

Etude du potentiel de biomasse forestière en vue du développement des filières bois énergie en Algérie

Saliha Haddoum ¹, Abdelkader Rahmani ², Racha Rahil Ben Brahim ¹,
Ouahid Zannouché ² et Toudert Ahmed Zaïd ¹

¹ Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles, Département de Génie Chimique
Ecole Nationale Polytechnique, B.P. 182, Avenue Hassen Badi, El-Harrach, Algiers Algeria

² Institut National de la Recherche Forestière, Unité de Bâiném
B.P. 37, Cheraga, Algiers, Algeria

(reçu le 30 Janvier 2013 – accepté le 30 Septembre 2013)

Résumé - *Ce travail est une réflexion sur les possibilités de valorisation des déchets forestiers pour le développement des filières de bois énergie utilisant la technique de cogénération. Outre les impacts bénéfiques sur l'environnement, ces filières de bois énergie peuvent avoir des retombées socio-économiques qui pourraient contribuer au développement durable de régions désenclavées à l'intérieur du pays. Partant d'un inventaire forestier établi en 2007, nous avons simulé une filière en optant pour la cogénération en tant que procédé de transformation accessible et adapté au 'portrait biomasse' de l'Algérie, consolidé par une étude technico-économique très sommaire d'une centrale électrique de cogénération utilisant la biomasse comme combustible. La simulation a été faite au moyen du logiciel RETScreen développé par le gouvernement canadien pour encourager l'implantation de projets d'énergie renouvelable.*

Abstract - *This work is a reflection on the possibilities of energy production from forestry products and especially from wood wastes and wood processing by-products. Besides the positive impacts on the environment this perspective could contribute to the development of bio-energy supply activities (wood energy, and energy crops) as well as electricity. While cogeneration is the most preferable use as it allows to reach a high output due to the production of electricity and heat, the deployment of bioenergy projects can help rural development by creating new economic opportunities in rural areas. Essential components of the information necessary to plan for bioenergy investments are the inventory of existing and expected future volumes of forest biomass, and the economic viability of collecting and transporting such material. Starting from an inventory made in 2007, we have simulated a cogeneration project using the potential of waste wood from forests with the help of RETScreen software.*

Mots clés: Bois énergie – Cogénération - Biomasse forestière - Développement durable - Logiciel RETScreen.

1. INTRODUCTION

Ce travail est une réflexion sur les possibilités de valorisation des déchets forestiers pour le développement des filières de bois énergie utilisant la technique de cogénération. La biomasse forestière constitue en effet une source renouvelable de matières premières pour la production d'énergie à condition que cette biomasse provienne d'une forêt gérée de manière durable. On peut considérer que les émissions de gaz à effet de serre (GES) découlant de la production de bioénergie compensent dans une large mesure les émissions attribuables aux combustibles fossiles et présager que de

tels projets contribueront à la remédiation et à la lutte contre les changements climatiques.

Outre les impacts bénéfiques sur l'environnement, ces filières de bois énergie peuvent avoir des retombées socio-économiques qui pourraient contribuer au développement durable de régions désenclavées à l'intérieur du pays. Diverses technologies permettent de convertir la biomasse en énergie.

Toutefois, on s'intéresse de plus en plus à produire de la bioénergie à partir de l'utilisation de rémanent, c'est-à-dire des sous-produits de biomasse se trouvant sur des sites de coupe, qu'il s'agisse de branches, d'arbres de faible valeur, de résidus laissés au sol après des coupes, des incendies ou des infestations d'insectes, ou de résidus d'exploitation. La culture ou la coupe d'arbres destinés à la production de bioénergie peut susciter aussi un intérêt croissant et faire partie intégrante du Plan National de Développement Forestier.

2. POTENTIEL DE BIOMASSE FORESTIERE

À l'indépendance, l'Algérie a hérité d'une forêt dégradée, délaissée et désorganisée. Son rôle économique et social était négligé. Cette grave situation exigeait un redressement urgent du secteur forestier sur un long terme.

En effet, l'Algérie mène une politique forestière en prenant compte les multiples rôles que peut jouer la forêt: protection, production et promotion sociale pour l'intégrer dans un plan global de développement économique et social. Son action s'est axée sur trois volets:

- Protection et mise en valeur des forêts existantes et de l'ensemble des ressources forestières.
- Extension du patrimoine forestier par le reboisement.
- Lutte contre l'érosion.

Une estimation récente établie par la Direction Générale des Forêts, 'DGF' en collaboration avec la FAO et publiée dans le rapport FOSA en 2000 donne l'occupation des terres forestières comme suit: (**Tableau 1**).

Tableau 1: Occupation des terres forestières [1]

Formations forestières	Type	Superficie	% Surface totale nord
Formations principales	Forêts économiques	1 249 000	
	Forêts de protection	219 000	
	Divers	47 000	
	Total	1 515 000	6.06
Maquis		1 876 000	7.50
Reboisements (1962 à 1998)		536 000	2.14
Plantations réalisées dans le cadre du...	Barrage vert	86 909	
	Par le volontariat	105 031	
	Total	191 940	0.77
Total Formations Forestières	Total	4 118 940	16.47

Selon les chiffres du **Tableau 1**, les forêts occupent 16.47 % des terres de l'Algérie du Nord. La superficie boisée a donc augmenté en récupérant par des reboisements sur

de vastes surfaces des terrains jugées improductifs pour l'agriculture. Notant que d'après les statistiques tirées de [5], la forêt occupait 8.4 % des terres du Nord, ce qui correspond à environ 1.2 % de la superficie totale du pays.

Les essences principales couvrent 1 468 000 ha qui se répartissent en forêts d'intérêt économique et forêts de protection:

- Les forêts d'intérêt économique sont constituées par les résineux (pin d'Alep, pin maritime et cèdre) et les feuillus Chêne-zéen et Afarès, eucalyptus.
- Les forêts de protection sont composées de Chêne vert, thuya et genévriers.

Ces diverses forêts ont quelques traits importants en commun:

- Elles sont en général constituées de peuplements monospécifiques, rarement en mélange de 2 ou 3 essences (chêne liège et chêne zéen, ou chêne liège et pin maritime);
- Suite à l'action des usagers et de leurs troupeaux, ou aux incendies, les troncs des arbres sont souvent courts, ou tordus et les bois affectés de nombreuses tares et pourritures qui réduisent fortement leur aptitude au sciage.

2.1 Volume sur pied

Le dernier inventaire forestier national effectué en 1984, sur le volume sur pied et publié dans le rapport FOSA 2000 donne les estimations résumées dans le **Tableau 2**.

Tableau 2: Estimation du volume sur pied [3]

Essence	Capital sur pied (1000 m ³)
Pin d'Alep	30427
Cèdre	7793
Chêne zéen et afarès	10680
Chêne vert	2848
Eucalyptus	2515
Pin maritime	672
Total	54935

Les estimations des volumes sur pied présentées sur le tableau précédent, nous permettent d'affirmer que le Pin d'Alep représente plus de la moitié du capital sur pied avec 55.4 %, soit plus de 30 millions de m³, suivi du chêne zéen et afarès avec 19.4 %, le cèdre 14.2 %, quant au chêne vert, l'eucalyptus et le pin maritime, respectivement, ne représentent que 5.2 %, 4.6 % et 1.2 % de capital sur pied.

2.2 Débouchés des bois locaux

Le bois de Pin d'Alep, de loin le plus répandu, est de qualité moyenne. Ses principaux débouchés sont la menuiserie, la charpente et le coffrage. Les bois d'eucalyptus, qui est exploité généralement à courte rotation (10 ans), est destiné à la trituration. Le bois de chêne zéen, vu son importante densité et sa dureté, est essentiellement utilisé pour la confection de traverses de chemin de fer. Le bois de pin maritime, de meilleure qualité est surtout utilisé en menuiserie, le bois de cèdre est quant à lui utilisé en ébénisterie.

2.3 Structure de la production nationale ligneuse

Le **Tableau 3** représente la production moyenne annuelle des bois d'œuvre, d'industrie, de chauffage et de liège.

Tableau 3: Production moyenne annuelle des bois d'œuvre et d'industrie, de chauffage et de liège [2]

Périodes	Bois d'œuvre et d'industrie (1000 m ³)	Bois de chauffage (1000 m ³)	Liège (1000 qx)
1965-1969	17.9	55.24	178.6
1970-1974	15.9	52.9	145.6
1975-1979	15.6	31.1	130.3
1980-1984	42.34	32.15	149.8
1985-1989	38.2	29.23	141
1990-1994	109.8	58.19	92.6
1995-1999	127.84	31.1	101.52
2000-2005	99.71	32.15	90.3

La production du bois de chauffage est irrégulière avec les années. Par contre la production qui a connu une nette et régulière évolution est celle des bois d'œuvre et d'industrie. Cette évolution qui a été rendue possible grâce au plan national de reboisement (PNR). Ce plan traduit les préoccupations forestières et écologiques du pays, il intègre autant que possible les dimensions écologiques et sociales.

Il s'inscrit également dans le cadre des orientations du Plan National de Développement Agricole et Rural en matière de développement de l'agriculture de montagne, de la mise en valeur des terres, de la lutte contre la désertification, de la protection et de la valorisation des ressources naturelles dans le cadre d'un développement durable.

Si l'on parvenait à réaliser le plan national de reboisement à 100 %, la surface forestière algérienne serait doublée. En 1999, la surface forestière était d'environ 1500000 ha, si nous ajoutons à cela la surface planifiée à reboiser de 1200000 ha, la surface forestière totale d'ici 2025 (en supposant que l'âge de maturité est de 5 ans) sera portée à 2700000 ha et on peut même supposer en première estimation la multiplication de la production de bois de l'année 2000 par deux, c'est-à-dire, une production de bois de chauffage de l'ordre de 100000 m³, une quantité appréciable que l'on devrait envisager de valoriser dès maintenant.

En bref, même si la production de bois a considérablement évoluée depuis l'indépendance jusqu'à nos jours, la demande en bois et dérivés est probablement encore appelée à s'accroître. La lutte contre le gaspillage du bois s'avère d'une importance primordiale. Dans une économie forestière intégrée, les résidus du bois pourraient être convertis en énergie.

2.4. Potentiel de la bioénergie

Une étude réalisée sur le potentiel des énergies renouvelables au niveau mondial, estime que les sources d'énergies renouvelables pourraient à l'horizon 2050 en produire 10 fois plus. Concernant la biomasse-énergie, elle pourrait couvrir une part importante des besoins énergétiques mondiaux, et ce même si on soustrait l'utilisation du sol et la biomasse nécessaire à la production alimentaire. Le potentiel énergétique des résidus de la biomasse serait d'environ 2.1 Gtep, celui des cultures énergétiques de 6.2 Gtep.

Notre pays, dont l'économie repose essentiellement sur les énergies fossiles, se doit d'assurer sa transition progressive vers les énergies renouvelables. A l'instar de nombreux autres pays, l'Algérie doit diversifier son mix énergétique et la bioénergie

offre, à côté des autres sources d'énergies renouvelables, de nombreux avantages pour répondre aux besoins spécifiques en énergie des différentes régions du pays.

Dans ce contexte, il nous paraît opportun d'examiner les possibilités de filières bois-énergie à même de valoriser sur le plan énergétique les immenses richesses que recèle notre patrimoine forestier, et cela en considérant le procédé de transformation le plus rentable: la cogénération.

3. LA COGENERATION

La cogénération est une des technologies prometteuses pour satisfaire les critères de meilleure efficacité énergétique et de moindres émissions de gaz à effet de serre, c'est la production combinée d'électricité et de chaleur (eau chaude ou vapeur) en faisant appel à la biomasse.

Dans la plupart des applications, l'énergie mécanique produite est immédiatement convertie en énergie électrique pour être autoconsommée ou vendue à d'autres utilisateurs. L'énergie thermique peut servir au chauffage de bâtiments, à la production d'eau chaude ou à des procédés industriels.

Ce système est caractérisé par un rendement supérieur (70 à 90 %) à celui obtenu avec une production séparée de chaleur et d'électricité, de plus, il permet de réduire de façon importante la facture énergétique et de limiter les émissions de polluants.

La cogénération à partir de biomasse peut faire appel à différentes technologies: turbine à vapeur, moteur à vapeur, cycle organique de Rankine, moteur Stirling. La figure 1 montre le principe de la cogénération.

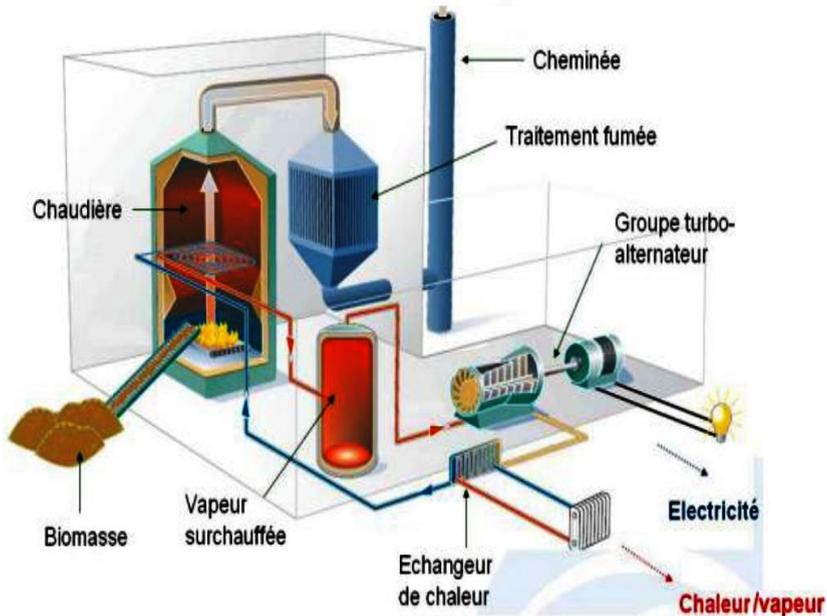


Fig. 1: Principe de fonctionnement d'une centrale de cogénération d'électricité et de vapeur à partir de la biomasse [4]

4. CONVERSION DE LA BIOMASSE FORESTIERE EN ENERGIE PAR VOIE DE COGENERATION

Une fois les quantités de biomasse forestière déterminées, l'étape suivante consiste à évaluer la quantité d'énergie que cette biomasse forestière pourrait produire, sous forme d'électricité et de chaleur, si elle était utilisée comme combustible dans une centrale de cogénération:

$$E = 1000 m[\text{PCI}] \quad (1)$$

où E est le contenu énergétique de la biomasse forestière (MJ), m est la quantité de biomasse forestière (tonne métrique verte (TMV) à 50 % de teneur en humidité) et PCI est le pouvoir calorifique inférieur de la biomasse forestière (MJ / kg), tandis que la constante 1000 fait référence à la conversion des TMV en kilogrammes.

La puissance électrique d'une centrale de cogénération alimentée à la biomasse forestière est donnée par:

$$P_e = \left(\frac{E}{t} \right) \times \eta_e \quad (2)$$

Où, P_e , est la puissance électrique (MW_e), t, est le temps (s) et η_e , est le rendement électrique de la centrale de cogénération.

La puissance thermique de la centrale de cogénération est donnée par:

$$P_{th} = \left(\frac{E}{t} \right) \times \eta_{th} \quad (3)$$

Où, P_{th} , est la puissance thermique (MW_{th}) et η_{th} , le rendement thermique de la centrale de cogénération [5].

Le rendement électrique, η_e , d'une centrale de cogénération alimentée à la biomasse forestière peut varier entre 20 et 30 % [6]. Quant au rendement thermique, η_{th} , il se situe entre 55 et 70 % pour les centrales de cogénération modernes [5]. Dans notre simulation, on prend $\eta_e = 25 \%$ et $\eta_{th} = 60 \%$. Ainsi, le rendement global de notre centrale de cogénération est de 85 %.

Le volume total de la récolte annuelle de bois de chauffage (résidus forestiers) pour l'année 2005 est de l'ordre de 67478 m^3 (volume métrique anhydre). Pour convertir ce volume en TMA (tonne métrique anhydre), il faut multiplier par la densité, prise égale à 0.4 kg/dm^3 :

$$\text{TMA} = \text{VMA} \times d \quad (4)$$

On trouve:

$$\text{TMA} = 26991.2$$

Pour convertir la masse anhydre en masse verte, on ajoute le pourcentage d'humidité fixé à 50 % de la masse verte, ce qui revient à multiplier TMA par deux:

$$\text{TMV} = 53982.4$$

Le pouvoir calorifique inférieur (LHV) est donné par:

$$PCI = \left(PCI_{\text{anhydre}} \times \left(\frac{100 - H}{100} \right) \right) - 6 \times H \quad (\text{Wh/kg ou kWh/t}) \quad (5)$$

Puisqu'on ne connaît pas la contribution de chaque espèce dans le volume total de bois résiduel, on prend le pouvoir calorifique inférieur anhydre de tout le volume égal au pouvoir calorifique inférieur anhydre le plus faible des espèces présentes, celui du peuplier, égal à 4890 kWh/t d'où:

$$PCI = [4890 \times (100 - 50) / 100 - 6 \times 50 = 2145 \text{ kWh}_h / \text{t} = 2145 \times 3600 = 7.722 \text{ MJ/kg}$$

Nous pouvons alors calculer la quantité d'énergie générée:

$$E = 1000 \times TMV \times (PCI) = 1000 \times 53982.4 \times 7.722 = 416852.1 \text{ GJ}$$

La puissance électrique est alors:

$$P_e = \left(\frac{E}{t} \right) \times \eta_e \quad (6)$$

Application numérique-

$$P_e = \left(416852.1 \times 10^9 / 365.25 \times 24 \times 3600 \right) \times 0.25 = 3.302 \text{ MW}$$

La puissance thermique se calcule comme suit:

$$P_{th} = \left(416852.1 \times 10^9 / 365.25 \times 24 \times 3600 \right) \times 0.6 = 7.926 \text{ MW}$$

En prenant le pouvoir calorifique inférieur égal au pouvoir calorifique inférieur moyen des espèces tiré de la banque de données du logiciel RETScreen4 (PCI = 18.4 MJ/kg), au lieu du pouvoir calorifique inférieur le plus faible, on arrive à des résultats encore plus intéressants:

$$E = 1000 \times 53982.4 \times 18.4 = 993276.16 \text{ GJ}$$

$$P_e = \left(993276.16 \times 10^9 / 365.25 \times 24 \times 3600 \right) \times 0.25 = 7.87 \text{ MW}$$

Pour la puissance thermique, on trouve:

$$P_{th} = 18.89 \text{ MW}$$

Soit plus que le double de la valeur précédente.

Pour se faire une idée plus concrète de cette quantité d'énergie, disons qu'elle correspond approximativement aux besoins en électricité d'une année de près de 25 000 habitants en supposant que chaque habitant consomme 1.16 MWh (chiffre communiqué par Sonelgaz, 2010), ou encore aux besoins en chaleur de 10 000 logements de 100 m² (si on suppose que la puissance de consommation d'un tel logement est de l'ordre de 2 kW).

Une centrale à cycle de Rankine de 5 à 7 MW_e consomme 26 MW PCI entrants de biomasse, soit 10 tonnes de bois à l'heure, ou encore 34 m³/h, soit 20 semi-remorques

de biomasse par jour. Annuellement pour 8000 heures de fonctionnement, la consommation de bois serait de 82 000 t/an ou 270 000 m³/an.

Il faut cependant préciser que bien que la quantité de biomasse forestière peut être évaluée de façon relativement précise, lorsqu'on a accès à des données complètes et fiables, la quantité de cette biomasse forestière facilement disponible, est, elle, beaucoup plus difficile à prévoir et des études plus détaillées devraient être menées, surtout au niveaux des aires d'approvisionnement spécifiques, avant d'envisager le développement d'une nouvelle centrale de cogénération alimentée à la biomasse forestière.

5. ANALYSE DE PROJETS D'ÉNERGIE PROPRE

L'analyse des projets d'énergie propre, issue de la biomasse en Algérie est effectuée par RETScreen 4, qui est un outil logiciel d'analyse de projets d'énergies propres basé sur Excel et qui aide les décideurs à déterminer rapidement et à peu de frais si un projet d'énergie renouvelable, d'efficacité énergétique et de cogénération est financièrement et techniquement viable. Il permet donc de juger rapidement si un projet potentiel d'énergie propre est suffisamment prometteur pour être étudié plus en détail. Ce logiciel peut être téléchargé depuis le site de RETScreen [7].

Le modèle pour cogénération du logiciel RETScreen permet d'évaluer la production et les économies d'énergie, les coûts, les réductions d'émissions de gaz à effet de serre, la viabilité financière, ainsi que les risques pour des projets de centrales de cogénération hors réseau ou raccordées à un réseau isolé ou à un réseau central d'électricité, et ce partout à travers le monde.

Le logiciel peut modéliser une gamme de projets allant de centrales de grande taille composées de plusieurs turbines à vapeur alimentées au charbon ou de plusieurs turbines à gaz à cycle combiné alimentées au gaz naturel et connectées à des réseaux énergétiques urbains, jusqu'aux systèmes de production d'énergie décentralisée alimentés à la biomasse et fournissant du froid, de la chaleur et de l'électricité à des bâtiments institutionnels, commerciaux et industriels, en passant par des systèmes d'alimentation autonomes pour les bâtiments commerciaux et institutionnels et par des systèmes de moteurs à pistons de petite envergure en régions éloignées.

Résultats de simulation avec RetScreen 4

Après avoir injecté dans le modèle choisi, la quantité de combustible biomasse disponible par an et simulé des besoins en électricité et en chaleur, le logiciel évalue les bénéfices énergétiques de ce projet de centrale de cogénération de biomasse par rapport à un projet conventionnel de référence, qui est la production de l'électricité et la chaleur en utilisant comme combustible le gaz naturel.

Les résultats montrent qu'une capacité électrique de 5800 kW pourrait être générée par la turbine à vapeur et exportée ensuite au réseau, et une capacité de 1000 kW représentait l'électricité de pointe qui serait fournie par le réseau lui-même.

D'autre part, une capacité de 16 191 kW de chaleur de base récupérée après cogénération sans compter les 3514 kW qui seront générées par la chaudière à gaz pour couvrir les besoins en chaleur de pointe.

Le modèle calcule aussi les profits d'exploitation par rapport au projet conventionnel de référence. Pour le cas de simulation du projet, on arrive à des profits

de 1 546 019 €. Ce calcul ne tient pas compte des coûts liés aux coûts d'investissement, d'exploitation et d'entretien, et autre financement, etc.

Enfin pour l'analyse des émissions des GES, le logiciel calcule donc une réduction annuelle équivalente à 12 667 automobiles et camions légers non utilisés. Les résultats fournis par le modèle énergétique nous a permis d'estimer rapidement que le projet potentiel d'énergie propre est suffisamment prometteur pour être étudié.

6. CONCLUSION

Même si la production de bois a considérablement évoluée depuis l'indépendance jusqu'à nos jours, la demande en bois et ses dérivés est probablement encore appelée à s'accroître. Pratiquer une sylviculture intensive avec des espèces à croissance rapide sur les terres forestières de haut rendement sur de petites surfaces pour un meilleur suivi, afin d'augmenter la production locale est l'une des solutions proposées afin de satisfaire nos besoins en bois.

La valorisation énergétique de biomasse permet une production énergétique (électricité, chaleur, froid) qui est neutre sur le plan de l'émission de CO₂. La rentabilité économique des installations de valorisation énergétique de la biomasse sera établie par des faibles coûts d'exploitation, malgré des investissements élevés au départ et la nécessité d'établir une structure logistique pour l'évaluation des volumes de biomasse, leur transport et leur mise en place.

Exploiter davantage la forêt n'est pas épuiser une ressource rare. Loin de la fragiliser, c'est la meilleure façon de la renforcer. Une forêt 'sanctuarisée' est une forêt mal entretenue, dans laquelle les arbres peinent à croître, et sont plus vulnérables aux agressions comme les incendies. C'est précisément à cet entretien que contribue la filière bois énergie. Il s'agit de prélever, pour en faire une source d'énergie, des bois non utilisables par les filières du bois d'œuvre et du bois d'industrie: petits bois issus des éclaircies, bois abîmés, sous-produits des coupes d'arbres à maturité (branches, cime), etc., ce que l'on appelle plaquettes forestières, dès lors que le bois est broyé pour alimenter une chaudière.

L'économie d'énergie procurée par la production combinée dépend fortement de la référence choisie. Chaque cas est spécifique, la décision d'investir dans une unité de co/tri génération se baserait donc sur une analyse fine des besoins réels d'électricité, de chaleur et de froid de l'établissement, mais aussi du coût des investissements et du prix des énergies.

La cogénération pourra contribuer à la diminution de la pression sur la pointe électrique journalière dans les centres urbains, d'une part parce qu'elle limite la demande électrique des auto producteurs, et d'autre part, parce qu'elle pourrait fournir au réseau le surplus de production.

Dans les industries de transformation de bois, la cogénération au bois diminuera considérablement la consommation de gazole, actuellement privilégiée par les installations situées hors du réseau central.

L'électricité produite par ce type d'installation utilisant la biomasse pourrait bénéficier de tarif d'achat garanti car pouvant satisfaire les dispositions de l'article 04 du décret exécutif N°13-218 du 18 Juin 2013 fixant les conditions d'octroi des primes au titre des coûts de diversification de la production d'électricité (encouragement des

installations utilisant la biomasse ou encouragement des installation de cogénération produisant de l'électricité injectée sur le réseau).

Remerciements - Les auteurs tiennent à remercier la Direction Générale des Forêts pour l'accès aux données concernant la foresterie, ainsi que Mr A. Chali de la Commission de Régulation de l'Electricité et du Gaz pour son aimable concours concernant les aspects législatifs en matière de soutien et d'encouragement par l'Etat des projets de cogénération produisant de l'électricité injectée sur le réseau.

REFERENCES

- [1] M.S.A. Kechebar, '*Economie du Bois en Algérie, Etat Actuel et Perspectives*', Mémoire de Magister, Institut National d'Agronomie, 365 p., Alger, 2008.
- [2] Rapport élaboré par Fosa, '*Etude Prospective du Secteur Forestier en Afrique*', 36 p., Algérie, Rome, 2000.
- [3] Rapport élaboré par la Direction Générale des Forêts (DGF), 8^{ème} Session du Forum des Nations Unies sur les Forêts, 2007.
- [4] Rapport élaboré par Sofiprotéol, '*La Centrale de Cogénération Biomasse de Grand-Couronne: Un Exemple d'Efficacité Environnementale et Energétique*', 16 p., Juin 2012.
- [5] J. Richardson, R. Björheden, P. Hakkila, A.T. Lowe and C.T. Smith, '*Bioenergy from Sustainable Forestry, Guiding Principles and Practice*', Dordrecht, Nederland, Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [6] S. Bouchard, M. Landry et Y. Gagnon, '*Atlas de la Ressource Energétique de la Biomasse Forestière au Nouveau-Brunswick*', 31 p., Université de Moncton, Septembre 2012.
- [7] http://www.retscreen.net/fr/software_and_data.php