



# Valorisation énergétique des déchets

## Une initiative tuniso-japonaise pour une ville propre



**Majdi Frihi**

Chef de projet – ONU-Habitat Tunisie

Yokohama – 20 août 2025

# Cadre général

## Déchets

- La production de déchets par habitant et par jour est en moyenne comprise entre 0,85 et 1 kg/hab/jour.
- Le recyclage des déchets est estimé à seulement 4 % du potentiel recyclable.
- La valorisation énergétique des déchets est quasiment inexistante.
- Le biogaz émis par les décharges est une source d'énergie mortelle... et polluante.

## Énergie

- Le problème est aggravé par la hausse des prix de l'énergie à l'échelle mondiale.
- La Tunisie a donc intérêt à s'engager dans une politique de transition énergétique.

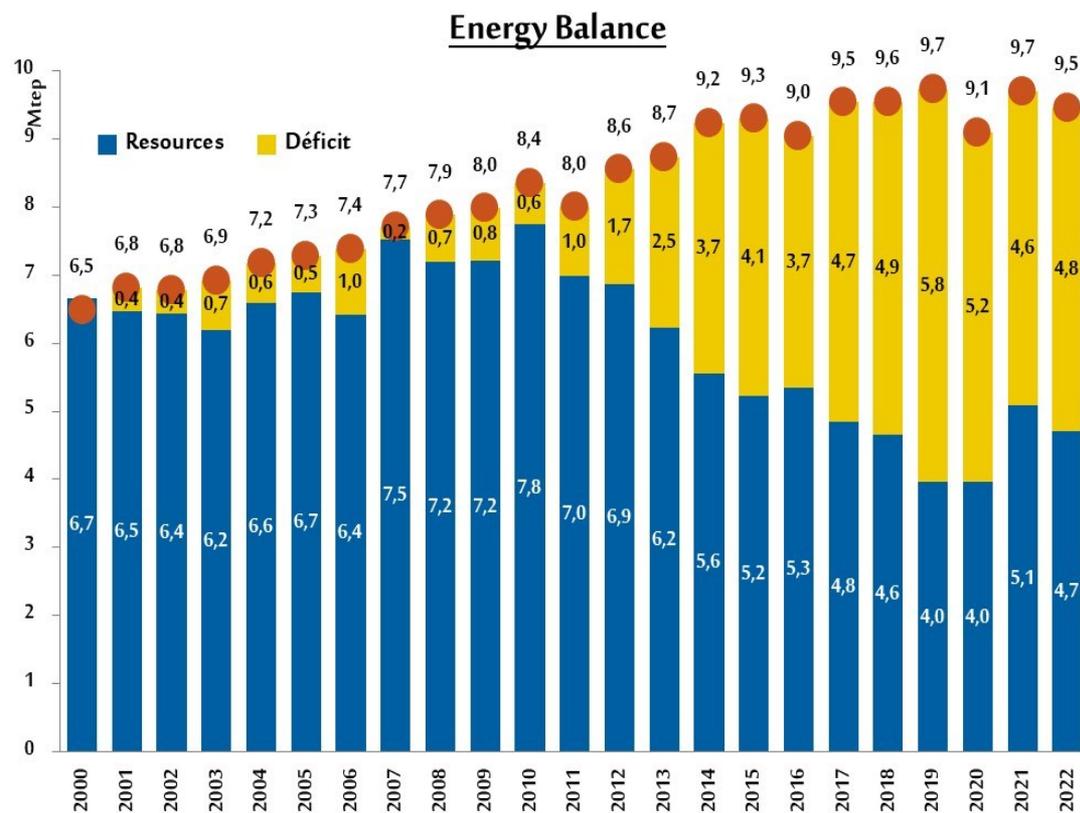


## Contexte énergétique tunisien



Déficit continu depuis 2001, atteignant un maximum de 5,8 Mtep, soit 60 %, en 2019.

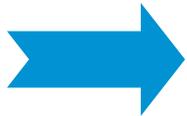
En 2023, le déficit énergétique a atteint 4,7 Mtep, soit un déficit de 48 %.



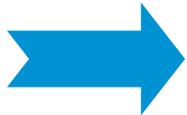
## Contexte énergétique tunisien



96 % de l'électricité produite à partir de gaz naturel.



50 % du gaz naturel est importé.



Le gaz naturel est importé d'un seul pays : l'Algérie.

# Objectifs du gouvernement tunisien



**1**

**45% GES**

*Réduction de 45 % de l'intensité carbone en 2030 par rapport à 2010 (Loi organique n°72 de 2016).*

**2**

**35 % d'énergies renouvelables**

35 % d'énergies renouvelables d'ici 2030.

**50 % d'énergies renouvelables d'ici 2035**

**3**

**30 % d'efficacité énergétique.**

Par rapport au scénario BAU



# Potentiel du biogaz en Tunisie

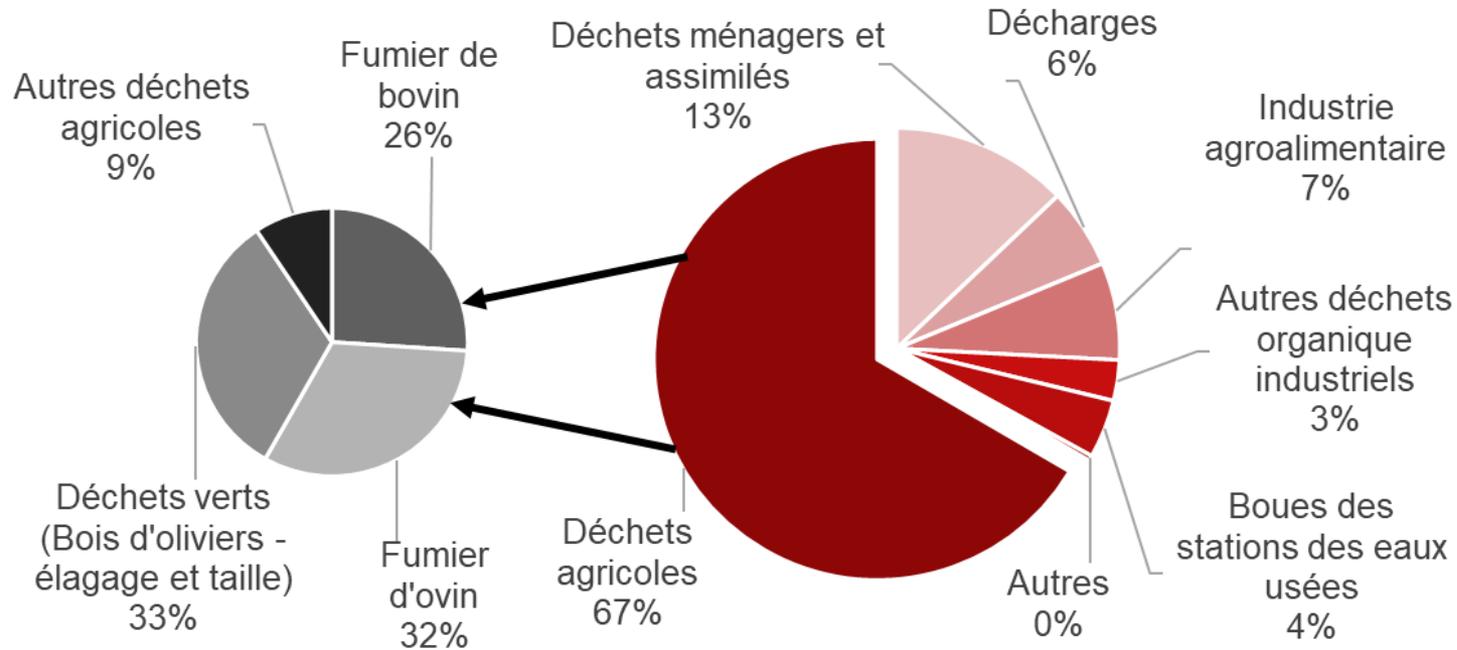
## Vue globale du potentiel énergétique des déchets

Potentiel total			
Catégorie	Potentiel net (GWH)	Capacité (MW)	%
Déchets ménagers et assimilés	1.422	190	12,8%
Décharges	651	87	5,9%
Déchets organiques industriels	1.123	150	10,1%
Déchets agricoles	7.379	984	66,5%
Boues des stations des eaux usées	476	9	4,3%
Autres	40	5	0,4%
<b>Total déchets</b>	<b>11.092</b>	<b>1.424</b>	<b>100,0%</b>

56 % Méthanisation  
44 % Incinération

# Potentiel du biogaz en Tunisie

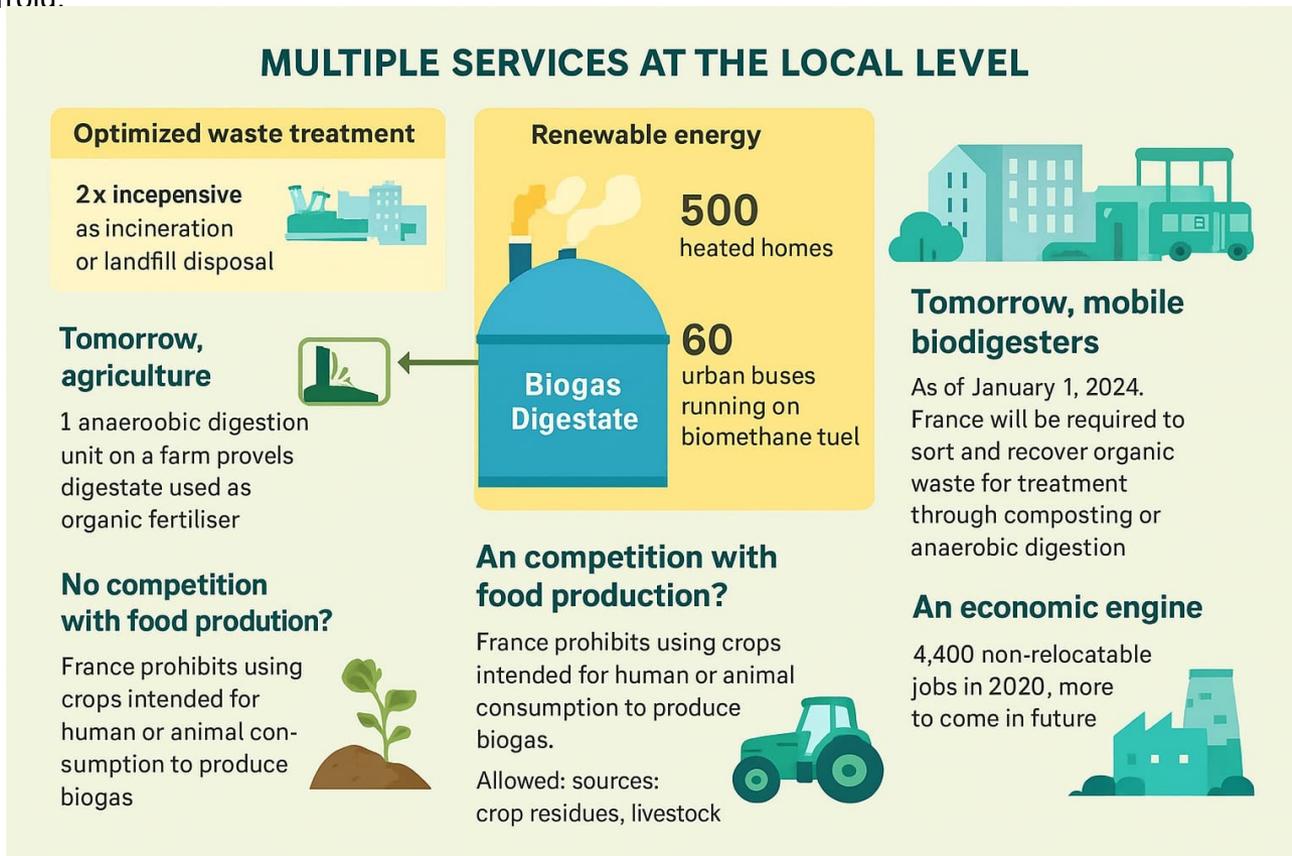
Potentiel énergétique total (potentiel net (GWH))



# Alimenter l'avenir de la Tunisie : du biométhane aux solutions énergétiques

## La production de méthane a un rôle à jouer dans le mix énergétique renouvelable de la Tunisie.

- C'est une source renouvelable, même si son potentiel reste limité comparé au solaire et à l'éolien.
- Le biogaz, seul gaz renouvelable, peut remplacer le gaz fossile dans les chaudières industrielles et comme carburant pour véhicules.
- L'injection de biométhane dans le réseau national de gaz doit être autorisée.
- En l'absence de réseau de gaz, la production d'électricité peut être optimisée par la cogénération et l'utilisation de chaleur pour produire du froid.



## Recommandations pour le développement de la méthanisation en Tunisie

---

### Analyse comparative internationale riche en idées

#### 2) Un cadre réglementaire proportionné aux caractéristiques du secteur de la méthanisation :

- avec des périodes d'amortissement adaptées aux investissements requis,
- avec des exigences définies en fonction des risques avérés,
- cohérent avec les prix d'achat, compte tenu de son impact financier sur les projets.

#### 3) Un écosystème favorable :

- formation d'agents spécialisés en méthanisation,
- banquiers et assureurs invités à soutenir la méthanisation et possédant eux-mêmes une bonne connaissance du domaine,
- intégration de cours de méthanisation dans les programmes universitaires (techniciens et ingénieurs),
- organismes publics jouant un rôle de référence en matière de méthanisation,
- normalisation du processus de méthanisation pour améliorer la qualité et la sécurité des projets,
- implication des PPP et des citoyens dans la prise de décision.

## The Road to a Green Energy Future: Biomethane Development in Tunisia

---

### **Injection de biométhane :**

Nécessité de se conformer aux exigences d'interchangeabilité du gaz naturel commercial pour le biométhane injectable dans le réseau de gaz de la STEG.

Le cadre tarifaire du biométhane injectable dans le réseau STEG doit être basé sur le Décret n°2000-1027 du 15/05/2000 fixant le prix du gaz commercial vendu sur le marché local par les concessionnaires d'hydrocarbures. Le tarif résultant de l'application de ce cadre, pour le gaz commercial livré au point d'entrée du réseau principal de transport de gaz de la STEG, est calculé selon la formule suivante :

**Prix du biogaz injecté (DT/TEP) = 80 % × (prix du fioul à faible teneur en soufre en DT/TEP).**

L'application de ce tarif est conditionnée par l'injection dans le réseau principal de transport de gaz et la livraison d'un gaz commercial conforme aux exigences techniques de la STEG.

En cas de vente de gaz en amont du réseau principal, le prix de vente doit être ajusté en conséquence.

### **Cogénération :**

Pour l'électricité produite à partir du biogaz, maintien du système d'autorisation avec un tarif basé sur les coûts évités, selon les données de la STEG, fixant 307 mill/kWh (arrondi à 307 mill/kWh).

Il semble que le tarif proposé ne soit pas attractif pour certaines catégories d'installations. Le gouvernement pourrait donc décider d'accorder :

- ❑ une prime d'investissement substantielle via le FTE-FODEP ou autre, afin d'améliorer la rentabilité du projet et de réduire le retour sur investissement (ROI),
- ❑ une prime additionnelle sur le prix par kWh vendu à la STEG, sur une période fixe d'exploitation du système de valorisation.

# Initiative tuniso-japonaise : amélioration de la gestion du site d'Oued Laya par l'utilisation du biométhane



**AFRICAN CLEAN CITIES PLATFORM**  
 PLATFORM FOR AFRICAN  
 AND ISLAND PEOPLE

## FRICAN CLEAN CITIES PLATFORM Tunisia Cities

- El Mourouj
- Soukra
- Tunis
- La Marsa
- Beni Khaled
- Sousse
- Agareb
- Djerba Island

Tunisia List :  
 (norate)

6. Ennour, Kasserine
7. La Marsa, Tunis
8. Soukra, Ariana
9. Sousse, Sousse
10. Tabarka, Jendouba
11. Tunis, Tunis

The Tunisian government is a member of the African Clean Cities Platform.  
 its focal point is the Ministry of Environment.

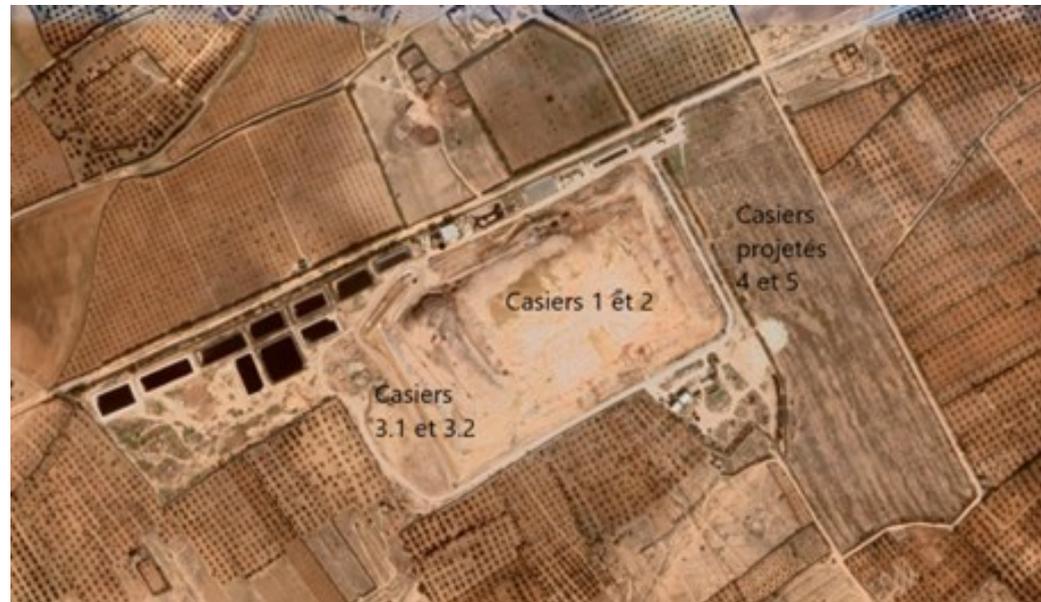
Republique Tunisienne  
 Ministère de l'Environnement

About African Clean Cities Platform, Please visit : <https://africancleancities.org/about-accp>

## Contexte du projet

La décharge contrôlée d'Oued Laya – Sousse est en exploitation depuis juillet 2008.

- Elle reçoit en moyenne environ 600 tonnes de déchets par jour.
- Le site est clôturé et couvre une superficie totale de 47 hectares, dont seulement 20 hectares sont actuellement aménagés.
- Les casiers 1 et 2 ont atteint leur niveau final, tandis que le casier 3 est en cours d'exploitation.
- Au total, environ 2 657 361 tonnes de déchets ont été réceptionnées et enfouies à la décharge contrôlée d'Oued Laya entre le 1er juillet 2008 et le 31 juillet 2022.





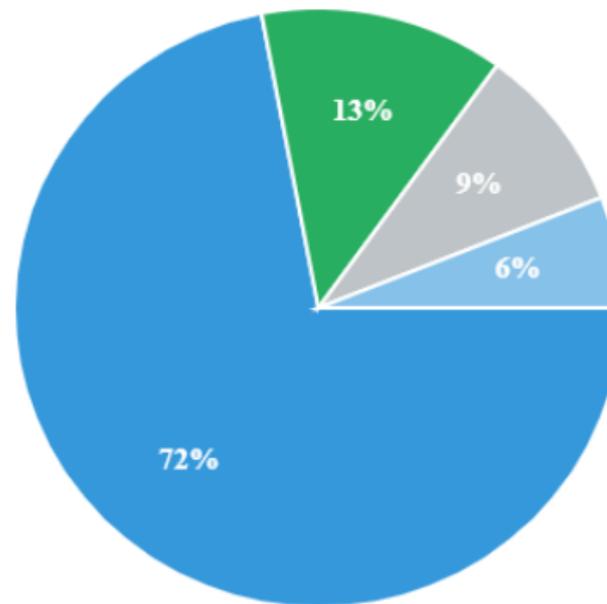
Sur la période 2021-2030, les réductions d'émissions cumulées par rapport à la trajectoire tendancielle (BaU) atteindront 87,5 MtCO<sub>2</sub>.

Ces réductions proviendront principalement du secteur de l'énergie (72 %), suivies par l'AFOLU (agriculture, foresterie et autres usages des terres) (13 %), et par les procédés industriels (9 %).

Les résultats restants (6 %) découleront de la politique bas-carbone du secteur des déchets.

(Source : CDN 2021)

Breakdown of Cumulative GHG Impact CDN 2021-2030



Energy AFAT Processes Waste

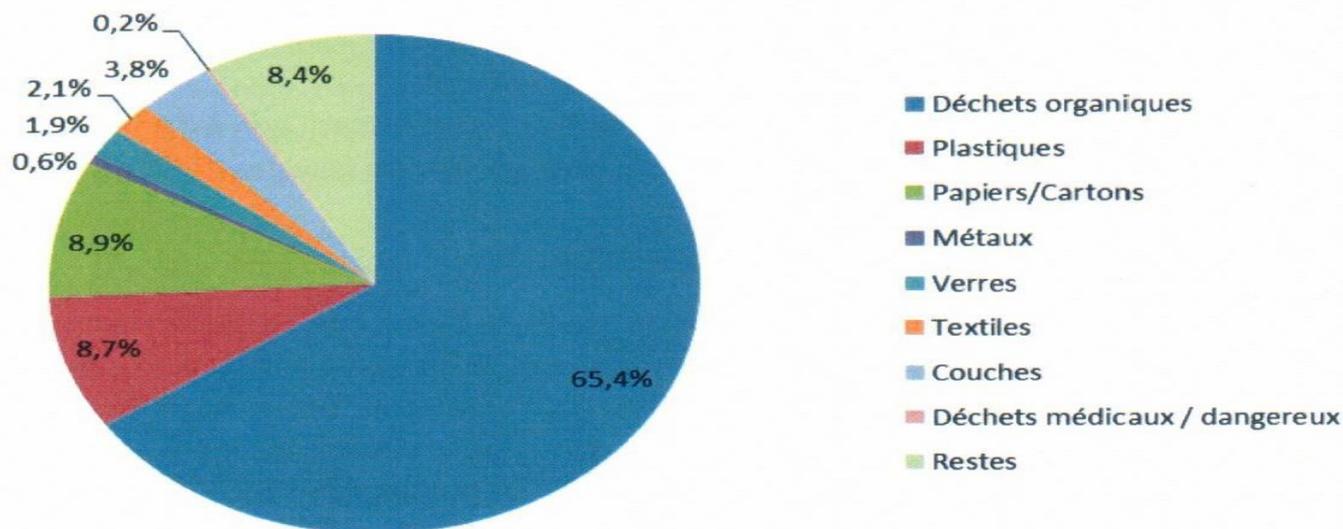
Figure: Sectoral distribution of cumulative reductions (2021-2030) of GHG emissions resulting from the implementation of the updated low-carbon scenario.



Une richesse stockée  
qui se perd à travers la  
dépense

## Composition et quantités de déchets enfouis et de lixiviats retenus

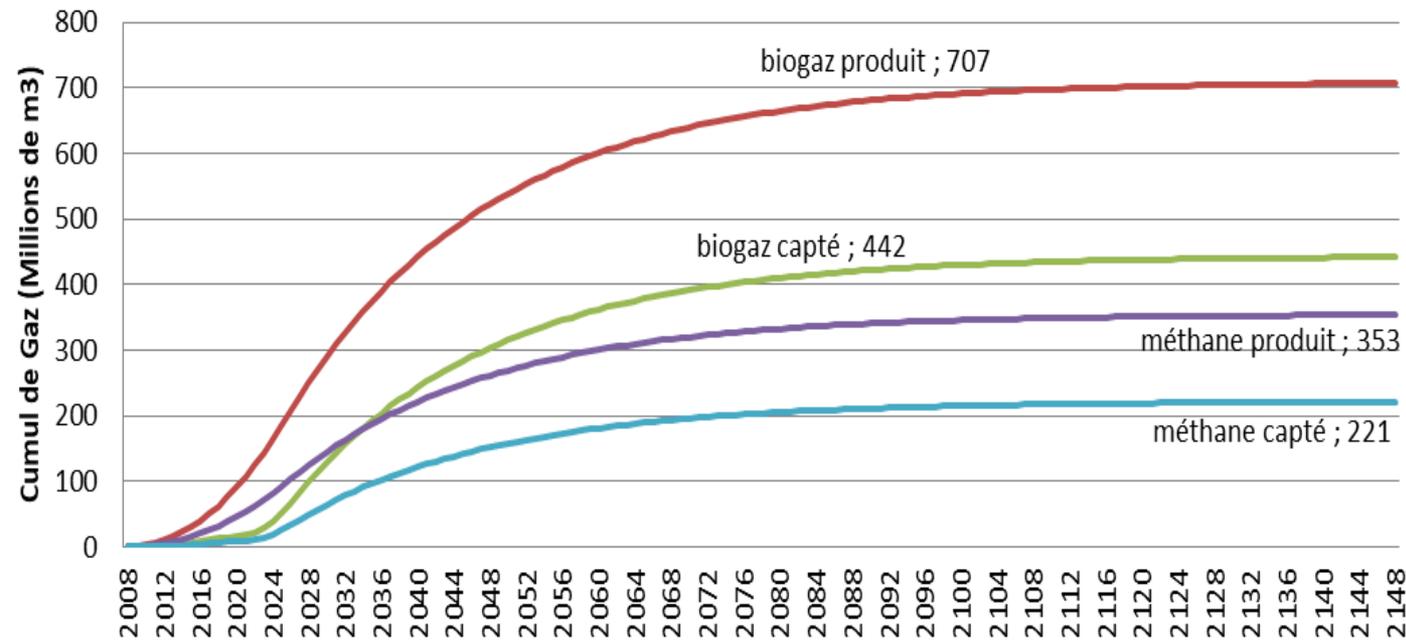
En été, les pourcentages moyens des différentes fractions de déchets changent légèrement par rapport à l'hiver avec l'arrivée des touristes. La différence saisonnière reste toutefois faible, et la composition demeure proche de la composition des déchets à l'échelle nationale, malgré une fraction organique supérieure à 65 %. Plus cette fraction organique est élevée, plus les quantités de lixiviats produites après enfouissement seront importantes. Une possible intégration d'un traitement mécano-biologique (TMB) dans le processus de gestion des déchets, avant l'enfouissement, permettrait de réduire les quantités de lixiviats produites ultérieurement.



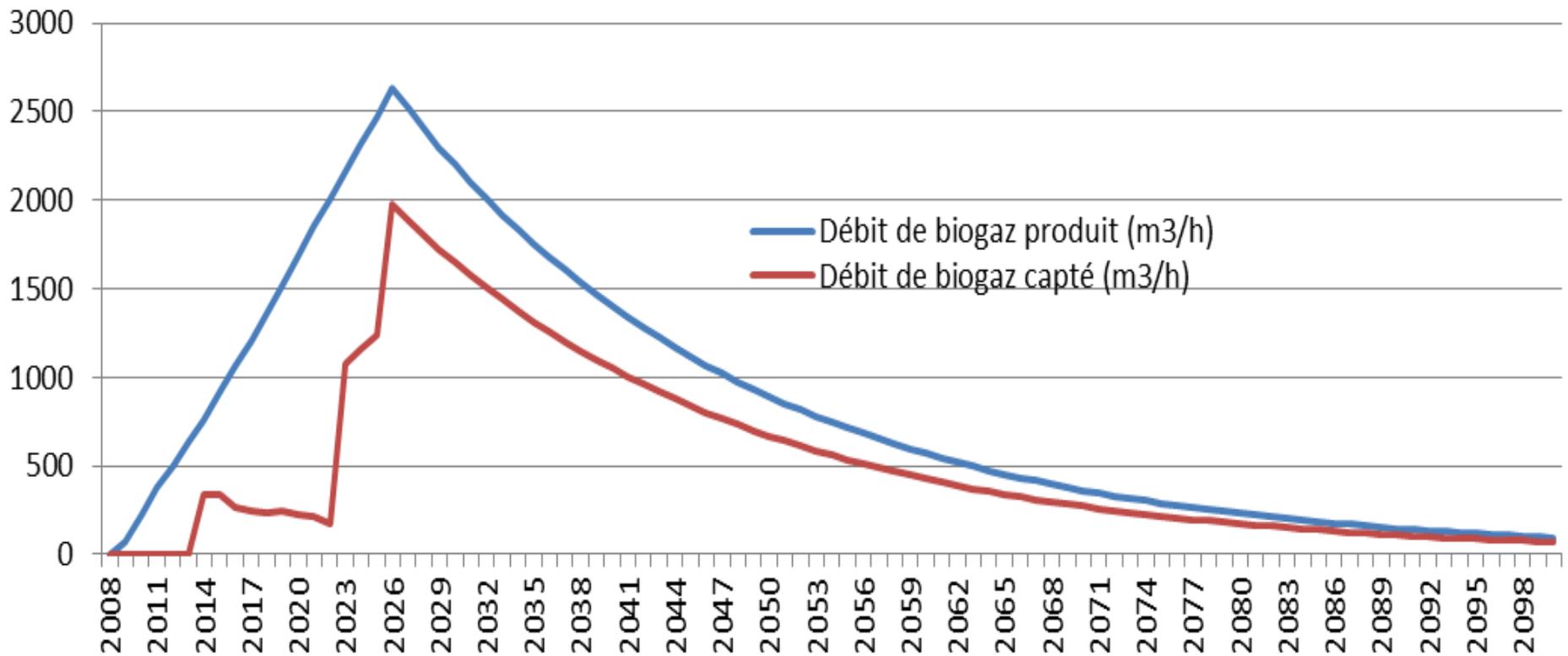
Résultats de la caractérisation des déchets du gouvernorat de Sousse durant la période estivale (ANGed).

## Scénario A

- La production de biogaz dans ce scénario prend en compte l'enfouissement des déchets dans les casiers existants 1, 2 et 3 de la décharge contrôlée d'Oued Laya, donc jusqu'à l'année 2025. Les productions et captages réels et prévus ont été modélisés et sont résumés dans la Figure 5, qui présente les volumes cumulatifs de biogaz et de biométhane. Dans la Figure 6, les débits déjà mesurés les années précédentes sont reportés directement sur la courbe, et les flux pour les années futures sont modélisés à l'aide du logiciel LandGEM, selon les données du scénario A.



Simulation des accumulations de biogaz et du biométhane produit et capté selon le scénario A dans la décharge d'Oued Laya – Soussse (millions de m<sup>3</sup>). Le biogaz cumulé qui sera produit dans la décharge d'Oued Laya-Soussse selon le scénario A dépassera 700 millions de m<sup>3</sup>, dont environ 440 millions de m<sup>3</sup> seront captés et feront l'objet d'une valorisation énergétique, toujours selon le même scénario. La moitié de ces volumes correspondra uniquement au biométhane.

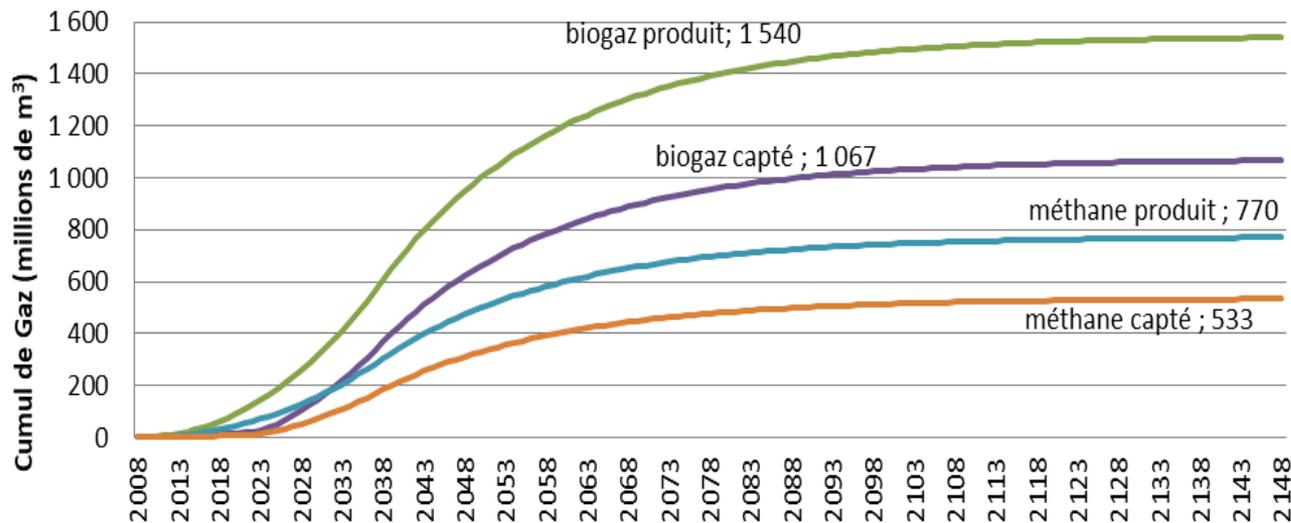


**Simulation du débit de production et de captage du biogaz (m³/h) en fonction des années à la décharge contrôlée d'Oued Laya – Sousse selon le scénario A.**

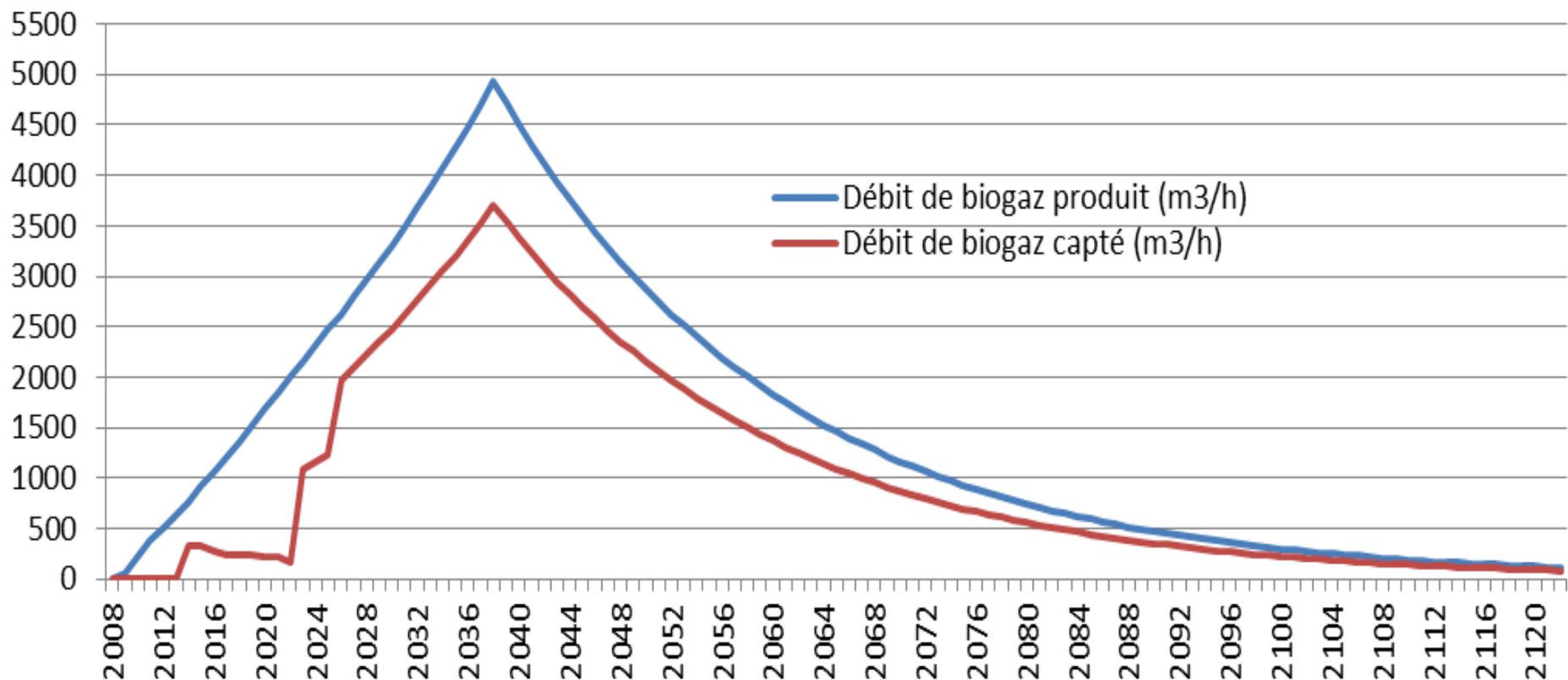
L'installation prévue de nouveaux puits de captage de biogaz permettra d'augmenter le débit de biogaz, passant de son niveau actuel d'environ 200 m³/h à 1000 m³/h après un an, puis à 1200 m³/h deux ans plus tard. La fermeture du casier 3 accroîtra encore le taux de production de biogaz, qui atteindra un pic d'environ 2000 m³/h dans ce scénario A, avant de diminuer progressivement, tout en maintenant une production de biogaz pendant plusieurs décennies. La simulation montre que même dans 80 ans, le réseau de captage de la décharge continuera à fournir environ 100 m³/h de biogaz récupérable.

## Scénario B

- La production de biogaz dans ce scénario prend en compte l'enfouissement des déchets dans les casiers existants et prévus 1, 2, 3, 4 et 5 de la décharge contrôlée d'Oued Laya, donc jusqu'à l'année 2037. Les quantités de biogaz et de biométhane qui seront produites et captées dans la décharge ont été estimées en fonction des années (Figure 7). La Figure 8 présente les résultats de la modélisation en termes de débits de biogaz produits et captés. Les débits déjà mesurés les années précédentes sont reportés directement sur la courbe, et les débits pour les années futures sont modélisés à l'aide du logiciel LandGEM, selon les données du scénario B.

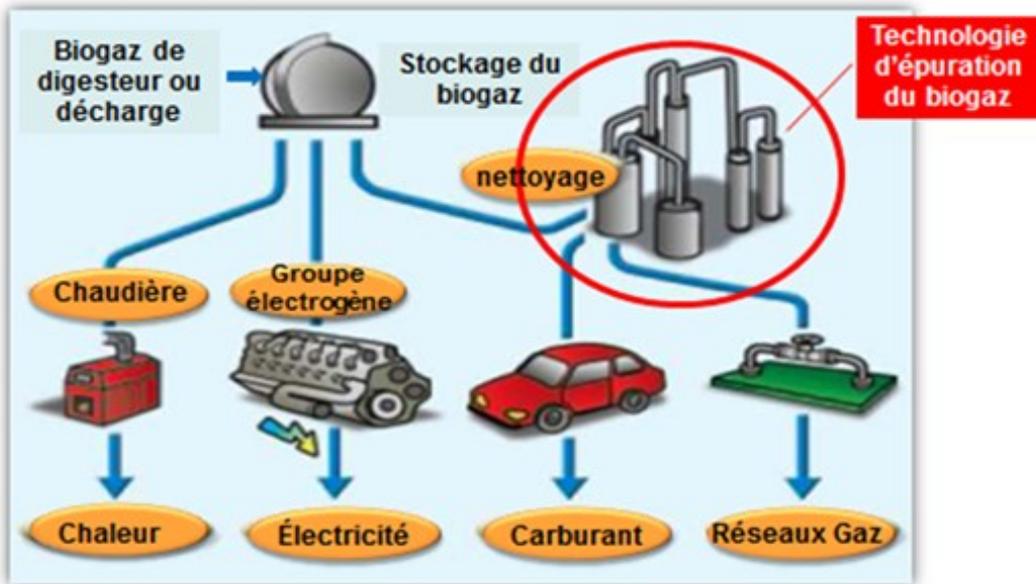


Simulation des accumulations de biogaz et du biométhane produit et capté selon le scénario B dans la décharge d'Oued Laya – Sousse (millions de m<sup>3</sup>). La modélisation selon le scénario B prévoit une production de biogaz dans la décharge d'Oued Laya – Sousse qui dépassera 1 500 millions de m<sup>3</sup> cumulés, dont plus d'un milliard de m<sup>3</sup> seront captés pour valorisation. La moitié de ces volumes correspondra au biométhane.



**Simulation du débit de production et de captage du biogaz (m<sup>3</sup>/h) en fonction des années à la décharge contrôlée d'Oued Laya – Sousse selon le scénario B.**

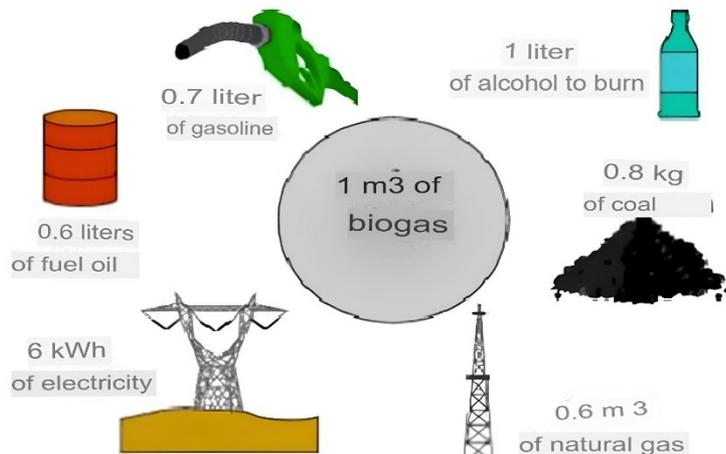
Selon le scénario B, l'exploitation de tous les casiers actuels et prévus (1, 2, 3, 4 et 5), ainsi que leur fermeture et leur équipement d'un système de captage, permettra d'augmenter progressivement le débit de biogaz capté. Ce débit passera de son niveau actuel d'environ 200 m<sup>3</sup>/h à plus de 3 500 m<sup>3</sup>/h. Les pics de production et de captage du biogaz seront atteints après la fermeture du dernier compartiment, soit en 2038 dans ce scénario B. Une diminution progressive des débits de gaz sera ensuite observée, tout en maintenant une production et un captage d'environ 100 m<sup>3</sup>/h de biogaz récupérable après un siècle.



**Le biogaz, tout comme le gaz naturel, peut être utilisé de différentes manières.**

Dans cette section, les scénarios de valorisation du biogaz produit dans la décharge d'Oued Laya sont présentés, détaillés et comparés sur la base de :

- la faisabilité technique,
- l'absence de contradiction avec les lois en vigueur,
- l'utilisation durable,
- le cadre juridique,
- le niveau de technicité requis,
- le nombre de parties prenantes et la complexité des procédures,
- l'investissement et la viabilité économique.



## Meilleur scénario atteint

- Le biogaz contient théoriquement une énergie d'environ 6 kWh équivalent/m<sup>3</sup>.
- La cogénération, puisqu'elle convertit une partie de cette énergie en chaleur et qu'une autre partie est perdue, permet de produire environ 2 kWh d'électricité/m<sup>3</sup> de biogaz.
- Cela signifie qu'un débit moyen de biogaz de 200 m<sup>3</sup>/h peut produire environ 400 kWh d'électricité.
- Même dans le scénario le moins optimiste, il existe un certain potentiel énergétique du biogaz produit dans la décharge d'Oued Laya – Sousse

Scénario	Technologie	Cadre législatif	Termes	Coût : Investissement + Exploitation	Faisabilité technique	Durabilité	Multiplicité des parties prenantes
1	Cogénération – auto-production (municipalités)	Décret 2002-3232 / Loi 2015-12		+/-	+	+	-
2	Cogénération – auto-production concession	Décret 2002-3232 / Loi 2015-12		+/-	+	+	+
3	Cogénération – auto-production ANGEd	Décret 2002-3232 / Loi 2015-12	Convention	+/-	+/-	+	+/-
4	Cogénération – autorisation ANGEd – CoGR	Loi 2015-12	Convention	+/-	+/-	+	-
5	Réseau GN (gaz naturel) absent	—	—	+/-	-	+/-	-
6	BioGNV	Décret 2002-3232 / Convention 2017	Convention	-	+/-	+/-	-
7	BioGNC / Cylindre	Ordre 1956	Convention	-	+/-	+/-	-
8	Chaudière	—	—	+	+/-	+/-	-

**+ Favorable ; - binding**

Kyoto Protocol... **Principles and Commitments**

Constitution of July 25, 2022 Chapter II, Article 47 "...It is the responsibility of the State to provide the means necessary for the elimination of environmental pollution »

Use of ER... Limitation and for reduction of methane emissions through recovery and use in the waste management sector...

A. from Paris-CDN Reduction of carbon intensity by 45%... Partly through the production of electricity from biogas

Law No. 96-27 STEG + IPP **Energy recovery**

Decree No. 2002-3232 ↔ Decree No. 2009-3377

CoGenery efficient: thermal and electricity from primary energy or biomass.

Right of Transmission and Sale to STEG up to 2/3 for power < 3 MW or 1/2 if > 3 MW → Order of 24 dec2007

CCh CoGon the electrical network

Law No. 2015-12 → Decree No. 2016-1123

Orders of February 9, 2017 and August 30, 2018

-type of transport and 3 sales contracts ↔ Law No. 2019-47

Orders of August 8, 2019 and October 6, 2020 Flammable gas tanks

Law 2008-23 Concessions system-Decree-law 2022-68 Authorization of ER projects in the public domain

Law No. 96-41 Local authorities and groups of municipalities can entrust operations or installations collection, disposal and treatment household waste to businesses

Decree No. 2005-2317 L'ANGed may enter into concessions with public or private companies in the event that a local authority subcontracts it with the management of household waste

**Waste management**  
Order of January 17 2007 CCh recycling and recovery of waste non-dangerous

Law No. 2004-72 ↔ Law No. 2009-7

Decree No. 2009-2773 Right to transport electricity from RE and sale < 30% to STEG. May be exceeded to.p. biomass

Decision of June 2, 2014 Transport rates 7 mill/kWh and purchase by STEG of the surplus to.p. ICoGand ER ↔ Decree-law No. 2022-12

→ Order of November 17, 2022

Self-production to.p. ER > 1 MW requires CONTRACT authorization from the Ministry of Energy Relaxation of procedures admin.

**Biogas Project - Energy**

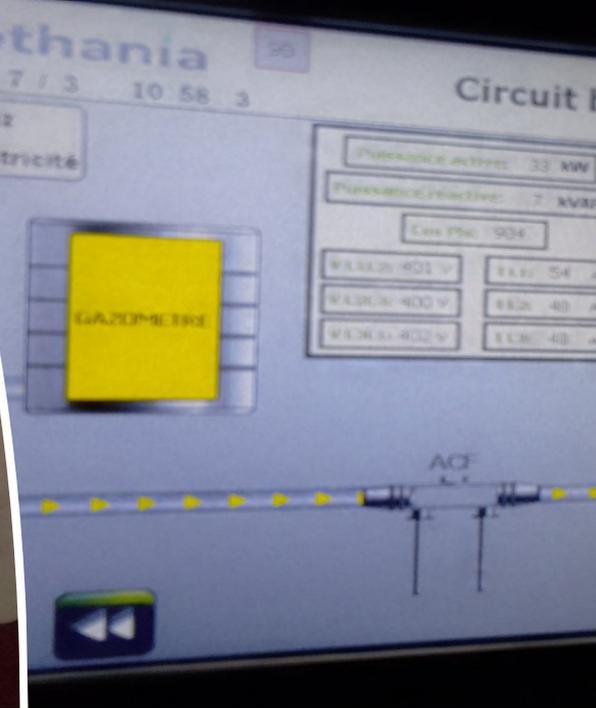
## Scénario réalisé : Cogénération – Régime d'autorisation – ANGed – Accord

- L'ANGed produira de l'électricité par cogénération à partir du biogaz, considéré comme une source d'énergie renouvelable, et vendra l'intégralité de sa production à la STEG dans le cadre d'un accord.
- Compte tenu de la production moyenne actuelle du réseau de biogaz sur le site de la décharge d'Oued Laya – Sousse, qui est d'environ 200 Nm<sup>3</sup>/h de biogaz, capable de produire plus de 400 kWh d'électricité par cogénération, cette énergie pourrait couvrir la consommation moyenne d'environ 2 000 ménages sur une année. La consommation annuelle moyenne par ménage est estimée à 1 760 kWh par la STEG.

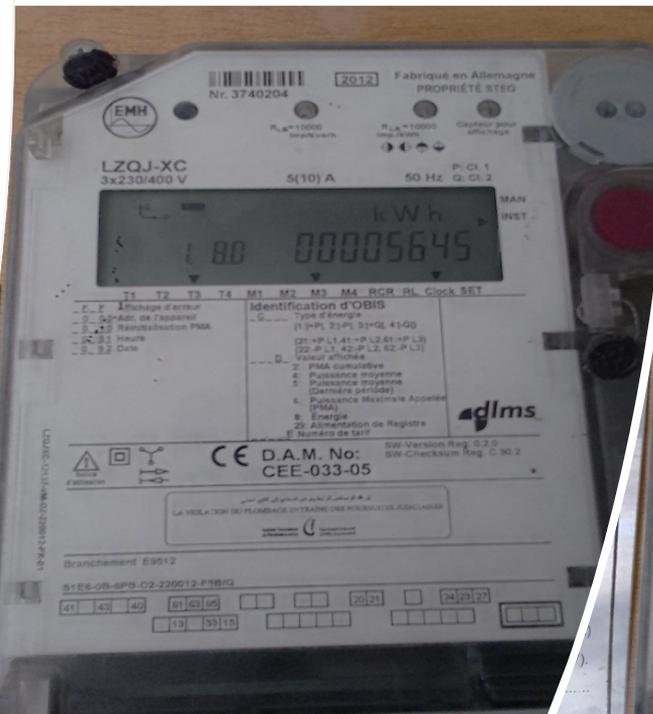
# Meilleur scénario réalisé : Première unité pilote de cogénération en Tunisie



Enregistrement des heures de fonctionnement de la station de cogénération à la décharge contrôlée d'Oued Laya



Index du compteur STEG fonctionnant avec moteur



# Merci !

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

