

# Journal de l'Economie Circulaire et Développement Durable

ISSN:

EISSN :

مجلة الاقتصاد الدائري والتنمية المستدامة

**Circular Economy and Sustainable Development Journal**

## ÉCONOMIE CIRCULAIRE



***JECDD Edition Juin Vol.2. N°1. (2022)***

[www.jecdd.org](http://www.jecdd.org)

## Description

Le Journal de l'Economie Circulaire et Développement Durable est une revue semestrielle, créée en 2021 par le Réseau Algérien d'Economie Circulaire et la chaire "économie circulaire et développement durable"/ Université Boumerdès en collaboration avec l'Association Nationale d'Eco-Conception, d'Analyse de Cycle de Vie et de Développement Durable et la Fondation Algérienne d'Economie Circulaire. Elle couvre tous les domaines de l'Economie circulaire. Elle publie les articles originaux portant sur des approches conceptuelles et des études empiriques, dans les trois langues: Arabe, Anglais, Français. Le public visé par la revue est la communauté scientifique nationale et internationale (enseignants chercheurs, chercheurs, étudiants), ainsi que la communauté du monde socio-économique. La revue possède un comité de lecture international.

- Publié 2 fois par an la dernière semaine de juin et décembre.
- Soumission et publication gratuites.
- Accès gratuit.

## Domaines Couverts

- Economie Circulaire.
- Startup Environnemental dans la vision de l'Economie circulaire.
- Label Ecologique.
- Eco-conception.
- Éco innovation.
- Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT).

# Sommaire

## Editorial

*K. MOHAMMEDI, Réseau Algérien d'Economie Circulaire/ Professeur à l'université de Boumerdes.*

### Gestion des connaissances

Gestion des déchets solides municipaux

*Mohamed-Zine MESSAOUD-BOUREGHDA*

Pp 73/78

Recyclage les déchets des matières plastiques

*Benalia KOUINI*

Pp 79/82

Etude du potentiel globale de production d'hydrogène vert en Algérie à partir des énergies renouvelables

*Ahlem HATTALI*

Pp 83/87

L'Economie circulaire et la gestion durable des déchets urbains pour une ville en bonne santé

*Mounya DAOUDI-TAMOUD*

Pp 88/93

Empreinte de Carbone des Stations de Dessalement en Algérie

*Mourad AMMITOUCHE*

Pp 94/102

Estimation de la Production de l'hydrogène vert au Sud

*Hadjer OURIACHE*

Pp 103/106

### Evènements

La Première Conférence Nationale sur : « Égalité des genres dans la préservation de l'environnement, économie verte et développement durable »

Boumerdes, les 18-19 Janvier 2022

Pp 107/113

#### Responsable de Publication

Prof. K. LOUHAB

Dr F. LECHEB

Dr.R. LARID

#### Secrétariat

Mme.K.BOUDRA

#### Comité de lecture

Pr. K. MOHAMMEDI

Pr.A. CHENANE

Pr.F. HALOUANE

Pr. S. LECHEB

Dr. S. DJOUMAD

## Partenaires

- **Fondation Algérienne d'Economie Circulaire**
- **Chaire 'Economie circulaire et Développement Durable /Université de boumedes Algerie**
- **Association Nationale d'Eco-Conception, d'Analyse de Cycle de Vie et de Développement Durable**
- **Laboratoire de Recherche en Technologie Alimentaire (LRTA-Université de Boumerdes**
- **Incubateur Université de Boumerdes Startups.**

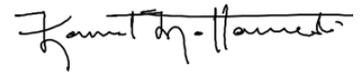


**K. MOHAMMEDI**, Réseau Algérien d'Economie Circulaire/Professeur à l'université de Boumerdes

Malgré des investissements importants dans la réalisation de CET (101), de centres de tri (14) et hangars de tri (39), de décharges contrôlées (82) et de l'installation de zones de gravats (33), l'Algérie se retrouve à court d'espaces d'enfouissement des déchets ménagers et industriels. En effet, sur 91 centres d'enfouissement technique opérationnels, 73 avaient atteint un taux de saturation de plus de 90% en 2018. Tandis que 13,5 millions de tonnes de déchets ont été générées en 2020, pour un faible taux de recyclage, estimé à moins de 9,83 %. En 2035, la production annuelle de DMA devrait passer à 20 millions de tonnes. Des lors, des solutions de fin de vie viables pour les produits et services doivent être implémentées afin de soulager notre système de gestion de déchets. Plus que cela, la transition vers un nouveau modèle économique de type circulaire permettra de rendre les produits adaptés aux opportunités offertes par une économie circulaire, économe en ressources et neutre pour le climat, de réduire les déchets et les risques de l'économie linéaire à l'image de l'initiative législative de la commission européenne en matière d'économie circulaire. L'économie circulaire est un système économique basé sur l'allongement du cycle de vie en réutilisant, recyclant, réparant et rénovant autant que possible les produits existants. À la fin d'un cycle de vie d'un produit, les matériaux qui le composent sont réutilisés afin qu'ils soient à nouveau utiles, participant ainsi plus longtemps à l'économie. Dans le modèle d'économie circulaire, les déchets d'un processus ou d'un secteur peuvent constituer une ressource précieuse pour un autre. L'Algérie, tout en capitalisant l'expérience acquise depuis son indépendance, se doit de s'inspirer des initiatives et solutions développées dans le monde, à l'exemple de la Commission Européenne qui envisage d'établir des principes de durabilité basés sur la circularité et la neutralité carbone afin d'améliorer la durabilité, la réutilisabilité, l'évolutivité et la réparabilité des produits, lutter contre la présence de produits chimiques dangereux dans les produits et accroître leur efficacité énergétique et des ressources, augmenter le contenu recyclé des produits tout en garantissant leur performance et leur sécurité, permettant la remise à neuf et le recyclage de haute qualité, réduire les empreintes carbone et environnementales, limiter l'usage unique et lutter contre l'obsolescence prématurée, interdire la destruction des biens durables invendus, et enfin substituer les produits par des services pour lesquels les producteurs conservent le droit de propriété du produit ou la responsabilité de ses performances tout au long de son cycle de vie.

La 6<sup>ème</sup> édition du salon du Recyclage et de la valorisation des Déchets "REVADE", organisée par la Chambre Algérienne du Commerce et d'Industrie (CACI), en collaboration avec l'Agence Nationale des Déchets (AND), sous le thème

"L'investissement dans le secteur des déchets, une valeur ajoutée importante à l'économie nationale", se veut une opportunité d'échange d'expériences entre opérateurs activant en matière de gestion des déchets, de promotion des matériaux et techniques utilisées dans le traitement et le recyclage. En sus de représenter un espace important pour encourager les investisseurs à financer les projets relatifs à la gestion de ces déchets et à la promotion de cette industrie, ce rendez-vous est aussi l'occasion de responsabiliser et de sensibiliser le consommateur à la réduction des déchets tout en plaidant pour l'intensification des efforts afin de généraliser le tri sélectif des déchets, avant leur arrivée au centre d'enfouissement technique (CET).



Faouzi H. Hamed

## Gestion des déchets solides municipaux

\*M-Z. MESSAOUD-BOUREGHDA

Laboratoire de Recherche en Technologie Alimentaire (LRTA), Université M'Hamed Bougara, Boumerdès  
Département du Génie des Procédés, Faculté de Technologie, Université M'Hamed Bougara, Boumerdès, Algérie

\*Corresponding author: mz.oureghda@univ-boumerdes.dz

### RÉSUMÉ

En Algérie, la gestion des déchets municipaux est prioritaire, le ministère chargé de l'environnement a élaboré un arsenal de textes et d'organismes, en même temps la production de déchets croît en phase avec l'augmentation de la population et la croissance économique. Ces quantités de déchets pourraient toujours augmenter si aucune politique de prévention n'est mise en œuvre. L'adoption de l'enfouissement technique des déchets comme mode d'élimination a engendré des coûts supplémentaires aux collectivités. La qualité de service rendu est un facteur très important pour inciter les ménages à participer financièrement pour couvrir les coûts de la collecte et de traitement de leurs déchets. L'adoption d'un mécanisme de consigne est un dispositif qui permet la réduction à la source des déchets d'emballage, une réorganisation des circuits de collecte influencera sur la baisse des coûts notamment celle liée à la distance de collecte et impactera moins l'environnement, enfin la voie la plus rentable sur le plan économique et environnementale dans le cadre d'une stratégie souple d'une économie circulaire.

**Mots clés :** enfouissement technique déchets, gestion, collecte, recyclage, décharge.

### 1. Introduction

La gestion des déchets municipaux (DM) désigne l'ensemble des opérations et moyens mis en œuvre pour limiter, recycler, valoriser ou éliminer les déchets. C'est-

à-dire des opérations de prévention, de pré-collecte, collecte, transport et toute opération de tri et de traitement, afin de réduire leurs effets sur la santé humaine et sur l'environnement. La gestion des déchets concerne tous les types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, chacun possédant sa filière spécifique. La gestion des déchets solides, est la collecte, le transport, le traitement, la réutilisation ou l'élimination des déchets, habituellement ceux produits par l'activité humaine [1].

La gestion des déchets consiste en toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations. À partir de cette définition, plusieurs opérations se distinguent dans le mode de gestion des déchets existant en Algérie.

Les grands principes et lignes directrices de la politique de gestion des déchets ménagers et assimilés par la réglementation algérienne. La gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets prévoit les principes suivants :

### 2-Principes de gestion

#### 2.1- La prévention :

La prévention est une action clé de toute politique de gestion efficace des déchets puisque ce principe vise essentiellement à réduire ou à éliminer les rejets de substances éventuellement nocives et à encourager des produits et des procédés moins polluants [2].

#### 2.2- Information/sensibilisation :

La sensibilisation du public par l'information est essentielle à un double titre:

- D'une part, pour le sensibiliser à l'impact environnemental des déchets
- D'autre part, pour le faire participer de manière responsable aux opérations de gestion,

### 2.3. Principe pollueur payeur :

Le principe du pollueur payeur (PPP) a été introduit dans la loi de 2003 relative à la protection de l'environnement. Ce principe implique que les coûts de la prévention, de la réduction à la source, du recyclage des déchets sont assumés par le pollueur (producteur),

### 2.4. Responsabilité des producteurs :

La responsabilité élargie du producteur est une politique nouvelle de la prévention de la pollution et aussi un principe de gestion des déchets.

### 3. Production des déchets par habitants dans les villes.

Selon l'Agence National des Déchets (AND) en Algérie, la production des déchets ménagers est estimée à 7 million tonnes/an en 2010, chiffre en constante augmentation. Les estimations chiffrées font état de 0.7Kg/hab/j dans les grandes villes, contre 0.5Kg/Hab/Jour dans les villes moyennes. En 2013, l'Algérie a produit 10, 3 millions de tonnes de déchets domestiques. Ce qui équivaut à 278 kg habitant, cette valeur est variable suivant les pays et les villes (voir figure 1) par an et par Algérien [3]. La quantification des déchets solides est essentielle pour une planification du système de gestion et par conséquent des centres de stockages de déchets, maillon ultime de toute filière de traitement.

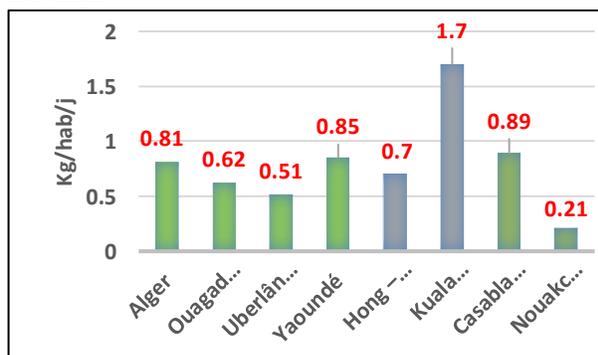


Figure 1. Répartition des quantités de déchets par ville et continent

### 3.1. Composition des déchets DM en Algérie

Les déchets sont produits principalement par les ménages, les industries, et les hôpitaux. La composition et les caractéristiques des ordures ménagères sont très hétérogènes (voir figure N°2). Elles sont variables en fonction de plusieurs paramètres : la région, le climat, les habitudes des populations, le caractère de l'agglomération (zone urbaine, ou rurale, zone industrielle ou commerciale,...etc.), le niveau de vie des habitants, le type de Collecte...etc.

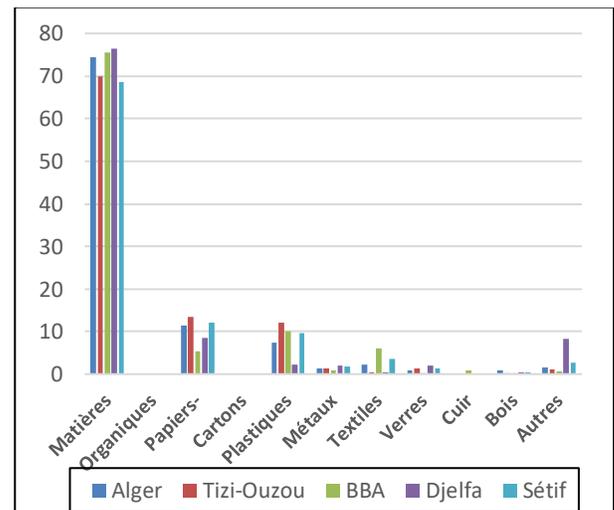


Figure 2. Répartition des déchets par matière

Source: (Anonyme, 2000 [4])

D'après la figure 2 nous constatons que la composition des déchets en Algérie est, essentiellement, de la matière organique (Alger 74,4% – Tizi-Ouzou 70% – Bordj-Bou-Arredj 75,48% – Djelfa 76,36% – Sétif 68,5%).

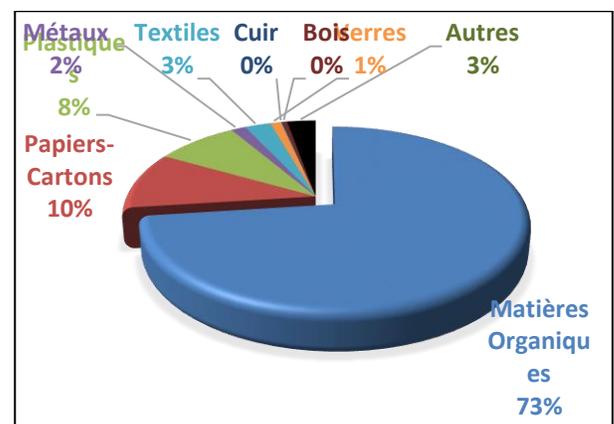


Figure 3.

### 3.2. La densité :

La densité (Q) des déchets c'est la masse volumique spécifique qui représente un paramètre très important pour l'optimisation de gestion des déchets.

On estime dans les villes algériennes, que est comprise entre  $0,22 < Q < 0,32 \text{ t/m}^3$ , elle est de  $0,35 \text{ t/m}^3$ , lorsque les ordures sont entassées dans les véhicules (benne basculantes, tracteurs agricoles, etc....) et atteint  $0,45$  et  $0,55 \text{ t/m}^3$ , dans les benne tisseuses [4].

La figure 3, rassemble les valeurs de Q, des différents pays de différents continents démontrent que  $0,3 < Q < 0,6$  pour les pays en développement alors que dans les pays industrialisés Q ne dépasse pas  $0,1$  à cause de la forte proportion de la matière organique fermentescible

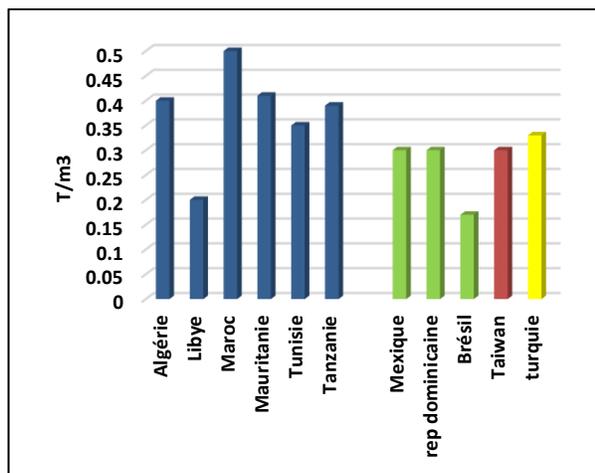


Figure 4.

### 3.3. Les modes de collecte et d'élimination des déchets :

Deux étapes sont essentielles dans le service des déchets : l'enlèvement et l'élimination. L'enlèvement des déchets compte la pré-collecte et la collecte elle-même. L'élimination fait référence à la mise en décharge, enfouissement, compostage et incinération.

#### 3.3.1- Pré-collecte des déchets :

La pré-collette des ordures désigne l'ensemble des opérations d'évacuation des déchets depuis leur lieu de production jusqu'au lieu de prise en charge [4].

#### 3.3.2- La collecte :

La collecte est l'ensemble des opérations qui consistent en l'enlèvement des déchets de points de regroupement pour les acheminer vers un lieu de tri, de regroupement, de valorisation, de traitement ou de stockage. On distingue plusieurs types des collectes dont :

##### 3.3.2.1. La collecte du « porte à porte » :

C'est la collecte des déchets ménagers par ménages et par commerce. Généralement, chaque ménage, commerce ou autre [5].

Les récipients contenant les ordures sont disposés par les habitants en bordure des voies de circulation [6].

##### 3.3.2.2. La collecte par point de regroupement :

La collecte par point de regroupement implique pour les usagers l'obligation de ramener eux même leurs déchets aux lieux de réception.

##### 3.3.2.3- La collecte des déchets encombrants :

Elle est organisée par les collectivités, à l'aide des camions, à jour fixe [19].

##### 3.3.2.4. La collecte par conteneurs :

Elle s'effectue, soit auprès des habitations familiales, utilisant des sacs ou conteneurs de petites taille, soit des conteneurs routiers de grande capacité, allant de 360 à 1700 litres, ou encore des conteneurs auprès des grandes usagers avec des bacs des capacités qui peuvent aller de 240 à 360 litres [7].

### 4. Stockage

#### 4.1- Principes généraux de stockage :

Dans certains cas, il apparaît nécessaire, le plus souvent pour des raisons économique, de regrouper les déchets avant leur transport vers le centre de valorisation ou de traitement [8]

Le stockage constitue le dernier maillon de la filière de tri et de traitement des déchets,

#### 5.2- Les installations

##### 5.2.1- La décharge :

- **Décharge brute ou sauvage :** Ceux des décharges de déchets ménagers exploités par entreprise ou des

collectivités locales, alors même qu'elles ne bénéficiaient d'aucune autorisation administrative ;

- **Décharge réglementée:** Les déchets sont déposés pour une longue durée et soumis à des contrôles ainsi qu'à la réglementation [8].
- **Centre d'enfouissement technique (CET) :** Egalement appelée décharge contrôlée qui est un site de qualités géologiques convenables où les déchets sont disposés en couches minces, recouvertes de terres ou compactées par des engins spéciaux. Cette meilleure utilisation de terrain peut cependant entrainer la production de gaz et d'un liquide, la lixiviation, qu'il faut traiter selon des techniques aujourd'hui bien maîtrisées. Aujourd'hui, les CET restent une nécessité, ne devrait être réservés des matériaux chimiquement stables.

### 5.2.2- Critères d'implantation d'un CET

On distingue : Des critères économiques ; des caractères physiques et des critères environnementaux.

#### - Critères économiques :

Réaliser des études de financement de sorte à rentabiliser le cout du transport des déchets du point de collecte vers le CET

#### - Caractères physiques:

Effectuer une caractérisation de:

- La géologie du site (perméabilité du sol)
- L'hydrologie du site (présence de nappes phréatiques) ;
- L'hydrologie du site et de son environnement (présence de cours d'eau)
- La topographie (sens de ruissellement des eaux pluviales).

#### - Critères environnementaux :

Le site d'implantation du CET doit être distant:

- Des habitations ((au minimum 300m)
- Des réseaux de captage et d'utilisation des eaux souterraines ;

- Des centres d'activités économiques (floristique et/ou faunistique [9].

#### ➤ La déchetterie :

L'apport en déchetterie constitue un moyen complémentaire de collecte sélective des autres déchets ménagers, ce qui ne peut être collecté au même temps que les ordures ménagères, en raison de leur poids, de leur taille ou de leurs caractéristiques particulières pour la sécurité du personnel. Elle est un moyen d'éviter la création ou le développement de dépôts sauvages, et pour cela elle doit être ouverte à d'autres usagers que les ménages. Elle permet, en un seul point, de collecter plusieurs matériaux et d'en valoriser une part croissante en vue de tri initial [10].

La déchetterie concerne trois catégories de déchets :

- Les déchets encombrants qui sont des déchets verts, des gravats et inertes (déchets produits par les ménages et l'industrie) ;
- Les déchets ménagers spéciaux et les déchets toxiques (huiles minérales et végétales, piles, batterie, peinture et solvant) ;
- Les matériaux recyclables ménagers: papier/carton, plastique, verre, aluminium, textiles [11].

### 5.2.2. Station de transit :

Une station de transit ou centre de transfert est une installation intermédiaire entre la collecte par benne des déchets ménagers et leur transfert vers un centre de traitement. Ce centre de transit concerne pratiquement les déchets municipaux et les déchets industriels banals, il doit être clôturé, gardienné et organisé d'une façon à ne pas devenir un lieu de dépôt sauvage.

### 5.2.3. Recyclage :

Le recyclage est un procédé par lequel les matériaux qui composent un produit en fin de vie (généralement des déchets industriels ou ménagers) sont réutilisés en tout ou en partie. Ceux-ci sont collectés et triés en différentes catégories pour que les matières premières qui les composent soient réutilisées (recyclées).

#### ➤ Les avantages du recyclage :

Les avantages du recyclage sont :

Reprise de matière première: lorsque le produit est principalement composé d'une ou plusieurs matières premières facilement séparables et réutilisables, on peut le collecter à cette fin (réduire l'extraction de matières premières, Conversion en gaz naturel, biogaz Récupération d'énergie: valorisation énergétique » par opposition à la « valorisation de matière [12].

### **5.3. Modes de traitement des déchets:**

On entend par traitement, tout processus qui tend à rendre les déchets moins volumineux et surtout moins polluants pour l'environnement et la santé. Si la matière du déchet finit forcément dans l'une de ces voies, elle peut auparavant se réintroduire dans les circuits de production, de distribution ou de consommation, avant de redevenir déchet [13].

#### **5.3.1. Traitement biologique :**

Le traitement biologique a pour effet de transformer les matières fermentescibles en un produit plus stable: le compost, susceptible d'être utilisé en tant qu'amendement organique ou support de culture [14].

#### **5.3.4. Le compostage :**

Est un processus biologique qui facilite et accélère l'oxydation de la matière organique par fermentation aérobie qui s'effectue sous l'action d'enzymes sécrétés par des microorganismes préexistants dans les déchets, le principe du compostage de déchets organiques se divise en deux grandes phases principales

#### **5.3.5. La méthanisation :**

Elle consiste à la décomposition anaérobie des déchets organiques, fraction fermentes : ordures ménagères, déchets verts, déchets de l'agro-alimentaire, et qui permet de produire un biogaz combustible composé majoritairement du méthane (CH<sub>4</sub>) [15].

#### **5.3.6. Traitement thermique :**

##### **5.3.6.1. La pyrolyse (thermolyse) :**

Le procédé qui tend à être de plus en plus utilisé consiste en un traitement thermique (500-800°C) du déchet dans une atmosphère exempte d'oxygène, conduisant à la

formation de gaz, de liquides, et de solides résiduaire [16].

##### **5.3.6.2- L'incinération :**

###### **➤ Incinération sans récupération d'énergie:**

L'incinération vise la minéralisation totale des déchets par combustion de la phase organique dans des fours spéciaux les déchets de l'incinération (Les sous-produits solides générés), sont utilisés comme substitut de granulats naturels [17].

###### **Incineration avec récupération d'énergie :**

La chaleur dégagée par les incinérateurs est récupérée sous forme de vapeur, par passage des fumées à travers des tubules des chaudières.

La vapeur ainsi produite peut être utilisée de trois façons :

- Alimenter un réseau de chauffage ;
- Alimenter un turbo alternateur produisant de l'électricité ;
- Pour la cogénération qui consiste à la fois de la chaleur et de l'électricité.

## **6. Conclusion**

Depuis les deux dernières décennies La croissance économique enregistrée en Algérie a aggravé la situation environnementale en matière de la gestion des déchets municipaux. Les principes universels du développement durable (les principes de (précaution, responsabilité, pollueur-payeur, prévention, participation). La responsabilité élargie du producteur et de transparence.) ont été bien pris en charge par les pouvoirs publics inclus dans des programmes gouvernementaux .Cette prise de conscience sur l'aspect environnemental est donc amplifiée principalement par l'adoption depuis cette dernière décennie d'un ensemble des lois portant sur le développement durable, l'environnement, le littoral, la ville, l'aménagement du territoire, la gestion des déchets.

## **Références**

1. J. Fantan, 2003, les polluants de l'air les connaître pour les combattre. Ed. Vuibert , 198p. <https://www.dgdr.cnrs.fr/sst/CNPS/guides/doc/dechets>
2. O. REDJAL , 2005 Vers un développement urbain durable, phénomène de prolifération des déchets urbains et stratégie

- de préservation de l'écosystème, exemple de Constantine p 27
3. M. Tabet - (2001) Rev. Energ. Ren. Types de Traitement des Déchets Solides Urbains Evaluation des Coûts et Impacts sur l'Environnement: , 97-102 93
  4. Bouglouf, Mohamed(2014) Contribution à la gestion et la valorisation des déchets solides et ménagers à Skikda (Nord-est algérien) UNIVERSITE 20 AOUT 1955 SKIKDA
  5. P.N.U.D. 2009- Guide des techniques communales pour la gestion des déchets ménagers et assimilés.M.A.T.E.T.51p
  6. DESACHY C., 2001- Les déchets : sensibilisation à une gestion écologique. Ed. TEC&DOC. Paris. 463 p.]
  7. RAMADE F, 1979- Ecotoxicologie, 2ème édition. Ed. Massions, 223p
  8. A.D.E.M.E.,2008(b):<http://www2.ademe.fr>
  9. GILLET R., 1985-Traité de gestion des déchets solides urbains V1 ; ordure ménagères. Nettoyage et élimination des déchets. Ed. O.M.S, 397p
  10. J.M.A.T.E, 2003a : « Manuel d'information sur la gestion et l'élimination des déchets solides urbains.
  11. BLIEFERT C et PERRAUD D., 2004-Chimie de l'environnement : Air, Sol, Eau et Déchets. Ed. De Boack. 477p
  12. M.A.T.E. 2001-Manuel de gestion des déchets solides urbains, Ed. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Pp62 et 63.
  13. DUVAL C., 2004-Matière plastique et environnement, recyclage, valorisation, biodégradabilité, écoconception. Ed. Dunod, Paris, 310p
  14. A.D.E.M.E. 2000-Le traitement biologique : Enquête sur les installations de traitement des déchets ménagers et assimilés en 2000, Ed. A.D.E.M.E. Paris.13p]
  15. W.M.P., 2009-Waste Management plan. Doc No. UU00-A-00TL-000-0001(B). ISG.
  16. A.D.E.M.E.,2008(b) : <http://www2.ademe.fr>
  17. MURAT M., 1981- Valorisation des déchets et de sous-produits industriels. Ed, MASSON. Paris.326p

## Recyclage les déchets des matières plastiques

\* **B. Kouini, K. Louhab**<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup>Département du Génie des Procédés, Faculté de Technologie, Université M'Hamed Bougara, Boumerdès, Algérie

<sup>1</sup> Réseau Algérien d'Economie Circulaire.

\*Corresponding author: kouinib@univ-boumerdes.dz / Louhab\_ka@yahoo.fr

### RÉSUMÉ

La gestion des déchets concerne tous les types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux. Leurs traitements diffèrent selon qu'on se trouve dans un pays développé ou en voie de développement, dans une ville ou dans une zone rurale, que l'on ait affaire à un particulier, un industriel ou un commerçant. La gestion des déchets non toxiques pour les particuliers ou les institutions dans l'agglomération est habituellement sous la responsabilité des autorités locales, alors que la gestion des déchets des commerçants et industriels est sous leur propre responsabilité.

Dans cette perspective, nous allons traiter les différentes opérations de traitement et de recyclage des déchets de l'industrie plastique.

**Mots clés :** déchets, gestion, traitement, recyclage, industrie plastique.

### 1. La gestion des déchets

Selon la réglementation Algérienne (loi 01-19) la gestion des déchets est définie comme « Toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations ». Cependant, la gestion des déchets consiste dans l'action de collecter, transporter et traiter les rebus produits par l'activité humaine afin de réduire leurs effets sur la santé humaine et l'environnement.

La gestion des déchets concerne tous les types de déchets, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux. Leurs traitements diffèrent selon qu'on se trouve dans un pays développé ou en voie de développement, dans une ville ou dans une zone rurale, que l'on ait affaire à un particulier, un industriel ou un commerçant. La gestion des déchets non toxiques pour les particuliers ou les institutions dans l'agglomération est habituellement sous la responsabilité des autorités locales, alors que la gestion des déchets des commerçants et industriels est sous leur propre responsabilité.

### 2. Les différentes stratégies de gestion des déchets (les 3R)

Il y a plusieurs principes de gestion des déchets dont l'usage varie selon les pays ou les régions. La hiérarchie des stratégies (règle des trois : **R**éduire ; **R**éutiliser ; **R**ecycler), classe les politiques de gestion des déchets selon la préférence qu'on doit leur accorder. La

hiérarchie des stratégies a plusieurs fois changé d'aspect ces dix dernières années, mais le concept sous-jacent est demeuré la pierre angulaire de la plupart des stratégies de gestion des déchets : l'objectif est d'utiliser au maximum les matériaux et de générer le minimum de rebus.

Certain expert en gestion des déchets ont récemment ajouté un « quatrième **R** » : « Repensé », qui implique que le système actuel a des faiblesses et qu'un système parfaitement efficace exigerait qu'un regard totalement différent soit porté les déchets.

- ☞ **Réduire** : réduire la production des déchets à la source, c'est-à-dire diminuer la quantité de déchets au moment de la fabrication d'un produit, de sa distribution, de son achat, de son utilisation et de son élimination ; Les méthodes de réduction à la source impliquent des changements dans les processus de fabrication, les apports des matières premières et la composition des produits.
- ☞ **Réutiliser**: consiste à prolonger la durée de vie d'un produit de façon à ce qu'il puisse être à nouveau apte pour un usage identique. A titre d'exemple, l'utilisation des différents emballages (bouteilles en plastique ou en verre des différents boissons achetées) pour garder l'eau dans le réfrigérateur.
- ☞ **Recycler**: ou bien valorisation mécanique est une manière de réduire l'impact des déchets sur l'environnement dû à l'utilisation des ressources naturelles. La matière d'un déchet est transformée pour devenir une matière première pour une autre industrie. Les déchets qui se prêtent le mieux au recyclage sont les déchets non dangereux ou inertes provenant des industries et des ménages.

### 3. Modes de traitements des déchets

L'un des enjeux environnementaux du développement durable consiste dans le traitement des déchets en choisissant la technique la plus adéquate selon le type des déchets. Ainsi le traitement désigne l'ensemble du processus de distribution d'un déchet en direction du lieu de transformation ou stockage approprié.

#### 3.1. Les techniques des traitements des déchets :

Le traitement des déchets permet de les valoriser en utilisant plusieurs techniques de traitement telles que la mise en décharges, le compostage, l'incinération, le recyclage, etc.

Toutefois le traitement doit être précédé par la collecte et le tri qui doivent se faire selon la composition et la nature de ces déchets (plastiques, verre, fer, papier, etc.)

### 4. Le recyclage des déchets des plastiques

L'augmentation de la consommation de plastiques s'accompagne d'une augmentation des déchets plastiques dans la nature. Cela soulève des problèmes liés à l'environnement: les plastiques usagés connaissent

plusieurs destins : abandonnés dans la nature, mis en décharge, incinérés, et au mieux recyclés,... Actuellement, la recherche travaille également à la fabrication de nouveaux plastiques moins problématiques au niveau environnemental : « les bioplastiques ». Le recyclage, des déchets ménagers comme des déchets industriels, est une pratique de plus en plus intensive que les autorités publiques cherchent à promouvoir. Ce qui incite les entreprises à valoriser leurs déchets de production dans des voies de recyclage, c'est de diminuer les coûts (coûts d'élimination, coût d'achat de matières premières, prix de revente des matières) tout en développant une image verte et en prévenant les évolutions législatives, toujours plus exigeantes dans ce Domaine.

#### 4.1. La matière plastique

Les plastiques sont des mélanges de polymères et d'adjuvants synthétiques de nature organique. Une substance est dite plastique lorsqu'elle peut se déformer sous l'action d'une force extérieure, puis elle conserve la forme ainsi acquise, lorsque la force aura cessé d'agir.

#### 4.2. Les différents types de matières plastiques

Il y a une grande variété de plastiques : Les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

#### 4.3. La fabrication du plastique

La fabrication du plastique se fait à travers un processus définit qui est: le raffinage et le craquage, la polymérisation et les adjuvants.

#### 4.4. Origine et répartition des plastiques

Les déchets de matières plastiques sont classés par catégories et par secteurs d'application :

- Déchets industriels ;
- Déchets de distribution (transport, emballage) ;
- Déchets des consommateurs finaux.

#### 4.5. Le processus de collecte et de tri et de recyclage

Les étapes de valorisation des déchets plastique sont :

##### ☞ La collecte et le tri

Les déchets plastiques qui sont produits par les entreprises, les ménages et les administrations publiques doivent d'abord être collectés, triés avant d'être recyclés.

### **A. La collecte**

La collecte est le procédé fondamental par lequel les matières recyclables sont détournées des dépotoirs et acheminées vers des établissements de transformation ou de manutention. Les déchets non recyclables sont incinérés ou enfouis en centre d'enfouissement technique. Les modes de collecte utilisés pour la collecte du plastique d'emballage ménagers et d'autres déchets plastiques sont :

- La collecte en apport volontaire ;
- La collecte sélective en porte-à-porte ;
- La collecte des encombrants.<sup>14</sup>

### **B. Le tri**

Quelle que soit l'origine du plastique collecté (bouteilles, tubes, châssis de fenêtres...), un traitement préalable de tri, nettoyage, purification, peut être nécessaire pour assurer une valorisation judicieuse.

## **5. Etapes du recyclage des déchets plastiques**

### **A. Le broyage, lavage et séchage:**

Après la collecte et tri des déchets plastiques, ils sont broyés qui sont transformés en paillettes, puis ils sont lavés à chaud. Les paillettes propres doivent être complètement séchées. (Toute humidité résiduelle peut affecter la qualité du produit fini).

### **B. La fonte et le filtrage:**

Les paillettes séchées sont passés dans une extrudeuse ou la chaleur et la pression font fondre le plastique. (Chaque type de plastique a un point de fusion particulier). Le plastique subit un filtrage serré, (Cette étape permet d'enlever tout contaminant qui aurait résisté au cycle de lavage).

### **C. La granulation:**

Les pailles sont refroidies puis coupées en granules. (Celles-ci sont entreposées pour la vente et l'expédition. Les granules obtenues serviront de matière première pour de nouveaux produits, ils sont pris en charge par les usines de transformation. Ils sont intégrés dans la chaîne

de transformation qui leur est spécifique et en sortent sous forme de matière prête à l'emploi.

## **5.1. Avantages et limites du recyclage des plastiques**

On peut dire que le recyclage des plastiques à plusieurs avantages que d'inconvénients, et cela on peut le constater à travers plusieurs exemples qui sont :

### **5.1.1. Avantages du recyclage :**

**-Protection de l'environnement:** En triant les déchets, on devient le premier maillon de la chaîne du recyclage et contribué activement au développement durable : le processus de recyclage implique en effet l'utilisation de matières premières secondaires issues de déchets et permet ainsi d'éviter toutes les phases d'extraction et de transformation de la matière première naturelle qui sont polluantes et coûteuses en énergie.

**- Préservation des ressources:** Le recyclage permet de briser la chaîne immuable des ressources transformées en produits qui, en fin de vie, deviennent des déchets qu'il faut éliminer. Une boucle vertueuse est ainsi créée par l'utilisation de matière première issue de déchets à la place de matière première naturelle. Par exemple, une tonne de plastique permet d'économiser 800 kilos de pétrole brut. A une époque où la pénurie des ressources pétrolières se dessine à moyen terme, une telle économie prend toute son importance.

**- Une question d'image :** Il est avéré que les entreprises œuvrant dans le respect de l'environnement sont perçues beaucoup plus favorablement. La pratique du recyclage permet donc d'améliorer l'image de votre société auprès de vos clients comme du grand public.

**- Soutenir l'économie locale :** Le recyclage favorise l'économie locale et contribue par conséquent à la création d'emplois.

### **5.1.2. Les limites de recyclage :**

Il existe plusieurs limites, on les illustre comme suit:

- La première limite est politique. Il est souvent utilisé pour la communication d'entreprises qui vendent des produits ayant une durée de vie limitée. Ils produisent des déchets, mais l'entreprise communique sur le fait qu'ils sont recyclables, et sous couvert d'écologie, les distribuent à grande échelle. Finalement, dans ce cas, le recyclage sert

d'alibi et masque la seule volonté de produire plus, sans pour autant accorder l'importance (et donc le budget) nécessaire à la réduction des déchets.

- Le recyclage coûte cher, il entraîne d'ailleurs plusieurs types de coûts, parmi lesquels des coûts de transports et de traitements en générale assez élevés.
- Le coût de la main-d'œuvre est lui aussi important. La collecte et le tri et le traitement des déchets nécessitent en général beaucoup de personnel. Si le coût de la main d'œuvre est élevé, les déchets recyclés seront moins compétitifs en termes de prix sur le marché.
- Le processus de recyclage (broyage, lavage, séchage, extrusion et la granulation) nécessite une grande consommation d'énergie. Donc, une charge importante pour l'entreprise.

1.

## Etude du potentiel global de production d'hydrogène vert en Algérie à partir des énergies renouvelables

\* A. HATTALI

\* Université Yahia Farès, Médéa. Algérie.

\*Corresponding author: [ahl\\_hattali@yahoo.fr](mailto:ahl_hattali@yahoo.fr)

### RÉSUMÉ

Ce travail est basé sur une étude comparative du potentiel de production d'hydrogène vert en Algérie à partir d'énergie photovoltaïque et l'énergie éolienne terrestre. Pour produire de l'hydrogène vert via le processus d'électrolyse de l'eau. L'eau doit être fournie comme eau déminéralisée aux cellules d'électrolyse. Comme valeur de référence, une consommation spécifique d'eau d'environ 10 litres d'eau déminéralisée ou 14 litres d'eau de robinet est nécessaire pour produire 1 Kg d'H<sub>2</sub> vert.

Cette installation de production d'H<sub>2</sub> est peut être alimentée par l'énergie renouvelable (énergie photovoltaïque ou énergie éolienne). D'après l'étude bibliographique, on constate que la surface du site globale en Algérie pour la photovoltaïque est 94.7 ha, avec une surface spécifique du site par capacité installée est de l'ordre de 0.11 KW/m<sup>2</sup>. Alors que, la surface du site pour l'énergie éolienne en Algérie est 5.715 ha, avec une surface spécifique du site par capacité installée de l'ordre de 0.006 KW/m<sup>2</sup>. En comparant, le potentiel global de production d'H<sub>2</sub> vert à partir des énergies renouvelables, on peut voir que le potentiel de production d'énergie photovoltaïque dépasse d'un facteur 10 celui de l'énergie éolienne terrestre.

**Mots clés:** Photovoltaïque, éolienne, énergie, hydrogène vert, Algérie..

### 1. Introduction

A l'heure actuelle, la production d'hydrogène se fait presque exclusivement à partir de combustible fossile. Dans la perspective d'un développement durable avec réduction des émissions de gaz à effet de serre, la production massive de l'hydrogène via l'électrolyse de l'eau semble, la solution idéale, lorsque celle-ci est effectuée à l'aide d'une source d'énergie renouvelable. L'électrolyse alcaline est le procédé le plus mature, employé en industrie, offrant l'avantage de la simplicité. Les défis pour l'usage de l'électrolyse sont de réduire la consommation, le coût et la maintenance et d'augmenter la fiabilité, la durabilité et la sûreté [1].

En termes d'énergie, l'Algérie est toujours dépendante principalement des énergies fossiles. Les débats de ces dernières années sur la période post-pétrolière ont encouragé l'intérêt pour les énergies renouvelables à grande échelle. En conséquence, l'éolien, le solaire et la biomasse ont reçu le soutien du gouvernement. L'Algérie a fait du développement des énergies renouvelables une priorité nationale avec le Plan national de développement des énergies renouvelables, qui vise à faire en sorte que les sources renouvelables représentent au total 15 000 MW d'ici 2035, dont 4 000 MW d'ici 2024.

L'objectif associé à ce programme est de permettre non seulement l'économie de près de 240 milliards de m<sup>3</sup> de gaz naturel et d'éviter ainsi l'émission de 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, mais également le développement effectif

## A. Hattali

d'un tissu de PME sur l'ensemble de la chaîne de valeur des composants dédiés aux énergies renouvelables.

L'hydrogène est actuellement utilisé principalement comme matière première plutôt que comme vecteur énergétique. Les principales applications sont dans les raffineries et pour la production d'ammoniac en Algérie. En outre, de nouvelles possibilités d'utilisation de l'hydrogène vert peuvent se présenter, par exemple, dans la production d'acier primaire ou la production de chaleur à haute température pour l'industrie du ciment. L'ammoniac est presque exclusivement utilisé comme matière première dans l'industrie chimique en Algérie et pour l'exportation. Outre son application possible en tant que matière première, l'ammoniac attire l'attention en tant que vecteur énergétique potentiel [2].

Dans ce travail, nous avons fait une analyse bibliographique concernant le potentiel des énergies renouvelables (PV et Eolienne) en Algérie, ainsi que le potentiel de production de l'hydrogène vert à partir des énergies renouvelables en Algérie.

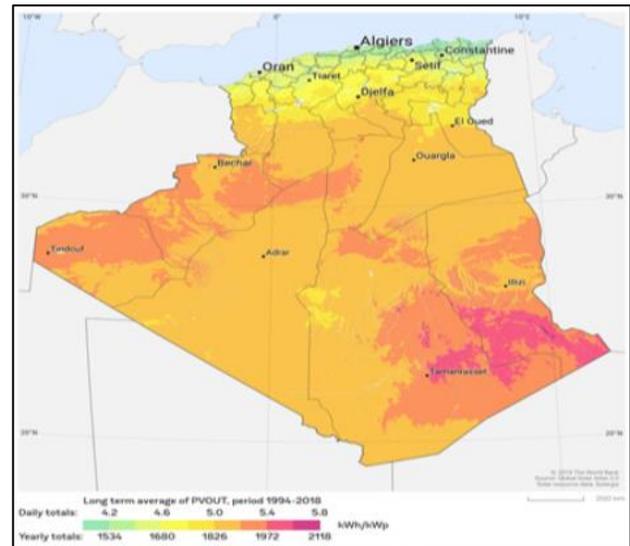
## 2. Potentiel des énergies renouvelables en Algérie

### 2.1. Energie solaire

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'énergie récupérée et transformée directement en électricité à partir de la lumière du soleil par des panneaux photovoltaïques. Elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur d'un photon en électron. Outre les avantages liés aux faibles coûts de maintenance des systèmes photovoltaïques, cette énergie répond parfaitement aux besoins des sites isolés et dont le raccordement au réseau électrique est très onéreux. L'énergie solaire photovoltaïque est une source d'énergie non polluante, modulaire, ses composants se prêtent bien à une utilisation innovante et esthétique en architecture [3].

Le Sahara algérien constitue un des plus importants gisements solaires au monde. Avec un ciel clair, quasiment sans nébulosité, le Sahara est le domaine du soleil. La durée d'insolation, de l'ordre de 3 500 heures/an est la plus importante au monde. Elle est toujours supérieure à 8 heures/jours à l'exception de l'extrême sud où elle descend jusqu'à 6 heures/jour durant l'été. Pendant l'été, elle peut atteindre jusqu'à plus de 12 heures/jour au centre du Sahara [4].

L'irradiation solaire reçue par an est de l'ordre de 2650 kWh/m<sup>2</sup>. La puissance reçue par jour est toujours supérieure à 5 kWh/m<sup>2</sup> et peut atteindre facilement les 7 kWh/m<sup>2</sup>. Le site global en Algérie pour la photovoltaïque est environ 94.7 ha. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de tout le pays (Figure 1) [2, 5].



**Figure 1** Carte des ressources solaires du potentiel photovoltaïque en Algérie [4]

### 2.2 Energie éolienne

L'énergie éolienne est une source d'énergie qui dépend du vent. Le soleil chauffe inégalement la Terre, ce qui crée des zones de températures et de pression atmosphérique différentes tout autour du globe. De ces différences de pression naissent des mouvements d'air, appelés vent. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans des éoliennes, appelées aussi aérogénérateurs, grâce à la force du vent [6].

La quantité d'énergie produite par une éolienne dépend principalement de la vitesse du vent, mais aussi de la surface balayée par les pales et de la densité de l'air [3]. La surface du site pour l'énergie éolienne en Algérie est environ 5.715 ha et plus particulièrement la région centre et ouest du Sahara constitue un important gisement éolien (Figure 2). Avec une vitesse annuelle moyenne de 6 m/s à 10 m du sol, la région d'Adrar représente le potentiel éolien le plus important de tout le pays [7].

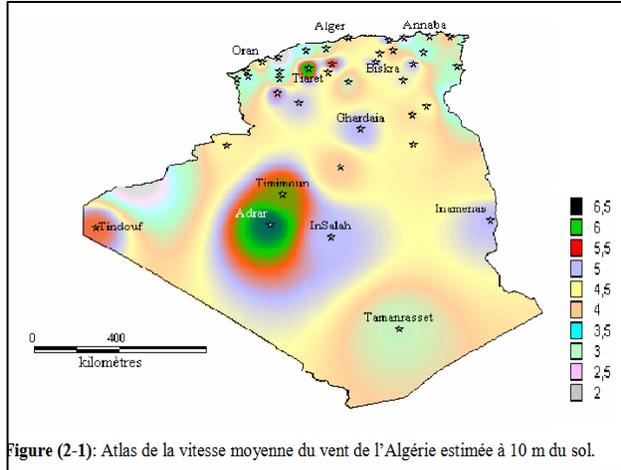


Figure 2 : Atlas de la vitesse moyenne du vent de l'Algérie estimée a 10 m du sol [7].

### 3. Potentiel de production d'hydrogène vert en Algérie

Le rendement de production d'hydrogène vert est proportionnel au potentiel d'énergie renouvelable et à l'efficacité de conversion du système d'électrolyse.

Le rendement annuel en hydrogène par unité de surface est défini en tant que facteur d'évaluation du potentiel géographique de production d'hydrogène.

Ce potentiel de production d'hydrogène vert représente le potentiel technique sans tenir compte des contraintes d'utilisation des terres et des critères d'évaluation spécifiques au site. Par conséquent, le potentiel technique doit être interprété comme une indication du potentiel maximal.

#### 3.1. Potentiel de production d'hydrogène vert à partir d'énergie photovoltaïque

Sur la base du potentiel d'irradiation solaire en Algérie, qui augmente naturellement vers l'équateur, un gradient nord-sud du potentiel de production d'hydrogène spécifique a été observé.

Dans la partie nord de l'Algérie (zone de la côte méditerranéenne, chaîne de montagnes Atlas Tellien, chaîne de l'Atlas saharien), au nord de 33 ° N de latitude nord, le rendement spécifique en hydrogène est compris entre 29 et 39 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Dans la partie centrale de l'Algérie (désert du Sahara, Grand Erg occidental / oriental, plateau de Tademaït), entre 27 ° et 33 ° N de latitude nord, le rendement spécifique en hydrogène augmente à 40 - 41 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Dans la partie sud de l'Algérie (désert du Sahara, montagnes Ahaggar, montagnes Tassili-N-Ajjer), entre 19 ° et 27 ° N de latitude nord, la région peut être subdivisée en régions à fort potentiel dans la région sud-est du Montagnes Ahaggar avec un rendement d'hydrogène spécifique de 41 à 43 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) et régions à potentiel moyen vers la frontière mauritanienne avec un rendement hydrogène spécifique de 39 à 40 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Le plus grand potentiel de production d'hydrogène spécifique à partir de l'énergie photovoltaïque se trouve dans la région sud-est de l'Algérie dans la région des monts Ahaggar et Tassili-N-Ajjer, à savoir dans les provinces d'Ilizi et de Tamanrasset. Le potentiel de production d'hydrogène spécifique le plus faible à partir de l'énergie photovoltaïque se trouve dans la région du nord-est de la Méditerranée, entre Bejaia et Annaba.

Sur la base du rendement d'hydrogène spécifique au site décrit ci-dessus, le potentiel technique global de production d'hydrogène vert à partir de l'énergie photovoltaïque en Algérie est estimé à 6 650 Mio. t par an en 2030.

Les régions ayant le plus grand potentiel de production d'hydrogène sont les provinces de Tamanrasset (27%), Adrar (19%), Ilizi (13%) et Tindouf, Béchar, Ouargla (7% chacune) [2].

#### 3.2. Potentiel de production d'hydrogène vert à partir d'énergie éolienne

Par rapport au potentiel de production d'hydrogène vert à partir de l'énergie photovoltaïque, le potentiel de l'énergie éolienne terrestre est spatialement plus distribué et spécifique au site. Le potentiel de l'énergie photovoltaïque est similaire au faible rendement spécifique en hydrogène dans la partie nord de l'Algérie (zone de la côte méditerranéenne, chaîne de montagnes Tell Atlas, chaîne de l'Atlas saharien) par rapport à d'autres régions. Dans la partie nord, le rendement spécifique en hydrogène est compris entre 0,1 et 0,25 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an).

Le rendement d'hydrogène de niveau moyen produit entre 0,38 et 0,52 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) peut être observé dans de vastes régions du pays et plus particulièrement dans la zone du désert saharien. Les régions à fort potentiel avec de l'hydrogène produisent entre 0,52 et 0,59 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) peuvent être observés dans les

## A. Hattali

zones de plateau de Tademaït (Tamanrasset) et du massif d'El Eglab (Tindouf, Adrar).

Les rendements d'hydrogène spécifiques les plus élevés dans la gamme de 0,59 à 0,66 Mio. kg / (km<sup>2</sup> \* an) et plus peuvent être observés sur le plateau de Tademaït.

Sur la base du rendement en hydrogène spécifique au site décrit ci-dessus, le potentiel technique global de production d'hydrogène vert à partir de l'énergie éolienne terrestre en Algérie est estimé à 994 Mio. t par an en 2030.

Les régions ayant le plus grand potentiel de production de l'hydrogène vert en Algérie sont les provinces de Tamanrasset (26%), Adrar (22%), Illizi (13%), Tindouf (8%) et Béchar, Ouargla (7% chacune) [2].

En comparant le potentiel global de production d'hydrogène à partir de l'énergie photovoltaïque et de l'énergie éolienne terrestre, on peut voir que le potentiel de production de l'énergie photovoltaïque dépasse d'un facteur 10 celui de l'énergie éolienne terrestre. Le rapport entre le potentiel photovoltaïque et l'éolien terrestre diffère entre les régions de 6 % (minimum) à 12% (maximum) de la production totale[2].

### 4. Impacts environnements

Les émissions de CO<sub>2</sub> dans le pays sont largement influencées par la production d'électricité à partir du pétrole et du gaz. L'Algérie s'est classée 83 à l'indice de performance environnementale (IPE) sur 180 pays en 2018 [8].

Les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile en Algérie étaient de 156 220 560 tonnes en 2016. Ces émissions ont atteint 180,6 millions de tonnes en 2019 en augmentant à un taux annuel moyen de 5,20%. Quant au secteur de l'électricité, il représente 21,7% du total des émissions [2].

L'hydrogène vert contient une grande quantité d'énergie par rapport à d'autres vecteurs énergétiques - Bois : 15 MJ/kg - Gasoil : 44,8 MJ/kg - Gaz naturel : 50 MJ/kg - Hydrogène : 120.5 MJ/kg. Il est très abondant sur terre, sa combustion n'émet aucun polluant. Il s'agit d'un gaz léger ; il s'élève et se disperse rapidement dans des espaces ventilés et ouverts [2].

Selon l'étude exploratoire sur le potentiel du power-to-X (hydrogène vert) pour l'Algérie, à l'horizon 2030, la

production d'hydrogène à partir des énergies renouvelables peut mener à une réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de:

- 7% avec les moyens nationaux
- 15% supplémentaire si soutien en matière de financements extérieurs, de développement et de transfert technologique et de renforcement de capacités.

### 6. Conclusion

L'Algérie a fait du développement des énergies renouvelables une priorité nationale avec le plan national de développement des énergies renouvelables, qui vise à faire en sorte que les sources renouvelables représentent au total 15 000 MW d'ici 2035, dont 4 000 MW d'ici 2024.

L'objectif associé au programme de production de l'hydrogène vert à partir des énergies renouvelable est de permettre non seulement l'économie de près de 240 milliards de m<sup>3</sup> de gaz naturel et d'éviter ainsi l'émission de 200 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, mais également le développement effectif d'un tissu de PME sur l'ensemble de la chaîne de valeur des composants dédiés aux énergies renouvelables.

### Références

1. N. Chenouf, S. Rahmouni, B. Negrou, B. Dokkar, N. Settou, 2014. Etude technico-économique de la production d'hydrogène par deux applications de l'énergie solaire dans la région d'Ouargla. Annales des Sciences et Technologie. Vol. 6, N° 2
2. S. Drenkard, A. Mirakyan, 2021. Etude exploratoire sur le potentiel du power-to-X (hydrogène vert) pour l'Algérie. partenariat énergétique Algéro-allemand. Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
3. A. Hanane, 2015. La stratégie d'implantation des énergies renouvelables en Algérie Cas de la photovoltaïque. Thèse de magister. Université d'ORAN-2- Mohamed ben Ahmed.
4. M.R. Yaiche, A. Bouhani., S.M.A. Bekkouche, A. Malek, T. Benouaz, T, 2014. Revised solar maps of Algeria based on sunshine duration. Energy Conversion and Management. Vol. 82 pp. 114–123.
5. B. Khellaf, A. Khella, 2003. Estimation de la production de l'Hydrogène Solaire au Sud Algérien R. Rev. Energ. Ren.: ICPWE pp.73-77
6. N. Yassaa., M. Khelif. 2020. Transition Energétique en Algérie: Leçons, Etat des Lieux et Perspectives pour un Développement Accéléré des Energies Renouvelables, CEREF: Commissariat aux Energies Renouvelables et à l'Efficacité Energétique, Premier Ministre, Alger. EISSN/ISSN 2716-8654.

## **A. Hattali**

7. H. Daaou Nedjar, S. Kheder Haddouche., A. Balehouane., O. Guerri, 2018. Optimal windy sites in Algeria: potential and perspectives ; Energy ; 2018.
8. B. Ouchene A., Moroncini. 2018. De l'économie socialiste à l'économie de marché : l'Algérie face à ses problèmes écologiques. Vertigo. Vol. 18 N°2.

## L'Economie circulaire et la gestion durable des déchets urbains pour une ville en bonne santé

\***M. Daoudi-Tamoud**

Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU), Alger. Laboratoire Ville Urbanisme et Développement Durable (VUDD), Équipe de recherche QUEDD.

\*Corresponding author: mounitecte503@gmail.com

### RÉSUMÉ

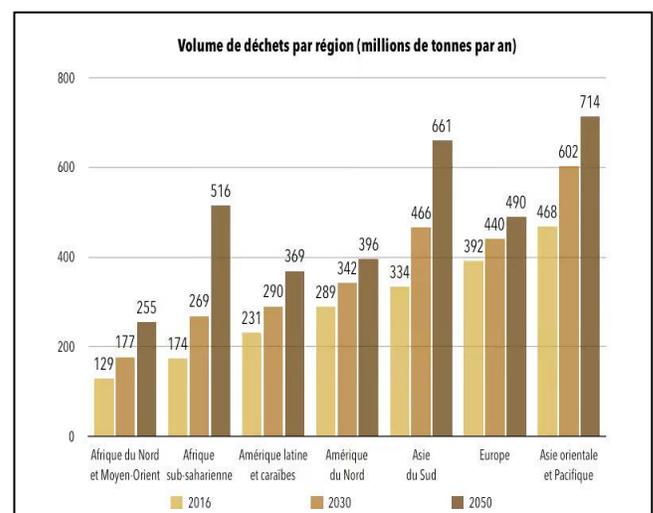
Cette communication s'intéresse à la problématique des déchets urbains et comment l'économie circulaire peut contribuer dans leur gestion pour une ville en bonne santé. Elle traite le sujet des déchets, leur définition, leurs types et leur classification, ainsi que leur impact sur l'environnement et la santé humaine, et les solutions existantes et proposés par l'économie circulaire pour la gestion de ces déchets urbains ainsi que la législation algérienne pour une ville saine et durable. Elle traite aussi le processus de l'économie circulaire comme nouvelle technique de recyclage, de valorisation et de réutilisation des déchets dans une boucle fermée dans le but de préserver les ressources par la valorisation de ces déchets.

**Mots clés:** économie circulaire, gestion des déchets urbains, santé, durable.

### 1. Introduction

Les déchets urbains ne cessent de croître. D'ici 30 ans, il y'aura 70 % de déchets en plus, c'est le cri d'alerte lancé par la Banque mondiale dans son dernier rapport en 2021.

Cette énorme hausse est alarmante, elle touche le plus les pays développés comme le montre le graphe suivant:



Néanmoins, la situation est plus grave pour les pays en développement car si ces milliards de tonnes d'ordures sont relativement pris en charge dans les pays riches, elles finissent le plus souvent dans des décharges sauvages dans les pays qui n'ont pas les capacités de les recycler.

Les problèmes urbains actuels sont dus à l'accroissement de la population et l'étalement urbain, avec la menace du changement climatique. Ils ont laissé les scientifiques réfléchir à des solutions pour faire de la ville un modèle de développement durable. D'après l'ONU, la population urbaine devrait atteindre 5 milliards

d'habitants en 2030, Pour accompagner cet essor urbain, les défis pour une ville durable visent à faire des habitations plus écologiques, fournir une mobilité fluide avec des moyens de transport non polluant et limiter l'exploitation des ressources naturels qui risquent de disparaître, en exploitant de nouvelles ressources plus durables avec le recyclage des déchets urbains et comment (Re) penser la ville à travers l'économie circulaire.

L'économie circulaire consiste à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets. Il s'agit de passer d'un modèle du « **tout jetable** » à un modèle d' « **économique circulaire** ».



Figure 1: L'économie circulaire.

Source: <https://www.ecologie.gouv.fr/leconomie->

L'idée d'une économie circulaire et de la gestion des déchets revient à un constat sur l'augmentation de la population, et de ce fait l'augmentation consécutive de la production des déchets urbains. Selon la loi n°01-19 du

12-12-2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, les déchets sont « *Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer* ».

## 2. La gestion des déchets urbains par l'économie circulaire:

Les déchets, qu'ils soient d'origine domestique, agricole ou industrielle, constituent une des préoccupations incontournables du XXI siècle. L'accroissement de la population et sa concentration dans les villes, le changement dans les modes de consommation, le développement industriel,...favorisent la production des déchets en grande quantité en milieu urbain.

La gestion, le traitement et le recyclage des déchets découlent d'un constat que les volumes de déchets se sont multipliés depuis 1950. L'accumulation de ces déchets engendre: une dégradation du cadre de vie (nuisances visuelles et olfactives), des impacts économiques, la pollution de l'environnement, une dégradation écologique et par conséquent des risques sur la santé humaine.

## 3. La gestion des déchets urbains en Algérie :

L'Algérie, considère la gestion des déchets comme l'une des trois priorités pour l'amélioration des conditions et du cadre de vie des citoyens, représentant actuellement un droit constitutionnel.

À travers le Ministère chargé de l'Environnement, le gouvernement algérien, a procédé à la mise en place de mesures réglementaires, institutionnelles et opérationnelles notamment le programme national de gestion des déchets municipaux (PROGDEM) et le programme national de gestion des déchets spéciaux (PROGDES).

Dans cette perspective, le **réseau national de l'économie circulaire** a décidé de contribuer à l'effort national, par la participation des compétences performantes pour les mettre à la disposition du secteur socio-économique et industriel.



Figure 2 : Réseau Algérien de l'Economie circulaire  
www.calec-dz.org

Les déchets peuvent être abordés par l'économie circulaire de manière différente en fonction de leurs propriétés. Leur classification peut notamment se faire en fonction de leur état physique (solide, liquide, gazeux), de leur provenance (déchets ménagers, déchets industriels, déchets agricoles), de leur traitement (primaires, secondaires, ultimes) ou encore de leur dangerosité (déchets inertes, déchets banals, déchets spéciaux).

La distinction est nécessaire pour des motifs techniques liés à leur gestion : la collecte, le tri, le transport, le recyclage, l'élimination, le traitement,... ils ne peuvent pas s'effectuer de la même façon selon qu'il s'agit d'un déchet ménager, agricole ou industriel.

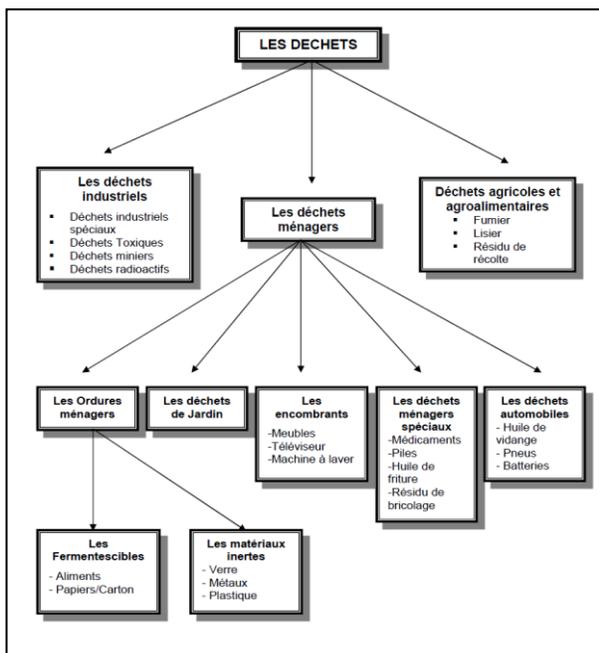


Figure 3: classification des déchets urbains.

#### 4. Les « déchets urbains»:

Sont considérés comme des «déchets urbains»:

- **Les déchets provenant des ménages:** tous les déchets provenant de ménages sont des déchets urbains. Du fait de leur composition, il convient d'opérer une distinction entre les déchets suivants :Orduresy compris les déchets encombrants (déchets mélangés non recyclables destinés à être incinérés)
- **Les déchets liés aux activités de soins :**déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI).
- **Déchets collectés séparément :** tous les déchets collectés séparément destinés à une valorisation matière (par exemple : verre, papier, carton, métal, textiles, déchets verts, emballages pour boissons en PET, appareils électriques et électroniques).
- **Les déchets des espaces publics**(rues, espaces verts, marchés). De plus, **les déchets non combustibles provenant de ménages** (par exemple les dalles de jardin, tuiles, pots pour plantes) sont également assimilés à des déchets urbains.
- **Déchets spéciaux et autres déchets soumis à contrôle :**déchets qui, pour être éliminés de manière respectueuse de l'environnement, requièrent, en raison de leur composition ou de leurs propriétés physico-chimiques ou biologiques.

#### 5. Risques sanitaires liés aux déchets urbains :

Actuellement, 5 millions de personnes dont 4 millions d'enfants de moins de 5 ans meurent chaque année de maladies liées aux déchets urbains. Les effets sur la santé et l'environnement prennent la forme d'une contamination de l'eau, de la terre et de l'air sur une superficie étendue et qui engendre par conséquent des risques sanitaires.

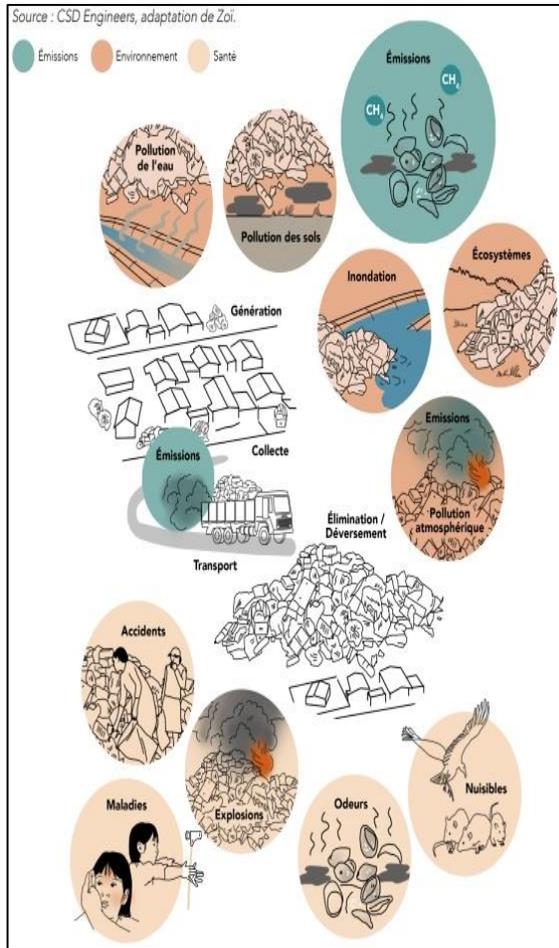


Figure 4 :Risques sanitaires liés aux déchets urbains

Emballages, nourriture périmée, vieux vêtements et appareils obsolètes... Plus nous consommons, plus nous générons de déchets. Cela n'est pas sans conséquence sur notre santé, ni sur l'environnement, représentent une source de pollution qui aura des effets néfastes pour la santé des habitants et de la faune et la flore en générale.

Les déchets peuvent avoir divers effets à court et à long terme sur la santé, ils provoquent plusieurs maladies, ils auront également des impacts sur l'environnement, car ils engendrent plusieurs types de pollutions (du sol, de l'air, de l'eau), ils peuvent même engendrer des risques majeurs tel que les inondations, et l'émission des gaz toxique, voir même des risques sur les différents écosystèmes.

C'est pour ça qu'il faut gérer les déchets vu leur impact sur la santé, ainsi qu'ils possèdent des potentialités dont on peut les exploiter comme ressources, et on peut

recupérer les matières présentes dans les déchets pour réduire le gaspillage et les couts.

## 6. L'économie circulaire et gestion des déchets urbains :

L'économie circulaire s'occupe de toutes les problématiques liées aux déchets urbains ; depuis la collecte jusqu'au stockage en passant par les différents modes de traitement et de valorisation : collecte des différentes matières, logistique, tri et stockage, préparation (regroupement, massification, conditionnement), traitement et valorisation, ainsi que la production de Matières Premières Secondaires.

L'économie circulaire prend en charge également les activités urbaines suivantes :démolition industrielle, débarras et réhabilitation de sites, mise en place de chantiers eco-responsables, dépollution et déconstruction de véhicules et bateaux hors d'usage et la gestion des chantiers.

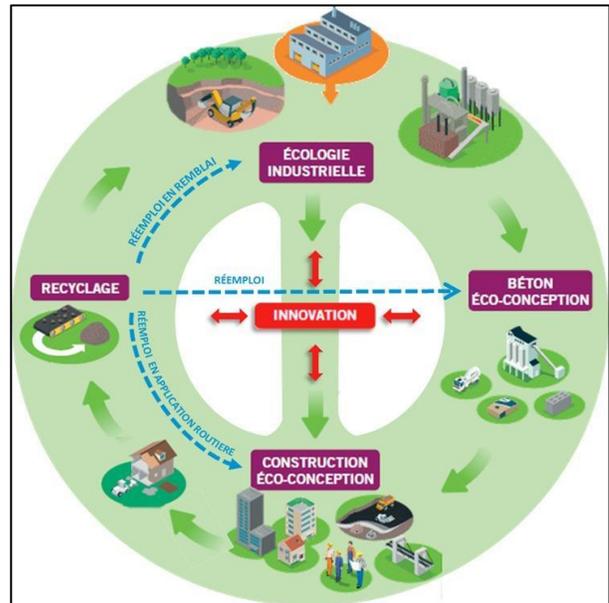


Figure 5 : La gestion durable des déchets de chantier : recyclage du béton

Ce modèle repose sur la création de boucles de valeur positives à chaque utilisation ou réutilisation de la matière ou du produit avant destruction finale. Il met notamment l'accent sur de **nouveaux modes de conception**, production et consommation, le prolongement de la durée d'usage des produits, l'usage

plutôt que la possession de bien, la réutilisation et le recyclage des composants.

La gestion des déchets est alors à prendre en compte dès la conception des projets afin de les valoriser pour compenser l'épuisement des ressources et les dégradations engendrées.

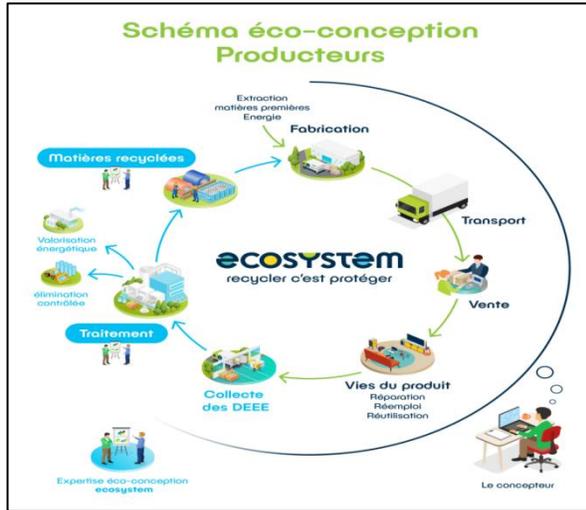


Figure 6: L'éco-conception

Les équipements urbains dont on a besoins pour l'économie circulaire sont: les déchèteries, le centre de tri, le centre de valorisation énergétique et le centre de valorisation organique. La présence de ces équipements en ville consiste à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets en milieu urbain.

**7. Les défis de l'économie circulaire pour une ville en bonne santé:**

Le modèle de l'économie circulaire donne une place toute particulière au déchet. Il n'est plus seulement un problème à traiter mais devient une ressource nouvelle pour produire de nouvelles matières et de l'électricité ou de la chaleur, à travers le recyclage et la valorisation. Cela est donc nécessaire pour réduire les effets néfastes de l'accumulation des déchets et trouver une alternative aux énergies fossiles non renouvelables.

**8. La gestion 4R des déchets urbains :**

À l'heure du changement climatique et alors que la population urbaine ne cesse de croître à l'échelle mondiale, les scientifiques s'attellent à un défi crucial qui est celui de(Re) penser la ville à travers la gestion 4R (Réduire, Réutiliser, Réparer, Recycler) de l'économie circulaire. Par exemple, les bio déchets dont la récupération passe par la collecte et le tri peuvent permettre de produire du biogaz (via la méthanisation) ou du compost pour une valorisation de la matière ; le tout alimentant des serres destinées au maraîchage pour développer une agriculture urbaine. »

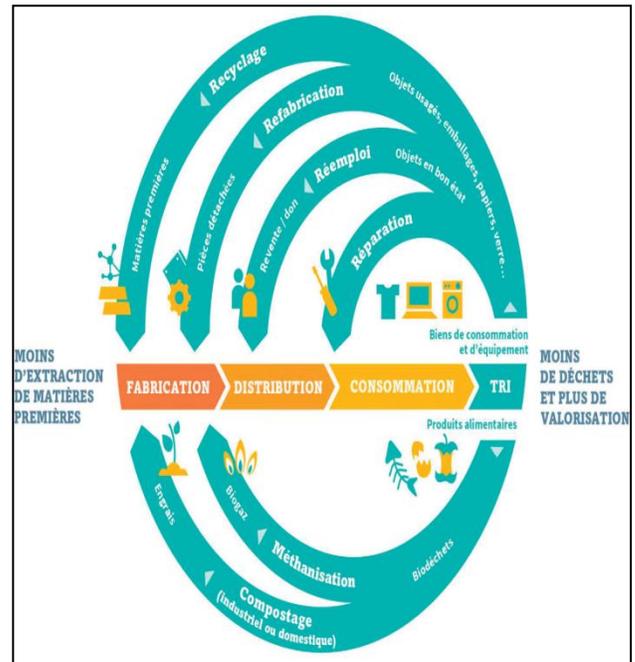


Figure 7: La gestion 4R des déchets urbains à travers l'économie circulaire

**8. L'économie circulaire rend La ville une source d'énergie :**

L'économie circulaire vise à produire une énergie durable tout en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production exhaustive des déchets en milieu urbain. Certaines villes comme Paris par exemple, ont pensé à un système de récupération de chaleur sur collecteur d'égout. Le groupe scolaire Wattignies (XIIe) à Paris est chauffé grâce à la chaleur récupérée sur un collecteur d'égouts (technologie Degrés Bleus). C'est la Compagnie parisienne de chauffage Urbain (CPCU) qui a installé le système et qui le gère.



Figure 8: L'économie circulaire qui rend La ville une source d'énergie.

La gestion des déchets par l'économie circulaire n'a pas qu'un défi technique. Comprendre les impacts environnementaux et sanitaires, les paramètres financiers et économiques, les éléments sociaux et culturels ainsi que le cadre politique et légal, est indispensable.

## 6. Conclusion

Certains futurologues ont déclaré que les décharges seront les « mines du futur ». À travers l'économie circulaire, la ville de demain produirait elle-même de quoi répondre à ses besoins énergétiques. En effet, de nombreuses pistes sont explorées pour atteindre cet objectif. Parmi celles-ci, la valorisation des déchets, « une matière première secondaire » selon Catherine Chevauché, qui précise : « Dans cette perspective, l'économie urbaine doit être circulaire, en liaison étroite avec l'industrie proche. Les boucles seront courtes... »

A travers l'économie circulaire, les liens entre la gestion des déchets et la gestion des ressources sont devenu très important. L'être humain dépasse les capacités de la terre et cours ainsi à sa perte. Or les déchets sont riches en ressources que l'on pourrait exploiter. D'un point de vue financier, les pollutions de l'environnement causées par les déchets, ainsi que le gaspillage des matières présentes dans les déchets sont couteux. En gérant les déchets il est possible de réduire les coûts extrêmes et donc de tenir compte des effets sur l'environnement.

Parmi les solutions proposées pour une gestion durable des déchets de chantier du domaine de la construction on trouve le recyclage du béton. Cette gestion est à prendre en compte dès la conception des projets afin de les valoriser pour compenser l'épuisement des ressources et les dégradations engendrées. L'économie circulaire permet également de réduire les effets directs et indirects des déchets sur la santé et les nuisances environnementales associées et par conséquent une ville durable en bonne santé.

## Références

1. La loi n°01-19 du 12-12-2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets
2. ADEME. « La collecte des déchets par le service public en France – Ademe ». Agence de la transition écologique. Consulté le 1 décembre 2022. <https://expertises.ademe.fr/economie-circulaire/dechets/chiffres-cles-observation/collecte-dechets-service-public-france>.
3. Centre national du recyclage. « Le traitement biologique des déchets organiques », décembre 2000.
4. Conservation Nature. « Comment sont gérés nos déchets ? » Consulté le 1 décembre 2022. <https://www.conservation-nature.fr/ecologie/la-gestion-des-dechets/>.
5. Magdelaine, Christophe. « Gestion des déchets », 16 janvier 2014. <https://www.notre-planete.info/ecologie/dechets/dechets.php>.
6. « Recyclage et valorisation du béton dans votre centre de recyclage ». Consulté le 1 décembre 2022. <https://www.carsabe.fr/blog/2020/04/30/recyclage-et-valorisation-du-beton-dans-votre-centre-de-recyclage>.
7. Ministères Écologie Énergie Territoires. « Traitement des déchets ». Consulté le 1 décembre 2022. <https://www.ecologie.gouv.fr/traitement-des-dechets>.
8. Vidya. « Gestion des déchets : découvrez l'économie circulaire ». Manutan blog, 18 juillet 2019. <https://www.manutan.fr/blog/hygiene/economie-circulaire-couts-gestion-dechets/>.
9. <http://www.ifsidijon.info/v2/wpcontent/uploads/2019/02/cours-gestion-des-d%C3%A9chets-14022019IFPS-1.pdf>

## Empreinte de Carbone des Stations de Dessalement en Algérie

\*M. Ammitouche, H. Baloul<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup>Département du Génie des Procédés, Faculté de Technologie, Université M'Hamed Bougara, Boumerdès, Algérie

\*Corresponding author:

### RÉSUMÉ

Face aux prévisions de stress hydrique, les États d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (ANMO) s'engagent dans des plans d'action à long terme afin d'augmenter leurs capacités de résilience au stress hydrique. Le développement du dessalement est au cœur de ces plans quinquennaux : dans la grande majorité des pays de la région, les capacités de dessalement vont doubler d'ici à 2030, 2050 au plus tard. **Les perspectives de stress hydrique rendent inéluctable l'augmentation de la demande d'eau dessalée [1].**

Les chiffres actuels indiquent qu'ils existent environ 16000 usines de dessalement dans le monde produisant d'environ 95 millions m<sup>3</sup> d'eau dessalée et 142 millions m<sup>3</sup> de rejet de saumure chaque jour avec différentes technologies [ 2]. (Figure 1)

La production de l'eau par dessalement de l'eau de mer se développe activement dans plusieurs domaines dans le monde y compris les côtes méditerranéennes par environ 47,5 % de la production mondiale.

Plusieurs techniques de dessalement existent bien que l'osmose inverse (OI) est le plus utilisé dans le monde en raison de son efficacité énergétique et son faible coût de production d'eau douce.

L'Algérie dispose 11 grandes stations de dessalement opérationnelles réparties sur un littoral de 1200 Km , de capacité totale d'environ 2,1 millions m<sup>3</sup> d'eau dessalée par jour et qui représente d'environ 17% de la consommation en eau potable .(Figure 2)

La technologie de l'osmose inverse est utilisée dans 10 /11 usines, à l'exception de la station Kahrama à Oran avec la technique du MSF.

Selon le ministère des ressources en eau à la fin de l'année 2023 le nombre des stations de dessalement s'augmentera à 22 stations pour satisfaire 42% de la consommation en eau potable et dépassera 50% en 2030.

Le dessalement ne peut jamais se faire avec « zéro énergie ». La quantité minimale d'énergie à séparer l'eau salée varie en fonction de la technologie utilisée, de la salinité de l'eau à dessaler et du pourcentage d'eau douce à rétablir (taux de conversion). Toutefois, des améliorations de processus qui rapprochent la consommation d'énergie réelle du minimum possible réduit l'empreinte carbone d'une usine de dessalement.

Ce travail consiste à estimer l'empreinte carbone sur les 11 grandes stations de dessalement en Algérie. Cette réalisation objective permettrait de comprendre l'impact environnemental causé par ces installations sur l'environnement.

**Mots clés:** dessalement, environnement, empreinte carbone, Algérie.

### 1. Introduction

Le dessalement d'eau s'impose progressivement comme la solution de premier plan pour faire face au stress hydrique croissant, c'est-à-dire au déséquilibre entre la demande en eau et la quantité disponible. Les Nations

unies estiment qu'en 2025, les deux tiers de la population mondiale seront concernés par ces défis. Si les causes de la raréfaction de l'eau sont multiples (changement climatique, agriculture intensive et croissance démographique), elle impose aux États de repenser leurs politiques hydriques, centrales pour la préservation de leur stabilité, résilience et souveraineté. Face aux prévisions de stress hydrique, les États d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient (ANMO) s'engagent dans des plans d'action à long terme afin d'augmenter leurs capacités de résilience au stress hydrique. Le développement du dessalement est au coeur de ces plans quinquennaux : dans la grande majorité des pays de la région, les capacités de dessalement vont doubler d'ici à 2030, 2050 au plus tard. **Les perspectives de stress hydrique rendent inéluctable l'augmentation de la demande d'eau dessalée.** (Figure 3). Le dessalement d'eau est une industrie qui émet une quantité importante d'émissions de GES. Les procédés de dessalement sont très énergivores et leur consommation énergétique varie selon la méthode utilisée. Parmi les méthodes thermiques (25 % des usines) qui sont les plus énergivores ; la méthode MSF (*multi-stage flash*) consomme entre 19,6 et 27,3 kWh par m<sup>3</sup> d'eau dessalée ; la méthode MED (*multi-effect distillation*) consomme entre 14,5 et 21,4 kWh pour 1 m<sup>3</sup> d'eau dessalé ; et la méthode MVC (*mechanical vapor compression*) consomme entre 7 et 12 kWh pour 1 m<sup>3</sup> d'eau dessalée. Les méthodes par membranes ont une consommation énergétique moins élevée : l'osmose inverse consomme entre 2,5 et 3 kWh par m<sup>3</sup> d'eau dessalée, et l'électrodialyse consomme entre 2,7 et 5,6 kWh/m<sup>3</sup>. Puisque les usines de dessalement fonctionnent majoritairement grâce aux énergies fossiles, leur empreinte carbone est particulièrement élevée. Le calcul énergétique actuel est assez clair : le dessalement de 1 000 m<sup>3</sup> (un million de litres) par jour consomme l'équivalent approximatif de 10 000 tonnes de pétrole par an<sup>9</sup>. L'empreinte carbone du dessalement de l'eau de mer par osmose inverse (RO) a été calculée entre 0,4 et 6,7 kilogrammes de CO<sub>2</sub> équivalent par mètre cube (kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>3</sup>). Cela signifie que le dessalement de 1 000 m<sup>3</sup> d'eau de mer pourrait potentiellement libérer jusqu'à 6,7 tonnes de CO<sub>2</sub>. [3]. Les énergies renouvelables restent pour le moment faiblement utilisées par le dessalement dans le monde puisqu'une étude menée en 2017 estime qu'elles ne fournissent que 1 % de la demande d'énergie nécessaire au dessalement<sup>14</sup>. Ainsi, si la consommation d'énergie varie selon le mix énergétique, le type d'usine et sa taille, on peut

néanmoins estimer que chaque année, au moins 120 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>/an sont dues aux secteurs du dessalement. Le pétrole brut contribuerait par ailleurs quatre fois plus aux émissions de GES que les autres combustibles fossiles utilisés pour le dessalement<sup>15</sup>. Les techniques par osmose inverse sont considérées comme étant les moins négatives pour le climat puisqu'elles mettaient entre 2,1 à 3,6 kg de CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> d'eau dessalée tandis que les technologies thermiques se situent plutôt entre 8 à 20 kg de CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> d'eau dessalée [1].

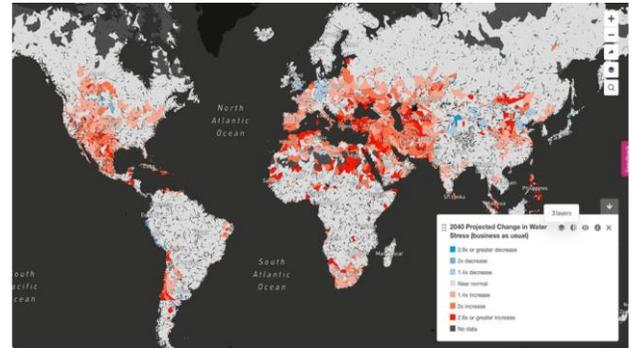


Figure 3: Évolution des situations du stress hydrique en 204  
Source : World Ressource Institute.

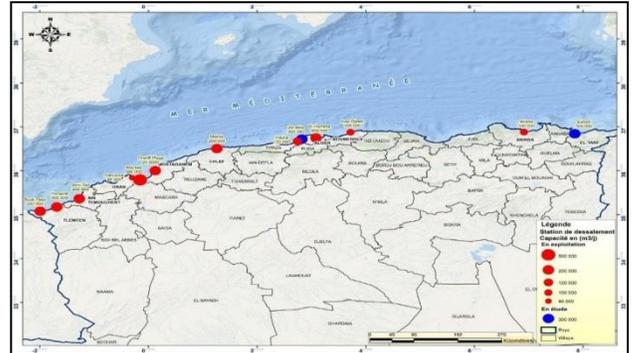


Figure 2: Répartition des stations de dessalement de l'eau de mer en l'Algérie.

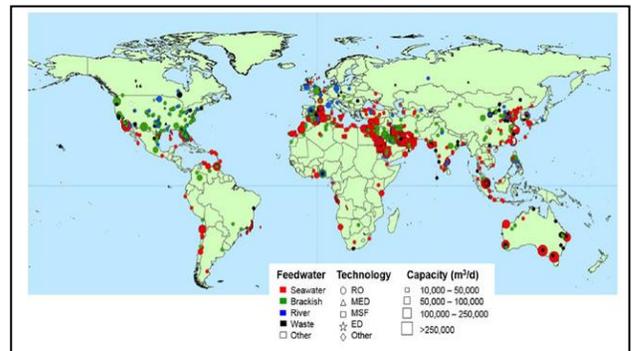


Figure 3: Répartition mondiale des grandes usines de dessalement par capacité, type d'eau d'alimentation et technologie de dessalement [2]



développement émetteurs de gaz à effet de serre, L'Algérie contribue avec 0,36% au réchauffement climatique de la planète, un chiffre qui doit être mis en perspective avec les 4% que représente l'Afrique dans les émissions globales de dioxyde de carbone [7] (Taabni, et al., 2012).

### 3. Consommations d'énergie et émissions de gaz à effet de serre

Le dessalement a des impacts environnementaux importants qui affectent à la fois l'atmosphère et les sources d'eau. La forte demande en énergie thermique et électrique du procédé produit des impacts atmosphériques secondaires sous la forme d'émissions de CO<sub>2</sub>. Les systèmes hydriques sont de grands utilisateurs d'énergie et par conséquent contribuent à la production de gaz à effet de serre. L'énergie est consommée dans chaque étape de la production d'eau. Elle est nécessaire pour transporter l'eau des sources situées à distance, pour pomper l'eau stockée dans aquifères souterrains, et de le traiter pour répondre aux niveaux réglementaires rigoureux. L'utilisation de l'énergie contribue à l'empreinte carbone dans le secteur de l'eau.

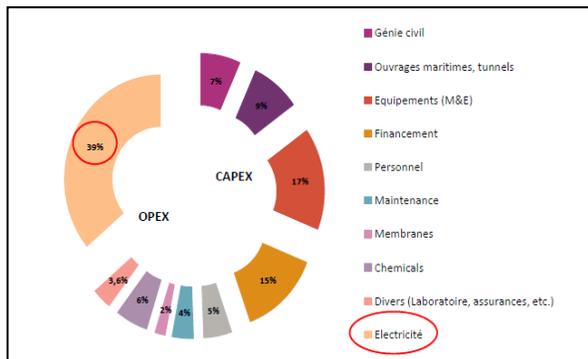


Figure 6 : Structure des coûts d'un projet de dessalement

Actuellement, l'énergie utilisée dans les procédés thermiques et RO est fournie par les combustibles fossiles. Quelle que soit la source d'énergie, qu'elle soit électrique ou thermique (Figure 6), d'importants volumes de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz sont produits et émis dans l'atmosphère. Les préoccupations environnementales associées à la demande d'énergie sont donc indirectement associées au processus de dessalement ou les émissions de polluants atmosphériques et les eaux de refroidissement provenant de la production d'énergie électrique, de la source de combustible et du transport de carburant [9].

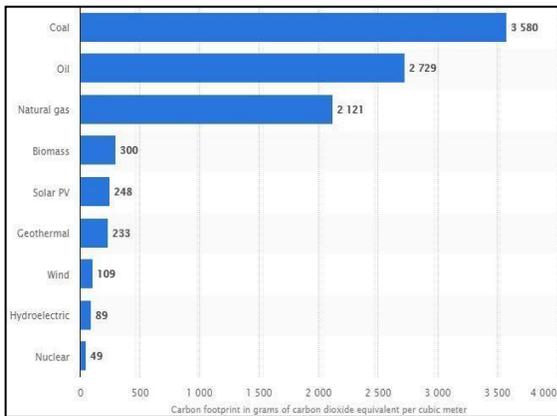
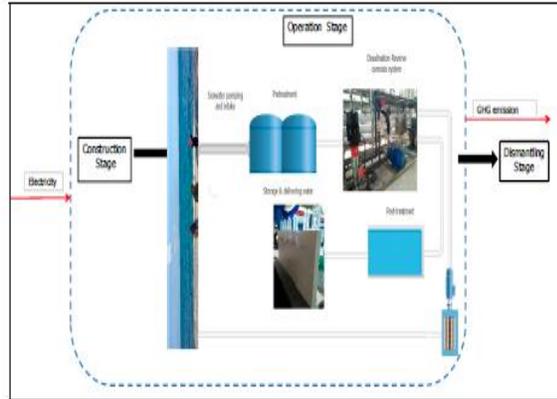
La production d'un mètre cube d'eau de mer dessalée, utilisant la technologie basse énergie RO, dégage en moyenne 2,0 kg de CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup>. La technologie de dessalement thermique telle que MSF générera en moyenne 10 kg de CO<sub>2</sub> / m<sup>3</sup>. En moyenne, on estime que la production de chaque m<sup>3</sup> d'eau dessalée dans la région méditerranéenne a émis environ 3,45 kg de CO<sub>2</sub>. En se basant de ces estimations, l'étude, calcule que les émissions totales de CO<sub>2</sub> de toutes les usines de dessalement d'eau de mer en exploitation dans la région méditerranéenne au cours de 2013 étaient équivalentes à 15 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> / an. En utilisant la même combinaison de technologies de dessalement d'eau de mer, l'étude prévoit une émission totale de CO<sub>2</sub> allant de 38 à 50 tonnes / an au cours de l'année 2030. (Selon Plan Bleu (2009), le marché du dessalement de l'eau de mer dans la région méditerranéenne devrait atteindre d'ici 2030 entre 30 et 40 millions de m<sup>3</sup> / jour. La capacité installée pourrait être multipliée par cinq ou six d'ici 2030, même si en se basant sur le meilleur scénario et s'assurant que tous les futurs dessalements utiliseront uniquement la technologie OI. Les émissions totales de CO<sub>2</sub> estimées au cours de l'année 2030 varieront entre 22,75 à 29,0 millions de tonnes / an [10].

### 4. Empreinte carbone du dessalement

L'empreinte carbone est définie comme la somme des émissions individuelles de GES, dans lesquelles le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le méthane (CH<sub>4</sub>) et l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) sont exprimés en équivalents dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>eq) en convertissant les émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O en fonction de leur potentiel de réchauffement global (PRG) [11].

Le dessalement est une méthode à forte consommation énergétique par rapport au projet de détournement d'eau. Cependant, avec le développement d'une nouvelle technologie, l'efficacité énergétique, peut être effectivement améliorée. Avec différents carburants et modes de production, l'empreinte carbone a une large gamme de fluctuation. (Liu, et al., 2015), ont étudié la gamme de fluctuation des émissions de carbone dans les trois différentes techniques de dessalement. Pour la méthode MSF, l'empreinte carbone de la production d'eau varie de 1,98 kg à 34,68 kg de CO<sub>2</sub> pour la méthode MED et de 1,19 kg à 26,94 kg de CO<sub>2</sub> pour la méthode OI [12].

Basant sur les émissions de gaz à effet de serre associées à l'énergie de production, l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque pour alimenter une installation d'osmose inverse permettra d'obtenir une empreinte carbone de 248 grammes d'équivalent dioxyde de carbone par mètre cube (Figure 7).



Empreinte directe GES Kg CO <sub>2</sub> par M3 d'eau douce	
Reverse Osmosis (RO)	2.1 – 3.6
Multi-effect Distillation with Thermovapor Compression (MED-TVC)	8 – 16
Multistage Flash (MSF)	10 – 20

Figure 7: Empreinte carbone du dessalement

Tableau 1 : Exigences représentatives en électricité, chaleur et exergie de l'eau de mer [13]

	Specific power consumption	Thermal energy of steam	Steam extraction pressure <sup>10</sup>	Equivalent power loss (exergy of steam)	Total exergy input
	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	kWh <sub>t</sub> /m <sup>3</sup>	bar (abs)	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>	kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>
SWRO (Mediterranean Sea)	3.5	0	n.a.	0	3.5
SWRO (Arabian Gulf)	4.5	0	n.a.	0	4.5
MSF	4-5	78	2.5-2.2	10-20	14-25
MED-TVC	1.0-1.5	78	2.5-2.2	10-20	11-21.5
MED	1.0-1.5	69	0.35-0.5	3	4-4.5

Tableau 2: Calcul des émissions de GES (grammes d'équivalent CO<sub>2</sub> par mètre cube d'eau douce) associés à la production d'énergie pour conduire un 3,5 moderne à grande échelle Usine de dessalement d'eau de mer par osmose inverse kWh/m<sup>3</sup> [13]

Coal	Oil	Natural Gas	Biomass	Solar PV	Geothermal	Wind	Hydro-electric	Nuclear
Average lifecycle GHG emissions for electricity production <sup>19</sup> (g CO <sub>2</sub> e/kWh <sub>e</sub> )								
1023	780	606	86	71	67	31	25	14
× 3.5 kWh <sub>e</sub> /m <sup>3</sup>								
Carbon footprint associated with powering a modern RO plant (g CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup> )								
3580	2729	2121	300	248	233	109	89	49

**Tableau 3:** Estimation des émissions de CO<sub>2</sub> des grandes usines de dessalement en Algérie

Station	Capacité (m <sup>3</sup> /j)	kg CO <sub>2</sub> /jour (Gaz Naturel)	kg CO <sub>2</sub> /jour (Energie Solaire)	kg CO <sub>2</sub> /jour (Energie Eolienne)
Kahrama	90 000	190890	22320	9810
Hamma	200 000	424200	49600	21800
Skikda	100 000	212100	24800	10900
Beni Saf	200 000	424200	49600	21800
Souk Tlata	200 000	424200	49600	21800
Fouka	120 000	254520	29760	13080
Mostagane m	200 000	424200	49600	21800
Honaïne	200 000	424200	49600	21800
Cap Djinet	100 000	212100	24800	10900
Ténès	200 000	424200	49600	21800
Magtaa	500 000	1060500	124000	54500
<b>Total</b>	<b>2 110 000</b>	<b>4475310</b>	<b>523280</b>	<b>229990</b>

2 110 000 m<sup>3</sup>/j 17% 4475310 kg CO<sub>2</sub>/j en 2022

6 200 000 m<sup>3</sup>/j 50% 13150200 kg CO<sub>2</sub>/j en 2030

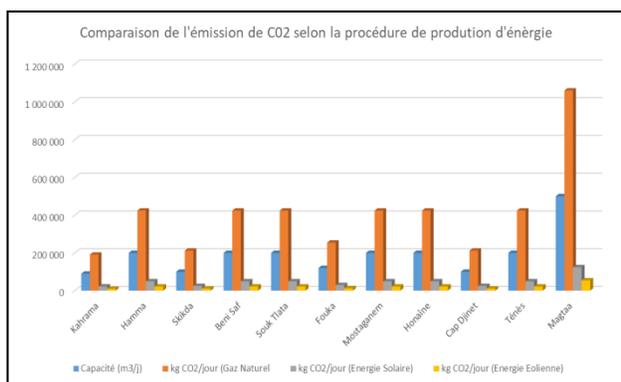
### 5. Le dessalement durable a) énergies renouvelables

Vue de sa localisation géographique dans la Ceinture du Soleil. L'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde. La durée d'insolation sur la quasi-totalité du territoire national dépasse les 2000 heures annuellement et peut atteindre les 3900 heures (hauts plateaux et Sahara).

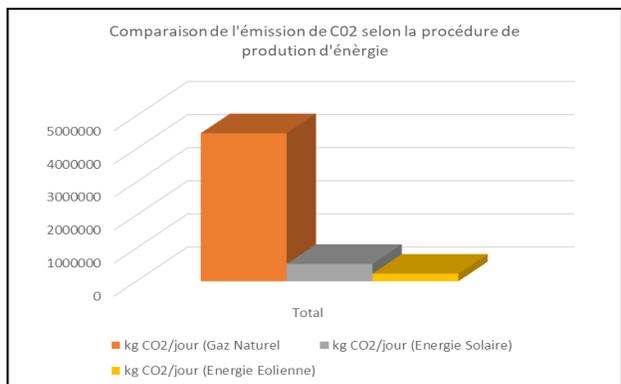
L'énergie reçue quotidiennement sur une surface horizontale de 1 m<sup>2</sup> est de l'ordre de 5 kWh sur la majeure partie du territoire national, soit près de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/an au Nord et 2263

kWh/m<sup>2</sup>/an au Sud du pays (Direction des Énergies Nouvelles et Renouvelables, 2007)(figure 10). La stratégie énergétique de l'Algérie repose sur l'accélération du développement de l'énergie solaire. Le gouvernement prévoit le lancement de plusieurs projets solaires photovoltaïques d'une capacité totale d'environ 800 Mwc d'ici 2020. D'autres projets d'une capacité de 200 Mwc par an devraient être réalisés sur la période 2021-2030. En mai 2015, le Conseil des Ministres a adopté un nouveau programme national de développement des énergies renouvelables qui est une actualisation de celui de 2011, qui visait à produire 12 000 méga watts à l'horizon de 2030 montrant la volonté de l'Algérie à investir dans les énergies propres. Le programme consiste à installer jusqu'à 22 000 MW de capacités de production d'électricité à partir de sources renouvelables entre 2011 et 2030. Dans ce programme, les énergies renouvelables sont au cœur des politiques énergétiques et économiques de l'Algérie : on estime qu'environ 40% d'électricité produite pour la consommation domestique proviendra des sources d'énergie renouvelable à l'horizon de 2030. L'Algérie vise en effet à être un acteur majeur dans la production d'électricité à partir de l'énergie solaire et photovoltaïque (CDER, 2011).

En outre, le ministère de l'Énergie et des Mines a projeté, dans son nouveau programme des Énergies Renouvelables, d'installer des parcs éoliens d'une puissance totale de 1000 MW à moyen terme (2015-2020) (figure 11) pour atteindre 5010 MW à l'horizon 2030 (CDER, 2011).



**Figure 8:** Empreinte de carbone des 11 grandes stations de dessalement en Algérie en fonction de la source d'énergie.



**Figure 9:** Empreinte de carbone totale de dessalement en fonction de la source d'énergie.

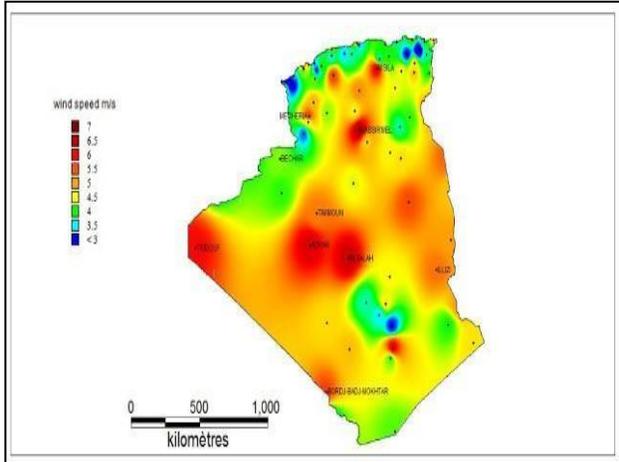


Figure 10: carte de l'irradiation globale directe annuelle moyenne période 2002-2011 (CDER,2011) [14]

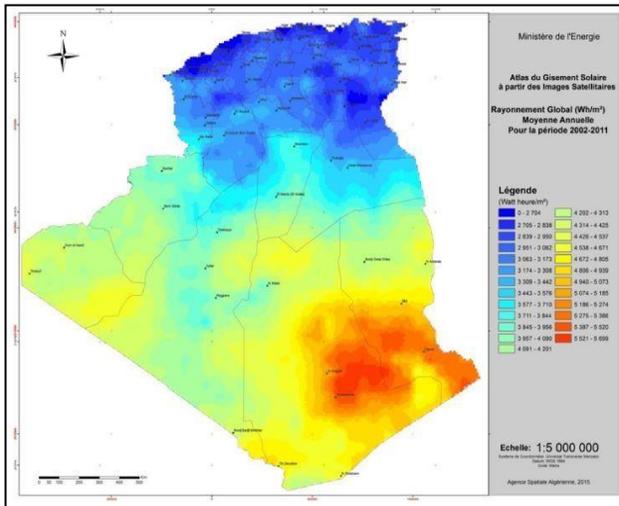


Figure 11: Carte des vitesses de vent à 10 m de hauteur (moyennes annuelles) [14] (CDER , 2011)

Le couplage des sources d'énergie renouvelable (ER) avec le dessalement a le potentiel de fournir une source durable d'eau potable. De plus, le couplage de ces deux technologies réduira l'empreinte carbone du dessalement en raison de sa forte dépendance à l'égard des combustibles fossiles. Les différentes applications à travers le monde ont montré que les unités de dessalement solaire et éolien de petite capacité, bien conçues et exploitées, peuvent permettre d'alimenter en eau de bonne qualité des sites isolés, à des coûts intéressants. (Une multitude d'options sont envisageables pour associer le procédé de dessalement aux énergies renouvelables. Cependant, l'utilisation des énergies renouvelables pour le dessalement conventionnel souffre de deux contraintes : leur coût élevé et la discontinuité de la production

(alternance jour/nuit pour le solaire et aléas climatiques pour l'éolien) [15].

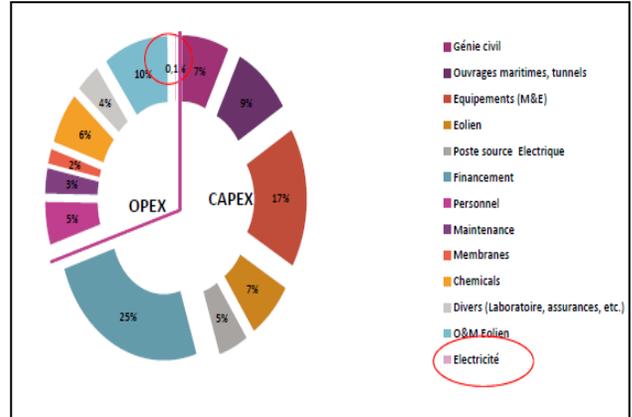


Figure 12: Structure des coûts d'un projet combinant Dessalement et Eolien

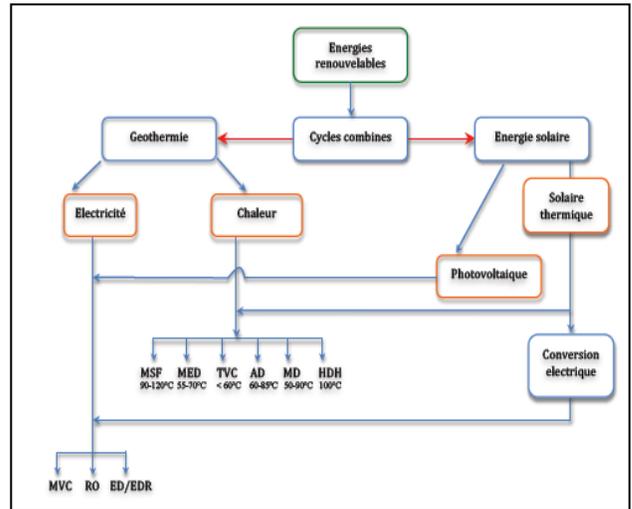


Figure 13: Les différentes combinaisons possibles entre les sources d'énergie renouvelable avec les procédés de dessalement conventionnelles et innovantes [17].

### a) Récupération d'énergie de la saumure

Dans le procédé d'osmose inverse (RO) pour le dessalement de l'eau de mer (Figure 14) environ 40 à 45% de l'eau d'alimentation est récupéré en tant qu'eau douce (perméat) : il s'agit du taux de conversion (Recovry). Les 55-60% restants (saumure) sont rejetés dans la mer à une pression légèrement inférieure à la pression qu'ils avaient avant d'entrer dans le module. C'est alors que les ingénieurs ont conçus des systèmes de récupération d'énergie pour améliorer le bilan énergétique. (Figure 15)

Toutes les installations commerciales sont pourvues, en principe, de ces systèmes de « récupération d'énergie » leur permettant de récupérer une partie de l'énergie de l'écoulement de cette saumure. Bien que la « turbine Pelton », avec son rendement d'environ 74%, soit la plus utilisée, elle est progressivement remplacée par les « Booster de Pression Hydraulique » (HPB) qui sont des systèmes plus élaborés et plus efficaces (Figure).

Le principe des HPB est simple : l'énergie de la saumure est transférée directement à l'écoulement de l'eau d'alimentation qui est déjà sous pression, sans avoir à être convertie en énergie de rotation. Le rendement global de tels systèmes est d'environ 94%, ils ont déjà été mis en oeuvre dans plusieurs installations commerciales atteignant une consommation spécifique d'énergie de 2 kWh par m<sup>3</sup> d'eau douce produite.

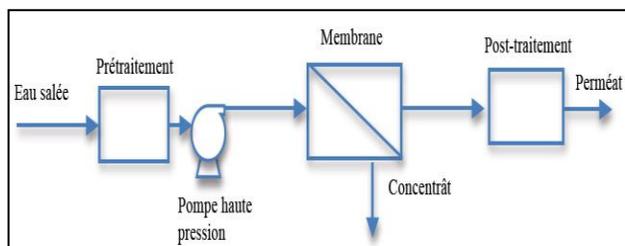


Figure 14: principe de fonctionnement de l'osmose inverse

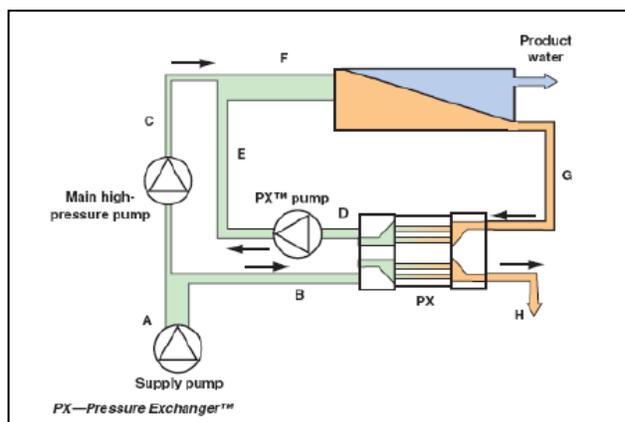


Figure 15: Schéma de principe d'un échangeur de pression (Récupération d'énergie) [18]

## 6. Conclusion et recommandation

Dans un tel contexte de fort accroissement de la demande en eau, pour les besoins de l'industrie, de l'agriculture et des populations, l'industrie du dessalement d'eau de mer connaît une très forte croissance au cours de ces vingt

dernières années. Outre le changement climatique qui entraîne la raréfaction des sources d'eau douce et des sécheresses, mais aussi en parallèle la croissance démographique, l'augmentation de la demande d'eau vient de l'épuisement des ressources disponibles, comme c'est le cas des nappes phréatiques en Arabie Saoudite par exemple. Dès lors, l'écart entre les ressources d'eau disponibles et la demande de celle-ci se creuse : c'est ce que l'on appelle le *water demand gap*.

Dessaler l'eau de mer est un procédé cher, énergivore et qui rejette des quantités importantes de gaz à effet de serre (GES) dans la plupart des pays dotés d'un mix électrique très intensif en CO<sub>2</sub>. La consommation électrique des usines est élevée, variant selon les techniques à l'œuvre si les procédés de dessalement thermique, de moins en moins utilisés, consomment plus de 5 kilowattheures (kWh) d'énergie par m<sup>3</sup> d'eau dessalée, le procédé de dessalement par osmose inverse, le plus répandu désormais.

Dès lors, si le recours au dessalement semble inévitable et voué à connaître une expansion très forte, il est urgent de sortir de la dépendance de ces procédés aux énergies fossiles car le doublement des capacités installées devrait provoquer une hausse importante des émissions.

L'énergie renouvelable est une solution intéressante pour réduire l'empreinte carbone des usines d'osmose inverse, diminuer leur coût de fonctionnement ainsi que d'éliminer le lien entre les prix de l'eau et les coûts du carburant. Dessalement par OI est largement considéré pour les applications de dessalement à énergie renouvelable en raison de sa faible GES par rapport aux autres processus.

Energie solaire-OI et Energie éolienne-OI sont les technologies les plus largement déployées pour le dessalement alimenté par les énergies renouvelables contribuant à hauteur de 32 % et 19%, respectivement.

**Afin de réduire l'empreinte de carbone des installations de dessalement, on recommande à :**

- ✓ L'optimisation de la consommation énergétique de l'installation.
- ✓ La récupération de l'énergie de saumure et le développement et l'amélioration des systèmes de récupération.
- ✓ L'utilisation des énergies renouvelables à grande ou petite échelle (par intermittence avec les énergies conventionnelles) (fonctionnement hybride). la mise en place d'usines de dessalement alimentées par des sources d'énergies bas carbone (champs de

panneaux solaires, solaire à concentration, éoliennes, énergie houlomotrice, voire nucléaire) et éventuellement des centrales à cycle combiné pour l'appoint (éventuellement en cycle fermé), et donc la décarbonation des mix électriques pour assurer une alimentation bas carbone de ces usines.

- Desalination Alliance, World Water Security Lab ,October 17-18, 2016
14. M. Walton, « Desalinated Water Affects the Energy Equation in the Middle East », International Energy Agency (IEA), 21 janvier 2019, disponible sur : [www.iea.org](http://www.iea.org).

## Références

1. Marc-Antoine Eyl-Mazzega et Élise Cassagnol, « Géopolitique du dessalement d'eau de mer », *Études de l'Ifri*, Ifri, septembre 2022.
2. Edward Jones "The state of desalination and brine production: A global outlook" *Science of the Total Environment* 657 (2019) 1343–1356
3. Eric M.V. Hoek, and al." Sustainable Desalination and Water Reuse" Copyright © 2021 by Morgan & Claypool, [www.morganclaypool.com](http://www.morganclaypool.com)
4. CDER Programme des énergies renouvelable et de l'efficacité énergétique (rapport)- Alger :ministère de l'énergie et des mines,2011
5. Alejandro Ramos-Martin and Sebastian Ovidio Perez-Baez"Study of the Ecological Footprint and Carbon Footprint in a Reverse Osmosis Sea Water Desalination Plant Federico Leon \* *Membranes* 2021, 11, 377. <https://doi.org/10.3390/membranes11060377>
6. Latifah Abdul Ghani and al."Carbon Footprint-Energy Detection for Desalination Small Plant Adaptation Response »*Energies* 2021, 14, 7135. <https://doi.org/10.3390/en14217135>
7. A. Al-Karaghoul, L.L. Kazmerski, Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 24 (2013)343–356.
8. M. W. Shahzad *et al.*, 2017, « Energy-Water-Environment Nexus Underpinning Future Desalination Sustainability », *op. cit.*, p. 52-64.
9. The Role of Desalination in an Increasingly Water-Scarce World », World Bank Group, mars 2019, disponible sur : <https://documents1.worldbank.org> (PDF).
10. K. Al-Shayji et E. Aleisa, « Characterizing the Fossil Fuel Impacts in Water Desalination Plants in Kuwait: A Life Cycle Assessment Approach », *Energy*, vol. 158, septembre 2018, p. 681-692, disponible sur: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.06.077>.
11. Ghaffour N, Reddy V.K, Abu-Arabi M. Technology development and application of solar energy in desalination: MEDRC contribution, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15 (2011) 4410–4415.
12. Ghaffour N, Bundschuh J, Mahmoudi H, Goosen M.F.A . Renewable energy-driven desalination technologies: A comprehensive review on challenges and potential applications of integrated systems. In press. *Desalination*, 2014
13. Abdul Latif Jameel."Low Carbon Desalination Status and Research, Development, and Demonstration Needs"*Report of a workshop conducted at the Massachusetts Institute of Technology in association with the Global Clean Water*

## Estimation de la Production de l'hydrogène vert au Sud Algérien

\*H. OURIACHE, A. HATTALI

\*Ecole Nationale Polytechnique.

\*Corresponding author: hadjer.ouriache@g.enp.edu.dz

### RÉSUMÉ

L'hydrogène fait l'objet d'un nouvel engouement mondial : ses utilisations, actuelles et futures, pourraient éviter le recours aux énergies fossiles dans plusieurs secteurs d'activité. Et comme il est possible d'obtenir de l'hydrogène « vert » avec des techniques de production peu polluantes, celui-ci pourrait jouer un rôle déterminant dans la transition énergétique mondiale d'ici 2050. Il existe différentes techniques de production de l'hydrogène. Selon le procédé choisi, l'hydrogène obtenu pourra être qualifié de noir, gris, bleu, vert, etc.

**Mots clés :** hydrogène vert, énergie fossile, transition énergétique, traitement.

### 1. Introduction

L'hydrogène fait l'objet d'un nouvel engouement mondial : ses utilisations, actuelles et futures, pourraient éviter le recours aux énergies fossiles dans plusieurs secteurs d'activité. Et comme il est possible d'obtenir de l'hydrogène « vert » avec des techniques de production peu polluantes, celui-ci pourrait jouer un rôle déterminant dans la transition énergétique mondiale d'ici 2050. Il existe différentes techniques de production de l'hydrogène. Selon le procédé choisi, l'hydrogène obtenu pourra être qualifié de noir, gris, bleu, vert, etc. Pourtant, l'hydrogène est inodore et incolore. Attribuer une couleur à l'hydrogène est une façon imagée de refléter sa provenance, c'est-à-dire la matière et les

sources d'énergie utilisées lors de son cycle de production.

Actuellement, 95 % de l'hydrogène consommé à l'échelle mondiale est produit à partir de gaz naturel ou de charbon.

Le vaporeformage du gaz naturel est le mode de production le plus répandu. Il permet d'obtenir de l'**hydrogène gris**, produit à partir de gaz naturel, et ce, à faible coût. Il est également possible de transformer du charbon en gaz pour produire un hydrogène brun, à partir de lignite, ou noir, à partir d'antracite.

Ces procédés reposent sur la transformation d'énergies fossiles et génèrent d'importantes quantités de gaz à effet de serre. La production de 1 kg d'hydrogène à partir de gaz naturel entraîne l'émission de 9 kg de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Si des étapes sont ajoutées au cycle de production pour capter et stocker le CO<sub>2</sub> émis, l'hydrogène obtenu aura l'appellation d'**hydrogène bleu**.

L'hydrogène peut être produit par « **électrolyse de l'eau** » : ce procédé consiste à faire passer un courant électrique dans l'eau pour décomposer ses molécules (H<sub>2</sub>O) et en extraire l'hydrogène.

Si, en plus, le courant utilisé provient d'une source d'énergie renouvelable (hydroélectricité, énergie éolienne ou solaire), tous les éléments du cycle de production sont à faible empreinte carbone. L'hydrogène produit porte l'appellation d'**hydrogène vert**.

Cette technique de production engendre alors très peu d'émissions de gaz à effet de serre. L'hydrogène vert représente environ 2 % de la production mondiale. Ses

coûts de production sont actuellement plus élevés que ceux de l'hydrogène gris.

Il est également possible de produire de l'hydrogène vert à partir de **biomasse**, par un procédé de gazéification. Le procédé consiste à chauffer à très haute température de la biomasse pour en extraire un gaz de synthèse, puis ultimement de l'hydrogène.

## **2. Estimation de la Production de l'hydrogène vert au Sud Algérien :**

Si les énergies conventionnelles ont permis la révolution industrielle, elles n'en demeurent pas moins qu'elles sont aussi source de préoccupation. Ces énergies sont polluantes et leur utilisation engendre le dégagement de gaz à effet de serre. A cette préoccupation environnementale s'ajoute le souci des réserves. Ces ressources énergétiques sont limitées et avec l'explosion de la demande énergétique, le risque de pénurie et d'épuisement est bien réel. Il est donc nécessaire de trouver d'autres sources d'énergie. De ce point de vue, les énergies renouvelables se présentent comme le meilleur candidat. Elles sont propres et inépuisables. Toutefois, comme elles sont à caractère diffus et intermittent, le besoin de leur conversion en un vecteur énergétique versatile dans son utilisation, stockable, transportable et écologiquement acceptable s'impose. De tous les candidats répondant à ces critères l'hydrogène solaire présente les meilleurs atouts [1]. L'intense insolation, la quantité suffisante d'eau et de gaz naturel, les vastes espaces pour l'installation des systèmes de collecte et de conversion de l'énergie solaire et même l'existence de pipelines pour l'évacuation de l'hydrogène solaire vers les utilisateurs potentiels font du Sahara algérien une place de choix pour la production de l'hydrogène solaire. Pour l'Algérie, cela représente une grande opportunité et ouvre une perspective indéniable [2]. L'exploitation de ce vecteur énergétique permet non seulement d'augmenter et de diversifier ses réserves et ses exportations énergétiques mais aussi et surtout de subvenir à ses besoins énergétiques qui deviennent de plus en plus importants.

Le sud algérien englobe les régions désertiques et arides du Sahara algérien. Ce Sahara occupe plus de 85% du territoire national mais abrite moins de 10 % de la population algérienne [3].

C'est aussi une région très faiblement peuplée avec une densité de l'ordre de 1,3 habitants /Km<sup>2</sup>. Toutefois le

Sahara algérien recèle d'énormes richesses qui sont autres que les hydrocarbures.

**Le soleil**, le Sahara algérien constitue un des plus importants gisements solaires au monde. Avec un ciel clair, quasiment sans nébulosité. L'irradiation solaire reçue par an est de l'ordre de 2650 kWh/m<sup>2</sup> [4]. La puissance reçue par jour est toujours supérieure à 5 kWh/m<sup>2</sup> et peut atteindre facilement les 7 kWh/ m<sup>2</sup>. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de tout le pays. Si toute cette énergie est mise en valeur, cela constituerait une source d'énergie très importante et un revenu inestimable. En plus du gisement solaire, le Sahara algérien et plus particulièrement la région centre et ouest constitue un important **gisement éolien**. Avec une vitesse annuelle moyenne de 6 m/s à 10 m du sol, la région d'Adrar représente le potentiel énergie éolienne le plus important de tout le pays [5, 6].

De plus, les besoins en eau sont satisfaits par les eaux souterraines. Les ressources superficielles, d'un potentiel de l'ordre de 600 millions m<sup>3</sup>/an, se trouvent surtout au nord du Sahara [7]. Les réserves sont estimées à 6 1010 m<sup>3</sup>. Sa profondeur varie d'est en ouest ; elle est de quelques dizaines de mètres à Adrar, de quelques centaines de mètres à Ghardaia et Ouargla et plus de 1700 m à Touggourt [7].

Plusieurs techniques existent pour la production de l'hydrogène [9]. La décomposition catalytique du gaz naturel, l'oxydation partielle des huiles lourdes, la gazéification du charbon, l'électrolyse de l'eau, les cycles thermochimiques purs et hydrides de dissociation de l'eau ainsi que les procédés photochimiques et photobiologiques sont parmi les techniques les plus utilisées. La plupart de l'hydrogène produit, particulièrement pour l'industrie pétrochimique, est obtenu à partir du gaz naturel, particulièrement par le vaporéformage [10]. Les ressources gazières peuvent être valorisées par la production de l'hydrogène - solaire. De tous les systèmes de production d'hydrogène par décomposition de l'eau en utilisant les énergies renouvelables, un travail a été réalisé dans le but de combiner un module photovoltaïque pour le captage de l'énergie solaire et les cellules électrolytiques pour la décomposition de l'eau est de loin le système le plus attrayant et le plus simple [11].

Ce système comprend :

1. Le module photovoltaïque qui est constitué de panneaux de matériaux photovoltaïques pour la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique. L'efficacité du module dépend de la nature des cellules photovoltaïques et des conditions météorologiques. Jusqu'à présent le rendement du meilleur module photovoltaïque est en pratique de l'ordre de 12 % [12].
2. Le système de mise en forme et de conditionnement du signal issu du module photovoltaïque. Dans ce système, des unités de stockage sont aussi à prévoir pour les périodes hors peak. Des études sur ces systèmes [13, 14] ont montré que leur rendement ne dépasse pas les 97 %. Une valeur très conservatrice de ce rendement serait de l'ordre de 85 %.
3. Le système électrolytique qui comprend l'ensemble de cellules consistant chacune de deux électrodes immergées dans une solution électrolytique et connectées à une alimentation DC. La solution électrolytique est principalement de l'eau au quelle un produit chimique conducteur est ajouté. Le rendement du système électrolytique dépend aussi bien de la nature de la cellule et de sa température que des conditions météorologiques et des caractéristiques du module photovoltaïque.

Ce rendement est en général compris entre 65 % et 85 % [15]. En plus de ces systèmes, on doit prendre en compte les systèmes auxiliaires tels que les systèmes de contrôle et de séparation des gaz produits et le système d'alimentation et de traitement de l'eau. L'eau utilisée dans l'électrolyse peut provenir de différentes sources. Elle peut être prise de l'importante nappe phréatique qui, dans certain cas, n'est qu'à quelques mètres de la surface. Ceci est plus particulièrement vrai dans la région d'El Oued et d'Adrar. L'estimation de la production d'hydrogène a été obtenue en utilisant les rendements des différents composants du système d'électrolyse et les moyennes annuelles ou les moyennes mensuelles de l'irradiation globale journalière pour les dix dernières années.

Le Tableau 1, regroupe l'estimation de production de l'hydrogène vert sur les dix dernières années de l'irradiation globale journalière sur plan horizontal. C'est une estimation de production par mètre carré et par jour de panneau photovoltaïque. Ce tableau a mis en évidence que le potentiel de production est très important à travers le sud algérien.

**Tableau 1:** Estimation de la production de l'hydrogène vert dans les régions du Sud Algérien [11].

sites	Latitude (Nord)	Longitude	Insolation (kWh/m2/jour)	Potentiel hydrogène (l/m2/jour)
Adrar	27° 49'	00° 11'w	6,04	120,3772
Tam	22° 48'	05° 27'e	6,3	125,559
I-guezzem	19° 34'	05° 46'e	6,45	128,5485
Hassi-Mess	31° 40'	06° 8'e	5,71	113,8003
Biskra	34° 48'	05° 44 e	4,96	98,8528
I-Sefra	32° 45'	00° 36 w	5,35	106,6255
Timimoun	29° 15'	00° 17'e	5,84	116,3912
Laghouat	33° 48'	02° 53'e	5,23	104,2339
Illizzi	26° 30'	08° 28'e	6,04	120,3772
El Goléa	30° 34'	02° 52 e	5,78	115,1954
B.BMokhtar	21° 12'	00° 34'e	6,27	124,9611
Djanet	24° 16'	09° 28'e	6,25	124,5625
Tindouf	27° 40'	08° 09'	5,77	114,9961
Naama	33° 16'	00°18' w	5,13	102,2409
In Amenas	28° 03'	09° 38'e	5,99	119,3807
El oued	33° 30'	06° 47 e	5,29	105,4297
Béchar	31° 38'	02° 15' w	5,48	109,2164
Touggourt	33° 07'	06° 08'e	5,29	105,4297
Ouargla	31° 55'	05° 24'e	5,7	113,601
In Salah	27° 12'	02° 28'e	5,98	119,1814
Ghardaia	32° 24'	03° 48'e	5,48	109,2164
Beni Abès	30° 08'	02° 10' w	5,65	112,6045
Assekrem	23° 16'	05°34'e	6,21	123,7653

#### 4. Conclusion

Le potentiel de production de l'hydrogène utilisant un système photovoltaïque de captage de l'énergie solaire a été évalué. Cette estimation est basée sur le cas le plus défavorable. On a donc une estimation du minimum théorique que l'on peut obtenir. Toutefois les résultats montrent que ce potentiel est important.

#### Références

1. C. Devillers, K. Pehr, J. S. Duffield, D. Weinmann, H. Vandenborre, A. Gonzales, R. Wurster, M. Kester, F. Heurtaux et P. Ekdunge, (1998)., "European Integrated Hydrogen" Project, 12th World Hydrogen Energy Conference, Buenos Aires, Argentina,
2. A. Khellaf, R. Khellaf et M. Belhamel, "L'Hydrogene Solaire : une Energie pour le Developpement National", Proceedings of 2eme symposium du Comité Algérien pour l'Energie, Alger 22 et 23 novembre 2000, S2.7
3. ONS, "Rapport synthétique 1960-1990", 1990.
4. A. Mefti et M. Bouroubi, "Estimation et cartographie du Rayonnement solaire", Rapport technique (1992) CDER, Bouzareah, Alger.
5. L. Hamane and A. Khellaf, "Wind energy resource in Algeria", Proceedings of the World Energy Congress VI, 1-7 juillet 2000 (United Kingdom ) p. 2352.
6. L. Hamane et A. Khellaf "Cartographie des ressources éoliennes de l'Algérie", Bulletin des Sciences Géographiques 11(2003)23.
7. EDIL, "Carte nationale d'identité (eau) de l'Algérie", 1993.

8. Direction générale de l'environnement, "Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques", 2001.
9. R. Momirlan et T. Veziroglu, "Recent directions of world hydrogen production", *Ren. Sust. Energy Rev.* 3 (1999) 219.
10. M. A. Pena, J. P. Gomez et J. L. G. Fiero, (1996) "New Catalytic routes for syngas and hydrogen production", *Applied Catalysis A : General* 144 (7)
11. R. Boudries-Khellaf, "Estimation de la production de l'hydrogène solaire au sud algérien. *Rev. Energ. Ren.: ICPWE* (2003) 73-77
12. M. A. Elhadidy, (2002) ., "Performance evaluation of hybrid (wind/solar/diesel) power systems", *Renewable Energy* 26401-413.
13. J. H. R. Enslin and D. B. Snyman, (1991) "Combined low-cost, high efficiency inverter, peak power tracker and regulator for PV applications", *IEEE Trans. Power Electron* 6, 273-82.
14. ETSU Report number ETSU/FCR/005, (1993 "Solid polymer fuel cell systems applications study to identify and prioritise", R&D issues, Issue) ETSU/DTI. U.K.
15. . Zittel et R. Wurster, (1996)., "Hydrogen in the Energy Sector", Ludwig-Bölkow Systemtechnik GmbH

---

**La Première Conférence Nationale sur :**  
**« Égalité des genres dans la préservation de**  
**l'environnement, économie verte et développement**  
**durable »**  
**Boumerdes, les 18-19 Janvier 2022**

---

**ORGANISATEURS**

l'Association nationale , Eco-conception , Analyse de Cycle de Vie et Développement Durable (ANEADD) affiliée au Réseau des Clubs UNESCO -en Algérie en partenariat avec le Réseau Algérien d'Economie circulaire, Laboratoire de Recherche en Technologie Alimentaire /Université de Boumerdès (LRTA), Association de volontariat Touiza de la wilaya D'Alger, Association Écologique de Boumerdès et La Bibliothèque Principale de Lecture Publique Abderrahmane Benhamida-Boumerde ont organisé une conférence nationale sur '**Egalité des genres dans la préservation de l'environnement, économie verte et développement durable**' les 18 et 19 – Janvier-2022.

**Présentation de la conférence nationale**

La conférence nationale a été encadré par

- Professeur LOUHAB Krim Directeur de La Chaire ALECSO / Université de Boumerdès) (Economie Circulaire et Développement Durable et président de l'association Nationale d'Eco-conception, Analyse de Cycle de vie et Développement Durable (A.N.E.A.D.D) et par le professeur YAHIAOUI Karima, enseignante UMBB et membre e l'association ANEADD.
- **Présidentes du comité d'organisation** : Dr BOUGHERARA Saliha, Dr DJOUAMD Sonia
- **Présidents du comité scientifique** : Dr BLIZAK Djanette

## ***EVENEMENT***

### **OBJECTIFS**

Les questions de genre aujourd'hui font de plus en plus partie des occupations de développement. Les organes de prise de décision dans la majorité des pays mettent davantage l'accent sur le genre, notamment la prise en compte de la femme.

Plusieurs initiatives (mécanismes et processus) globales et locales ont été entreprises dans plusieurs domaines (forêts, énergie, environnement, etc) pour garantir une gestion équitable des ressources de la planète et un développement durable de celle-ci.

Cet état des lieux nous amène à s'interroger sur ce que l'on risque de gager ou de perdre si l'approche genre est intégré dans ces initiatives de développement, aussi l'égalité de genre est-il indispensable pour le développement durable dans un environnement globalisant, interdépendant, et soumis à des défis majeurs ?

### **L'objectif de cette conférence est de**

- Réfléchir sur l'importance de placer les femmes au centre des questions liant environnement et développement durable et leur rôle dans la gestion des ressources naturelles doit être reconnu et valorisé.
- Reconnaître le savoir-faire féminin en matière de gestion des ressources naturelles, mais aussi une maîtrise des impacts spécifiques des mauvaises pratiques adoptées par les femmes sur la dégradation de l'environnement.

A cet effet

### **Cinq questions ont été soumises à la réflexion des participants**

- Est-ce que les inégalités de genre sont-elles néfastes pour l'environnement?
- Est-ce que la dégradation environnementale favorise les inégalités entre les sexes?
- Peut-on parler de féminisme écologique?
- Les femmes sont-elles en situation pour influencer les politiques environnementales ?
- Les hommes « au pouvoir » sont-ils prêts à entendre ce que les femmes font et préconisent pour lutter pour la préservation de la planète?

### **DEROULEMENT**

La conférence nationale, s'est déroulée en présentiel, et a comporté plusieurs séances plénières, des cours de formation et deux tables ronds.

L'auditoire de cette conférence, composé d'environ 100 personnes venues de différentes institutions et associations

- Experts et spécialistes nationaux (20 personnes),
- Représentants des institutions publiques (10 personnes),
- Représentants des organisations de la société civile (14 associations nationales et locales)

## ***EVENEMENT***

- secteur universitaire (56 personnes - enseignants chercheurs, doctorants et étudiants).

<b>Plénière 1</b>	Egalité des Genres et Bonne Gouvernance Environnementale pour Développement Durable.	Mr Makhoukh Ouamer
<b>Plénière 2</b>	Contribution de genre dans la mise de l'économie circulaire, Eco-conception et Eco-innovation	Pr Louhab krim
<b>Plénière 3</b>	Entrepreneuriat & employabilité des femmes dans l'économie verte	Dr Daoudi Mounia
<b>Plénière 4</b>	Renforcement de la formation du genre dans le milieu scolaire pour lutter contre le changement climatique	Pr Yadi Baya
<b>Plénière 5</b>	Contribution de la femme algérienne dans le domaine de la science (innovation, brevet...) : Cas des Biotechnologies	Pr Gana Salima
<b>Plénière 6</b>	Le rôle de la mère dans l'éducation environnementale	Dr Blizak Djanet
<b>Plénière 7</b>	Intégration du genre dans la gestion de l'eau, une solution à une gestion responsable des ressources	Pr HalouaneFatma

Les sessions développées lors de cet événement étaient en lien direct avec les enjeux actuels de l'intégration des femmes à l'économie circulaire

Par ailleurs et suite aux interventions magistrales, un panel a été reconstruit pour la table ronde modéré par Mme N. Debbagh, chef de rédaction de la radio de Boumerdes. Il visait à explorer sous plusieurs angles les aspects de l'égalité des genres.

Plusieurs points important ont été débattu, dont quelques témoignages ont été bien souligné par les intervenants, à savoir:

**La première conférence de Mr Makhoukh** a montré que plusieurs pays considèrent que les femmes sont en première ligne pour remédier à la dégradation de l'environnement et faire face à la pollution, aux catastrophes naturelles et au changement climatique. Seulement, l'ampleur de l'intégration de la dimension de genre dans les politiques de développement durable varie considérablement d'un pays à l'autre. Ceci indique l'importance de garantir l'accès des femmes aux terres et aux ressources productives, et au contrôle sur celles-ci, ainsi que de leur voix et leur participation à la prise de décision et à l'action en matière de développement durable à tous les niveaux.

Par ailleurs, **Mme Yadi** a bien signalé que l'école joue un rôle déterminant dans la réduction des inégalités filles-garçons. Pour favoriser une éducation non genrée, il faut soit rendre compte des différences. Elle rajoute que Les stéréotypes de genre ne sont pas des représentations totalement rigides et immuables. Ils se transmettent tout simplement. L'école peut les renforcer ou aider à les dissoudre. A cet effet, l'éducation dans la famille d'abord et ensuite à l'école demeure une exigence indispensable pour réduire les inégalités structurelles qui sont souvent associées aux restrictions.

## ***EVENEMENT***

À propos de l'égalité des genres avec l'économie verte, selon **Dr Mme Daoudi Mounia** il est utile de dresser un état des lieux de l'économie verte en Algérie, et définir les filières à fort potentiel en abordant les mécanismes d'intégration et la femme dans cette économie prometteuse.

Concernant la gestion de l'eau, selon **Pr Mme Halouane Fatmail** est important de préparer les outils de formation et de sensibilisation sur le genre et la gestion de l'eau. Il faudrait identifier les besoins et les groupes cibles prioritaires. Sur la base de ces informations, des outils de base nécessaires à la sensibilisation sur le genre et la gestion des ressources en eau seront élaborés.

Aussi, **Mme Kebbouche – Gana** a déclaré qu'il serait judicieux de d'encourager les femmes à s'engager dans la recherche scientifique ; étant donné que les statistiques ont révélé que les femmes présentent un potentiel de créativité et d'innovation non négligeable. Et la disparité entre les genres pourrait installer un cercle vicieux ou même provoquer des biais dommageables.

A la fin, l'ensemble des intervenants ont approuvé que les tâches accordés aux femmes doivent converger avec sa physionomie et sa capacité.

### **Table ronde**

Table ronde 1	Economie circulaire et égalité des genres : stratégies et mise en place des outils d'application	Animation Mme DEBAGH Nadia
Table ronde 2	Economie circulaire et égalité des genres : quels enjeux pour le développement durable ?	

Le débat dans Les tables rondes était sur la pertinence d'une approche genre en matière d'environnement et de développement durable à travers les questions suivantes.

- Quelle est la perception des hommes sur l'Egalité des genres en sciences et techniques environnementales
- Existe-t-il entre les femmes et les hommes une reconnaissance réciproque des capacités et savoirs respectifs?
- Quelle est l'apport de l'Egalité des genres dans la répartition des rôles, des pouvoirs et du savoir entre les hommes et les femmes ?
- Quels bénéfices tirent les hommes et les femmes de ces différents rôles ?
- Existe-t-il des différences quantitatives ou qualitatives entre l'eau, la terre et la forêt dont disposent les hommes et la part de ces mêmes ressources dont disposent les femmes?

## ***EVENEMENT***

- Les femmes ont-elles les mêmes opportunités d'accès et de contrôle sur les ressources naturelles que les hommes ? Ont-elles accès à la formation, à l'information et aux technologies appropriées concernant la gestion des ressources naturelles ?
- Quelles sont les barrières auxquelles sont confrontées les femmes pour accéder et exercer un contrôle sur les ressources naturelles ? quelle est l'apport de l'Egalité des genres pour surmonter ces barrières
- Les femmes ont-elles des contraintes pour participer à des activités d'information, sensibilisation, vulgarisation et formation concernant l'environnement ?
- Quelle est la perception des femmes à l'égard de l'utilisation et la conservation des ressources ? Quelle est la perception des hommes à l'égard de l'utilisation et la conservation des ressources ? Quels sont les points d'accords et de désaccords entre les deux perceptions ? Comment en tirer profit pour assurer une gestion durable selon le genre des ressources naturelles ?
- Globalement, le débat a duré une heure de temps et a fait ressortir

### **Les recommandations suivantes :**

- Des efforts concertés sont nécessaires pour élargir les perspectives et approfondir l'analyse des questions concernant l'intégration de la femme à l'économie circulaire.
- Encourager respect et la promotion de l'égalité des chances pour les femmes et pour les hommes
- Elaborer des stratégies d'insertion spécifique aux femmes.
- Créer une cartographie des liens entre l'égalité femmes-hommes et l'environnement
- Renforcer les activités entrepreneuriales, l'accès aux financements.
- Création d'une feuille de route pratique pour aider les pays à mettre en œuvre de l'égalité hommes-femmes.
- Trouver une Formule pour accélérer la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 en faisant participer la femme
- La lutte contre l'inégalité de genre - y compris en ce qui concerne l'accès aux ressources naturelles et le contrôle de celles-ci, accélère l'impact des politiques de développement durable.
- Le remplacement des lois, règlements et politiques discriminatoires à l'égard des femmes par des lois, règlements et politiques favorisant l'égalité de genre peut contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable (ODD).
- Permettre la participation des femmes, y compris à la prise de décision par celles-ci à tous les niveaux constitue une étape importante, mais souvent négligée, vers des politiques efficaces et transformatrices liées au Programme de développement durable à l'horizon 2030 et aux ODD.

En conséquence et afin de pouvoir concrétiser les objectifs et les recommandations cités ci-dessus, un groupe de travail: **femme et économie circulaire** a été créé. Aussi il a été décidé d'organiser un Webinaire : **femme et économie circulaire**

**MERCREDI, 19 JANVIER 2022**

## ***EVENEMENT***

Pour but de renforcer les compétences pour la promotion de l’Egalité des genres dans le domaine de l’environnement et de développement durable au sein des associations, une formation abordant 04 cours de 1h30 chacun, dispensée par des experts, avec des quiz et des exercices d’application pour l’ensemble des apprenants :

<b>Cours 1</b>	Genre dans le contexte du changement climatique	Pr Mohammedi Kamel
<b>Cours 2</b>	Intégration du Genre dans la Gestion de l'Eau	Dr Ouazane Naima
<b>Cours 3</b>	Genre et gestion des déchets et les produits chimiques	Dr Boumechhour Fatima
<b>Cours 4</b>	Intégration du genre dans les évaluations environnementales	Dr Baloul Hakim

**But de la formation :** la formation aux thèmes cités précédemment vise à renforcer les compétences pour la promotion de l’Egalité des genres dans le domaine de l’environnement et de développement durable au sein des associations

### **Cours 1 : Genre dans le contexte du changement climatique**

Il est connu que les impacts des changements climatiques ne sont pas vécus de la même façon par les femmes et les hommes, et ceux-ci ont des rôles différents à jouer dans l’atténuation es GES à l’origine du réchauffement planétaire.

Ce cours a permis d’élaborer un argumentaire sur l’importance des liens entre le genre et le changement climatique.

De même, comment les femmes peuvent apporter des contributions spécifiques à l’atténuation et l’adaptation au changement climatiques, selon chaque contexte. Des outils pratiques et un logiciel de formation ont été présentés.

### **Cours 2 : Intégration du Genre dans la Gestion de l'Eau**

Les femmes et les hommes sont généralement responsables au niveau du ménage des tâches diverses qui se rapportent à l’eau et à tous les niveaux, ils ont aussi un accès distinct et

## ***EVENEMENT***

généralement inéquitable aux ressources en eau ainsi qu'aux instances de prise de décision en matière hydraulique.

Le cours présenté a démontré que la parité du genre garantit que la créativité, l'énergie et la connaissance chez les deux sexes contribuent à rendre les systèmes de l'eau et les écosystèmes plus durables; et les avantages et les coûts qui relèvent de l'usage de l'eau reviennent d'une façon équitable à tous les groupes.

Aussi, la conférencière a montré que L'intégration efficace du genre dans la gestion d'eau pour l'amélioration durable des conditions de vie peut être défini comme un processus d'évaluer les implications des femmes et des hommes d'une quelconque action prévue, y compris la législation, les politiques ou programmes, dans n'importe quel secteur et à tous les niveaux.

### **Cours 3 : Genre et gestion des déchets et les produits chimiques**

On sait que les déchets dangereux sont potentiellement dommageables pour l'environnement et doivent par conséquent faire l'objet d'un contrôle. L'élimination de toutes les substances toxiques ou dangereuses doit se faire en conformité avec la réglementation en vigueur.

Deux grands aspects complémentaires ont été décrit pendant le cours, à savoir : l'importance de la participation égale des femmes à la gestion des produits chimiques ; et la nécessité de donner la priorité à la protection des femmes en tant que groupe très sensible aux effets néfastes de l'exposition aux produits chimiques

### **Cours 4 : Intégration du genre dans les évaluations environnementales**

L'approche genre et développement, se fonde sur les relations femmes-hommes que détermine la société et non plus sur les femmes en tant que groupe. Le conférencier a déterminé la façon dont les hommes et les femmes peuvent participer à un projet, en profiter et en contrôler les ressources et les activités, dans une perspective de développement durable.

Ce cours a présenté les outils et les méthodes d'intégration du genre dans le développement et la gestion de l'environnement et de l'application de ces outils et méthodes dans le cadre de l'évaluation environnementale stratégique et de l'étude d'impacts sur l'environnement. Après débats et discussions, les intervenants ont proposé d'autres journées d'étude.

La conférence nationale est clôturée vers 14h30

Lien d'une courte vidéo de l'évènement <https://youtu.be/an5jYWhI8k>