

Production de Méthane à Partir des Boues des Stations d'Épuration des Eaux Usées : Potentiel Existant en Algérie

M. Bennouna et S. Kehal

Centre de Développement des Energies Renouvelables, B.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, Alger

Résumé - Les boues humides épaissies, les boues primaires et les écumes sont pompées dans les digesteurs où les bactéries anaérobies transforment 60 % des matières organiques en méthane et en dioxyde de carbone. Ce procédé réduit la quantité de matières solides ainsi que la concentration d'organismes pathogènes. Les boues demeurent dans les digesteurs en moyenne de 15 à 20 jours pendant lesquelles elles sont vigoureusement mélangées et maintenues à une température de 37 °C. Le méthane est ensuite récupéré comme combustible pour alimenter différentes utilisations entre autres, le fonctionnement des stations d'épuration. Les matières organiques présentes dans les boues digérées, appelées biosolides, serviront comme amendement organique des sols agricoles. Cette technique, très utilisée dans les stations d'épuration à travers le monde, n'est pas exploitée en Algérie. Aussi nous tenterons de démontrer dans ce qui suit le rôle que peuvent jouer les stations d'épuration des eaux usées et le potentiel que nous pouvons exploiter pour la production de biogaz en Algérie, ainsi que l'état actuel des stations d'épuration existant à travers le territoire national.

Abstract - The thickened hummock mud's, the primary mud's and froths are pumped into digesters where the anaerobic bacteria transform 60 % of the organic matters into methane and dioxide of carbon. This process reduces the quantity of solid matters as well as the concentration of pathogenic organisms. Mud's stay into digesters on average of 15 at 20 days during this time, they are mixed vigorously and are maintained at temperature of 37 °C. Then Methane is recovered and used as fuel to supply different systems, among others, the working of the purification stations. The organic matters existing in the digested mud's, called 'biosolides', will serve as an organic agricultural soil amendment. This technique is very used in the purification stations through the world, but it is not exploited in Algeria. In This work, we will tempt to demonstrate in what follows, the role of sullage purification stations and the potential that we can exploit for the production of biogas in Algeria, as well as the present state of purification stations existing through the national territory.

Mots clés: Biogaz - Eaux usées - Agriculture durable - Energies renouvelables.

1. INTRODUCTION

L'eau est un bien économique, social et environnemental. Il est donc nécessaire et important d'en garantir la disponibilité dans le temps au moyen de formes d'exploitation durables qui permettent de faire face aux exigences actuelles sans menacer l'équilibre environnemental. La pénurie des ressources en eau en Méditerranée ne fait qu'accroître. L'étude du Plan Bleu 'L'eau en Région Méditerranéenne' a montré que 28 millions de personnes, à savoir 7 % de la population méditerranéenne totale, se trouvent au-dessous du 'seuil de pénurie' de 500 m³/an par habitant et 115 millions de personnes, 29 % de la population sont au-dessous du seuil de 1000 m³/an par habitant [1]. La population dans la région de la Méditerranée, augmentera encore la pression sur les ressources en eau. Pour les trente prochaines années, le Plan bleu prévoit une diminution importante des ressources par habitant, surtout dans les pays méditerranéens du Sud et de l'Est. Il est urgent de réduire la consommation et de préserver la ressource en eau, à travers une gestion efficace de tout le cycle de l'utilisation de l'eau, à partir de la gestion optimale des réservoirs ou des autres sources d'approvisionnement (puits, sources) à la réhabilitation des réseaux d'adduction, de distribution et de collecte des égouts en passant par la gestion efficace des installations de traitement (potabilisation et épuration).

Selon une analyse réalisée par le Plan Bleu/PAM en 1996, les ressources en eaux naturelles des pays du bassin méditerranéen (c'est-à-dire le volume total moyen annuel, provenant des niveaux normaux de précipitations sur la superficie de la région) s'élèvent à 985 km³/an, 74 % au Nord (Albanie, Espagne, France, Grèce, Italie, Malte, Monaco, Portugal, ex-Yougoslavie), 21 % à l'Est (Chypre, Israël, Jordanie, Liban, Autorité Palestinienne, Syrie, Turquie) et seulement pour 5 % au Sud (Algérie, Egypte, Libye, Maroc, Tunisie) [1].

Les meilleures techniques disponibles devraient être identifiées et utilisées pour associer l'utilisation rationnelle des ressources en eau naturelles à d'autres sources d'approvisionnement non conventionnelles, notamment le traitement des eaux usées. Il faut noter que c'est là, une autre forme de production d'énergies totalement absente en Algérie. Dans cette perspective, nous tenterons de faire la lumière sur une technique de production de biogaz par épuration des eaux usées, utilisé dans le monde et donner un aperçu sur les stations d'épurations en Algérie.

Nous mettrons l'accent dans notre étude sur l'énergie de biomasse ou encore la bioénergie. Et plus particulièrement le rôle des stations d'épurations dans la production d'engrais, d'énergies et dans la préservation des ressources en eau.

2. L'ENERGIE DE BIOMASSE

2.1 La biomasse

La biomasse se présente sous forme de produits solides ou liquides pouvant remplacer les combustibles fossiles (gaz naturel, charbon, pétrole,..). Elle est constituée par des glucides, des protides, et des lipides que nous pouvons retrouver dans la matière organique disponible dans un écosystème [2, 3]. Le plus important combustible solide produit de manière renouvelable, est le bois, utilisé depuis des millénaires pour le chauffage. Cependant, la fermentation en anaérobiose des déchets ménagers, de purin de vache, d'effluents liquides, eaux usées,.. dégage un gaz très proche du gaz naturel, qui est le biogaz, (comprenant un taux élevé de méthane CH_4). C'est là une autre forme de valorisation de la biomasse et de production d'énergies renouvelables.

2.2 Les procédés de conversion de la biomasse

Deux filières principales de valorisation énergétique de la biomasse ont été identifiées. Il s'agit de la voie sèche et la voie humide (Fig. 1) [4].

- La voie sèche (non biologique) thermochimique (pyrolyse, gazéification). Elle est principalement constituée par la filière thermochimique, qui regroupe les technologies de la combustion, de la gazéification et de la pyrolyse.
- La voie humide biochimique (fermentation méthanique ou méthanisation et fermentation alcoolique) [4, 5].

La figure 1 donne un aperçu de la diversité des technologies et procédés utilisés pour la valorisation de la biomasse. Nous nous intéresserons dans ce qui suit à la voie humide et plus particulièrement à la fermentation méthanique : *la production de biogaz par méthanisation*.

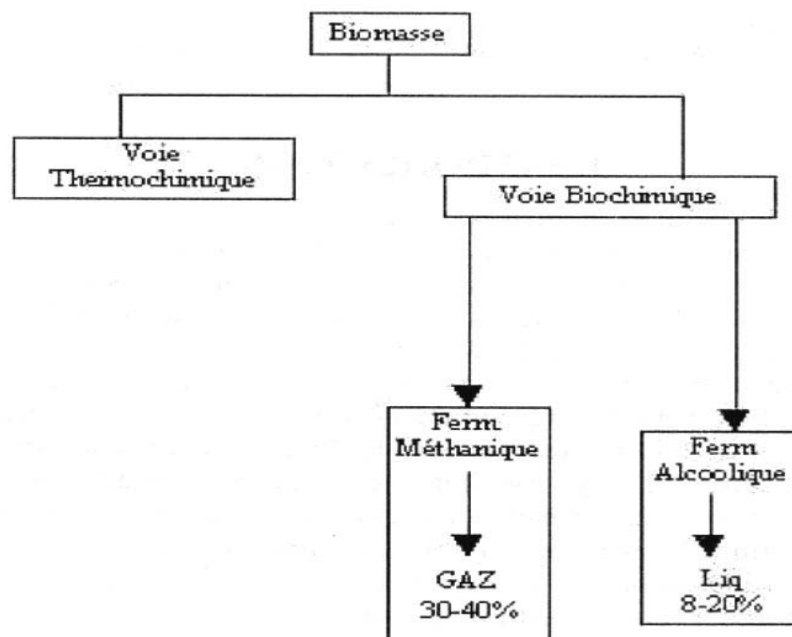


Fig. 1: Filière de valorisation de la biomasse

3. LA METHANISATION

La méthanisation ou encore biométhanisation est une décomposition de matériel organique par des micro-organismes en l'absence d'oxygène, c'est-à-dire en anaérobie. C'est là un processus qui met en jeu plusieurs espèces bactériennes qui transforment simultanément les déchets organiques en biogaz. La fermentation en anaérobie peut se faire dans trois gammes de température : Psychrophiles : 15 à 25 °C, Mésophiles : 25 à 45 °C, Thermophiles : 55 à 65 °C [3-5].

3.1 Les différentes phases de la méthanisation

La méthanisation s'effectue en trois phases nécessaires à la production du méthane [3 – 5].

- La phase d'hydrolyse
- La phase d'acidogénèse
- La phase méthanogène.

3.2 Le biogaz

Le biogaz est une énergie très utilisée dans les pays en voie de développement, mais non encore exploité en Algérie. La méthode consiste à transformer la matière organique, en méthane par fermentation en anaérobie. Le gaz produit est stocké dans un gazomètre et utilisé selon la demande. Ce gaz est utilisé directement pour la cuisson ou transformé en énergie mécanique ou en électricité par le biais d'un moteur thermique conventionnel. Les déchets provenant de cette transformation constituent un très bon engrais. Les digesteurs sont une technologie active qui a été appliquée dans les fermes agricoles, les décharges publiques, les stations d'épuration des eaux usées, etc. [3, 6, 7]. En effet, les eaux usées sont une source considérable pour la production d'énergie mais aucunes évaluations de cette capacité n'ont été faites à ce jour, les données sont parfois contradictoires ou non actualisées.

Tableau 1: Composition du biogaz [3, 4, 6, 7]

Méthane (CH₄)	45 à 65 %
Gaz carbonique (CO₂)	25 à 45 %
Eau (H₂O)	6 %
Oxygène (O₂)	
Hydrogène sulfuré (H₂S)	traces

4. LES INSTALLATIONS MODERNES DE TRAITEMENT DES EAUX

4.1 Procédés utilisés dans l'épuration des eaux usées

Elles utilisent plusieurs procédés successifs. Une première opération de préfiltrage retient les matières solides dont le gravier. Les résidus filtrés sont brûlés afin de détruire tout micro-organisme. Puis l'eau passe dans un certain nombre de bassins de décantation successifs, où les particules les plus fines se déposent sous l'effet de la pesanteur. Ainsi sont éliminés tous les solides en suspension, ce qui diminue déjà de moitié la pollution. Comme la décantation est lente, on multiplie le nombre et les dimensions des bassins. Ceux-ci peuvent fonctionner soit de façon statique, soit en continu [8].

On parvient ainsi à séparer l'eau claire et une boue que l'on traite ensuite séparément. La première passe dans des bassins de décantation peut être amenée dans des champs d'épandages où elles servent d'engrais. C'était le procédé le plus courant pendant longtemps (plaines d'épandages de Gennevilliers ou d'Achères, pour les eaux de Paris, etc.), mais il a fallu trouver d'autres procédés car les exigences de surface pour ces champs d'épandages devenaient trop grandes. On utilise donc de plus en plus la méthode de digestion; les boues sont introduites dans des cuves de digestion, closes et modérément chauffée, où elles se putréfient. La réaction produit un gaz utilisé pour les besoins d'énergie de l'installation, et un résidu propre, dont la forte teneur en azote en fait, une fois séché, un excellent engrais.

Dans les stations d'épurations, les eaux usées passent à travers des grillages à grosses mailles qui retiennent tout déchet solide (bois, chiffons,..) pouvant entraver la circulation de l'eau ou endommager les pompes. Ainsi préfiltrée, l'eau est pompée jusqu'à des bassins de décantation. S'y déposent le gravier et du sable que l'on récupère notamment pour fabriquer des agrégats de revêtements routiers. Après élimination du gravier et du sable, l'eau est pompée jusqu'à un nouveau bassin de décantation, dit *primaire*. Pendant ce processus 50 % des solides en suspension dans l'eau se déposent par gravité sous forme de boue, ce qui réduit de moitié la D.B.O des eaux. La boue est alors pompée jusqu'à des cuves de digestion et l'eau claire jusqu'à un aérateur où on la mélange à une boue riche en bactéries.

Grâce à l'aération, les bactéries transforment la matière organique en sous-produits inoffensifs. Puis l'eau aérée passe dans un bassin de décantation, dit *secondaire*, où les boues se déposent, laissant une eau claire. Celle-ci est filtrée, javellisée, et déchargée dans une rivière ou la mer.

Les filières de traitement des boues d'épuration ont toujours eu pour objectifs, la réduction du volume et la réduction du pouvoir fermentescible à savoir leur stabilisation. Cette dernière (stabilisation) peut être obtenue par une digestion en anaérobie dans des digesteurs, comme nous l'avons déjà vue, il s'agit d'une fermentation méthanique ayant un pouvoir de destruction et élimination de matière organique avec une importante production

de biogaz. Un kg de matière organique détruite contenue dans les eaux usées conduit à une production de 900 à 1000 litres de gaz [8, 10]. Le circuit des boues débute au niveau des décanteurs primaires et secondaires où les boues fraîches sont soutirées pour être dirigées vers des digesteurs (cuves cylindriques à toit plat et à fond conique équipées de serpentins intérieurs de réchauffage et d'hélices centrales de brassage à pas hélicoïdal fonctionnant alternativement dans le sens ascendant ou descendant). La partie inférieure du fond conique des digesteurs est utilisée comme puits d'épaississement. La température intérieure est maintenue entre 30 et 53 °C de façon à permettre une double fermentation (phases de la méthanisation). On obtient ainsi en 30 jours 95 litres / kg de matière détruite [10]. Le gaz est recueilli dans un gazomètre après passage sur des blocs épurateurs-désacidificateurs. Il est utilisé en partie pour les besoins des chaudières pour le chauffage de digesteurs et pour le chauffage des locaux de la station d'épuration.

Les boues qui sortent des digesteurs sont séchées en général sur lits de séchage ou par voie de séchage thermique pour être utilisées par la suite comme engrais, fertilisant [8]. Les boues fraîches des effluents urbains ont une couleur grise ou jaunâtre et contiennent des matières fécales, des papiers, des débris de légumes, etc. Elles ont une odeur nauséabonde. Après digestion, ces mêmes boues sont de couleur noirâtre et sentent le goudron, la plus grande partie des gènes pathogènes est détruite (à l'exception de quelques bacilles qui peuvent être détruits après exposition au soleil).

4.2 Les stations d'épuration des eaux usées en Algérie

4.2.1 L'assainissement en Algérie aujourd'hui

Le réseau d'assainissement en Algérie accuse une sérieuse défaillance, par l'absence d'un cadre institutionnel clair, ainsi que l'absence d'instruments et de normes de gestion et d'exploitation du réseau d'installations. Ajoutant à cela, l'inadéquation de la politique et des mécanismes de financement (le tarif d'assainissement actuel ne couvre que 8 % des coûts d'exploitation du réseau et des installations) en plus d'une absence de normalisation et de contrôle. Cet état des faits a eu de lourdes conséquences sur le secteur de l'assainissement des eaux usées. En effet, seul 6 % (173.000 m³/j) de la demande (2.840.800 m³/j) en eaux épurées est satisfaite, d'autre part sur un total de 52 STEP, 05 seulement sont en exploitation soit 10 % et le reste, soit, 28 STEP sont proposées pour la réhabilitation et 19 hors d'usage. Sachant que 21 villes seulement sur 36 comptants plus de 100.000 habitants sont dotées de STEP, alors que la somme de 73 milliards de dinars ont été mobilisés pour la gestion et l'exploitation de 1973-1999 [9].

Ajoutant à tout cela, une insuffisance sur le plan maîtrise de l'investissement, de l'exploitation et de la gestion du système d'assainissement. Pour ce qui est des systèmes de digestion en anaérobie (digesteur), seule la station de Baraki à Alger en est dotée. Elle a été mise en service en 1989, son lieu de rejet est l'oued El Harrach d'une capacité de 750 10³ Eq/ha et qui se trouve être à l'arrêt en ce moment.

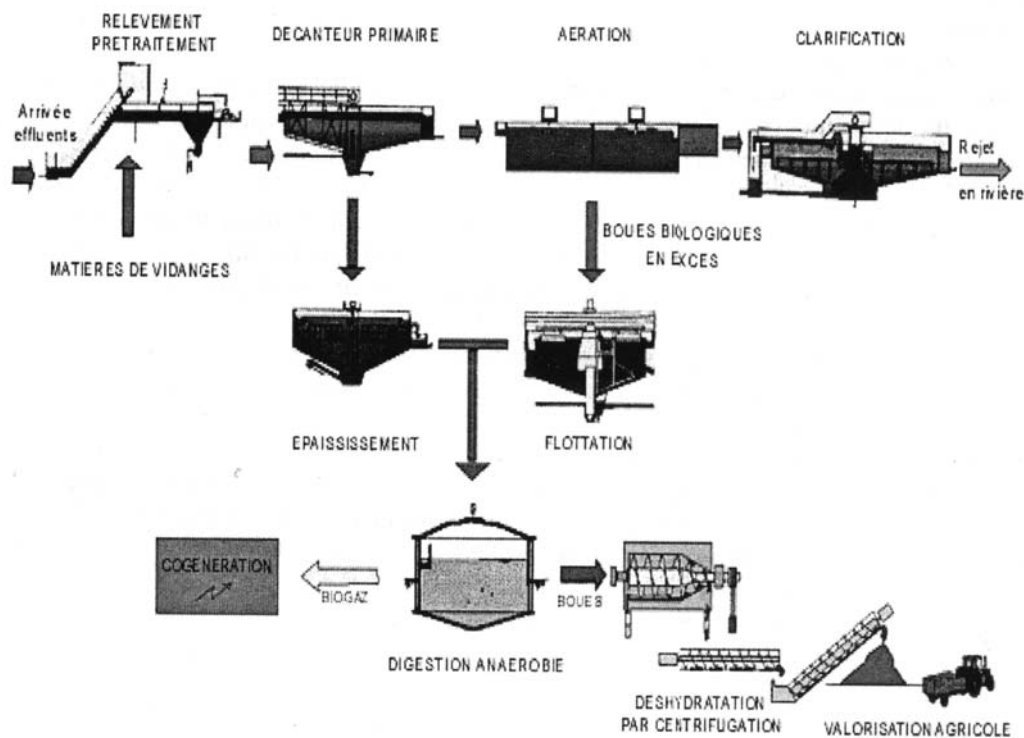


Fig. 2: Schéma de la station d'épuration de port Douvot (France)

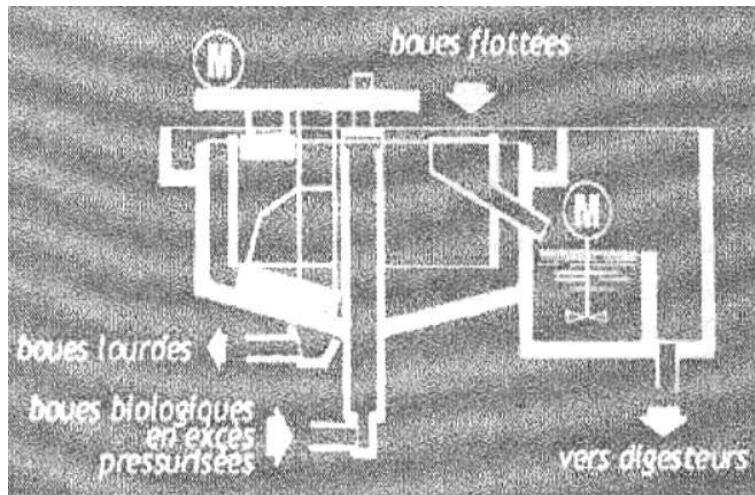


Fig. 3: Détail du système de flottation de la station d'épuration précédente

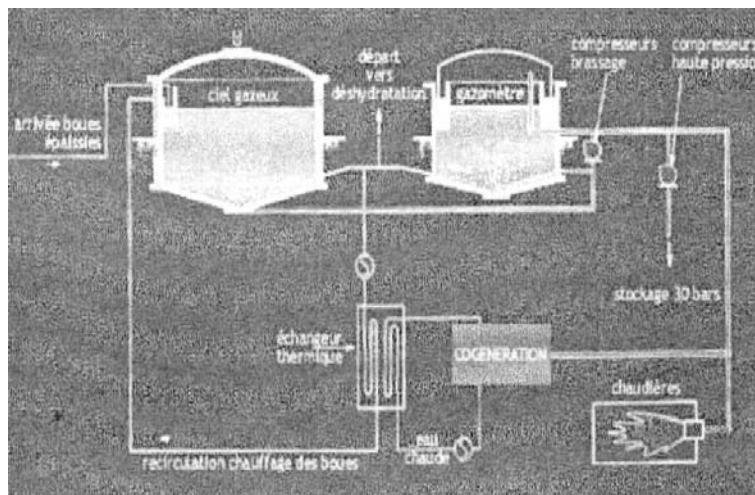


Fig. 4: Détail du système de digestion anaérobie et de cogénération du biogaz

4.2.2 Plan d'action en cours [9]

Suite au constat alarmant de la situation un plan d'action a été mis au point par le Ministère des Ressources en Eau ayant pour principal objectif : la préservation de la santé du citoyen et la protection de la ressources et de l'environnement hydrique.

Parmi les actions de ce plan, la mise en exploitation de 14 STEP pour cette année (2001) avec une étude standardisée des équipements et une réhabilitation de certaines STEP. Il faut noter cependant que les données restent indisponibles. Le programme de réhabilitation des stations d'épuration (STEP) est financé par la Banque Mondiale, sur le prêt 2743-AL. Il est scindé en deux tranches [9]. La première tranche concerne les STEP suivantes : El Kala, Asfour, Zrizer, El Gantra, Bejaia, Aokas, Sour El Ghozlane, Tizi-Ouzou Ouest, Tizi-Ouzou Est, Tadmait et Boghni. Les études de cette première tranche sont achevées et ont abouti à la confection du Dossier d'Appel d'Offre concernant les travaux de 9 stations, celle de Tizi-Ouzou Est étant déclassée et ses ouvrages seront affectés à un autre usage et celle de Sour El Ghozlane déclassée aussi, l'étude recommandant la réalisation d'une nouvelle station [9]. Les travaux de réhabilitation concernent donc les stations suivantes : El Kala, Asfour, Zrizer, El Gantra, Bejaia, Aokas, Tizi-Ouzou Ouest, Tadmait et Boghni.

Pour la deuxième tranche des stations, les études seront lancées incessamment. Ces stations concernées par la deuxième tranche sont : Bousfer, Saida, Sfisef, Telagh, Timimoun, Ben Badis, Ouargla, Toucaourt, Djelfa, Koléa et Baghlia.

Tableau 2: Stations d'épurations en projet

Nom Wilaya	Commune	Nom STEP	Cap Total (q/hab)	Lieu de rejet
O.E. Bouaghi	Ain Beida	Ain Beida	200 000	Oued
	Meskiana	Meskiana	45 000	Oued
	Ain M'lila	Ain M'lila	100 000	Oued
	Ain Fakroun	Ain Fakroun	52 096	Oued
	Sigus	Sigus	12 895	Oued
Bejaïa	El Ksar	El Ksar	***	O. Soummam
	Akbou	Akbou	55 000	***
	O. Amizour	O. Amizour	***	O. Amizour
	Sidi Aich	Sidi Aich	***	O. Soummam
	Tazmalt	Tazmalt	***	O. sahel
Blida	O. E. Alleug	***	***	***
	Larbaa	***	***	***
	Boufarik	***	***	***
Bouira 10	Bouira	Bouira	120 000	***
	Ain Bessem	Ain Bessem	32 000 – 45 000	***
	M'Chedellah	M'Chedellah	23 000 – 32 000	***
Tizi-Ouzou	Azzefoun	Azzefoun	***	***
	Tigzirt	Tigzirt	***	***
	T.Ghenif	T.Ghenif	***	***
	D.E. Mizan	D.E. Mizan	***	***
	Maatka	Maatka	***	***
Jijel	Jijel	Jijel	132 576	Mer
	Jijel	Jijel	132 576	Mer
Sétif	Bougaa	H. Ghergour	80 000	***
	B. Ourtilane E	B. Ourtilane E	16 000	***
	A. Oulmène	A. Oulmène	80 000	***
	A. Arnat	A. Arnat	15 000	***
	El Eulma	El Melah	250 000	
	Ain Azel	Ain Azel	45 000	
	El Eulma	El Melah	250 000	
	Ain Azel	Ain Azel	45 000	
Skikda	Skikda	Step Skikda	533 378	Oued
	Skikda	Step Skikda	533 379	Oued
Guelma 24	Guelma	Guelma	150 000	O. Seybousse
	Guelma	Guelma	150 000	O. Seybousse
Médéa	Berrouaguia	O.E. Hamma	***	***
	Tablat	O. Isser	***	***
	Médéa	Médéa	***	***
	Médéa	Médéa	***	***
Mostaganem	Mostaganem	Mostaganem	450 000	Mer
	Hadjadj	Hadjadj	16 500	Oued
	Ain El Turck	A. El Turck (HZ)	80 000	Mer
	Arzew (Z.Ind.)	Arzew (ZI)	200 000	Mer
B. B. A.	A. Taghrout	A.Taghr.-BKasd	25 000	O. A. Taghrout
	Ras El Oued	Ras El Oued	60 000	O. Ras El Oued
Tipaza	Mahelma	Mahelma	***	***
	Douéra	Douéra	***	***
	Sidi Mérouane	Sidi Merouane	36 000 – 48 400	Oued Rhummel
	Ferdjioua	Ferdjioua	328 115 – 52 635	Oued Enidja
	Rouached	Rouached	18 873 – 30 271	

Tadjenant	Tadjenant	33 635 – 53 950	Oued Rhummel
Redjas	Redjas	14 825 – 23 585	Oued Sabar
Mila	Mila	53 000 – 84 474	Oued Mila
Sidi Merouane	Sidi Merouane	36 000 – 48 400	Oued Rhumel
Ferdjioua	Ferdjioua	32 815 – 52 635	Oued Enjdja
Rouached	Rouached	18 873 – 30 271	
Tadjenant	Tadjenant	33 635 – 53 950	Oued Rhummel
Redjas	Redjas	14 825 – 23 585	Oued Sabar

5. CONCLUSION

L'utilisation massive des combustibles fossiles met en péril les capacités des générations futures de pourvoir à leurs besoins. Alors que les énergies fournies par le soleil, le vent, les chutes d'eau, la croissance des végétaux, les marées et la chaleur de la terre sont renouvelables et par conséquent ne menacent pas les générations futures.

L'utilisation des énergies renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, géothermique et biomasse) n'est évidemment pas nouveau, seulement la découverte des énergies fossiles que l'on pensait plus prometteuses, a été à l'origine de leur marginalisation. Depuis lors, les multiples pollutions, le réchauffement climatique, les risques du nucléaire ont fait prendre conscience aux décideurs de la nécessité d'un développement économique durable respectant l'environnement.

Dans le cadre de ce 'développement durable', les Conférences de Rio 1992 et de Kyoto 1996 ont attribué un rôle important aux énergies renouvelables. Une étude minutieuse des potentialités en biomasse énergies contribuera à un meilleur développement de la filière biogaz. Il est donc nécessaire de faire une étude du potentiel biomasse disponible en Algérie et faire la lumière sur les avantages de la biométhanisation dans un système d'épuration d'eaux usées.

REFERENCES

- [1] Document, 'L'eau en Région Méditerranéenne', Plan Bleu, 1996.
- [2] Robertson, 'Biocombustible', Collection Energie Solaire, 80 p., Paris, Traduit par Ph. Cavrois, 1979.
- [3] B. Lagrange, 'Biométhane, Une Alternative Crédible', Ed. Edisud / Energies Alternatives, Tome 1, 1979.
- [3'] B. Lagrange, 'Biométhane, Principes, Techniques, Utilisation', Ed. Edisud / Energies Alternatives, Tome 2, 1979.
- [4] A. Umotte et B. Leduc, 'Les Filières Energétiques de Traitement de la Biomasse', 1981.
- [5] Document, 'Programme Energies Renouvelables au Guatemala', Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel, ONIDO, 2000.
- [6] M. Hédut, 'La Filière Biogaz dans les Pays en développement', I.E.P.F., Canada, 1993.
- [7] R. Gillet, 'Traité de Gestion des Déchets Solides – Les traitements Industriels des Ordures et des Déchets Assimilés, Organisation et Gestion d'un service', Vol. 2, OMS, PNUD, Copenhague, 1986.
- [8] Degrément, 'Mémento technique de l'Eau', 8^{ème} Edition, 1200 p., 1978.
- [9] Document, 'Projet Office National de l'Assainissement – Fiche de Synthèse du Secteur de l'Assainissement', Ministère des Ressources en Eau, Alger, février 2001.
- [10] Actes du Colloque International de Technologie, Lomé (Togo), 14-20 janvier 1980.
- [11] Document, 'Culture Technologique', Revue Internationale de Technologie, N°98, 1981.