

Les plantations forestières bioénergétiques industrielles: utilisation des terres et répercussions économiques et environnementales

M. Jack et P. Hall

Analyse des incidences au niveau national de l'établissement de plantations forestières destinées à la production d'énergie en Nouvelle-Zélande – un outil précieux pour la prise de décisions stratégiques.

Les préoccupations concernant le changement climatique et la sécurité énergétique ont incité de nombreux pays à réviser leurs systèmes et stratégies relatifs à l'énergie renouvelable. L'énergie tirée de la biomasse devrait jouer un rôle important et a bénéficié de beaucoup d'attention ces dernières années. Malgré ses avantages potentiels indéniables, la production de biocombustibles pourrait avoir aussi des effets négatifs. L'évaluation des systèmes bioénergétiques d'un pays devrait donc comprendre l'analyse des facteurs suivants:

- ressources en biomasse potentielles;
- demande d'énergie de la part des consommateurs (compte tenu d'autres sources d'énergie renouvelable éventuelles);
- disponibilité de techniques de conversion de la biomasse en énergie à des fins de consommation;
- coût économique;
- réduction potentielle des gaz à effet de serre;
- incidences des changements d'affectation des terres;

- concurrence vis-à-vis de la production alimentaire.

Une évaluation similaire a été entreprise en Nouvelle-Zélande. Elle a mis en évidence les possibilités existantes de production de bioénergie à partir de plantations forestières industrielles, et a examiné ensuite leurs répercussions sur l'utilisation des terres, l'économie et l'environnement. Le présent article résume les résultats de l'étude. Un rapport plus détaillé (Hall et Jack, 2009) fournit un examen exhaustif de la méthodologie et des hypothèses qui sous-tendent ce travail. L'étude ne concernait que la Nouvelle-Zélande, mais elle a soulevé des questions pertinentes que d'autres pays pourraient examiner pour analyser leurs systèmes de production de bioénergie.

S'il est vrai que les aspects sociopolitiques sont aussi des éléments clés de cette

L'établissement de grandes plantations forestières sur des terres marginales est l'un des moyens les plus efficaces pour la Nouvelle-Zélande de produire de la bioénergie



Michael Jack est scientifique principal et chef d'équipe (transformation écologique) et **Peter Hall** est scientifique principal et directeur de projet (énergie renouvelable), Scion, Rotorua (Nouvelle-Zélande).

prise de décisions, ils n'entraient pas dans le cadre de cette étude et ne sont donc pas traités en détail.

ANALYSE DES SYSTÈMES DE PRODUCTION BIOÉNERGÉTIQUE

Les paramètres susmentionnés ont été évalués moyennant :

- une analyse de la situation, réalisée en examinant les ressources en biomasse résiduelles actuelles, les potentialités de l'établissement de plantations à des fins bioénergétiques et l'état des techniques existantes de transformation de la biomasse en énergie pour la consommation (Hall et Gifford, 2007);
- une analyse des voies critiques, effectuée en examinant les coûts économiques et les impacts sur l'environnement (grâce une évaluation du cycle de vie) de systèmes pertinents au niveau national de conversion de la biomasse en énergie à des fins de consommation (Hall et Jack, 2008).

L'étude a révélé que le rôle principal de la bioénergie en Nouvelle-Zélande est probablement la production de chaleur et de combustibles liquides pour les transports, en raison des énormes possibilités qu'ont d'autres ressources renouvelables de produire de l'électricité. En outre, l'évaluation a montré comment l'établissement de grandes plantations forestières exploitant des terres marginales est l'un des moyens les plus efficaces de produire de la bioénergie en Nouvelle-Zélande, si l'on tient compte des facteurs suivants :

- **Envergure potentielle de l'approvisionnement énergétique.** La Nouvelle-Zélande possède suffisamment de terrains de parcours dont la productivité est faible ou moyenne – plus de 60 pour cent (9,3 millions d'hectares) des terres productives disponibles – pour établir des plantations forestières qui, d'ici à 2040, suffiraient à satisfaire la totalité de la demande de combustibles liquides du pays. En revanche, environ 26 pour cent seulement (2,4 millions d'hectares) des terres productives sont adaptés à l'agriculture; l'affectation de toute cette superficie agricole à des cultures aptes à donner des combustibles liquides de première génération ne permettrait pas d'en fournir assez pour répondre à la demande nationale et pénaliserait la

production alimentaire et les exportations de produits agricoles.

- **Réduction des gaz à effet de serre.** L'évaluation du cycle de vie de la chaîne de production intégrale a montré que la production de biocombustibles lignocellulosiques à partir de la matière première des plantations forestières exercerait sur l'environnement un impact beaucoup plus faible que la production de biocombustibles de première génération tirés de la culture d'oléagineux et de féculents, en raison notamment de la moindre intensité des pratiques agricoles par unité de biomasse.
- **Maturité et coût des techniques.** Les techniques utilisées pour convertir la biomasse lignocellulosique en combustibles liquides pour les transports s'orientent rapidement vers la viabilité commerciale (Sims *et al.*, 2008).

ÉVALUATION DES PLANTATIONS INDUSTRIELLES POUR LA PRODUCTION DE BIOMASSE

Les auteurs ont évalué les incidences de la conversion de l'agriculture (essentiellement des terrains de parcours faiblement productifs) à la forêt sur des terrains montagneux pour quatre scénarios de boisement à grande échelle (tableau 1). Dans le cadre de ces scénarios, les terres adaptées au boisement ont été choisies à l'aide d'une base de données sur les classes d'utilisation des terres relevant d'un système d'information géographique. Les scénarios diffèrent au point de vue de la classe d'utilisation des terres, de la pente, de l'altitude et de l'affectation actuelle des terres. Il a été supposé que les terrains de moindre valeur seraient utilisés en premier (scénario 1) et que les scénarios suivants concerneraient des terres dont la valeur va en augmentant. Les scénarios se fondent sur l'hypothèse que seront utilisés comme zone de production des ressources des terrains de parcours à couvert arbustif, incultes, marginaux et à productivité faible ou modérée, et que seront exclues explicitement les terres affectées à la conservation et à l'agriculture.

La production potentielle de biomasse pour les scénarios a été calculée sur la base des sols et du climat (tableau 2), ainsi que du coût économique de cette production (tableau 3), en admettant un certain niveau d'élasticité entre la production énergétique

et d'autres utilisations finales (par exemple, bois d'œuvre ou crédits carbone), ce qui atténue les risques pour le propriétaire forestier.

Impacts éventuels sur l'environnement

Tous les scénarios prévoyaient de fortes réductions des émissions de gaz à effet de serre (estimées à l'aide des méthodologies du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [GIEC]), obtenues tant par le remplacement des combustibles fossiles que par le changement d'affectation des terres, à savoir le passage de l'agriculture (à laquelle est imputable environ la moitié des émissions de Nouvelle-Zélande) à la foresterie (tableau 4). Les scénarios prévoyaient l'augmentation des stocks de carbone car, pour une forêt gérée durablement avec une rotation de 25 ans, seulement 4 pour cent du bois sont récoltés chaque année (tableau 4). Les réductions des émissions étaient plus faibles dans les scénarios 1 et 2, en raison de la moindre intensité d'utilisation des terres où doivent s'établir les forêts dans ces scénarios.

Du fait des niveaux réduits de production pastorale (tableau 5), les scénarios faisaient aussi état des avantages procurés dans divers domaines source de préoccupations environnementales en Nouvelle-Zélande, notamment l'érosion, la sédimentation et le lessivage des éléments nutritifs dans les cours d'eau (estimés en utilisant un modèle pour les éléments nutritifs et un modèle spatial pour l'érosion) (tableau 4).

Des impacts très favorables sur la biodiversité ont aussi été observés, comme la richesse spécifique accrue des insectes, plantes et oiseaux indigènes, par rapport aux pâturages et aux terrains à couvert arbustif exotique. Cependant, la quantification de ces avantages exige une recherche plus approfondie. En outre, le boisement des terres qui n'étaient pas boisées auparavant pourrait s'avérer indésirable sur le plan de la biodiversité, car il réduit les habitats des herbages indigènes.

L'analyse a montré que dans certaines zones – celles qui ne reçoivent que de faibles précipitations et bénéficient de fortes allocations de l'eau existante –, les grandes plantations forestières pourraient avoir des répercussions négatives sur la disponibilité hydrique, rendant discutable leur bien-fondé.

TABLEAU 1. Scénarios de boisement établis grâce à des critères fondés sur la classe d'utilisation des terres, la pente, l'altitude et l'affectation actuelle des terres (hormis les superficies servant à des usages de moindre importance, comme l'élevage de cerfs)

Scénario	Superficie totale (milliers d'ha)	Superficie des terrains à couvert arbustif (milliers d'ha)	Superficie affectée au pâturage d'ovins et de bovins (milliers d'ha)
1	831	0	533
2	1 856	51	1 619
3	3 475	69	3 160
4	4 927	198	4 412

Note: La superficie actuelle des plantations en Nouvelle-Zélande s'élève à 1,8 million d'hectares.

TABLEAU 2. Biomasse totale extractible durablement et correspondant au potentiel énergétique de chaque scénario de boisement nécessaire pour satisfaire la demande d'énergie des consommateurs

Scénario	Biomasse extractible totale (millions de m ³ /an)	Pourcentage de la demande d'énergie actuelle des consommateurs ^a
1	23	68% de chaleur, ou 20% de combustible liquide pour les transports
2	74	100% de chaleur et 42% de combustible liquide pour les transports, ou 72% de combustible liquide pour les transports, ou 73% d'électricité
3	127	100% de chaleur et 100% de combustible liquide pour les transports
4	169	100% de chaleur et 100% de combustible liquide pour les transports et 85% d'électricité

^a Dans ce tableau, on entend par «chaleur» l'ensemble de la chaleur industrielle et domestique, et par «électricité» la production industrielle centralisée d'électricité.

TABLEAU 3. Gamme des rendements en biomasse et des coûts de production^a

Scénario	Rendement en biomasse (m ³ /ha)	Coûts par mètre cube ^b									
		Établissement ^c		Routes		Exploitation		Transport ^d		Total	
		\$NZ	\$EU	\$NZ	\$EU	\$NZ	\$EU	\$NZ	\$EU	\$NZ	\$EU
1	640-850	21-28	15-20	4-6	3-4	34-38	24-27	13-15	9-11	72-87	50-70
2	940-1 240	14-19	10-13	3-4	2-3	34-38	24-27	13-15	9-11	64-76	45-53
3	940-1 240	14-19	10-13	3-4	2-3	34-38	24-27	13-15	9-11	64-76	45-53
4	910-1 200	15-20	11-14	3-4	2-3	34-38	24-27	13-15	9-11	65-77	46-54

^a La gamme est fondée sur la croissance potentielle de 32 pour cent due à des espèces de substitution, à l'amélioration des arbres ou à la modification génétique et aux améliorations potentielles de l'efficacité des transports et de l'exploitation forestière.

^b Tous les coûts ont été déterminés en tenant compte des conditions locales, et convertis en dollars EU en supposant un taux de change de 1 \$NZ = 0,7 \$EU. \$NZ = dollar de Nouvelle-Zélande.

^c Comprend la location des terres, la préparation du sol, la plantation, la lutte contre les adventices et l'entretien de la forêt (taux d'actualisation de 6 pour cent).

^d 75 km.

TABLEAU 4. Pourcentage de changement dans les paramètres environnementaux clés en Nouvelle-Zélande

Scénario	Réduction des émissions de gaz à effet de serre ^a (%)	Stocks de carbone (millions de tonnes d'équivalent CO ₂)	Réduction du lessivage de l'azote ^b (%)	Réduction de l'érosion ^c (%)	Réduction des disponibilités d'eau ^d (%)
1	6	208	0,3	1	1
2	20	647	3	8	3
3	37	1 183	8	17	5
4	48	2 034	12	20	7

^a Par rapport aux émissions totales de la Nouvelle-Zélande en 2006.

^b Concerne les niveaux actuels. À noter que les taux de lessivage peuvent rester élevés pendant plusieurs années si le sol contient déjà un important excédent d'azote.

^c Relatif aux niveaux actuels.

^d En pourcentage du bilan hydrique annuel.

TABLEAU 6. Moyenne des gains annuels antérieurs au boisement (recettes calculées avant les intérêts et les impôts) sur des terres affectées à la production de bioénergie^a

Scénario	Prix du carbone non compris		Prix du carbone compris ^b	
	\$NZ/ha	\$EU/ha	\$NZ/ha	\$EU/ha
1	94	66	60	42
2	144	101	100	70
3	162	113	114	80
4	160	112	108	76

^a Tous les coûts ont été déterminés en tenant compte des conditions locales et convertis en dollars EU en supposant un taux de change de 1 \$NZ = 0,7 \$EU.

^b Prix supposé du carbone: 25 \$NZ (17,5 \$EU) par tonne d'équivalent CO₂.

TABLEAU 5. Réduction du nombre d'animaux domestiques (%)

Scénario	Bovins	Bovins laitiers	Cerfs	Ovins
1	3,0	0,1	2,0	2,8
2	15,0	0,8	11,1	15,1
3	33,3	2,0	14,9	32,1
4	46,8	3,5	27,2	42,0

TABLEAU 7. Coûts supposés de la production de biocombustibles (par litre)^a

Processus	Bioéthanol ^b		Biodiesel Fischer-Tropsch ^c	
	\$NZ	\$EU	\$NZ	\$EU
Production de matière première ^d	0,61	0,43	0,89	0,62
Conversion ^e	1,12	0,78	0,70	0,49
Total	1,73	1,21	1,59	1,11

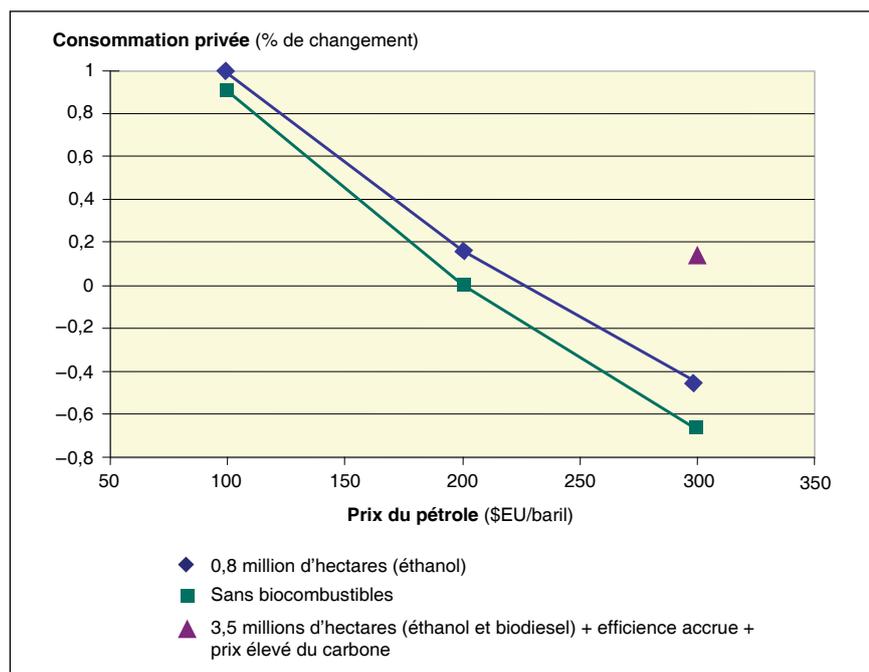
^a Tous les coûts ont été déterminés en tenant compte des conditions locales et convertis en dollars EU en supposant un taux de change de 1 \$NZ = 0,7 \$EU.

^b En supposant un rendement de 140 litres/m². Le contenu énergétique de 1 litre d'éthanol est de 0,67 litre de pétrole, c'est-à-dire que les coûts de production totaux s'élèvent à 2,58 \$NZ (1,81 \$EU) par litre d'équivalent pétrole.

^c En supposant un rendement de 95 litres/m². Le contenu énergétique du biodiesel Fischer-Tropsch est supposé être le même que celui du diesel fossile.

^d Cette valeur représente la limite supérieure des valeurs indiquées dans le tableau 3.

^e Voir Hall et Jack, 2009 pour plus de détails sur les hypothèses de conversion des coûts.



Impact économique de l'évolution des prix du pétrole en Nouvelle-Zélande, avec et sans biocombustibles et autres mesures visant à atténuer le changement climatique

Concurrence possible vis-à-vis d'autres utilisations des terres

Le revenu actuel dégagé de la terre dans le cadre des scénarios a été évalué pour déterminer la viabilité économique de la foresterie pour la production de biomasse à des fins énergétiques (Todd, Zhang et Kerr, 2009). Du fait que les émissions de gaz à effet de serre sont associées à l'agriculture, le revenu de la terre dépend du prix du carbone (tableau 6), et la compétitivité de la biomasse pour la production de combustibles par rapport à l'utilisation actuelle de la terre dépend du prix du pétrole. Sur la base des coûts de la production de biocombustibles supposés dans l'étude (tableau 7), l'extraction de bioénergie des forêts est une option plus rentable; elle peut assurer un revenu de plus de 200 dollars de Nouvelle-Zélande (\$NZ) (140 dollars EU) par hectare lorsque le prix du pétrole s'établit entre 180 et 250 dollars EU le baril (en fonction du taux de change). (Il convient de noter que le prix du pétrole s'élevait à 147 dollars EU le baril en juillet 2008.) Toutefois, le moteur économique pourrait ne pas suffire à déclencher le changement d'affectation des terres car, dans le passé, les agriculteurs ont hésité à abandonner l'élevage d'ovins et de bovins même lorsque la rentabilité était faible. Davantage de recherches sont

nécessaires pour comprendre les moteurs sociaux, qui n'ont pas été pris en compte dans cette étude.

Impact macro-économique

Un modèle d'équilibre général a été utilisé pour estimer les conséquences de l'utilisation des ressources en terres du pays pour la production de biomasse bioénergétique, au lieu d'autres biens et services qui sont exportés en échange du pétrole (Stroombergen, 2009). Plusieurs scénarios économiques fondés sur des coûts de production, des prix du pétrole et des stocks de carbone supposés ont été comparés à l'image d'une situation économique normale en 2050.

À l'heure actuelle, la Nouvelle-Zélande tire du pétrole importé la moitié de l'énergie destinée à la consommation et 93 pour cent des combustibles pour les transports, et sa consommation de pétrole par unité de produit intérieur brut (PIB) est au troisième rang parmi les plus importantes du monde (Delbruck, 2005). Une grande partie de ses recettes d'exportation utilisées pour acheter ce pétrole provient de la production agricole. C'est pourquoi une hausse des prix du pétrole par rapport aux prix des produits agricoles aurait des effets délétères sur les termes de l'échange et, par là même, sur l'ensemble de l'économie.

Ce commerce a aussi un impact marqué sur les émissions intérieures de gaz à effet de serre, car il comprend tant les émissions de carbone directes issues de la consommation de pétrole que les émissions indirectes dégagées par les activités agricoles qui servent à payer le pétrole importé. Si les prix du carbone en Nouvelle-Zélande comprennent à l'avenir tous les secteurs de l'économie (hypothèse plausible au titre du Plan de la Nouvelle-Zélande pour les échanges d'émissions), ce commerce renforcera l'incidence potentielle sur l'économie du contrôle des émissions. Dès lors, la production intérieure de biocombustibles à faible émission de carbone pourrait réduire

Résidus de la production de bois utilisés à des fins bioénergétiques: les forêts à usages multiples qui fournissent une gamme de produits, comme le bois d'œuvre et la biomasse à des fins énergétiques, sont probablement l'option la plus viable économiquement



à l'avenir l'impact économique tant de la hausse des prix du pétrole que du contrôle plus strict des émissions.

La figure montre comment les biocombustibles réduiraient l'impact économique d'une hausse future des prix du pétrole. Les points indiquent l'impact des changements des prix du pétrole et de la production de biocombustibles sur la consommation privée (une mesure de bien-être économique) par rapport au scénario de base pour 2050, qui comprend un prix pour le pétrole égal à 200 dollars EU le baril, l'absence de biocombustibles et une économie semblable en termes de structure à celle d'aujourd'hui.

Sans biocombustibles, une augmentation du prix du pétrole jusqu'à 300 dollars EU le baril réduirait la consommation privée d'environ 0,7 pour cent (par rapport au scénario de base) à cause de la réduction des termes de l'échange. Si on utilisait 0,8 million d'hectares pour la production d'éthanol, les importations de pétrole seraient inférieures de 15 pour cent, et la même augmentation du prix du pétrole déterminerait une plus petite baisse de la consommation privée (d'environ 0,45 pour cent). Avec une expansion encore plus grande des biocombustibles (3,5 millions d'hectares exploités, réduisant les importations de pétrole de 63 pour cent), une efficacité accrue et un prix élevé pour le carbone, l'impact macro-économique d'une hausse du prix du pétrole à 300 dollars EU le baril serait entièrement neutralisé.

Les forêts à usages multiples qui fournissent une gamme de produits, comme le bois d'œuvre et la biomasse à des fins énergétiques, sont probablement la source de biocombustibles la plus viable économiquement, et les avantages économiques des biocombustibles sont d'autant plus importants qu'ils concurrencent les combustibles fossiles. Cependant, comme le montre cet exemple, les politiques énergétiques à long terme devraient tenir compte du fait que les biocombustibles peuvent déterminer des avantages macro-économiques à l'avenir, même si leurs coûts de production actuels dépassent ceux des combustibles fossiles importés.

CONCLUSIONS

Une conclusion clé de cette évaluation est qu'en Nouvelle-Zélande l'établissement de grandes plantations forestières pour la

production de bioénergie sur des terres agricoles à faible productivité peut avoir une incidence importante sur les émissions de gaz à effet de serre grâce, d'une part, au passage de l'agriculture à la foresterie et, d'autre part, à la substitution des combustibles fossiles. Par rapport à l'agriculture, il peut aussi avoir d'autres effets favorables sur l'environnement, comme l'amélioration de la qualité de l'eau et la lutte contre l'érosion. Dans ce cas, le changement d'affectation des terres pourrait exercer des impacts positifs sur l'environnement. Ces résultats pourraient certainement servir à d'autres pays où des forêts peuvent être plantées avec de faibles intrants sur des terres agricoles peu productives.

Ce type d'évaluation de l'utilisation des terres et des impacts environnementaux et économiques de la bioénergie au niveau national peut aider les gouvernements à prendre des décisions stratégiques sur les possibilités de production d'énergie à grande échelle comme partie intégrante de l'approvisionnement énergétique national. Une telle approche contribuerait aussi à identifier les problèmes nationaux et régionaux à résoudre pour concrétiser les avantages de ces opportunités. ♦



Bibliographie

- W.** 2008. *From 1st- to 2nd-generation biofuel technologies*. Paris, France, Agence internationale de l'énergie (AIE).
- Stroombergen, A.** 2009. *General equilibrium analysis of bioenergy options*. Contributing report to Hall & Jack, 2009.
- Todd, M., Zhang, W. et Kerr, S.** 2009. *Competition for land between biofuels, pastoral agricultural and scrub lands*. Contributing report to Hall & Jack, 2009. ♦
- Delbruck, F.** 2005. Oil prices and the New Zealand economy. *Reserve Bank of New Zealand Bulletin*, 68: 5.
- Hall, P. et Gifford, J.** 2007. *Bioenergy options for New Zealand: situation analysis*. Rotorua, Nouvelle-Zélande, Scion. Disponible sur: www.scionresearch.com/__data/assets/pdf_file/0008/5786/SCIONBioenergyOptions_situationAnalysis.pdf
- Hall, P. et Jack, M.** 2008. *Bioenergy options for New Zealand: pathways analysis*. Rotorua, Nouvelle-Zélande, Scion. Disponible sur: www.scionresearch.com/__data/assets/pdf_file/0007/5785/SCION-Bioenergy-Options_Pathways-Analysis.pdf
- Hall, P. et Jack, M.** 2009. *Bioenergy options for New Zealand: analysis of large-scale bioenergy from forestry*. Rotorua, Nouvelle-Zélande, Scion. Disponible sur: www.scionresearch.com/__data/assets/pdf_file/0005/5783/Large-scale-bioenergy-from-forestry.pdf
- Sims, R., Taylor, M., Saddler, J. et Mabee,**