



24>27 mars 2014  
CENTRE DE CONVENTIONS  
ORAN - ALGÉRIE



# Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie



Présenté par :

Mr LADJEL Farid & M<sup>me</sup> ABBOU Sonia

Alger le 03 Février 2016

# Sommaire

- Introduction.
- Etat des lieux de l'assainissement en Algérie.
- Contexte et objectifs de la valorisation des boues.
- Définition, origine et nature des boues.
- Partie I: Valorisation énergétique des boues.
- Perspectives : STEP d'Oran et d'Annaba.
- Partie II: Valorisation agricole des boues.
- Cas de la STEP de Tizi-Ouzou.
- Projet de coopération Algéro- Coréen.
- Recommandations et conclusion.

# Situation de l'assainissement en Algérie

Linéaire du réseau  
(km linéaire)



**47 048**

Volume collecté  
(millions de m<sup>3</sup> /an)



**1062**

Données ONA, 2015

# Situation de l'assainissement en Algérie

	Nombre de STEP en exploitation	Capacités installées en million Eq/hab	Volume d'eau épurée en million de M <sup>3</sup> /an	Quantités des boues produites en T/J
				
<b>ONA</b>	<b>124</b>	<b>8,71</b>	<b>197</b>	<b>/</b>
<b>SPA ET AUTRES</b>	<b>44</b>	<b>/</b>	<b>/</b>	<b>/</b>
<b>TOTAL</b>	<b>168</b>	<b>13</b>	<b>365</b>	<b>550</b>
<b>Données ONA,MRE(2015)</b>				

# Contexte et objectif de la valorisation des boues

## Contexte actuel

Dans le contexte actuel de protection de l'environnement, **l'élimination des boues d'épuration** constitue un des **enjeux majeurs** pour notre pays.

L'accroissement du nombre de STEP en Algérie s'accompagne de production de quantités non négligeables de boues d'épuration. L'objectif du traitement est de **réduire le volume** des boues produites, mais également de **les valoriser** par :

- Une réutilisation à **des fins agricoles**, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques,
- Valoriser leur **potentiel énergétique** sous forme de **biogaz**.

## Objectifs

- Maitriser la gestion de ces sous produits;
- Créer une valeur ajoutée (énergie, amendement, fertilisant, cimenterie,...);
- Réduire les nuisances olfactives;
- Participer à la protection de l'environnement et au développement durable.

# Définition et nature des boues



Eau usée



Station d'épuration



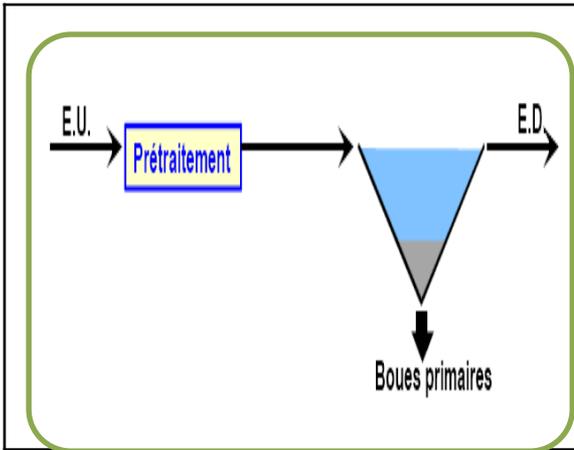
Eau épurée



Boues d'épuration

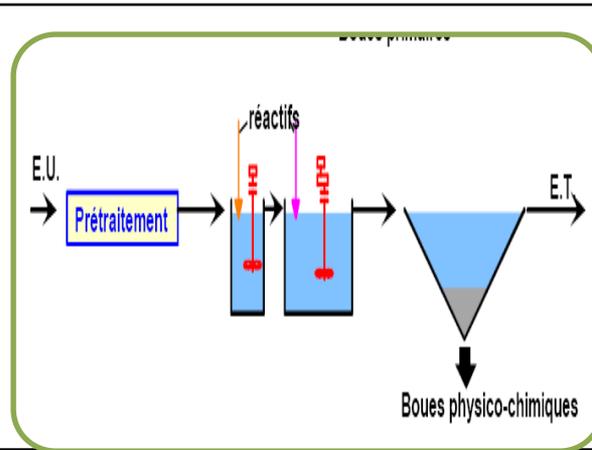
**Boue de station d'épuration** désigne l'ensemble des résidus de l'activité biologique des micro-organismes vivant dans les stations d'épuration, qui transforment les matières transportées par les eaux usées pour qu'elles puissent en être extraites. Elles sont constituées essentiellement d'eau, de sels minéraux et de matière organique

# Types de boues



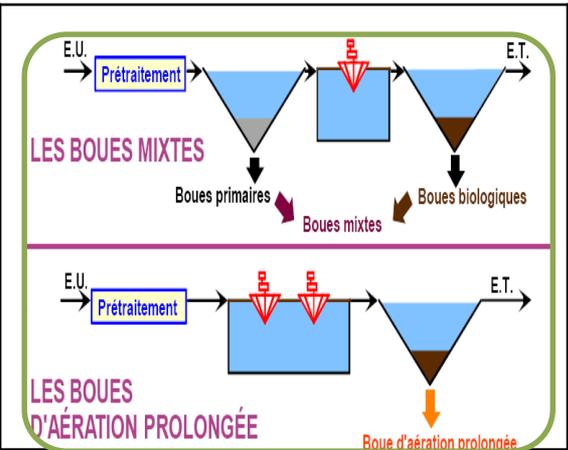
## Les boues primaires :

Ceux sont des dépôts qui proviennent du traitement primaire des eaux usées, par décantation.



## Les boues physico-chimiques :

Proviennent de la décantation après traitement avec des réactifs chimiques (agent floculant).



## Les boues biologiques :

Proviennent de l'épuration biologique des eaux usées, composées d'agrégats de microflocs bactériens.



# Caractéristiques physiques des boues

Boues biologiques, plus ou moins déshydratées				Boues biologiques stabilisées		Autres boues
						
1-5% MS	6-8% MS	10-30% MS	60-80% MS	30-40% MS	45% MS	50% MS
Boues liquides	Boues égouttées	Boues pâteuses	Boues séchées	Boues solides chaulées	Boues compostées	Boues cellulosiques

# Les différentes voies de valorisation et d'élimination des boues



**Epandage:** Apports des boues sur le sol, selon une répartition régulière,



**Méthanisation:** Matière organique + microorganismes  $\xrightarrow{\text{anaérobiose}}$  Biogaz



**Compostage:** Matière organique (boue + co-produit) + microorganismes  $\xrightarrow{\text{aérobiose}}$  Composés humiques



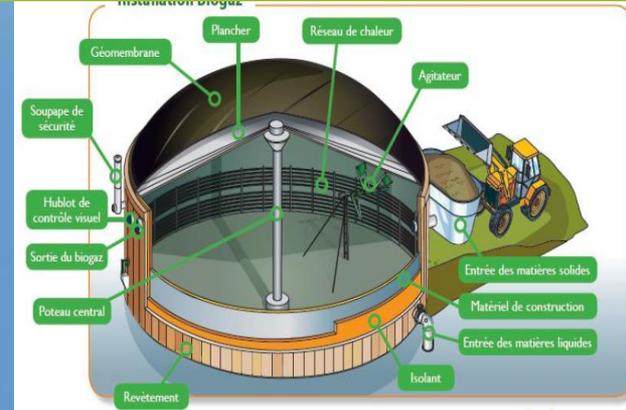
**Incinération:** Matière organique  $\xrightarrow{\text{Combustion } +500^{\circ}\text{C}}$  Matière volatile + matière minérale résiduelle



**Mise en décharge ou CET**

# PARTIE I

## Valorisation énergétique des boues

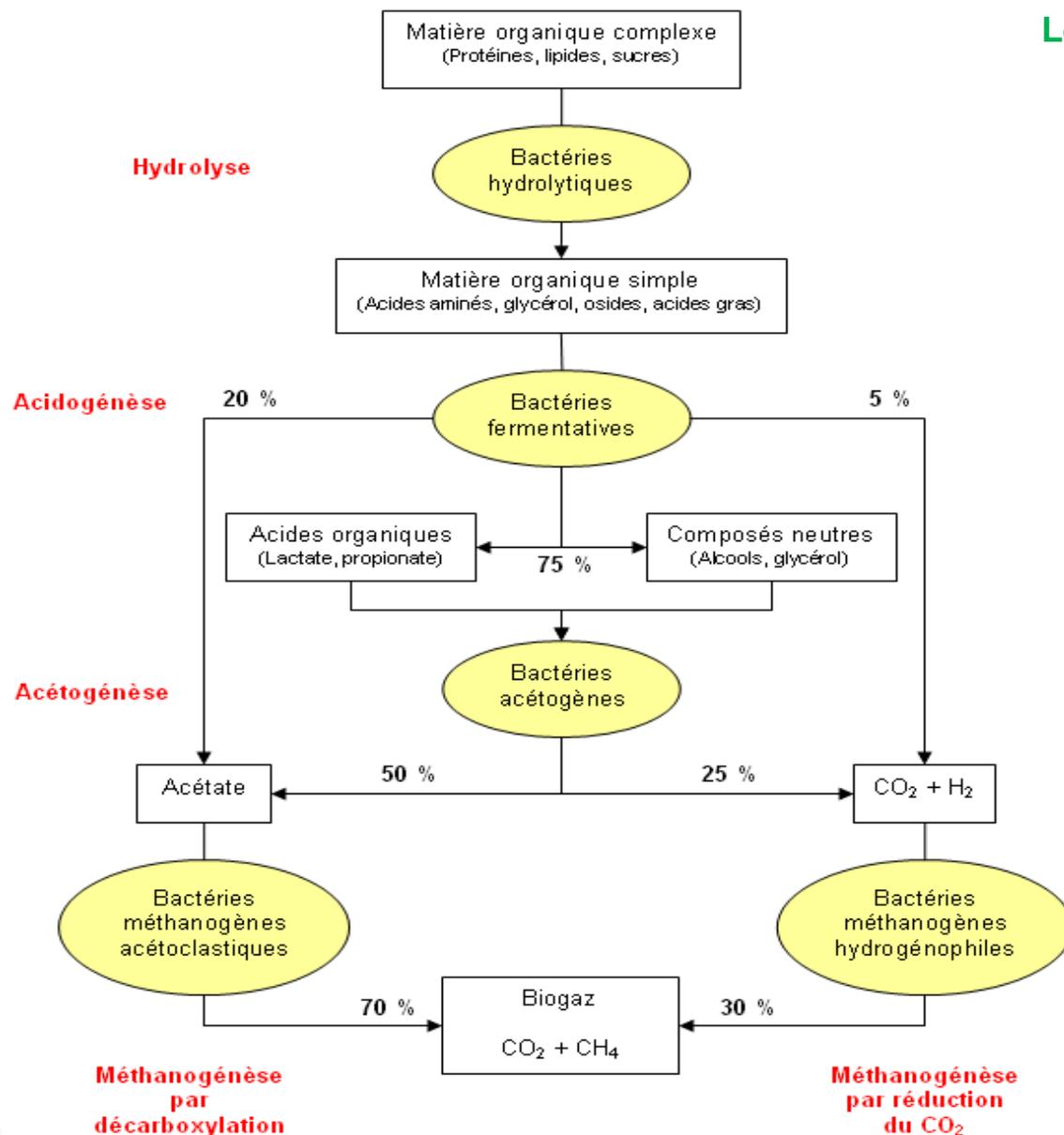


## Définition de la méthanisation

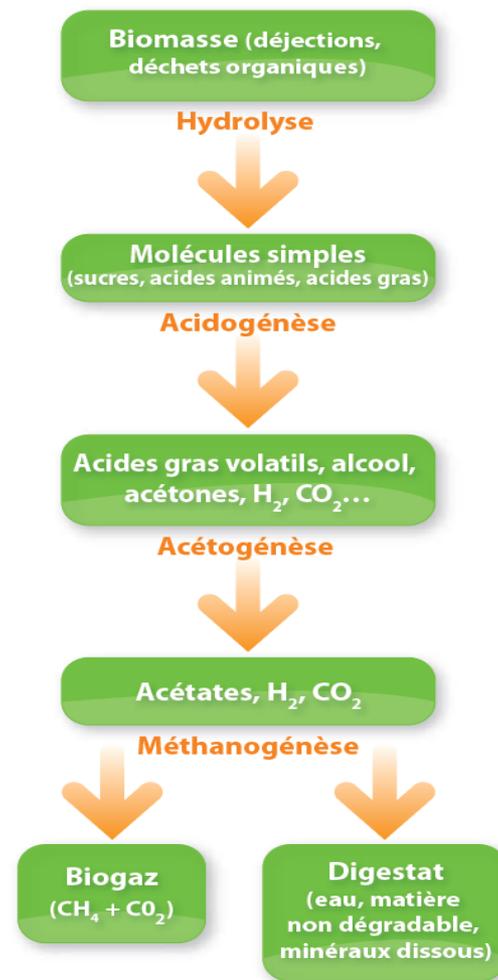
La méthanisation (ou fermentation anaérobie) est un procédé biologique permettant de valoriser des **matières organiques** qui sont dégradées partiellement en **l'absence de l'oxygène** (digestion anaérobie), par l'action combinée de plusieurs types de **micro-organismes** qui conduit à la formation du **biogaz** qui est source d'énergie renouvelable et d'un **digestat** utilisé comme fertilisant. (Voir Schéma qui suit)



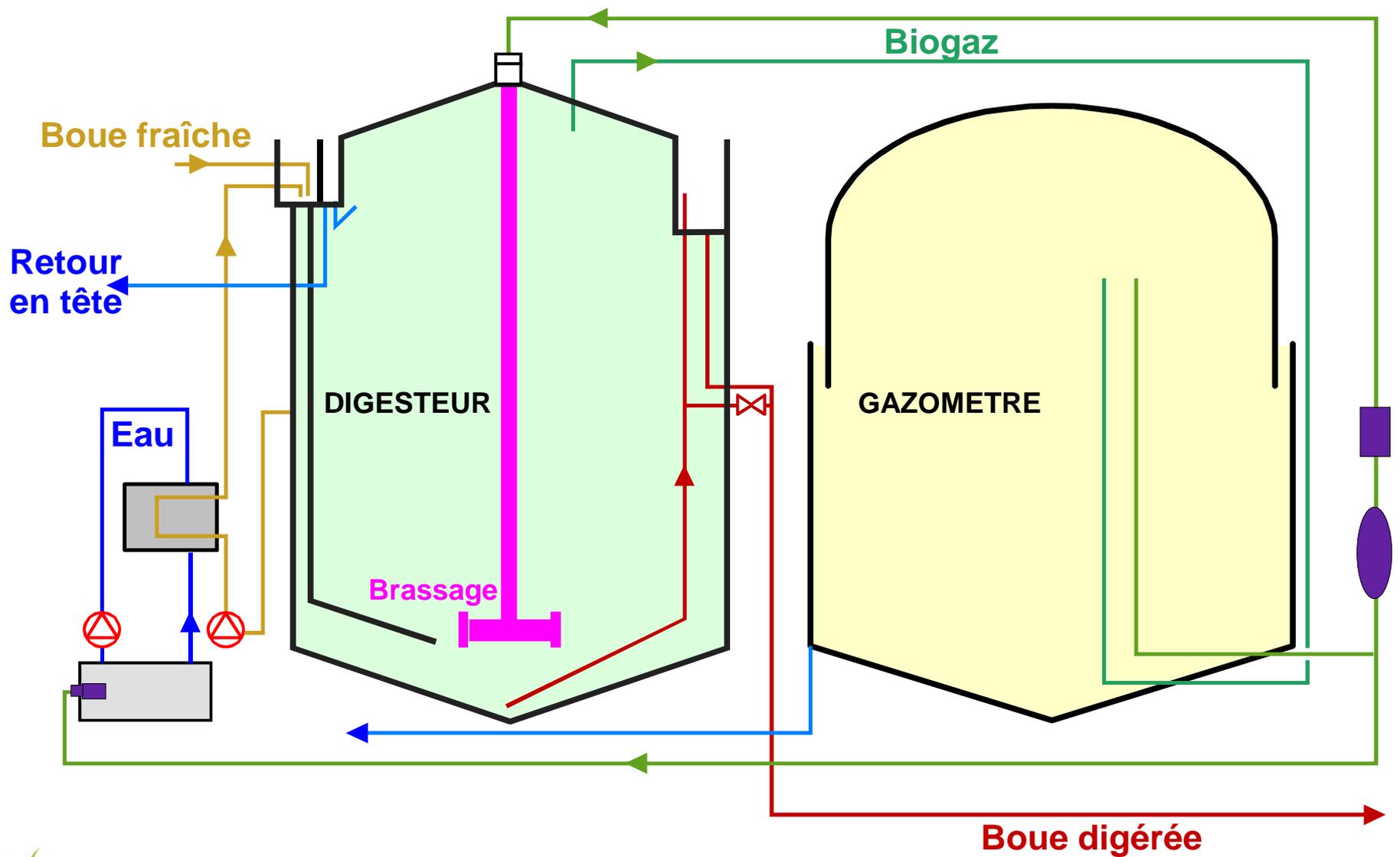
# Les principales phases du processus de méthanisation



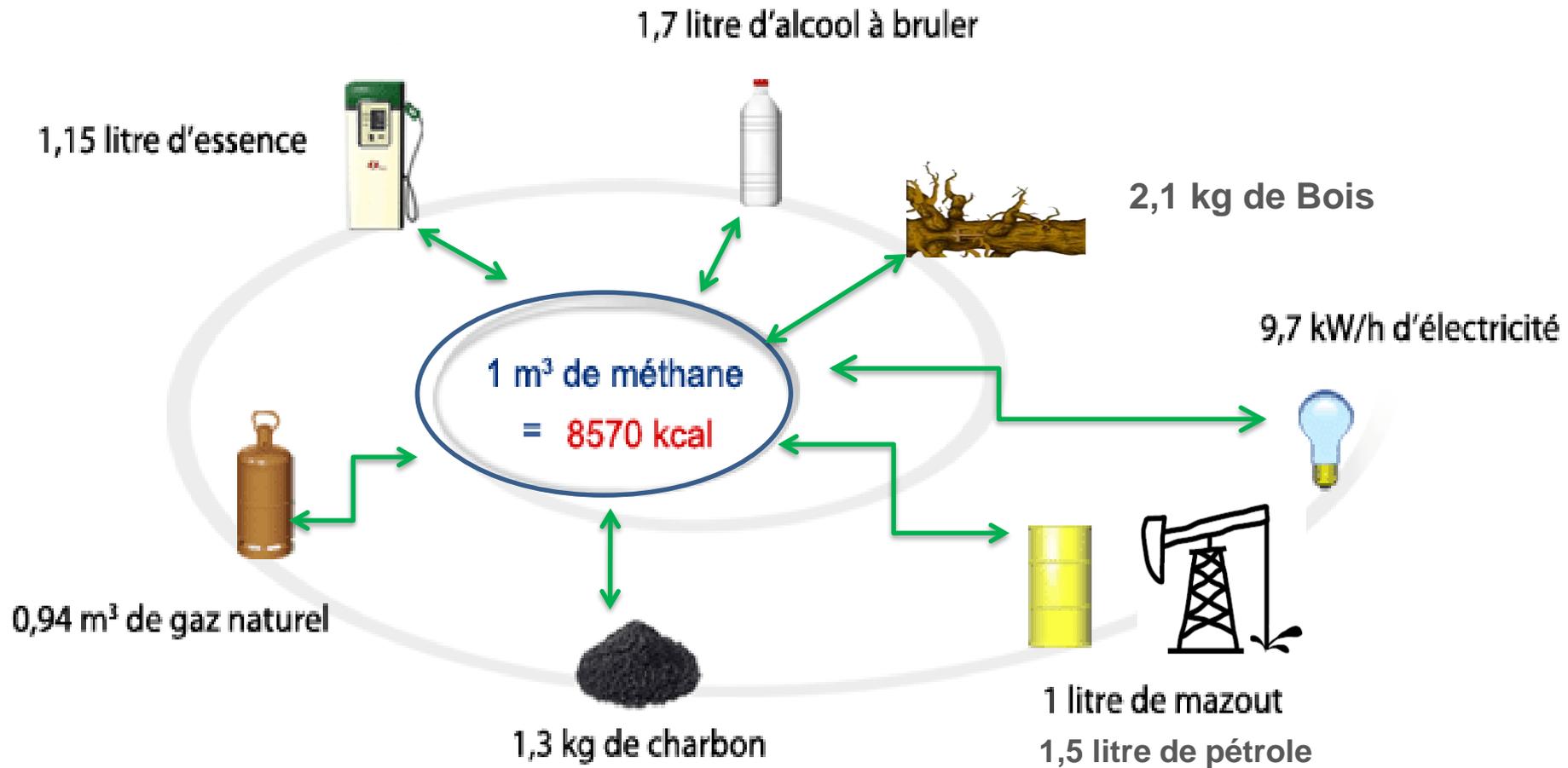
## Les 4 étapes de la méthanisation



# Principe de la méthanisation



# Equivalence énergétique du méthane



# Composition du Biogaz



Le biogaz est principalement constitué de méthane combustible et de gaz carbonique inerte. D'autres gaz peuvent venir s'ajouter de façon minoritaire dans la composition du biogaz : **hydrogène, sulfure d'hydrogène ( $H_2S$ )**. **La teneur de ces gaz dépend étroitement du déchet traité et du degré d'avancement de la méthanisation.**

Nature du gaz	Proportion (en %)
Méthane ( $CH_4$ ) 	50 - 80
Dioxyde de carbone ( $CO_2$ )	20 - 50
Hydrogène sulfuré ( $H_2S$ )	0 - 0,5

## Propriétés du Biogaz

- Sensiblement plus léger que l'air, il produit deux fois moins de calories par combustion à volume égal que le gaz naturel.
- A masse égale, le méthane est un combustible plus efficace que le pétrole.

Le PCI est le pouvoir calorifique inférieur lorsque l'eau produite par cette combustion reste à l'état de vapeur: *C'est la quantité de chaleur dégagée par la combustion totale de l'unité de quantité de combustible.*

- Le PCI du méthane (à 0°C à pression atm) = **9,94 kWh/m<sup>3</sup>**.
- Pour le biogaz, le PCI sera proportionnel à sa teneur en méthane.

Ex, pour un biogaz contenant 70% de méthane, le PCI sera de:

$$9,94 \times 0,7 = 6,96 \text{ kWh/m}^3.$$

# Les voies de valorisation du Biogaz



**Valorisation thermique:** pour chauffer le digesteur, les locaux et parfois pour sécher les boues, la teneur en  $\text{CH}_4$  du biogaz peut descendre jusqu'à 20%. La chaleur de combustion du biogaz peut aussi servir pour la production d'eau chaude



**Valorisation électrique:** au moins 40% de méthane



**Valorisation énergétique mixte ou cogénération**  
Production d'électricité et de chaleur à partir de *biogaz*, à l'aide d'un moteur thermique (ou d'une turbine à gaz) (énergie renouvelable)



Production du **biocarburant**, un minimum de 96% de méthane



Injection du méthane épuré dans le **réseau de gaz naturel** (pas encore autorisée)

# Intérêts et Limites



## Intérêts

### Production de biogaz

- Une énergie renouvelable et stockable, qui peut être convertie en différentes formes d'énergie utile.

### Traitement des boues

- Meilleure **flexibilité** de la filière boues.
- Capacité de **stockage** du digesteur.
- **Réduction des coûts** de traitement.
- Bonne **déshydratabilité** des boues.
- Très bons **abattement de la matière sèche(40%) et de la matière volatile(55%)**.
- **Stabilisation et hygénisation** des boues.
- **Réduction des nuisances olfactives**.

### Réduction des émissions de gaz à effet de serre

- Le méthane a un **effet de serre 21 fois plus important** que le gaz carbonique. Sa combustion contribuera à réduire l'effet de serre

### Installations compactes et ne nécessitent pas d'emprise importante

# Intérêts et Limites



## Limites

### Rendement

Rendement très inégaux en fonction du type de boue « digestibilité » de la boue .

### Sensibilité

Sensible aux variations de charge polluantes en entrée (toxiques, pH ...)

### Technicité

Nécessité de personnel qualifié ( surtout si exploitation du biogaz )



www.shutterstock.com 48548155

# Facteurs de réussite des projets de méthanisation



**La volonté politique**

**Les incitations à la production de l'énergie verte (tarifs d'achat, primes...)**

**Les accords internationaux (protocole de Kyoto)**

**Réglementations**

**Infrastructures d'assainissement**

**Technicité**

**Réduction des coûts**

**Indisponibilité de l'énergie fossile**

**Démarches simplifiées pour mise en place d'un projet**

## Projet:

### Etude du potentiel de cogénération de l'énergie à partir des STEP:

- Programme cadre : EAU II avec l'Union Européenne.
- Bureau d'Etude : SEURECA (France)
- Démarrage : 02/09/2014
- Délai : 08 mois

# Etude du potentiel de cogénération de l'énergie à partir des STEP

## Objectif:

Estimer le potentiel de production d'électricité et de chaleur à partir de biogaz issu de la fermentation des boues de stations d'épuration en Algérie.

Cette Etude a tenu compte:

- Des paramètres techniques pour l'évaluation du potentiel de chaque STEP.
- Des critères financiers et environnementaux d'acceptation des installations de méthanisation.

# Etude du potentiel de cogénération de l'énergie à partir des STEP

## Résultats:

- Une estimation globale du potentiel de cogénération, réalisée à partir des données existante pour l'ensemble des stations y compris les stations en projet.
- Une étude plus précise basée sur un échantillon de 18 stations, choisies comme étant les plus intéressantes du point de vue de la cogénération.
- Une étude détaillée sur un site pilote (Annaba)
- Formation (cadres du ministère et de l'ONA)

# Etude du potentiel de cogénération de l'énergie à partir des STEP

## ***La conclusion finale:***

**Un potentiel significatif de production d'énergie par cogénération à partir des boues de stations d'épuration Algériennes:**

- Trois (03) sites pourraient être immédiatement rentables (Baraki Alger, El Kerma Oran et Annaba).**
- Quatre (04) paraissent intéressants (Sétif, Djelfa, Tiaret et Guelma).**

# Perspectives



**STEP D'ORAN**



**STEP D'ANNABA**

# STEP D'ANNABA

Capacité (équivalent habitant)  
**580 700**

Débit nominal ( $M^3/j$ )  
**83 620**

Charge massique de DBO5 ( $kg/j$ )  
**1795**

Charge massique de DCO ( $kg/j$ )  
**3118**

Charge massique de MES ( $kg/j$ )  
**3860**



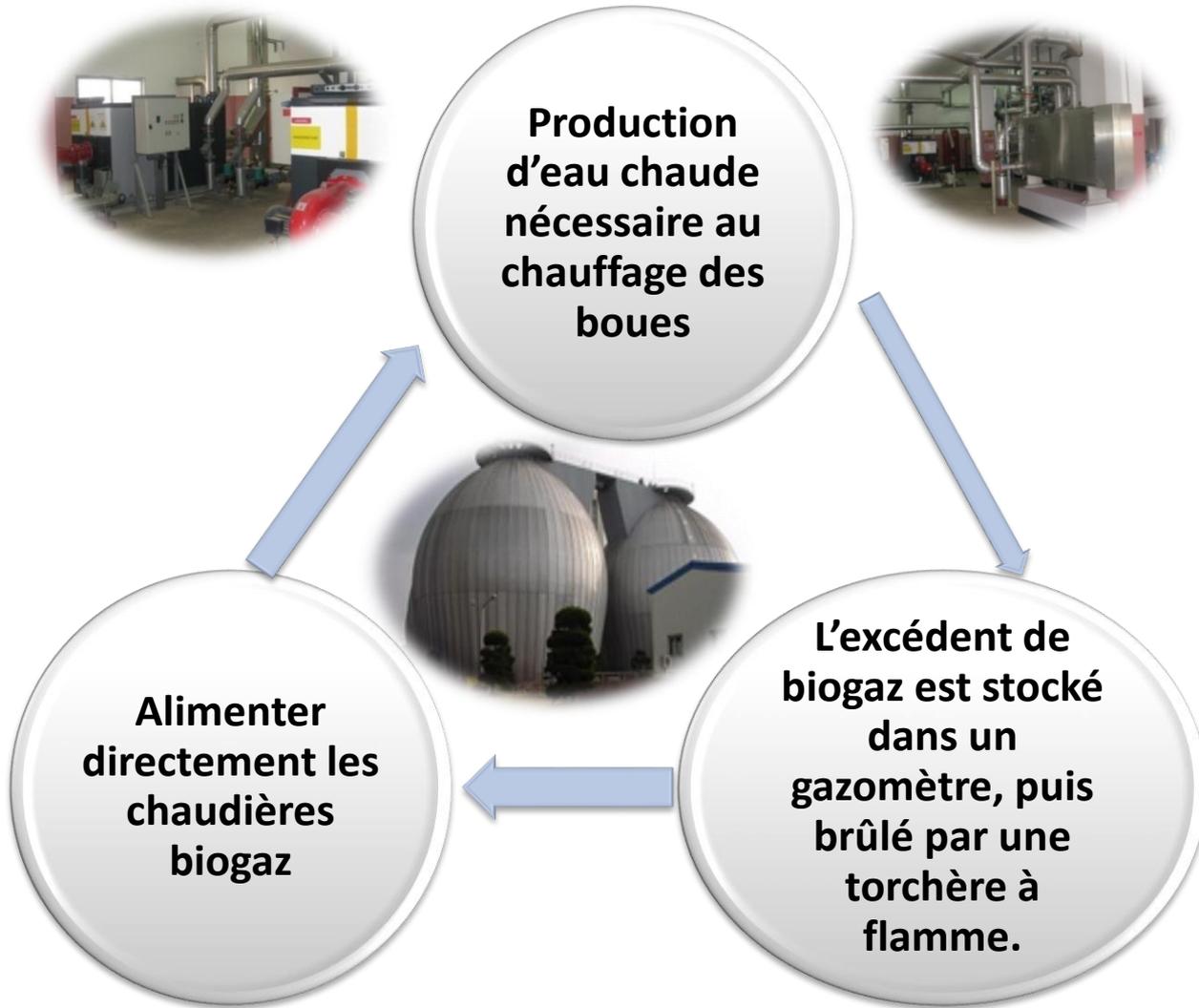
## BILAN GAZ

Production journalière  
de gaz ( $Nm^3/j$ )  
**7 503**

Débit horaire  
( $Nm^3/h$ )  
**312**

Pouvoir calorifique du gaz  
( $kJ/Nm^3$ )  
**22 818**

# Utilisations du biogaz de la STEP d'ANNABA



# STEP EL KERMA (ORAN)



## Bilan gaz

### Production nominale

Boue (t ms/mois )	1950
Gaz (méthane) Nm <sup>3</sup> /mois	<b>1 296 000</b>

Capacité (équivalent habitant)

**1 526 000**



Débit nominal (M<sup>3</sup>/j)

**270 100**



Charge massique de DBO5 (kg/j)

**91 560**



Charge massique de DCO (kg/j)

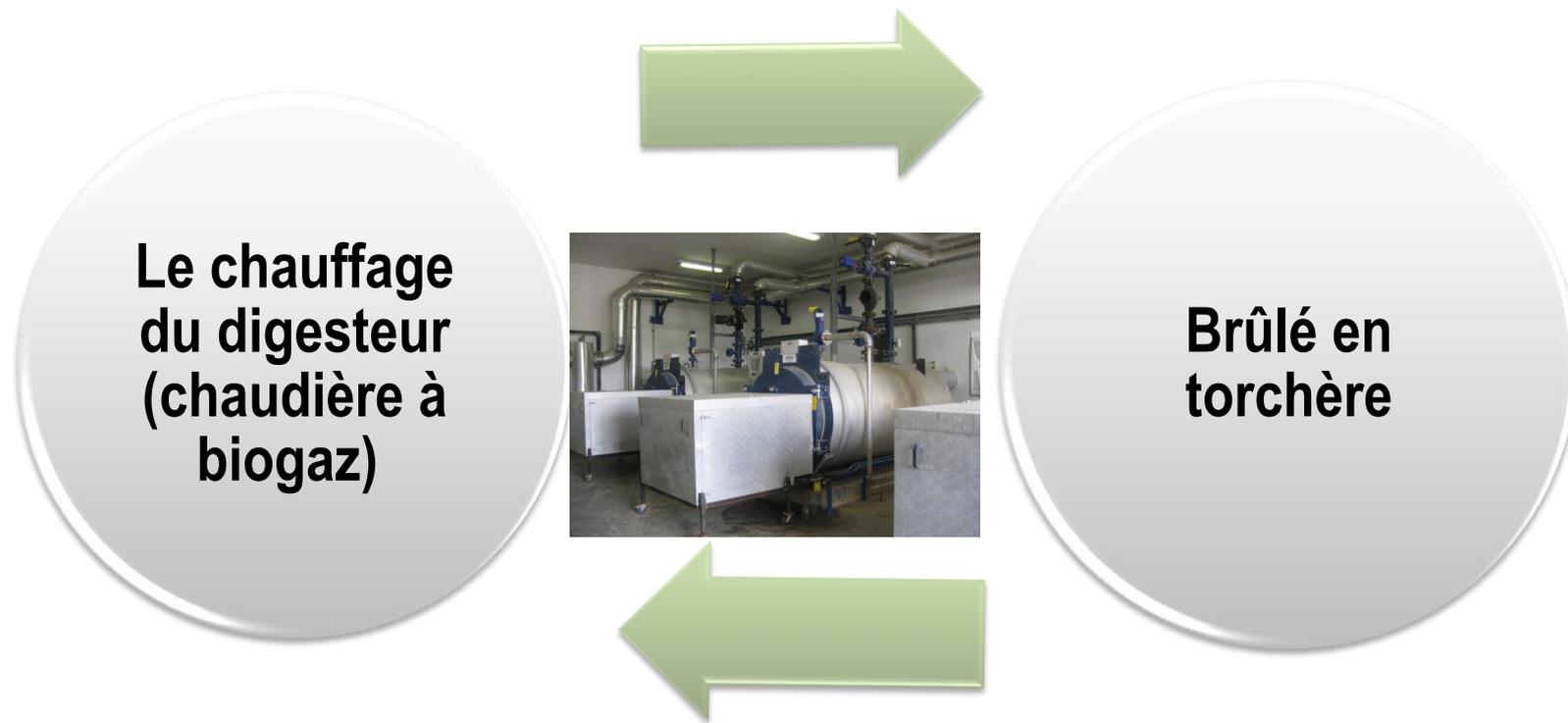
**228 910**



Charge massique de MES (kg/j)

**96 860**

# Utilisations du biogaz de la STEP d' EL KERMA

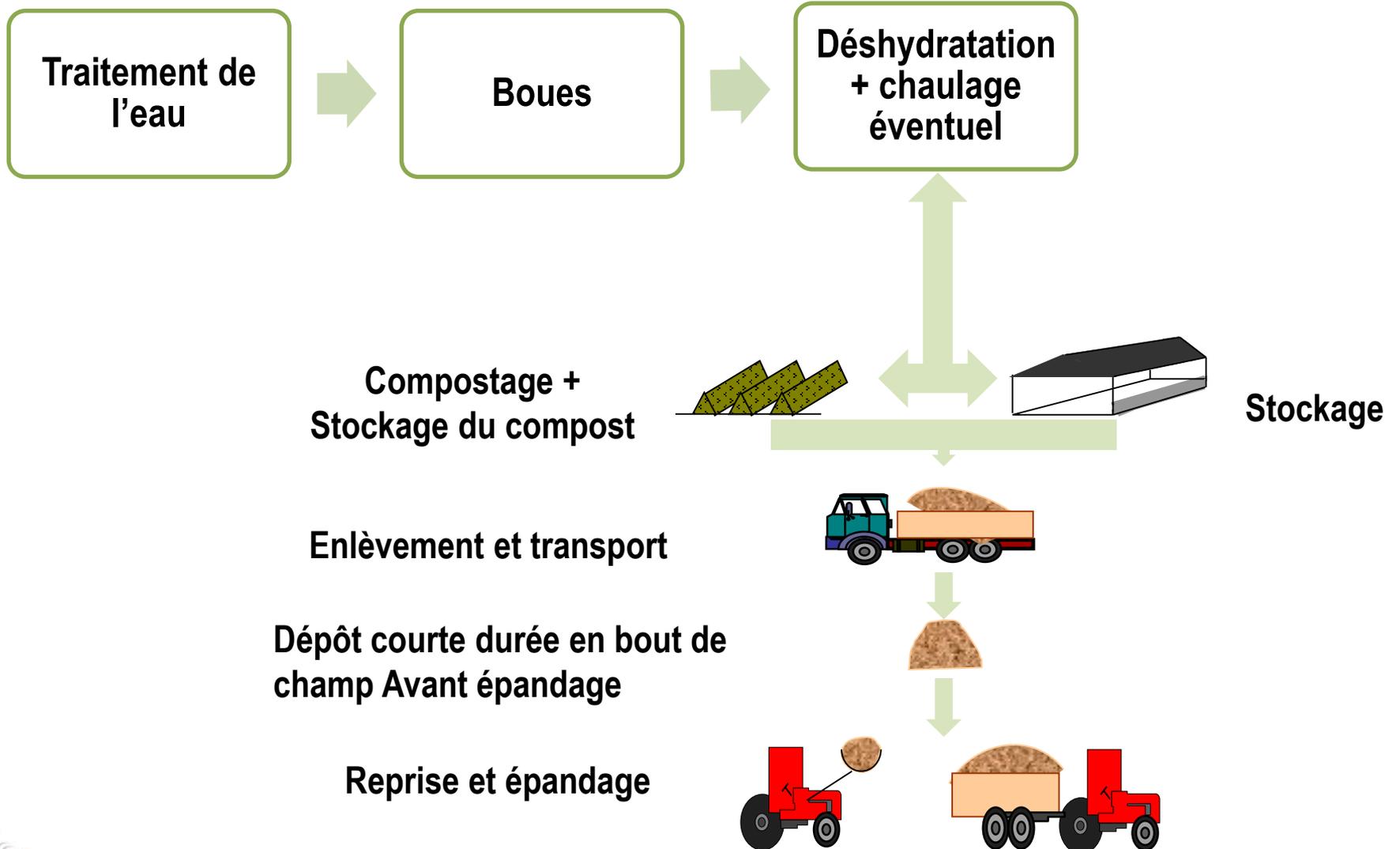


# La valorisation agricole des boues

## PARTIE II



# La valorisation agricole des boues



# Intérêts et Limites

## Enjeux et intérêts

- Valeur agronomique, Intérêt environnemental, Intérêt économique.

## Contraintes et limites

- Qualité des boues, La perception des agriculteurs, qualité des sols.

# Intérêts / Valeur agronomique des boues d'épuration

les boues  
d'épuration



**Engrais**

**Amendement**

# Besoins en nutriments des cultures



Boues

## Eléments majeurs

L'azote (N)

Le phosphore (P)

Le potassium (K)



## Eléments secondaires

Le calcium (Ca)

Le magnésium (Mg)

Le soufre (S)



## Oligo-éléments

Le manganèse (Mn)

Le fer (Fe)

Le cuivre (Cu)



# L'Amendement

## Les amendements "basiques"

- Anciennement appelés "calciques et/ou magnésiens " car à base de chaux et de magnésie)
- Sont utilisés pour réduire l'acidité des sols trop acides (relever le pH jusqu'à la valeur optimum de 6,5).
- **Les boues chaulées** constituent un amendement basique. Le chaulage fait perdre de l'azote,

## Les amendements organiques

- Entretien ou correction de la teneur du sol en matières organiques stables ("humus") et amélioration de ses propriétés biologiques, physiques et chimiques (structure, perméabilité, activité des micro-organismes, augmentation de la rétention des nutriments,...).
- **Les boues compostées** constituent un amendement organique.

## Intérêt Environnemental et sanitaire

- Recyclage dans le milieu naturel et de l'économie des ressources non renouvelables.

## Valeur économique

- Eviter les investissements et le recours à des filières plus coûteuses.
- Réalisation des économies, suite à l'envolée spectaculaire du prix des engrais.

## Limites et contraintes

### Qualité des boues

Les ETM, CTO, les micro-organismes pathogènes

### Perception des agriculteurs

Les pressions des industries agro-alimentaires, des consommateurs sont les raisons majeures qui favorisent la réticence des agriculteurs.

### Qualité des sols

**Pour les micro-organismes pathogènes** : une intégration au sein de l'activité biologique du sol;

**Pour les ETM** : pour l'essentiel un stockage et une accumulation, car la part transférée est très minime;

**Pour les CTO** : pas de transfert, mais de nombreuses possibilités d'évolution existent selon leur nature chimique.

# Aspect réglementaire

- **EN ALGERIE** : projet de norme liées à l'utilisation des boues résiduaires en agriculture

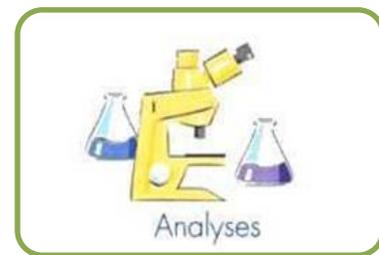


## Restrictions d'usage en agriculture

- Les boues sont non-dangereuses, non-toxiques et présentent des concentrations < aux VL en ETM
- Fixation de spécifications microbiologiques des boues (CF et œufs d'helminthes)

## Certificat d'utilisation ET Document d'accompagnement

- Les boues font l'objet d'un CU délivré par l'Administration suite à un besoin prononcé par un producteur.
- Le producteur de boues établit un document d'accompagnement des boues



## Les sols

- Analyse préalable
- Au minimum tous les dix ans pour les ETM

# Aspect réglementaire

- **EN ALGERIE** : projet de norme liées à l'utilisation des boues résiduaires en agriculture »



## Transport et stockage

- Le transport des boues se fera par benne étanche munie de signalisation adaptée et du document d'accompagnement des boues.
- Le stockage sur le site de la production des boues, sur une aire de stockage dédiée ou chez l'utilisateur en bordure de champ

## précautions sanitaires

	Effluents d'élevage CPE	Effluents d'élevage ovins ou PCO et produits normalisés	Boues d'épuration urbaines et effluents industriels soumis à plan d'épandage
Puits, forages, captages d'eau potable (en cas d'urgence, interdiction d'épandage pendant un an)	50 m	35 m	35 m (200 m si pente > 7%)
Cours d'eau et plans d'eau (200 m si pente > 7% ou si la berge présente un risque de glissement de terrain) Dap 19 (200 m si pente > 7% pour les zones sensibles)	35 m	35 m	35 m (200 m si pente > 7% ou si la berge présente un risque de glissement de terrain) (200 m si pente > 7% et si les effluents sont stabilisés) (200 m si pente > 7% et si les effluents sont stabilisés et stabilisés) (200 m si pente > 7% et si les effluents sont stabilisés et stabilisés)
Lieux de baignade (200 m si pente > 7%)	200 m	200 m	200 m (en cas d'effluents industriels)
Zones piscicoles et conchylicoles	500 m	200 m	500 m

- Respecter la distance des épandages vis-à-vis des plans d'eau et du voisinage ;
- Les boues ne doivent pas être épandues sur terrains affectés à des cultures maraichères susceptibles d'être consommées crues

- Le cadre réglementaire actuel :



# Conception et mise en œuvre de l'épandage



- Origine, quantité des boues
- Moyens techniques.
- Fertilisation complémentaire
- Périodes d'épandage
- Aptitude des sols à l'épandage

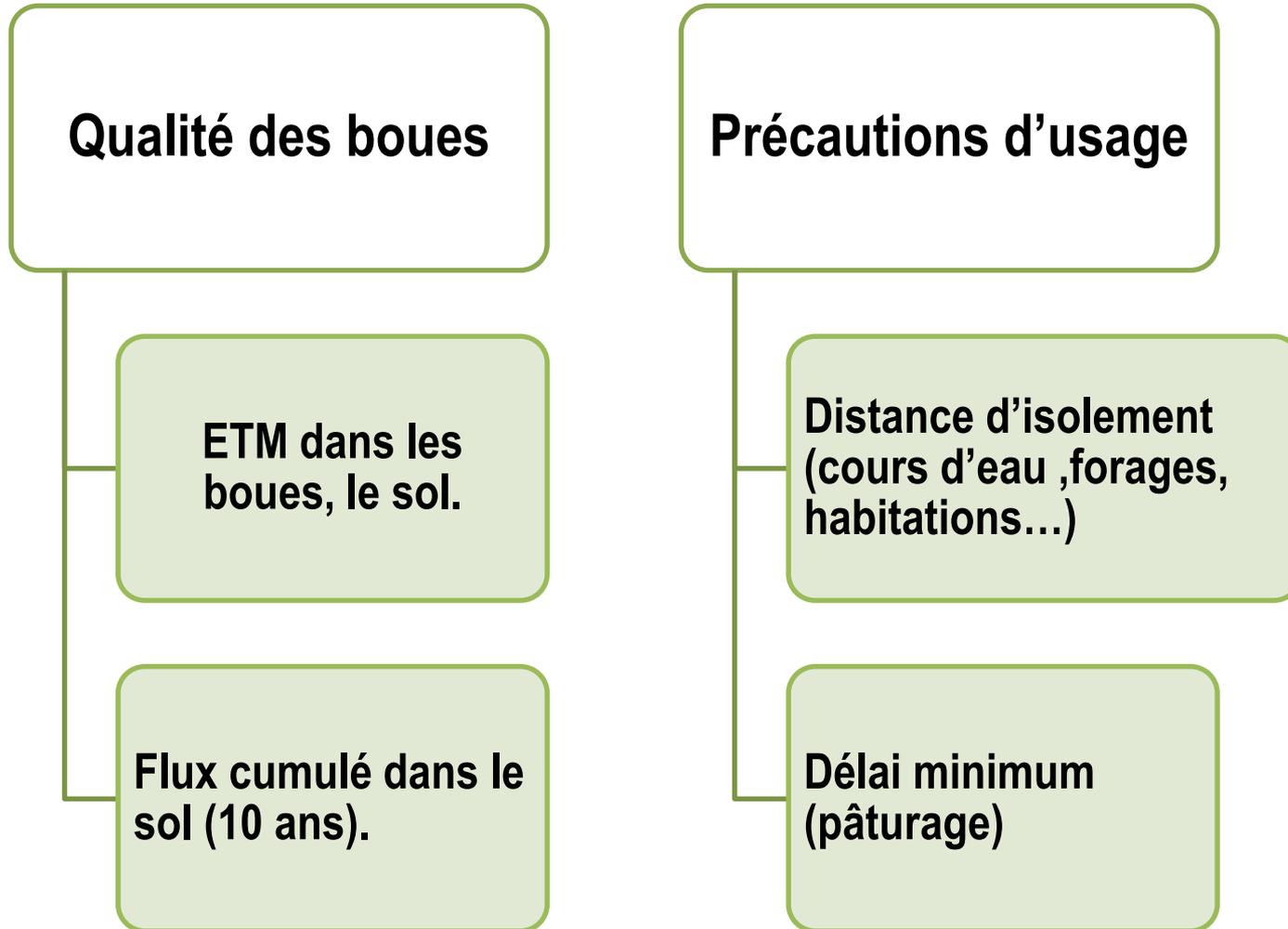
ETUDE PREALABLE A L'EPANDAGE



- Programme prévisionnel d'épandage.
- Registre d'épandage
- Suivi agronomique

SUIVI ET AUTOSURVEILLANCE

# Qualité des boues et précautions d'usage



# Les principes actuels du suivi de la valorisation agricole



## Responsabilité entière du producteur

- Étude Préalable, suivi, bilan annuel, auto-surveillance



## Contrôle de l'État

- En amont : Autorisation ou déclaration ou « simple information »
- En aval : Registres



## Normes de qualité rigoureuses

Micro-organismes, ETM, CTO



## Traçabilité

- Registres, interdiction de mélange, gestion de lots
- Reconnaissance du rôle joué par les agriculteurs

## Limites ETM ET CTO



## Teneurs limites réglementaires en ETM dans différents pays : ( mg/kg MS)

Pays	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	AS
CEE	20 - 40	1000 - 1750	1000-1750	16-25	300-400	750 -1200	2500-4000	
Danemark	0.8	100	1000	0.8	30	120		4000
Pays-Bas	1.25	75	75	0.75	30	100	300	15
Suède	1.75	100	600	2.5	50	100	800	
Finlande	1.5	300	600	2	100	150	1500	
Suisse	5	500	600	5	80	500	2000	
France	10	1000	1000	10	200	800	3000	
Tunisie	20	500	1000	10	200	800	2000	
Espagne								
pH <7	20	1000-	1000	16	300	750	2500-4000	
pH >7	40	1500	1750	25	400	1200		
Etats -Unis	85	3000	4300	57	420	840	7500	75

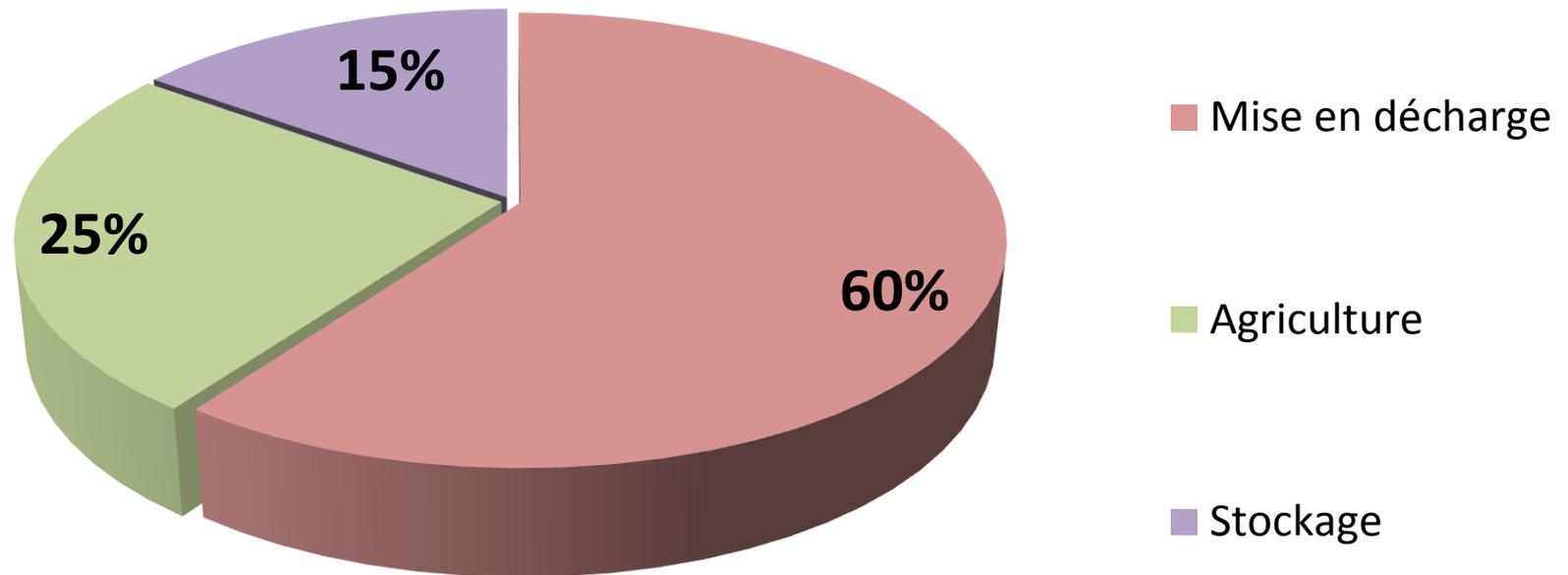
Source : ADEME, 1999

## Réglementation en matière de Teneurs limites en CTO et en matière de qualité microbiologique

Réglementation en matière de Teneurs limites en CTO (mg/kg MS)			Réglementation en matière de la qualité microbiologique
	Dioxine et Furane	PCB	Tunisie, Suisse, Italie, Etats-Unis, Egypte.
France		0,8	
Autriche	100	0,2	
Allemagne	100	0,2	
Suède		0,4	

# Destination finale des boues

## Destination finale des boues (année 2012)



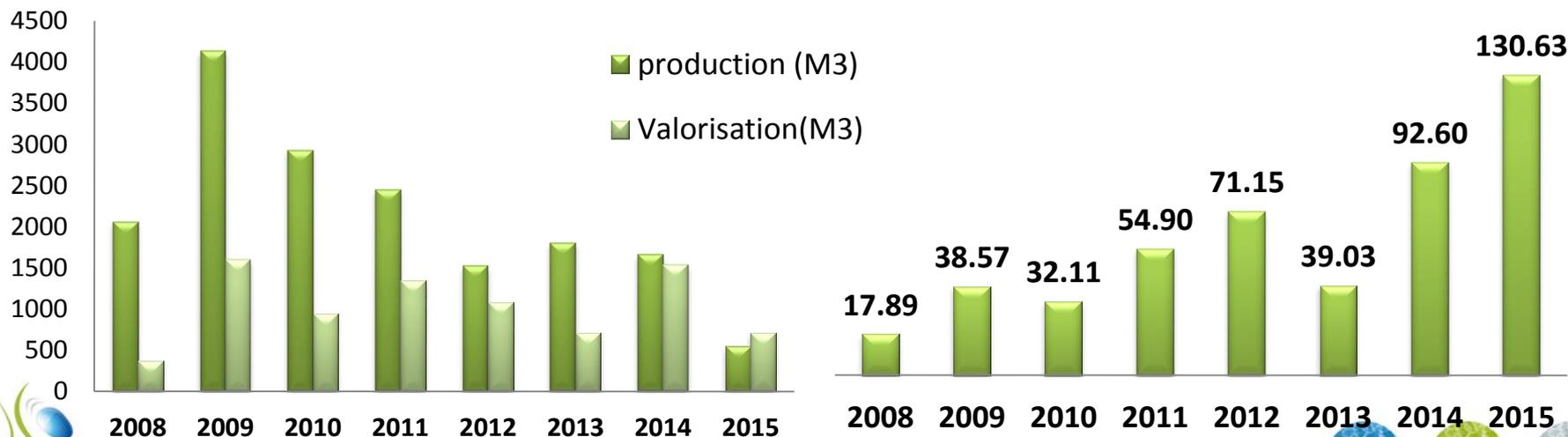
Données, ONA.

# Valorisation agricole des boues au niveau de la STEP/EST de Tizi-Ouzou



La valorisation agricole des boues de la STEP/EST, est l'un des axes de la politique environnementale de l'ONA.

## Taux de valorisation des Boues (%)



# Valorisation agricole des boues au niveau de la STEP/EST de Tizi-Ouzou



**Evacuation des boues au niveau de la STEP EST de TIZI-OUZOU**

# Projet Ipp Consult : Compostage des boues de la Step/Est



# Programme de coopération Algéro-Coréen

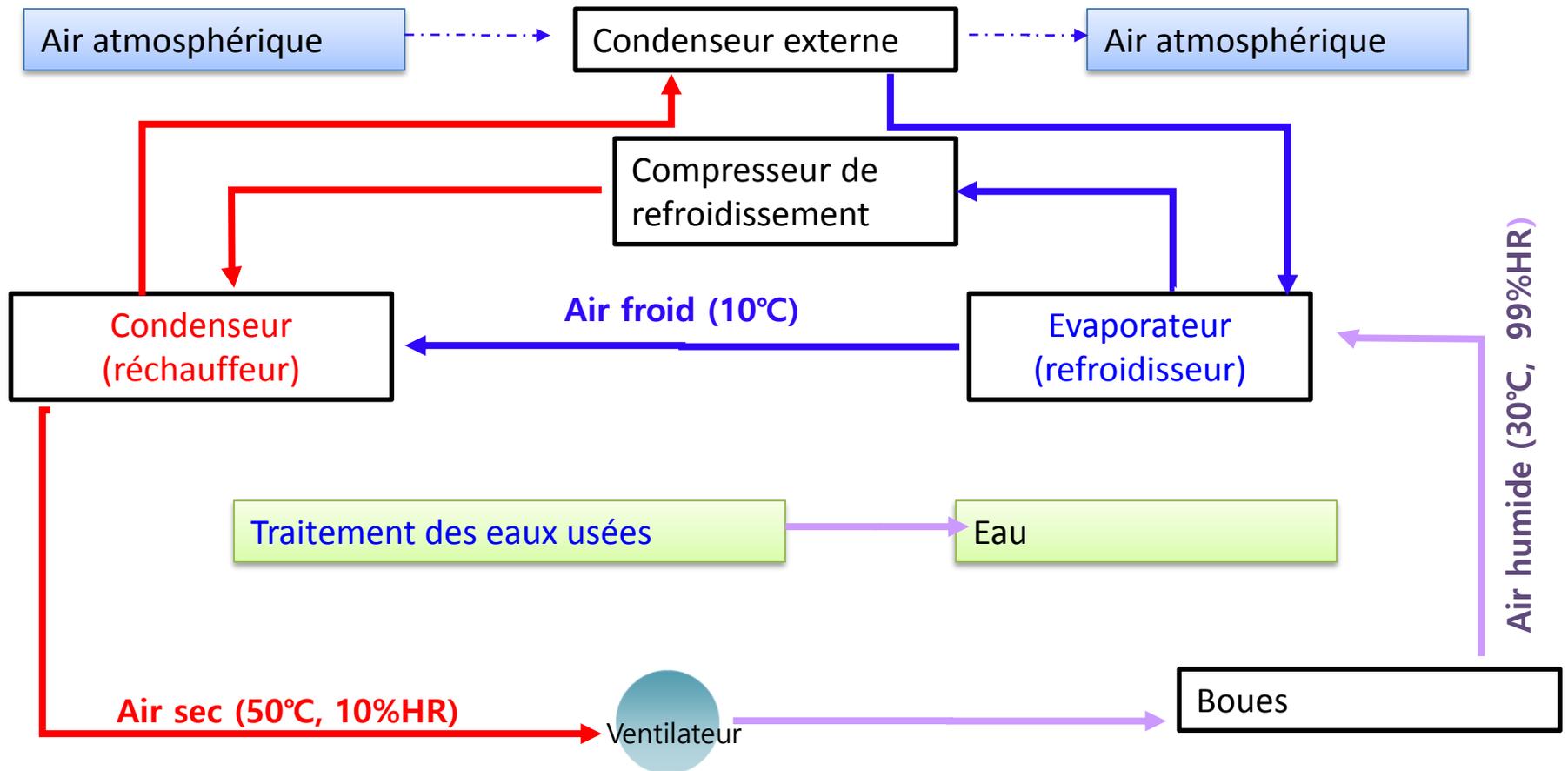
Etablissement d'un plan directeur à moyen et long terme pour le traitement et la valorisation des boues d'épuration et adaptation locale de la technologie y afférente, dans le cadre du programme de coopération internationale en matière de technologies environnementales, :

- Analyse de la situation actuelle et mise en place d'une base de données,
- Evaluation comparative et économique des technologies de traitement des boues d'épuration,
- Compostage ou décharge des boues issues des STEP de petite et moyenne taille.
- Incinération des boues issues des STEP de Baraki, Béni Messous et Réghaia.



# Programme de coopération Algéro-Coréen

## Essais pilotes du sécheur de boues à bandes.



Boues produites par la STEP de Boumerdès :Siccité de 85% .

# Programme de coopération Algéro-Coréen

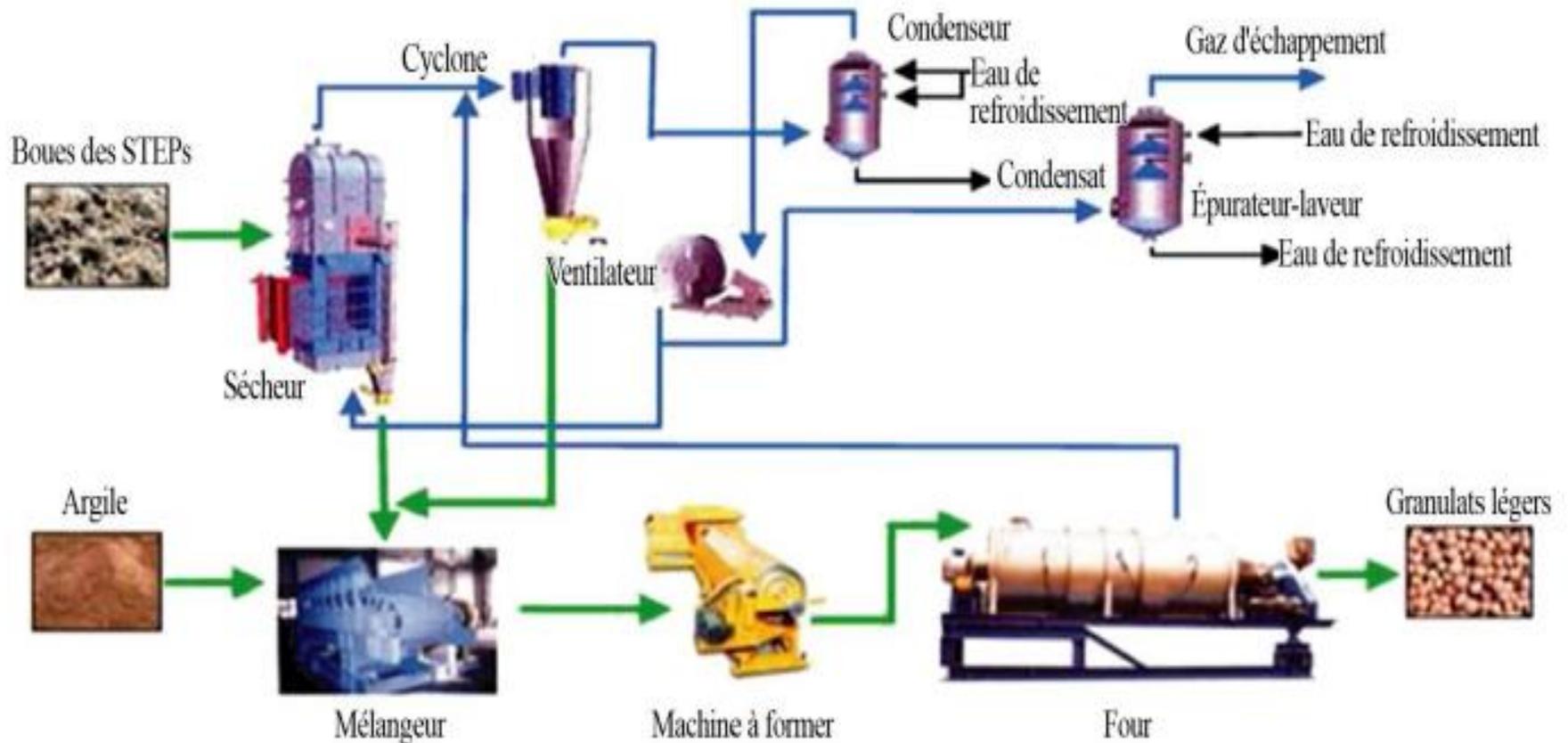


← Sécheur de boues à bandes



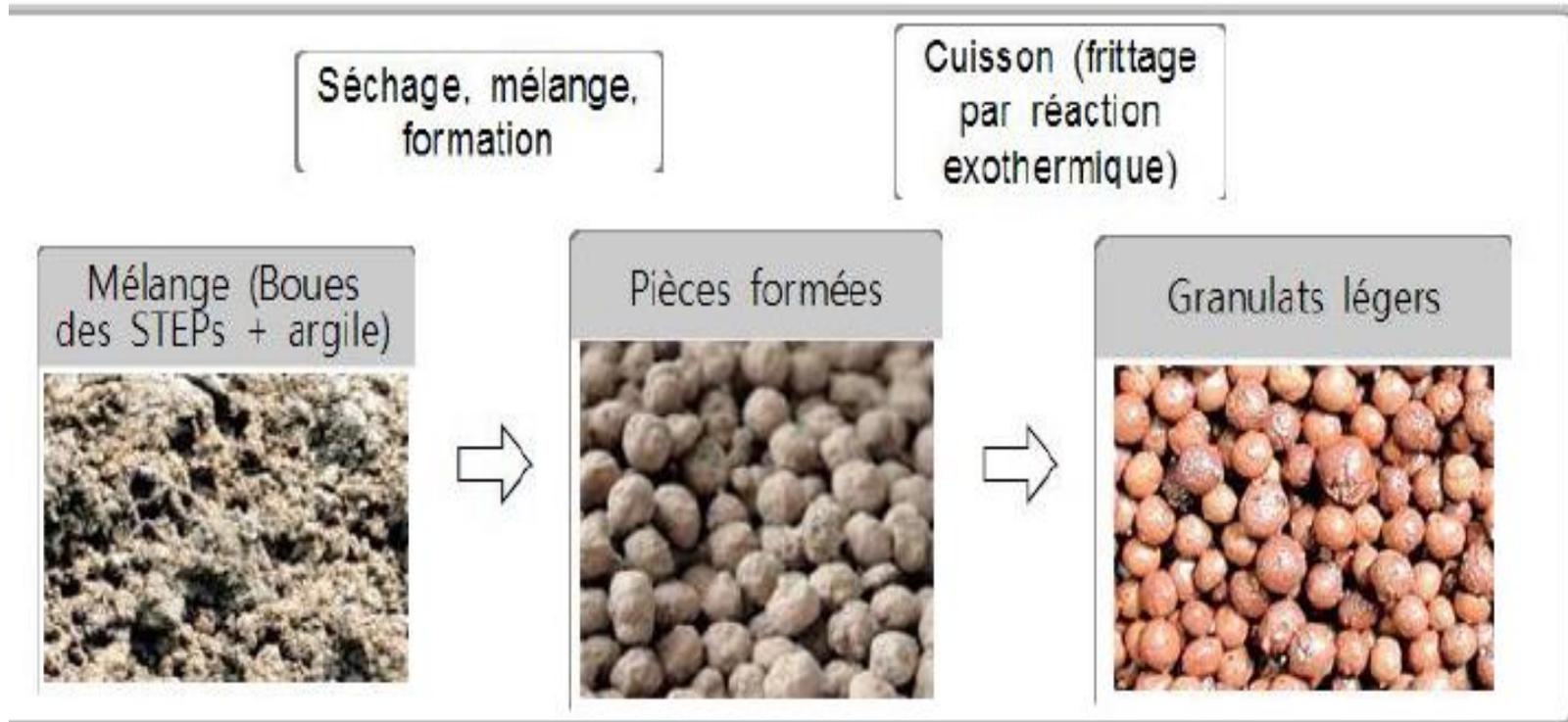
# Autres valorisations des boues:

## Transformation en granulats légers



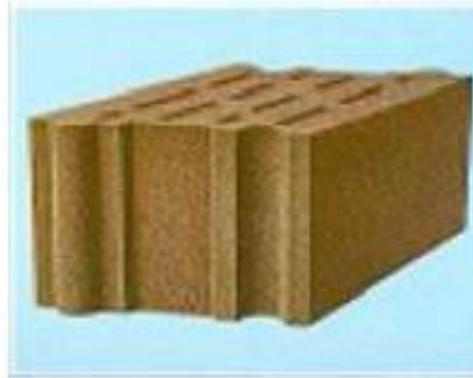
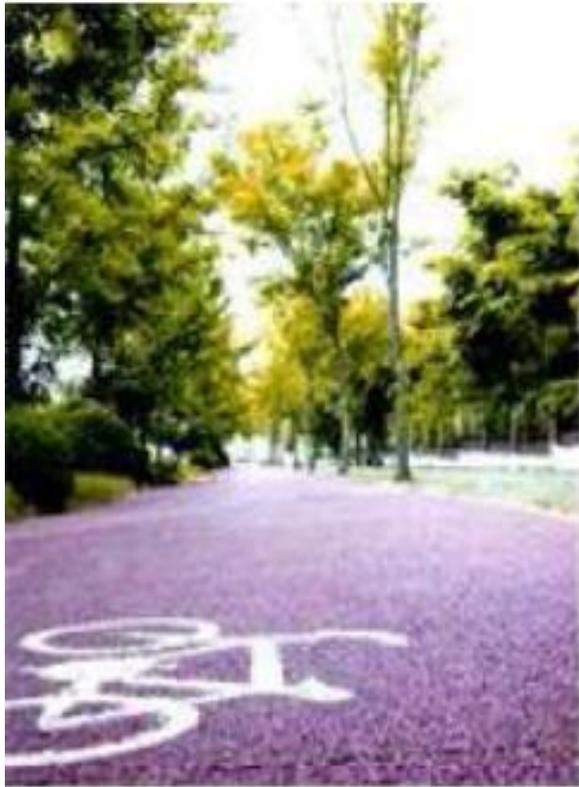
# Autres valorisations des boues:

## Schéma de fabrication des granulats légers à base de boues des STEP



# Autres valorisations des boues:

## Métamorphose subi par les boues lors de la fabrication des granulats légers



## Conclusion

**La valorisation des sous-produits de l'épuration particulièrement les boues s'est imposée à l'ONA non pas comme une option volontaire ou facultative, mais, comme une nécessité inscrite dans l'axe stratégique de notre ministère et consacrée dans la politique environnementale de notre établissement, comme une pratique incontournable du développement durable et de la protection de l'environnement.**

*« On n'hérite pas de la terre de nos parents, on ne fait que l'emprunter à nos enfants».*

Antoine de Saint-Exupéry



Merci pour votre aimable attention