



# Interreg



## France ( Channel Manche ) England

**LIVRABLE ICE L4.4.3**  
**ÉTUDE DE CAS OUessant - OUTIL**  
**DE VALORISATION ÉNERGÉTIQUE**  
**DES DÉCHETS**  
*DECEMBRE 2022*



ICE livrable L4.4.3

# ÉTUDE DE CAS OUessant - OUTIL DE VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DES DÉCHETS



BRETAGNE®  
DÉVELOPPEMENT  
INNOVATION



TECHNOPÔLE  
BREST-IROISE

Technopole  
Quimper-Cornouaille

POLE MER  
RECHERCHER. ATE. PROJETER.

UNIVERSITY OF  
EXETER

PLYMOUTH  
UNIVERSITY

UEA  
University of East Anglia

marine  
UNIVERSITY

## A propos de ICE

Soutenu par le programme Interreg VA France (Manche) Angleterre, le projet Intelligent Community Energy (ICE) a pour objectif de dessiner et appliquer des solutions innovantes d'énergie intelligente pour les territoires isolés de la Manche. Les îles et les territoires périphériques font face à des challenges énergétiques spécifiques. De nombreuses îles ne sont pas connectées aux réseaux électriques européens et sont dépendantes d'énergies fossiles importées, notamment de générateurs thermiques au fuel. Les systèmes énergétiques dont ils dépendent ont tendance à être moins fiables, plus chers et émettent plus de gaz à effet de serre que sur le réseau continental européen.

En réponse à ces problèmes, le projet ICE considère le cycle entier de l'énergie, de la production à la consommation, et intègre des technologies matures ou nouvelles pour développer des solutions énergétiques innovantes. Ces solutions seront expérimentées et testées sur deux sites pilotes de démonstration (l'île d'Ouessant et le campus de l'Université d'East Anglia), pour prouver leur faisabilité et développer une méthode générale reproductible pour d'autres systèmes énergétiques intelligents isolés ailleurs. Pour transférer cette méthodologie à d'autres territoires isolés, ICE proposera une offre commerciale globale de transition bas carbone. Cela comprendra une évaluation complète des ressources et des conditions énergétiques locales, une proposition de modèle sur mesure pour la transition énergétique et un ensemble de compétences et de technologies bas carbone disponibles dans un consortium d'entreprises sélectionnées. Ce consortium certifié ICE fera la promotion de cette offre auprès d'autres territoires isolés dans et hors de la zone Manche (5 territoires dans un premier temps). Le partenariat ICE réunit des chercheurs et des organismes de soutien aux PME et bénéficie d'une complémentarité France–RU en termes de connaissances et de développement technologique et commercial.

L'implication de PME locales et européennes contribuera à renforcer la compétitivité et la coopération transnationale.



BRETAGNE®  
DÉVELOPPEMENT  
INNOVATION



TECHNOPÔLE  
BREST-IROISE

Technopole  
Quimper-Cornouaille



UNIVERSITY OF  
EXETER

PLYMOUTH  
UNIVERSITY

UEA  
University of East Anglia

marine  
SOLUTIONS

## Table des Matières

---

1. Introduction .....	5
2. Description de l'outil.....	5
3. Résultats du cas d'étude Ouessant.....	7
4. Conclusion.....	12



BRETAGNE®  
DÉVELOPPEMENT  
INNOVATION



TECHNOPÔLE  
BREST-IROISE

Technopole  
Quimper-Cornouaille



UNIVERSITY OF  
EXETER

PLYMOUTH  
UNIVERSITY

UEA  
University of East Anglia

marine  
UNIVERSITY

## 1. Introduction

---

La valorisation des déchets en énergie est la dernière étape, selon la « hiérarchie des déchets » de l'Union européenne, où une valorisation des déchets est possible. L'enfouissement des déchets (en décharge contrôlée ou en décharge non contrôlée) est le principal traitement de déchets dans le monde, cependant, la valorisation énergétique des déchets n'est presque réalisée que par les pays « à revenu élevé » (Revenu National Brut > 11 k\$/hab) .

Dans le contexte particulier des territoires isolés, les combustibles fossiles sont importés pour produire de l'électricité, alors que dans la majorité des cas, les déchets sont exportés pour être correctement traités sur le continent. Ces deux aspects conduisent à des coûts élevés pour la production d'énergie et le traitement des déchets.

L'idée est d'identifier sur un territoire isolé quelle est la part de déchets valorisables sur place, afin d'évaluer la production d'électricité et de chaleur renouvelables, et de concevoir l'unité de gazéification et de cogénération.

Afin d'apporter une solution adaptée aux grands comme aux petits territoires, la technologie retenue est le réacteur de gazéification à lit fixe à courant descendant, qui a connu un développement mondial pendant la Seconde Guerre mondiale, et est capable de couvrir la production d'électricité de quelques kWe jusqu'à 1MWe. en utilisant 1 réacteur. Une mise en parallèle de plusieurs réacteurs permet d'atteindre toutes les puissances souhaitées.

L'idée de la création de l'outil a succédé à une étude sur l'île d'Ouessant pour évaluer le potentiel des déchets de bois collectés localement et exportés, qui pourraient être plutôt valorisés sur l'île, afin de produire de l'énergie renouvelable (électricité et chaleur).

## 2. Description de l'outil

---

L'outil se compose d'un fichier Excel, dans le but de fournir une estimation rapide d'une unité de valorisation énergétique des déchets en termes de :

- Quantités de carburant
- Taille de l'unité
- Énergie disponible : électricité et chaleur
- Besoins en préparation, résidus
- Estimation économique (CAPEX, OPEX)

L'outil est composé de 3 fiches :

- « Input Waste-biomass » : il regroupe les données d'entrée des différents stocks de déchets ou de biomasses disponibles, avec leurs propriétés.
- « Calcul » : il regroupe tout le calcul de l'outil. L'utilisateur doit remplir certaines cellules avec des données d'entrée.



• « Synthèse » : cette feuille est une synthèse des résultats du calcul. Il vise à regrouper les principales données concernant la conception technique et économique de la solution choisie en fonction de la quantité de déchets

Un code couleur a été utilisé pour faciliter la compréhension de l'utilisateur :

- Les cellules bleues sont des données d'entrée de l'utilisateur
- Les cellules jaunes sont des données d'entrée spécifiques concernant la technologie de gazéification. Des valeurs standard ont été implémentées mais un utilisateur ayant des connaissances en gazéification peut modifier ces valeurs.
- Les cellules blanches / non colorées sont des données qui sont utilisées pour le calcul mais qui ne sont pas utiles comme résultats.
- Les cellules vertes sont des données de résultats, qui sont conçues comme des données de sortie de l'outil.

L'utilisateur doit entrer comme données d'entrée dans les cellules bleues :

- quantités de déchets et qualité : humidité, teneur en cendres, teneur en inertes
- Besoins en termes de disponibilité énergétique requis : toute l'année ou une période définie (ex. uniquement en hiver)
- Les caractéristiques du territoire : coût d'importation, coût actuel de l'électricité, coût de traitement des déchets, coût du Salarié à Temps Plein... Ces données sont principalement des données économiques.



### 3. Résultats du cas d'étude Ouessant

Les résultats présentés dans ce rapport sont extraits de la feuille « Résumé » avec les données d'entrée de l'étude de cas d'Ouessant.

Context						
Total mass of identified waste/biomass - t	Total mass of fuel, inert free (with efficiency) - t	Total energy potential - MWh th	Total Electricity Potential - MWhe	Total Heat potential - MWh th (in case of cogeneration)		
100	63	313	69	203		

Le contexte d'Ouessant est une quantité de déchets plutôt faible, atteignant 100 t/an de déchets de bois de palettes, de restes de bois de construction... La quantité brute de déchets doit être broyée, séchée et tamisée pour produire un combustible adapté à la gazéification par aspiration d'air (sous forme de copeaux), ce qui donne une quantité totale de combustible de 63 t/an. Cette quantité de combustible entraîne un potentiel de 313 MWh-thermique, qui pourrait être converti en 69 MWh d'électricité et 203 MWh de chaleur, et des pertes d'énergie.



BRETAGNE®  
DÉVELOPPEMENT  
INNOVATION



TECHNOPÔLE  
BREST-IRROISE

Technopole  
Quimper-Cornouaille



UNIVERSITY OF  
EXETER

PLYMOUTH  
UNIVERSITY

UEA  
University of East Anglia

marine  
UNIVERSITY

Sur la base de ce gisement, la conception technique de l'unité est donnée ci-dessous :

		<b>Design of the valorization unit</b>			
<b><u>Energy valorization</u></b>		Minimal Power output of the unit recommended based on the chosen			
Electric power output (user's choice) - kW <sub>e</sub>	10	8,18			
Thermal power output - kW <sub>th</sub>	30				
Total electricity produced - MWh/y	69				
Total heat produced - MWh/y	203				
in grey : fixed parameter, in red : variable to ensure the scenario					
Hours of operation per day - h/d	24	<b>Scenario</b>	<b>Non-stop Operation (24/24, 7/7) - 1 annual stop</b>	<b>Operation spread over 1 year + condition : 5 d/week</b>	<b>Operation spread over 1 year + condition : 16 h/d</b>
Number of operating day per week - d/week	7	<b>h/d</b>	24	26,44	16
Nombre operating week per year - week-year	50	<b>d/week</b>	7	5	8,26
		<b>week/year</b>	40,92	52	52
Number of working hours - h/y	8400				
<b><u>Preparation and Storage of the fuel</u></b>					
Surface occupied by fuel (as received) in the storage 1 - m <sup>2</sup>	34				
Surface occupied by shredded fuel in the storage 2 - m <sup>2</sup>	52				
<b><u>Inert et residues</u></b>					
Inert removed during preparation phase (status as Waste) - t/y	6,84				
Residues of gasification - t/y	5,00				
Quantities of fly ash (from cyclone or filters) - t /y	0,63				

La taille minimale de l'unité pour pouvoir valoriser le combustible sur 1 an est de 8,18 kW-e (kW-e pour kW électrique). Le choix retenu est une unité 10 kW-e – 30 kW-th (kW-th pour kW thermique).

Cette conception permet de valoriser tout le combustible, et donc de produire 69 MWh d'électricité et 203 MWh de chaleur.

Les conditions de travail choisies sont : 24h/j, 7j/semaine et 50 sem/an, ce qui donne 2 semaines par an pour la maintenance.



En fonction de la quantité de combustible et de la capacité de stockage choisie (données à saisir dans la fiche « Calcul »), la surface de stockage est de : 34 m<sup>2</sup> pour les déchets bruts et 52 m<sup>2</sup> pour le combustible préparé.

Concernant la gestion des déchets, les quantités de résidus à traiter après la valorisation énergétique sont :

- 6,84 t/an d'inertes retirés des déchets bruts lors de la préparation du combustible (roche, pierre, métaux)
- 5 t/an de résidus sous forme de « mâchefers » de l'unité. Pratiquement, cela ressemble à de petits morceaux de charbon de bois avec une forte proportion de cendres.
- 0,63 t/an de cendres volantes provenant de la partie filtration de l'unité. Cela ressemble à de la fine poussière de charbon de bois.



BRETAGNE<sup>®</sup>  
DÉVELOPPEMENT  
INNOVATION



TECHNOPÔLE  
BREST-IROISE

Technopole  
Quimper-Cornouaille



UNIVERSITY OF  
EXETER

PLYMOUTH  
UNIVERSITY

UEA  
University of East Anglia

marine  
UNIVERSITY

La conception économique de l'unité est donnée ci-dessous :

Economical analysis							
Sensibility of incomes vs Elec Price vs Heat Price - in green, when incomes exceeds operational costs							
Price of heat - €/MWhth	Price of electricity - €/MWh						
	100	150	200	250	300	350	400
10	28 000	31 000	35 000	38 000	42 000	45 000	49 000
50	36 000	39 000	43 000	46 000	50 000	53 000	57 000
100	46 000	49 000	53 000	56 000	60 000	63 000	67 000
150	56 000	59 000	63 000	66 000	70 000	73 000	77 000
200	67 000	70 000	74 000	77 000	81 000	84 000	88 000
250	77 000	80 000	84 000	87 000	91 000	94 000	98 000
300	87 000	90 000	94 000	97 000	101 000	104 000	108 000
<b>Capital Cost</b>		275 000	€	<b>Incomes</b>		61 000	€/y
Fuel management		97 000	€	Electricity - €/y		15 000	€/y
Process (energy production)		135 000	€	Heat - €/y		27 000	€/y
Engineering, Construction, Transport		43 000	€	Revenues as waste treatment - €/y		19 000	€/y
* depending on hypothesis of electricity, heat, and waste treatment							
<b>Operational Cost</b>		74 000	€/y	Price of electricity - €/MWh		225	
<b>Fixed Charge</b>		58 000	€/y	Price of heaty - €/MWh		135	
Maintenance		6 000	€/y				
Salary		50 000	€/y				
Other		2 000	€/y				
<b>Variable Charge</b>		16 000	€/y				
Fuel		0,00	€/y				
Self consumption		3 000,00	€/y				
Evacuation of Residues		2 000,00	€/y				
Loan		11 000,00	€/y				

Pour l'unité choisie, le coût du capital atteint 275 000€, décomposé en :

- 97 000€ pour la gestion du carburant (broyeur, stockage)
- 135 000 € pour le processus de gazéification (réacteur, filtres, moteur, générateur)



- 43 000€ pour l'ingénierie, la construction, le transport...

Le coût opérationnel atteint 74 000€/an, décomposé en :

- charge fixe : 58 000 €/an, qui correspond principalement au salaire (50 000 €/an pour 1,3 ETP – Équivalent Temps Plein)
- charge variable : 16 000€/an, qui correspond principalement au remboursement du prêt (11 000€/an, avec 20% d'apport au prêt).

Avec un prix de l'électricité de 225 €/MWh-e et un prix de la chaleur de 135 €/MWh, les revenus atteignent 61 000€/an. L'unité tire également des revenus du traitement des déchets (19 000€/an), avec un coût de 300 €/t traitée.

Dans ce cas, le projet n'est pas rentable, car les revenus sont inférieurs aux coûts de fonctionnement.

La fiche récapitulative fournit une analyse de sensibilité des revenus lors de la variation des prix de l'électricité et du chauffage. Cela donne dans les cellules de couleur verte les conditions de prix de l'électricité et de la chaleur qui se traduit par un bilan économique positif de l'unité. Par exemple, avec un prix de l'électricité de 250 €/MWh-e et un prix de la chaleur de 200 €/MWh-th, les revenus atteignent 77 000 €/an.



BRETAGNE®  
DÉVELOPPEMENT  
INNOVATION



TECHNOPÔLE  
BREST-IRROISE

Technopole  
Quimper-Cornouaille



UNIVERSITY OF  
EXETER

PLYMOUTH  
UNIVERSITY

UEA  
University of East Anglia

marine  
UNIVERSITY

## 4. Conclusion

---

Cet outil a pour objectif de concevoir rapidement une unité de gazéification de l'air sous courant d'air avec valorisation énergétique des déchets, sur les aspects techniques et économiques. Cependant, il nécessite des données de l'utilisateur de l'outil qui peuvent être parfois difficiles à obtenir.

Les bénéfices attendus de cet outil sont :

- Accroître la connaissance des territoires isolés de ces technologies pour à la fois valoriser les déchets, et produire de l'électricité et de la chaleur renouvelables.
- Provoquer l'émergence d'unités locales et artisanales dans des territoires isolés
- Accroître, à terme, l'autonomie des territoires

Les défis anticipés de cet outil sont :

- Les territoires doivent avoir la volonté de prendre en main ce projet
- Du point de vue des énergies renouvelables : Valoriser les déchets en énergie n'est pas aussi simple que d'installer une centrale photovoltaïque ou une éolienne, même si cela peut produire de l'énergie quelles que soient les conditions extérieures : nuit/jour, hiver/été... tant qu'il y a des déchets/ biomasse disponible.
- Du point de vue du traitement des déchets : La valorisation énergétique des déchets est parfois assimilée à l'incinération, qui nécessite des contrôles de haut niveau de polluants, coûteux pour une petite unité, et pour des territoires isolés.

