

# Production de bioplastique à partir de carbone capté sur des fumées d'incinération de déchets ménagers

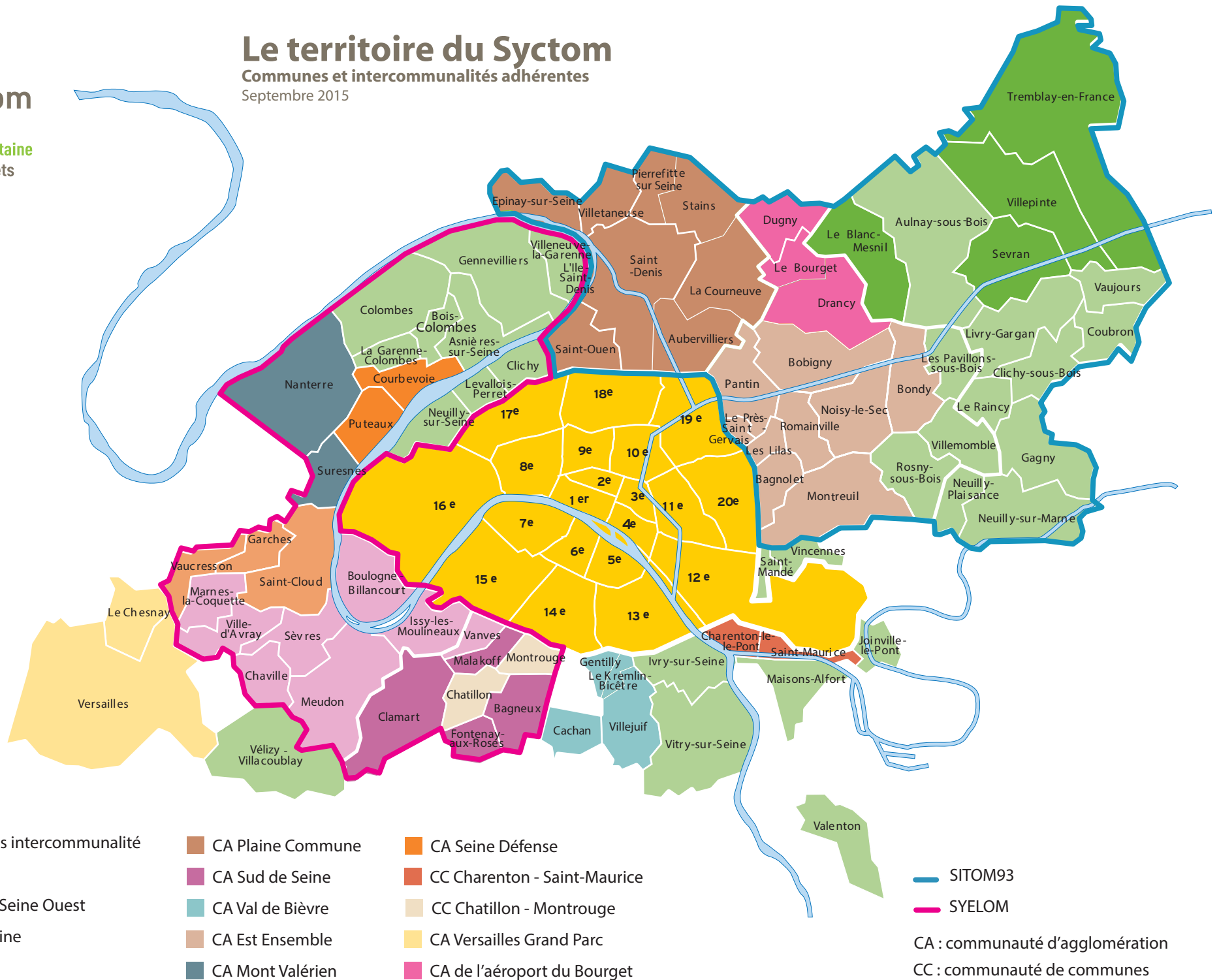
Side-event  
7 décembre 2015



# Le territoire du Syctom

Communes et intercommunalités adhérentes

Septembre 2015



- Communes hors intercommunalité
- Paris
- CA Grand Paris Seine Ouest
- CA Coeur de Seine
- SEAPFA

- CA Plaine Commune
- CA Sud de Seine
- CA Val de Bièvre
- CA Est Ensemble
- CA Versailles Grand Parc
- CA Mont Valérien
- CA Seine Défense
- CC Charenton - Saint-Maurice
- CC Chatillon - Montrouge
- CA de l'aéroport du Bourget

- SITOM93
- SYELOM
- CA : communauté d'agglomération
- CC : communauté de communes

## Les enjeux pour le Sycotom du changement climatique

- **Double impact**
  - émetteur de CO<sub>2</sub>
  - mais générateur d'émissions évitées grâce :
    - au recyclage des matériaux (plus de 700 000 tonnes au total)
    - à la production massive d'énergie (environ 300 000 équivalent logements chauffés)

## Le contenu du side-event

### 3 temps :

1. Présentation des principaux chiffres du bilan des émissions de gaz à effet de serre et perspectives d'évolution en 2020
2. Un exemple concret d'amélioration du bilan GES : Rénovation du centre de Saint-Ouen
  - Second centre d'incinération par la taille en France
  - Premier pour la valorisation
3. Une démarche de recherche et de développement

# 1 – Bilan GES



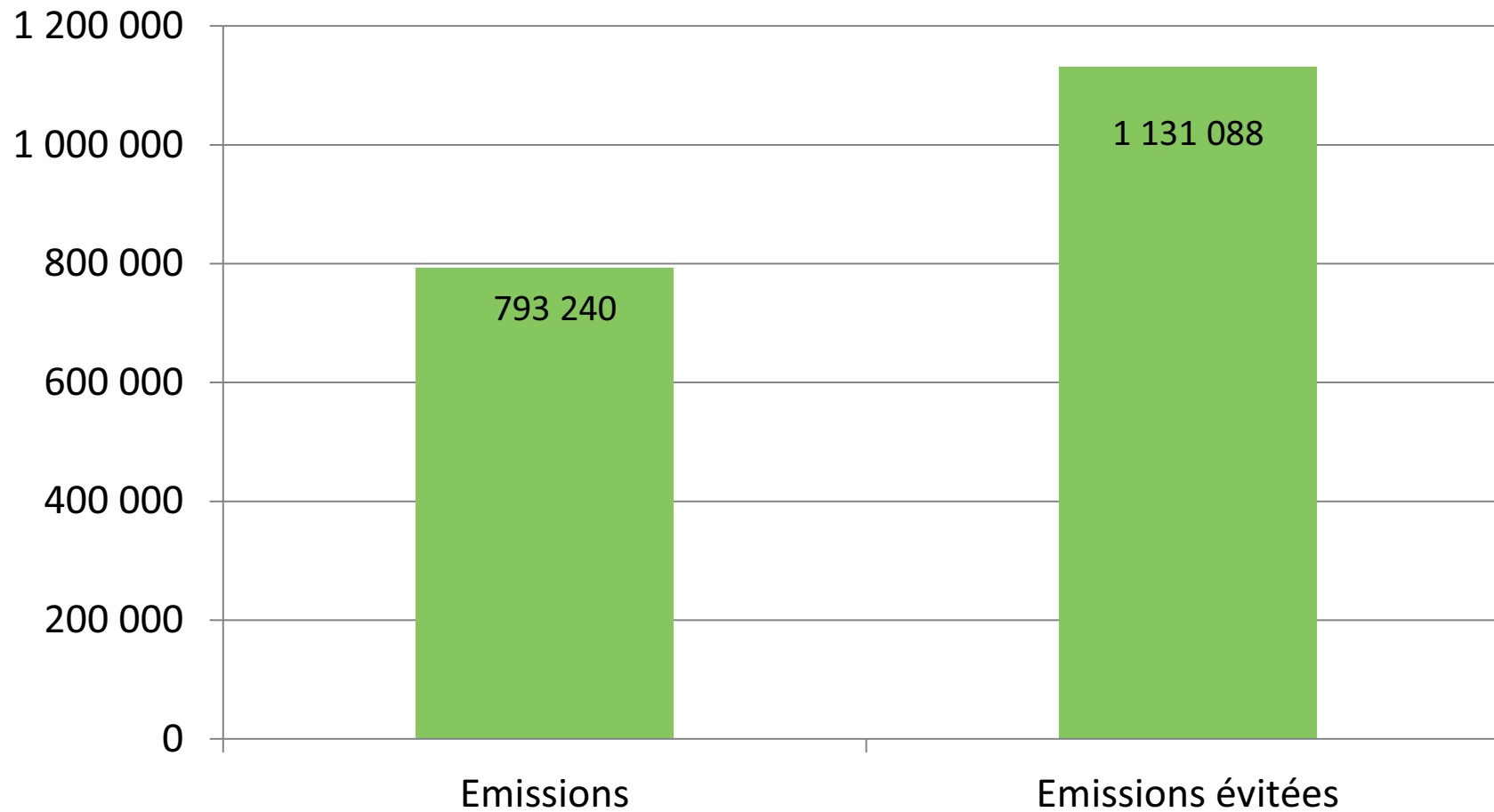
## Objectifs pour le secteur des déchets

- **Paquet énergie climat européen :**
  - Réduire de 10% ses émissions de GES à l'horizon 2020 par rapport à 2005
  - La France s'est engagée quant à elle à une réduction de 14% de ses émissions sur cette période

## Objectifs de l'étude menée par le Syctom

- Disposer d'un état des lieux en 2014 de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'année 2004
- Hiérarchiser le poids des émissions en fonction des différentes activités
- Proposer des pistes d'orientations stratégiques à l'horizon 2020

## Bilan 2014 en tCO2e

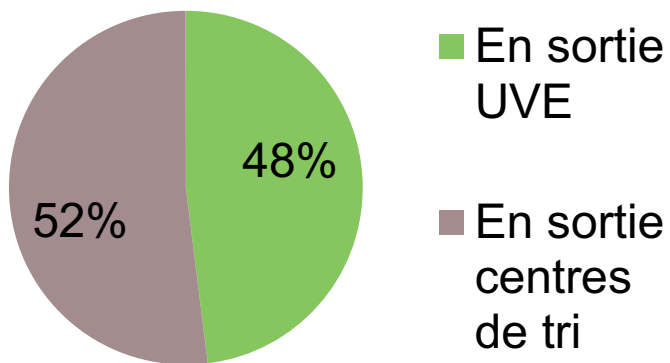




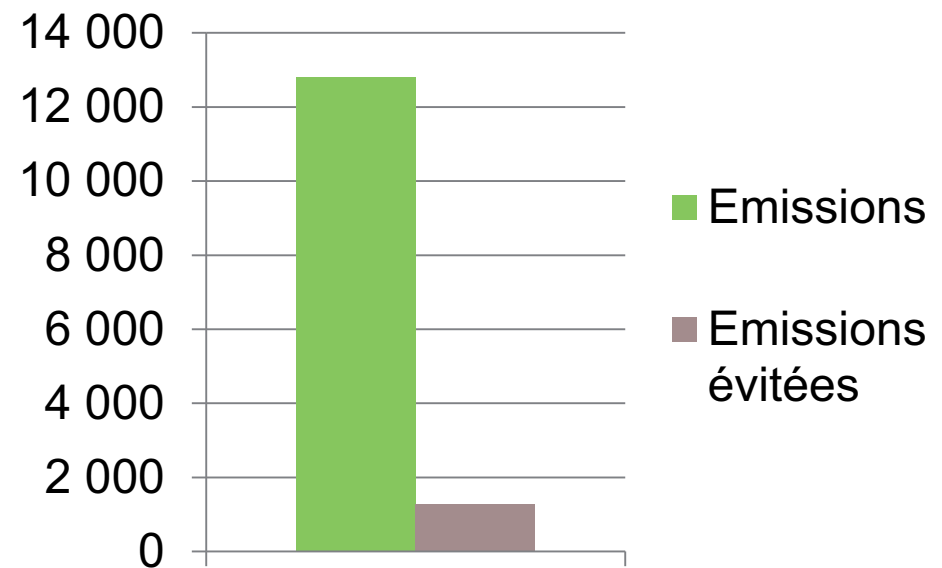
## Emissions évitées en 2014 en tCO2e

Utilisation de la voie fluviale	1 279
Recyclage matière	172 330
Valorisation énergétique (vente vapeur et électricité)	957 448

### recyclage matière



### Émissions du transport



## Comparaison 2004-2014 (en tCO2e)



**Diminution de 17 % des émissions entre 2004 et 2014 :**  
➤ **objectif national atteint**

## Plan d'actions et objectifs d'ici 2020

- Réduction de 50% du tonnage mis en décharge liée à la prévention
- Augmentation de 10 000 tonnes au moins de collectes sélectives liée notamment à l'extension de consignes de tri à l'ensemble des emballages plastiques
- Optimisation énergétique de l'unité de valorisation énergétique de Saint-Ouen

## Réduction de 50% du tonnage mis en décharge à l'horizon 2020

- Hypothèses : - 1%/an de déchets ménagers lié à la politique de prévention des déchets
- Diminution d'environ 40 000 tCO<sub>2</sub>e en émissions soit 5 % des émissions de 2014
- Augmentation de 140 000 tCO<sub>2</sub>e pour les émissions évitées soit 12% par rapport aux émissions évitées en 2014

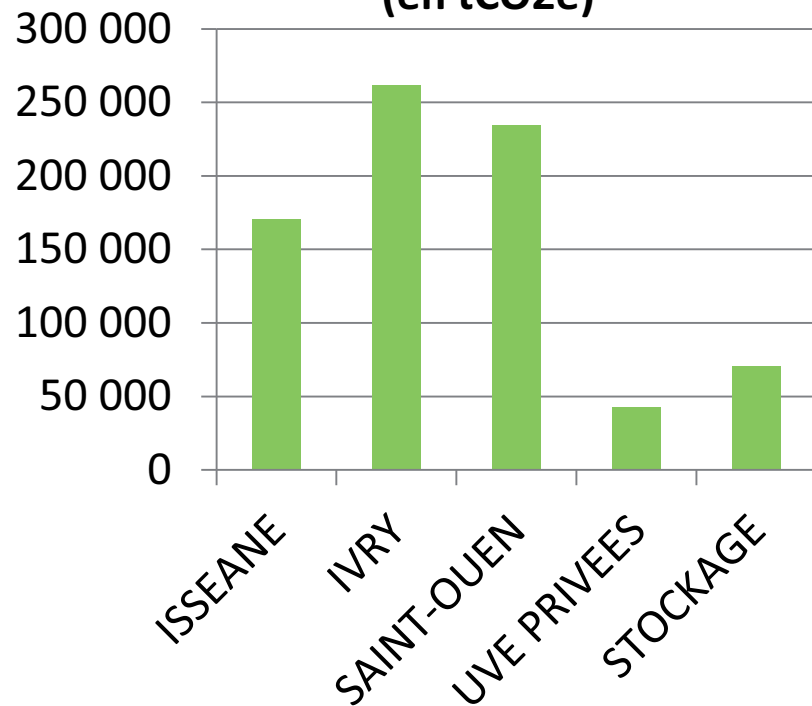
## Extension des consignes de tri à l'ensemble des plastiques

- Hypothèses : + 10 000 t de collectes sélectives au moins
- Gain d'environ 10 000 tCO<sub>2</sub>e en émissions soit 1,3 % des émissions de 2014
- Augmentation d'environ 40 000 tCO<sub>2</sub>e pour les émissions évitées grâce au recyclage soit 3,4% par rapport aux émissions évitées en 2014

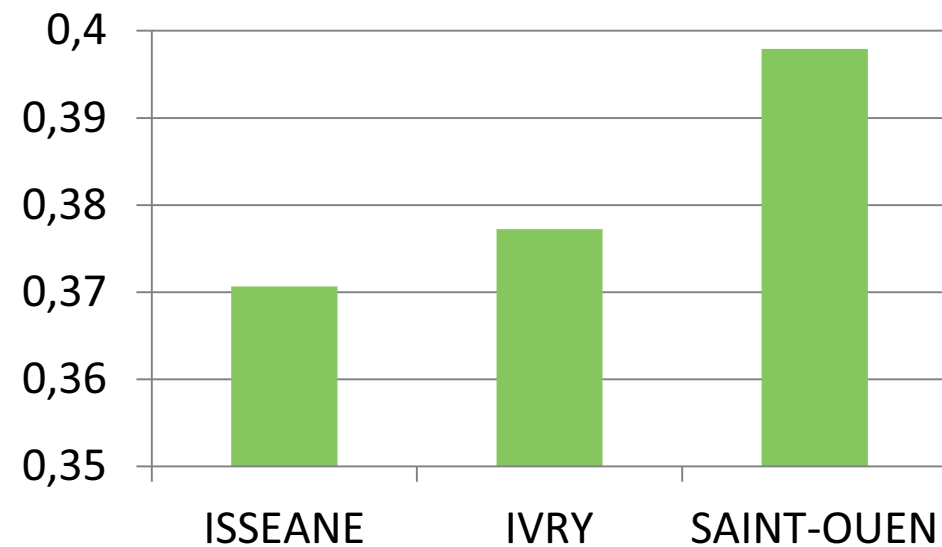
## Optimisation énergétique de Saint-Ouen

- En 2014, les émissions de l'usine de Saint-Ouen représentent 30% des émissions liées au fonctionnement des installations de valorisation énergétique et de stockage

**Emissions liées au fonctionnement UVE et stockage (en tCO<sub>2</sub>e)**

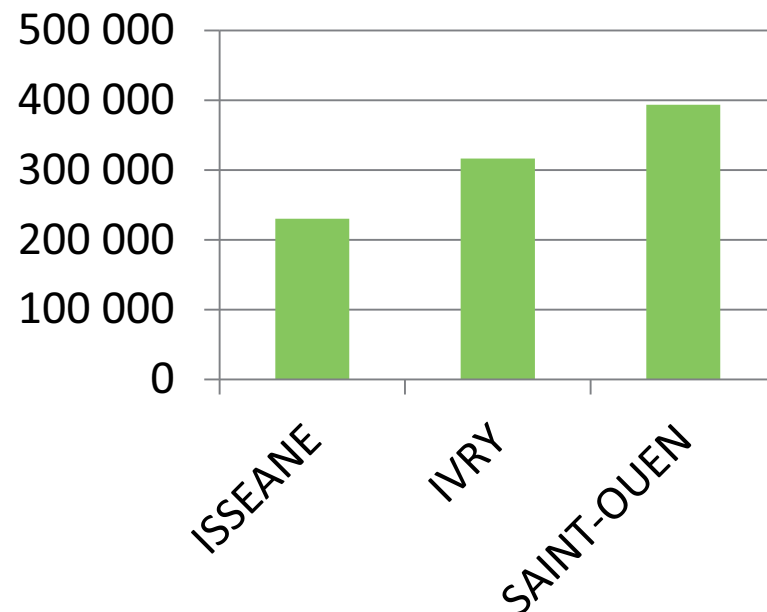


**Emissions ramenées à la tonne incinérée (en tCO<sub>2</sub>e)**

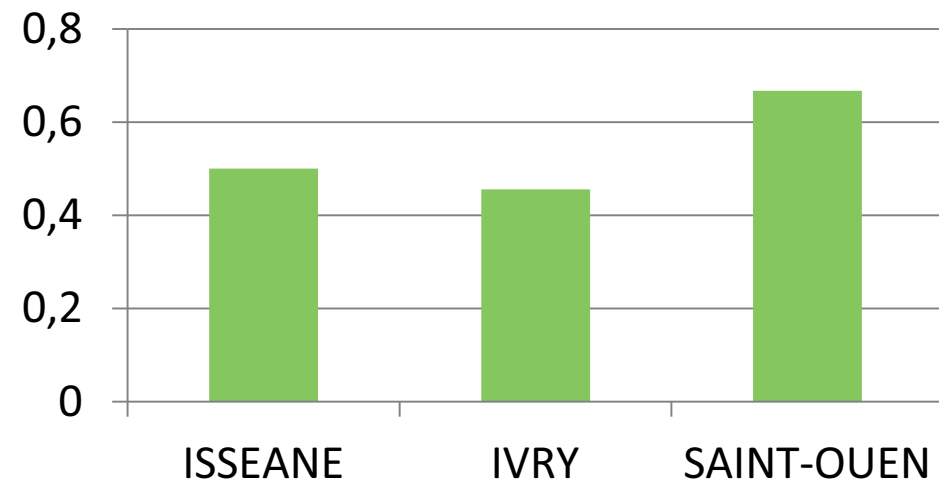


- L'usine de Saint-Ouen est déjà très performante et représente 42% des émissions évitées par les usines du Sycotom

**Emissions évitées par UVE  
SYCTOM (tCO<sub>2</sub>e)**



**Emissions évitées à la tonne incinérée  
(tCO<sub>2</sub>e)**

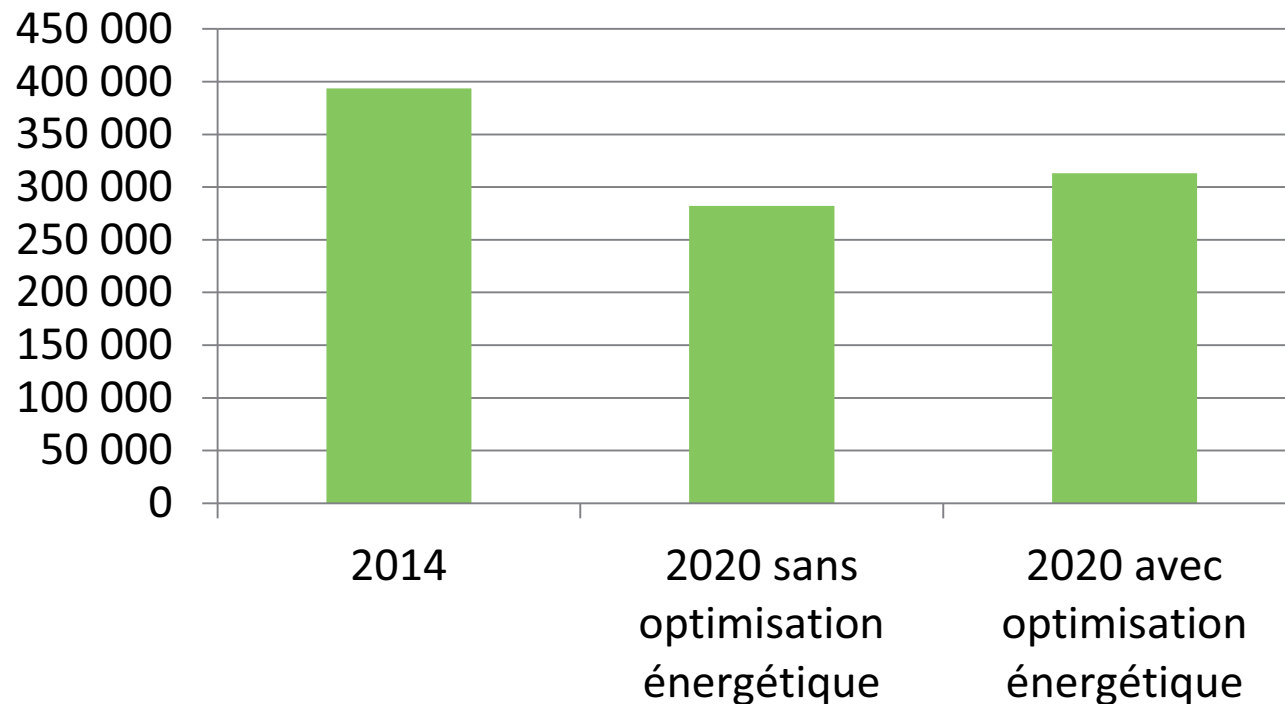


- **Hypothèses retenues pour le scénario :**
  - Diminution de la consommation de gaz naturel pour le nouveau traitement des fumées et changement de réactifs
- **Augmentation de la valorisation énergétique :**
  - Vente de 129 700 MWh/an en plus mais facteur d'émission différent lié à la prise en compte pour 2020 du seul combustible gaz pour les chaufferies



- **Gain de 7 075 tCO<sub>2</sub>e en émissions** soit 0,9% des émissions totales de 2014 et 3% des émissions de Saint-Ouen
- **Gain de 31 128 tCO<sub>2</sub>e évitées** grâce à l'optimisation énergétique

### Emissions évitées par UVE SAINT-OUEN





## 2 – Un exemple concret

Requalification des installations  
de Traitement des fumées de  
l'UVE de Saint-Ouen

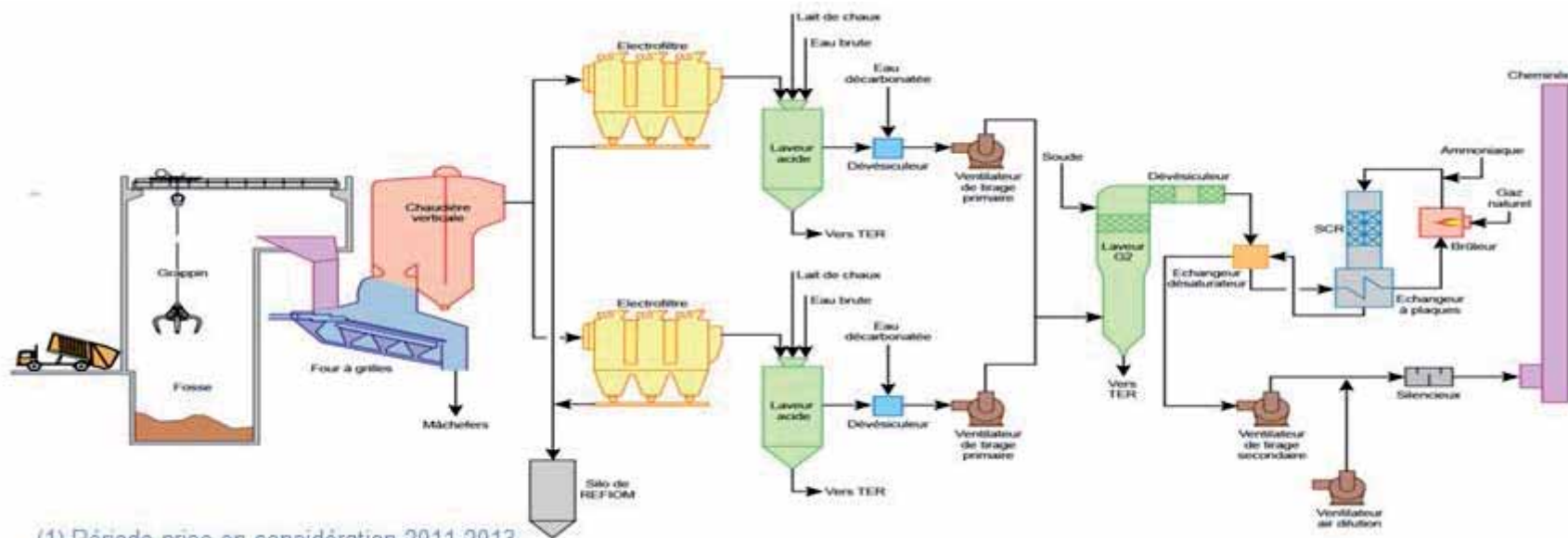
## Saint-Ouen : Centre de traitement et de valorisation

Site construit en 1990 équipé de trois groupes fours-chaudières de capacité 28 t/h d'ordures ménagères et d'un traitement humide des fumées, capacité annuelle de traitement autorisée de 650 000 tonnes d'ordures ménagères.



## Présentation de l'installation actuelle

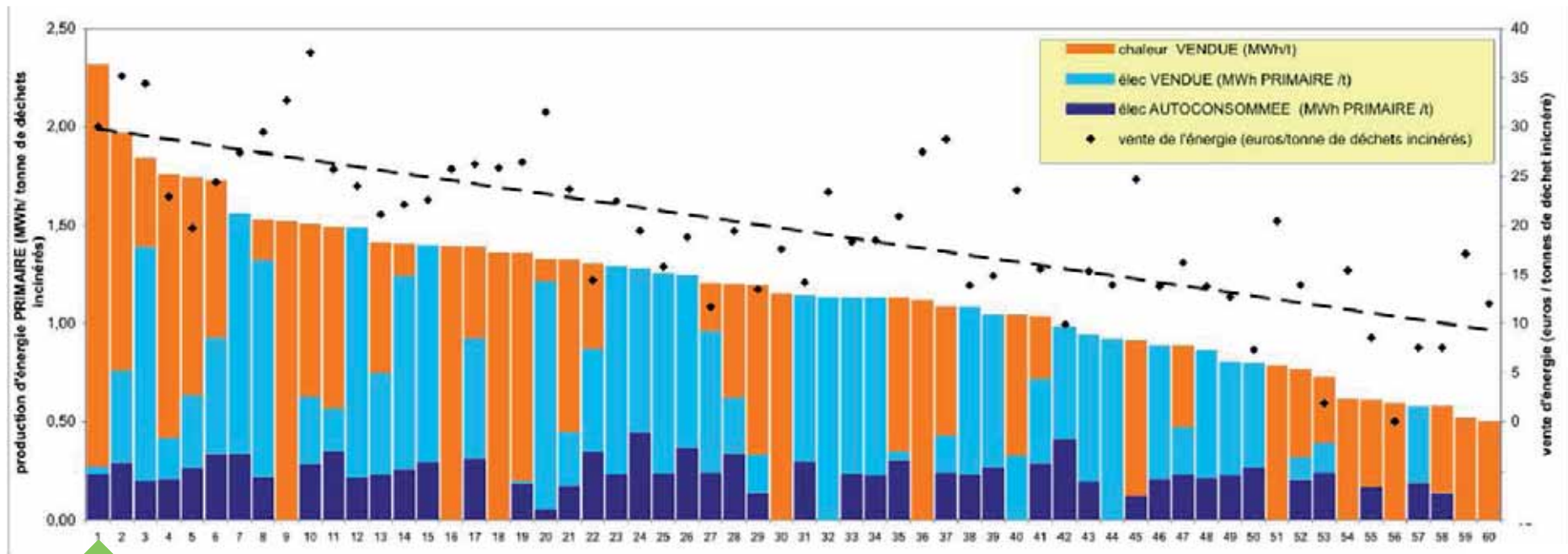
- 3 lignes identiques et indépendantes de traitement pouvant produire chacune une puissance de 65 MW sous forme de vapeur (72 t/h à 40 bars et 380° C)
- Valorisation moyenne<sup>(1)</sup> sous forme thermique : 1 134 GWh th/an
- Valorisation moyenne<sup>(1)</sup> sous forme électrique : 51,5 GWh élec/an
- Production sur site : 100% des besoins en électricité, contribution à diminuer la consommation en énergie fossile
- Traitement de fumées par voie humide : meilleure qualité de rejet que normes en vigueur



(1) Période prise en considération 2011-2013

## Classement du centre de traitement et de valorisation de Saint-Ouen au niveau national

- Classement enquête AMORCE d'octobre 2011 suivant valorisation d'énergie primaire en MWh/tonne de déchets incinérés (Energie chaleur et électrique)
- UIOM de Saint-Ouen n° 1 des 60 unités répertoriées par l'enquête
- Quantité d'énergie primaire produite > 2,0 MWh/tonne incinérée




**N° 1 : UIOM St Ouen**

## Objectifs du Sycotom pour Saint-Ouen

- **Projet d'intégration architecturale et paysagère** en lien avec l'opération publique d'aménagement de l'éco-quartier des Docks
  - Etre un exemple d'intégration urbaine dans le nouveau contexte local (800 logements face à l'usine)
- **Objectifs environnementaux :**
  - Produire plus d'énergie **valorisée localement en substitution d'énergie fossile**
  - Limiter au maximum les rejets vers les milieux extérieurs et contrôler l'impact sur le citoyen

## Nouveau projet : Amélioration en continue de la performance thermique

- **Valorisation thermique obtenue**
  - Transfert de 3 MW de chaleur vers l'éco-quartier des Docks
  - Augmentation de la vente de vapeur
  - Réchauffage de l'eau de Seine puisée pour alimenter le réseau de chaleur
- **Moyens utilisés**
  - Echangeurs pour capter la chaleur sensible des fumées
  - Condenseurs pour capter la chaleur latente (première en France sur usine d'incinération)

## Nouveau projet : Amélioration de la production électrique

- **Valorisation électrique obtenue**
  - Production d'électricité complémentaire à partir de la chaleur basse température des fumées
- **Moyens utilisés**
  - Turbine basse température (ORC <sup>(1)</sup>)

(1) Organic Rankine Cycle



## Résultats attendus

	Production actuelle	Complément attendu	En %
Thermique (GWhth/an)	1 134	131	+11%
Electrique (GWhé/an)	51,5	6,2	+12%

- Quantité d'énergie primaire produite en supplément : environ 11 à 12% d'énergie thermique et électrique produit en complément de la production actuelle
- Fumées extraites à moins de 45° C générant un panache d'humidité peu visible



### 3 – Démarche de recherche et développement

Production de bioplastique à  
partir de carbone capté sur  
des fumées d'incinération de  
déchets ménagers

## Objectifs du Sycotom

- Améliorer encore l'impact carbone de l'activité d'incinération
- Au travers d'une solution innovante, efficace et à haute valeur ajoutée
- Pouvant servir de référence pour les usines de demain
- A même de s'intégrer dans son écosystème urbain

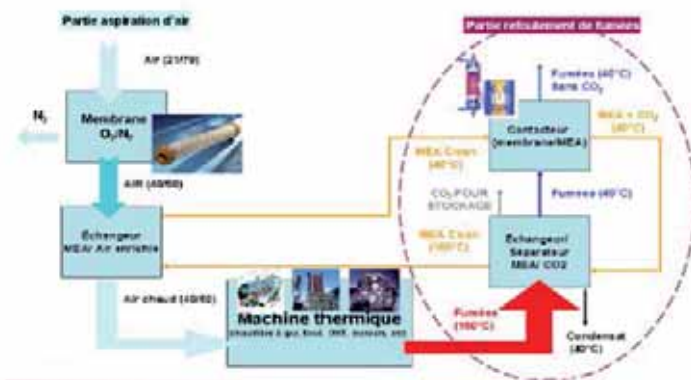


## Partenaires du Sycotom

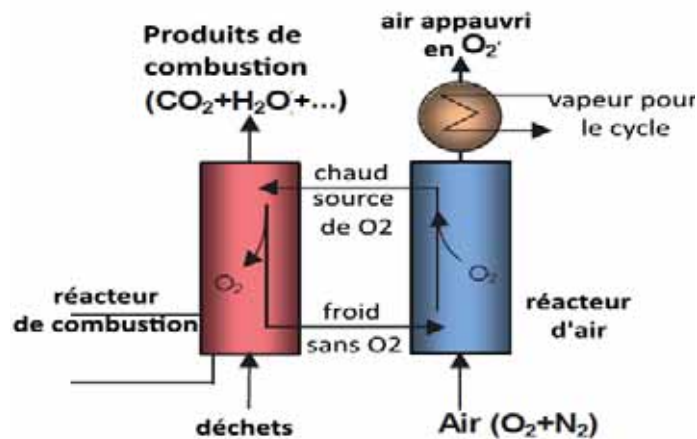


## Technologies de captation

Captage par postcombustion avec contacteur membranaire



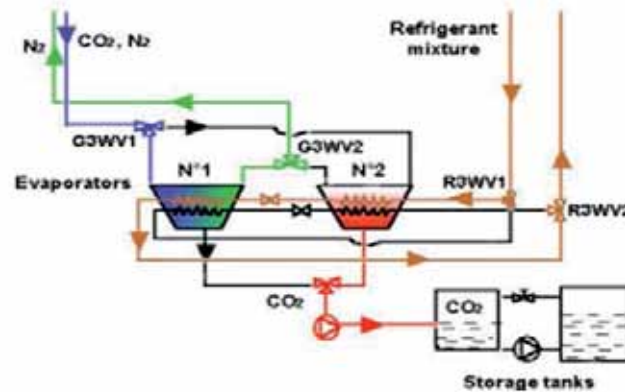
Captage par chemical looping



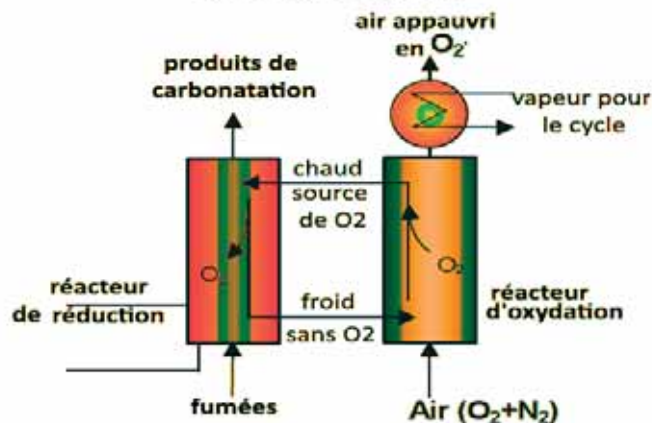
- **Principe** : Capturer le CO<sub>2</sub> avec une solution aqueuse d'amine
- **Spécificité** : Surface de contact augmentée entre les fumées et la solution aqueuse
- **Verrous majeurs** :
  - Coût de maintenance élevé
  - Dégradation rapide des équipements par les particules présentes dans les fumées d'incinération
- **Principe** : Apport d'oxygène pour éviter l'utilisation directe d'air
- **Spécificité** : Cycle de température et gestion de circulation de solides
- **Verrous majeurs** :
  - Coût d'investissement très élevé pour le changement des fours sur des installations existantes
  - Coût de régénération dépend fortement de la composition du déchet en amont

## Technologies de captation

Captage par postcombustion avec anti-sublimation



Captage par chemical looping partiel ou carbonate looping



- **Principe** : Givrage du  $\text{CO}_2$  présent dans les fumées
- **Spécificité** : Procédé à basse température (inférieure à  $-100^\circ\text{C}$ )
- **Verrous majeurs** : Taille des équipements, prétraitement de fumées nécessaire
  - Procédé extrêmement énergivore
  - Trace carbone élevée
- **Principe** : Utiliser l'oxygène présent dans les oxydes pour la combustion et pour la séparation du  $\text{CO}_2$
- **Spécificité** : Utiliser les réactions d'oxydoréduction pour la régénération de « l'absorbant » de  $\text{CO}_2$
- **Verrous majeurs** :
  - Fort impact sur l'environnement
  - Coût de régénération trop élevé

## Retour d'expériences

### Comment faire une culture d'algues :

- Particulière attention aux besoins des organismes
- Expérimentation réussie grâce à la surveillance de la culture
- Paramètres opératoires optimisés
- La conception des bioréacteurs et de leurs équipements auxiliaires est fondamentale pour augmenter l'efficacité du procédé
- Une approche holistique est nécessaire pour trouver un équilibre entre science et contraintes économiques



## Retour d'expériences



- Reconversion directe du CO<sub>2</sub> en matière utilisable
  - Molécules de valeur ajoutée
  - Carburants de synthèse
  - Etc.
- Méthodologies et outils à la pointe pour l'intégration énergétique et le recyclage de matière
- Evite l'utilisation de solvants pour capter le CO<sub>2</sub>



- Coût et logistique nécessaires pour fournir les nutriments
- Optimisation de la conception et de l'opération de bio-réducteurs et du post-traitement
- Réduire la taille de réacteurs pour augmenter les performances





## Le projet

### défis

Eaux usées

Emissions  
de CO<sub>2</sub>

Coexistence  
ville usine

PROJET  
SAINT-  
OUEN

### Solutions

- Pré-traitement des eaux
- Récupération de nutriments

- Elimination des fumées
- Captage de CO<sub>2</sub>

- Image du quartier
- Valorisation énergétique des déchets
- Chauffage urbain durable

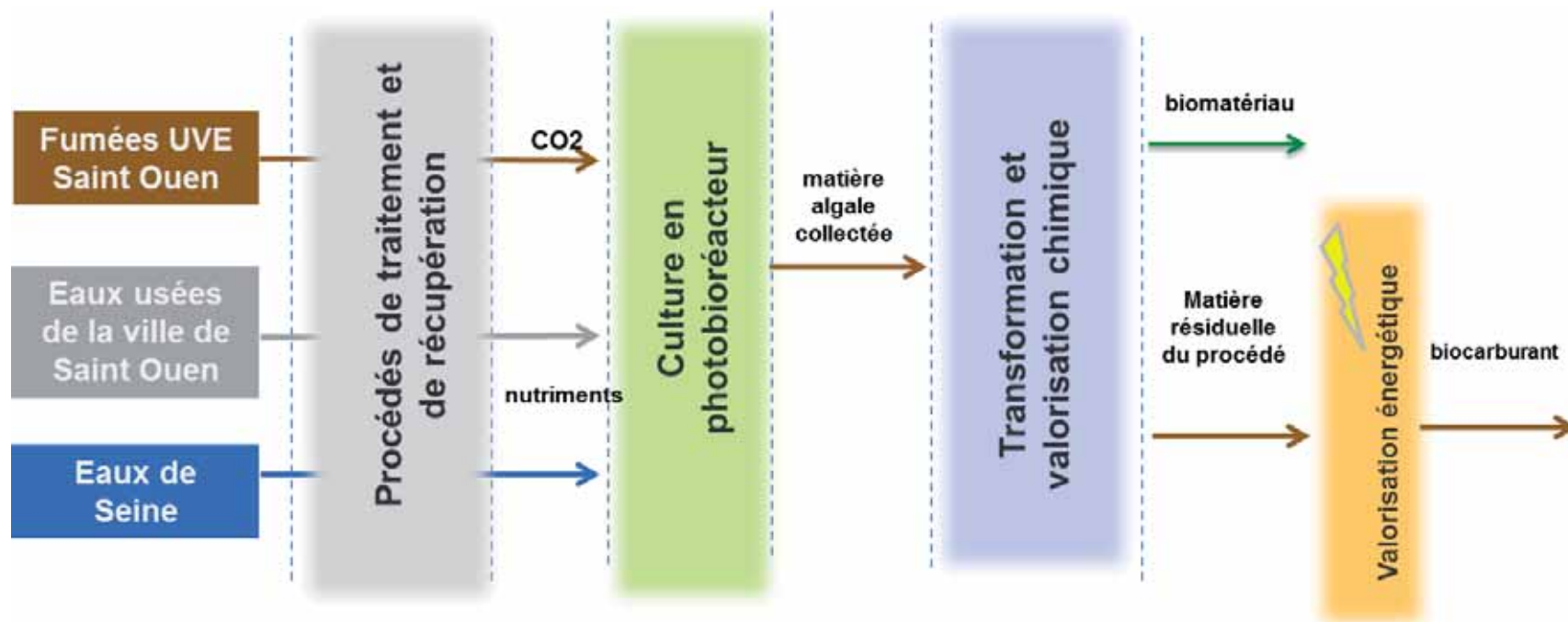
### Valeur ajoutée

Culture d'algues  
avec faible apport  
externe de  
nutriments

Conversion du  
CO<sub>2</sub> en molécules  
à valeur ajoutée  
(bioplastique)

Efficacité  
énergétique  
améliorée des  
usines  
d'incinération

## Schéma procédé



## Le projet

Sélection  
d'algues

Conception  
du  
bioréacteur

Conception  
du procédé

Mise en place  
de bancs  
d'essai

Succès !

2016



1. Coordination et pilotage
2. Accueil du doctorant



1. Preuve de concept
2. Conception de la solution à échelle laboratoire
3. Passage de l'échelle laboratoire à l'échelle préindustrielle

2019



1. Optimisation énergétique
2. Récupération d'énergie
3. Validation énergétique des solutions



1. Étude économique
2. Établissement du business model

## Planning de réalisation

### Etape 1. Modélisation et simulation : 1,5 ans

- Sélection des cellules de culture
- Cahier des charges sur les polluants présents dans les fumées et les eaux et les seuils acceptables
- Préconisation de la solution de prétraitement des fumées, des eaux et du photobioréacteur

## Planning de réalisation

### Etape 2. Conception du procédé de bioremédiation : 2 ans

- Le procédé est couplé aux procédés de traitement des fumées, des eaux usées et à la récupération d'énergie du site
- Validation énergétique de la solution
- Etude de récupération d'énergie
- Préconisation de la solution transformation et valorisation
- Analyse systémique

## Planning de réalisation

### Etape 3. Mise en marche de la solution sur site : 1 an

- Validation de la solution transformation et valorisation
- Montage du pilote laboratoire et optimisation en vue d'un usage industriel
- Analyse du cycle de vie
- Etude et définition du business model de la solution globale