIA GANA

### CONTEXTE

La biomasse végétale pourrait représenter une option écologiquement et économiquement satisfaisante comme combustible de substitution aux énergies fossiles. L'utilisation de la biomasse ligneuse semble présenter plus d'avantages que celle issue d'herbacées (elle nécessite moins d'intrants lors de sa production et présente des taux de cendres et de résidus après combustion moins élevés). La demande en bois énergie augmente mais ne pourra pas être entièrement satisfaite par la mobilisation des ressources forestières traditionnelles disponibles. L'intensification de la production de bois passe donc à la fois par une extension des surfaces plantées et par l'adoption de pratiques sylvicoles permettant d'assurer le maintien à long terme de la fertilité des sols à moindre coût.

En complément des forêts gérées de manière traditionnelle, la production de biomasse ligneuse peut être assurée par l'intermédiaire de plantations dédiées, en taillis à rotations très courtes (TTCR) ou courtes (TCR), souvent 2 à 7 ans, composées d'espèces à croissance très rapide comme le Peuplier, le Saule, l'Eucalyptus ou le Robinier. Cependant, le manque d'information concernant la conduite de ces plantations de façon à optimiser la production de biomasse et le maintien de la fertilité à long terme est un frein sévère à leur développement en Europe (Marron, 2011). Ces plantations sont souvent établies sur des sites pauvres en nutriments, les terres plus riches étant réservées en priorité à l'agriculture à des fins alimentaires. De plus, l'exportation fréquente de bois hors de la plantation, par rapport à un peuplement forestier traditionnel et l'utilisation d'espèces à croissance rapide, très gourmandes en nutriments et notamment en azote, comme le Peuplier, peut entraîner un appauvrissement du milieu et un déclin rapide de la productivité (Berthelot *et al.*, 2000). La fertilisation n'est pas une solution économiquement et écologiquement viable à long terme et des solutions alternatives doivent être développées pour minimiser les besoins en intrants chimiques (notamment en fertilisants), sans brider les potentialités de croissance des espèces.

L'utilisation d'espèces capables de fixer l'azote atmosphérique, telles que l'Aulne (*Alnus* sp.), l'Acacia (*Acacia* sp.) ou le Robinier (*Robinia* sp.), peut être un moyen de minimiser les besoins en intrants. L'intégration d'espèces d'arbres fixateurs d'azote atmosphérique en mélange avec les espèces à croissance rapide est une option déjà explorée dans de nombreuses régions du monde, en particulier en zone intertropicale.

En Europe, ce type de mélange d'espèces est très peu répandu. L'intérêt de l'espèce fixatrice n'est pas uniquement de procurer de l'azote au système mais également de concourir à la production de biomasse totale de la plantation en utilisant des essences productives comme le Robinier. Néanmoins,

les modifications des statuts hydrique et azoté du sol, et les interactions interspécifiques (phénomènes de facilitation et de compétition pour les ressources édaphiques) sont susceptibles de modifier fortement (par rapport aux plantations pures) la production de biomasse et sa répartition entre les compartiments aérien et souterrain. Une analyse du comportement des espèces en mélange est nécessaire de façon à évaluer la pertinence de ce type de plantation mixte à des fins de production de biomasse sous climat tempéré.

## OBJECTIFS

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact du mélange Peuplier et Robinier sur l'allocation de biomasse dans la plantation. La croissance des plantes est intimement liée aux gains et à l'allocation du carbone et de l'azote dans le système. Au sein du mélange, l'apport d'azote résultant de l'introduction d'une légumineuse et les interactions interspécifiques (facilitation, complémentarité pour les ressources : lumière, eau, nutriments) pourraient améliorer la production primaire et modifier le ratio entre le carbone alloué aux parties aériennes et celui alloué aux parties racinaires.

Nos hypothèses sont que, dans le mélange :

- la présence du Robinier améliore le statut azoté du Peuplier,
- la quantité de biomasse est supérieure dans le mélange, avec une augmentation de la fraction du carbone assimilé, alloué vers les parties aériennes.

Le sujet s'inscrit dans le projet Intens&fix (2011-2014) soutenu par le programme SYSTERRA de l'ANR et coordonné par l'UMR Eco&Sols de Montpellier.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Présentation du site

Le site étudié se situe en région Centre, à Saint-Cyr-en-Val. La moyenne des températures (pour la période 2011-2012) est de 11 °C et la pluviométrie moyenne annuelle est de 620 mm. Le sol est de type sablo-limoneux (70 % sable, 20 % limon, 10 % argile). Sur l'horizon 0-20 cm, la teneur en azote total est de 0,7 g/kg, la teneur en matière organique de 14,5 g/kg, le C/N est de 11,9 et le pH de 5,5. La plantation comporte deux blocs. Chaque bloc est constitué d'une parcelle unitaire (PU) de Robiniers purs (*Robinia pseudoacacia*, variété Nyirzeg), d'une PU de Peupliers purs (*Populus × euramericana*, clone Dorskamp) et d'une PU de mélange des deux espèces, plantées au printemps 2011. La densité est d'environ 1400 tiges/ha.

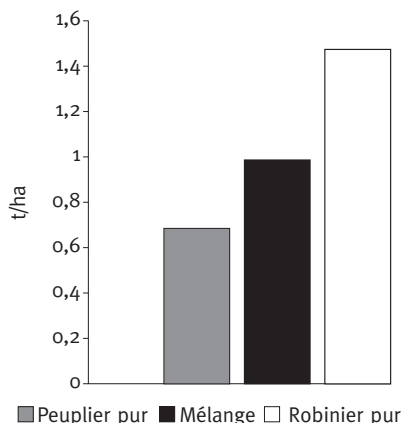
### Estimation des biomasses

Un abattage de 32 arbres a eu lieu en janvier 2013 (avant la 3<sup>e</sup> saison de croissance) : huit par espèce et par traitement. Les arbres abattus ont été sélectionnés proportionnellement à leur contribution à la surface terrière de la plantation. Les parties aériennes et racinaires, récoltées dans leur intégralité, ont été séchées puis pesées afin d'obtenir la biomasse aérienne et racinaire de chaque arbre abattu. Des relations allométriques ont été établies et appliquées sur 252 arbres situés au centre de chaque PU.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

FIGURE 1

### MASSE SÈCHE AÉRIENNE DE CHACUNE DES MONOCULTURES ET DU MÉLANGE DES DEUX ESPÈCES À L'ÂGE DE 2 ANS



Le Peuplier bénéficie probablement de l'effet de facilitation due à la présence du Robinier. L'augmentation du stock global d'azote dans le milieu résultant de la fixation d'azote par rhizobium associé au Robinier s'effectue *via* le retour au sol des litières de Robinier et le turnover de ses racines. Ainsi, la croissance des parties aériennes du Peuplier en mélange, stimulée par l'apport d'azote, pourrait se faire au détriment du développement des parties racinaires. Cependant, l'augmentation de biomasse des peupliers dans le mélange ne compense pas la diminution de biomasse des robiniers (par rapport à celle des monocultures) (figure 1, ci-dessus). Ces derniers semblent être affectés par la compétition interspécifique.

Par ailleurs, la production annuelle sur la station reste très faible : 0,35 tonne de matière sèche (MS) par hectare et par an pour le Peuplier, 0,75 pour le Robinier et 0,5 dans le mélange. Au moment de la récolte, les TCR de Peuplier produisent en moyenne 10 à 12 tonnes MS/ha/an et les TCR de Robinier 8 à 10 tonnes MS/ha/an. Ceci peut s'expliquer en partie par le fait que la plantation est seulement âgée de 2 ans. Or, la dynamique de croissance d'un TCR est exponentielle au cours d'une rotation (5 à 7 ans). L'accroissement annuel en biomasse devrait donc augmenter jusqu'en fin de rotation. Néanmoins, l'azote n'est peut-être pas le seul facteur limitant dans cette plantation ; par exemple, l'eau peut être une ressource limitante en période estivale (notamment de juillet à août pour l'année 2012, où les teneurs en eau du sol dans l'horizon 0-50 cm étaient d'environ 10 %). De plus, la présence d'une strate herbacée, difficile à maîtriser peut entraîner une compétition importante avec ces jeunes arbres vis-à-vis des nutriments et de la ressource en eau du sol. De faibles productions ont déjà été constatées sur un dispositif jouxtant ce site, dues en majeure partie à une disponibilité en eau faible (Toillon *et al.*, 2013).

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans la plantation mixte de Saint-Cyr-en-Val, la compétition interspécifique est probablement moins intense que la compétition intraspécifique pour le Peuplier. Celui-ci semble bénéficier de cette

diminution de compétition dans le mélange. À l'inverse, le Robinier semble être fortement affecté par la compétition interspécifique.

Les mesures vont se poursuivre dans les années à venir, de manière à confirmer cette tendance. Un marquage au <sup>15</sup>N a été réalisé et permettra de définir la quantité d'azote fixée par le Robinier et d'affirmer ou non si le statut azoté du Peuplier est amélioré dans le mélange. Des mesures d'échanges gazeux foliaires sont effectuées à chaque saison de végétation et permettront de déterminer si les capacités photosynthétiques des peupliers sont améliorées ou non dans le mélange. Des indices de voisinage vont être calculés (grâce à un suivi de croissance) et permettront de définir le type d'interaction présent au sein de la plantation. Par ailleurs, il serait intéressant de tester les effets de ce mélange sous différentes conditions pédoclimatiques.

**Cécilia GANA**

UMR 1137 – Écologie et écophysiologie forestières  
UNIVERSITÉ DE LORRAINE  
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
Boulevard des Aiguillettes BP 70239  
F-54506 VANDŒUVRE-LÈS-NANCY CEDEX

et

INRA Centre de Nancy-Lorraine  
F-54280 CHAMPENOUX  
(cecilia.gana@nancy.inra.fr)

**Encadrants :**

Daniel EPRON — UMR 1137 — Écologie et écophysiologie forestières — Université de Lorraine, Faculté des Sciences et Technologies — Boulevard des Aiguillettes, BP 70239 — F-54506 VANDŒUVRE-LÈS-NANCY CEDEX ; INRA Centre de Nancy-Lorraine — F-54280 CHAMPENOUX (daniel.epron@univ-lorraine.fr)

Nicolas MARRON — UMR 1137 — Écologie et écophysiologie forestières — INRA Centre de Nancy-Lorraine — F-54280 CHAMPENOUX ; Université de Lorraine, Faculté des Sciences et Technologies — Boulevard des Aiguillettes, BP 70239 — F-54506 VANDŒUVRE-LÈS-NANCY CEDEX (nicolas.marron@nancy.inra.fr)

## BIBLIOGRAPHIE

- BERTHELOT (A.), RANGER (J.), GELHAYE (D.). — Nutrient uptake and immobilization in a short-rotation coppice stand of hybrid poplars in north-west France. — *Forest Ecology and Management*, vol. 128, 2000, pp. 167-179.
- MARRON (N.). — Réduction des coûts et amélioration de l'efficacité de la filière taillis à courte rotation : le projet franco-allemand « CREFF ». — *Revue forestière française*, vol. LXIII, n° 2 spécial « Ateliers REGEFOR 2009. La forêt face aux défis énergétiques », 2011, pp. 229-234.
- TOILLON (J.), FICHOT (R.), DALLE (E.), BERTHELOT (A.), BRIGNOLAS (F.), MARRON (N.). — Planting density affects growth and water-use efficiency depending on site in *Populus deltoides* x *P. nigra*. — *Forest Ecology and Management*, vol. 304, 2013, pp. 345-354.

---

**INTRODUCTION D'ESPÈCES FIXATRICES D'AZOTE AU SEIN DE PLANTATIONS À COURTE ROTATION (Résumé)**

Les taillis à courte rotation (TCR) peuvent occasionner des risques d'appauvrissement des sols et nécessitent un apport de fertilisants pouvant être source de pollution et diminuer la rentabilité économique du système. Une solution est d'associer une espèce fixatrice d'azote à l'espèce d'intérêt (*Acacia/Eucalyptus*, *Aulne/Peuplier*, *Robinier/Peuplier*...). L'apport d'azote résultant de l'introduction d'une espèce fixatrice d'azote pourrait améliorer la production primaire et modifier la partition du carbone entre la croissance des parties aériennes et des parties souterraines. Les études en cours permettront de préciser les effets positifs ou négatifs qui dominent au sein d'une plantation mixte de *Peuplier* et *Robinier*.

**INTRODUCING NITROGEN-FIXING SPECIES IN SHORT ROTATION COPPICE (Abstract)**

In short rotation coppice (SRC) plantations, there may be a risk of soil fertility decline requiring fertilizer input that is liable to be a source of pollution and reduce the system profitability. One option is the development of mixed-species plantations, associating a nitrogen-fixing species with the species of economic interest (*acacia/eucalyptus*, *alder/poplar*, *black locust/poplar*, etc.). The nitrogen input, resulting from the introduction of the nitrogen-fixing species could enhance the primary production and modify the carbon partitioning between above and belowground parts of the trees. The current studies will allow to precise the positive or negative effects that prevail within a mixed plantation of *poplar* and *black locust*.

---

