

SYNTHESE DE L'ETUDE DE FAISABILITE D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIES RENOUVELABLES

TRIANGLE DE GONESSE



Réf : 2015.711-E02 B

31/03/2016

Rédigé par : Maxime PIROT

Vérifié par : Nicolas CORTESI

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	5
2. BESOINS ENERGETIQUES.....	6
2.1. <i>Programmation</i>	<i>6</i>
2.2. <i>Sobriété énergétique</i>	<i>6</i>
2.3. <i>Estimation des besoins</i>	<i>7</i>
3. POTENTIEL EN ENERGIES RENOUVELABLES	8
3.1. <i>Le solaire.....</i>	<i>8</i>
3.2. <i>Le bois énergie.....</i>	<i>13</i>
3.3. <i>Le biogaz.....</i>	<i>14</i>
3.4. <i>La géothermie.....</i>	<i>15</i>
3.5. <i>Les énergies de récupération.....</i>	<i>19</i>
3.6. <i>Synthèse du potentiel</i>	<i>20</i>
4. STRATEGIE ENERGETIQUE	22
4.1. <i>Scénario d’approvisionnement A.....</i>	<i>22</i>
4.2. <i>Scénario d’approvisionnement B.....</i>	<i>24</i>
4.3. <i>Scénario d’approvisionnement C.....</i>	<i>26</i>
5. COUTS DE PRODUCTION	28
5.1. <i>Scénario d’approvisionnement A.....</i>	<i>28</i>
5.2. <i>Scénario d’approvisionnement B.....</i>	<i>30</i>
5.3. <i>Scénario d’approvisionnement C.....</i>	<i>31</i>
5.4. <i>Synthèse des coûts.....</i>	<i>32</i>
6. CONCLUSION.....	33

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Programmation prévisionnelle	6
Figure 2 : Estimations des besoins énergétiques du projet – niveau base	7
FIGURE 3 : ESTIMATIONS DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROJET – NIVEAU OPTIMISE.....	7
Figure 4 : Temps d’ensoleillement moyen par mois en heure	8
Figure 5 : Irradiation solaire global cumulée moyenne par mois en kWh/m ²	8
Figure 6 : Photovoltaïque : pose en toiture terrasse.....	9
Figure 7 : Photovoltaïque : pose en façade	9
Figure 8 : Photovoltaïque : intégration aux vitrages	9
Figure 9 : Photovoltaïque : intégration aux brise-soleils.....	10
Figure 10 : Photovoltaïque : exemple de panneau non-réfléchissant (Source : Saint-Gobain)	10
Figure 11 : Couverture des besoins en ECS par l’énergie solaire	10
Figure 12 : Influence de la température sur la puissance instantanée des panneaux solaires.....	11
Figure 13 : Schéma de principe du fonctionnement d’une machine à absorption double effet	12
Figure 14 : Principe d'une chaufferie bois.....	13
Figure 15 : Dimensionnement de la puissance d’une chaudière bois.....	14
Figure 16 : Schéma de production/valorisation du biogaz.....	15
Figure 17 : Les solutions géothermiques.....	15
Figure 18 : Potentiel de l’aquifère (Source : BRGM).....	16
Figure 19 : Apparition de bulles froides (Source : BRGM).....	16
Figure 20 : Zones propices à la géothermie haute énergie (en rouge)	17
Figure 21 : Installation de géothermie haute énergie en Islande	17
Figure 22 : Potentiel géothermique superficiel (Source : Géothermie Perspectives).....	18
Figure 23 : Schéma de principe de la récupération de chaleur sur eaux grises (Source : Gaia Green).....	19
Figure 24 : Synthèse des potentiels énergétique mobilisables – besoins de base	20
Figure 25 : Synthèse des potentiels énergétique mobilisables – besoins optimisés	20
Figure 26 : Répartition des systèmes de production – Scénario A.....	22
Figure 27 : Répartition des systèmes de production – Scénario A’	23
Figure 28 : Répartition des systèmes de production – Scénario B.....	24
Figure 29 : Répartition des systèmes de production – Scénario B’	25
Figure 30 : Répartition des systèmes de production – Scénario C.....	26

Figure 31 : Répartition des systèmes de production – Scénario C'	27
Figure 32 : Coûts de production – Scénario A	28
Figure 33 : Coûts de production – Scénario A'	29
Figure 34 : Coûts de production – Scénario B	30
Figure 35 : Coûts de production – Scénario B'	30
Figure 36 : Coûts de production – Scénario C	31
Figure 37 : Coûts de production – Scénario C'	31
Figure 38 : Synthèse des coûts de production d'énergie	32

1. INTRODUCTION

La thématique de l'énergie est un enjeu fort du projet d'aménagement. L'importance du projet en termes de surface bâtie et des usages prévus, conduit à des consommations énergétiques importantes à la fois en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) et en froid, mais aussi et surtout en électricité.

La première étape est donc de déterminer les besoins du projet, de les mettre en regard du potentiel de chaque énergie renouvelable disponible localement sur le site. **L'objectif est de définir une stratégie d'approvisionnement permettant d'optimiser le taux d'autonomie énergétique grâce aux énergies renouvelables et de récupération.**

Cette stratégie énergétique doit être cohérente avec les besoins du projet, les ressources disponibles, mais aussi avec le phasage de construction du projet (sur une période d'une vingtaine d'année).

2. BESOINS ENERGETIQUES

2.1. Programmation

		Programmation
		m ²
Quartier d'affaire	Bureaux	800 000
	Activités technologiques	200 000
	Activités hôtelières	75 000
	Enseignement	20 000
	Equipements sportifs et culturels	15 000
	Commerces et services	15 000
Europa City	Loisir, culture, commerce	760 000
	Skibox	-
	Aquapark	-
TOTAL		1 885 000

FIGURE 1: PROGRAMMATION PREVISIONNELLE

A partir de la programmation (surface et typologie) et du niveau de performance thermique visé pour les bâtiments, les besoins énergétiques ont été estimés pour l'ensemble du projet. Ces besoins sont présentés dans le tableau suivant.

2.2. Sobriété énergétique

L'autonomie énergétique du site dépendra donc du choix des sources et des modes de production mais aussi des besoins énergétiques. Plusieurs mesures sont envisageables pour réduire ces besoins :

- **La sobriété énergétique des bâtiments** : les nouvelles constructions devront anticiper les évolutions réglementaires pour atteindre le niveau passif dès la première phase de construction.

- **La récupération de chaleur** : Le site est propice au développement de systèmes de récupération de chaleur car plusieurs aménagements produisent du chaud comme la piste de ski, les Data Center et les eaux usées. On peut par exemple envisager de récupérer la chaleur produite en contrepartie du froid nécessaire à l'entretien de la piste de ski.
- **La consommation énergétique des usagers** : La consommation de chaud peut être réduite de 40 % si le chauffage est limité à 19°. L'étude des besoins de chaleur du Triangle de Gonesse a été réalisée à partir d'une température ambiante de 21,5°, conformément aux observations faites dans un grand nombre de bureaux. Des formations et des actions de sensibilisation pourraient être envisagées. Elles contribueraient à réduire de 11 % les besoins énergétiques globaux selon l'étude Antea - Les ENR.
- **Le rafraîchissement naturel** : Des actions sur le bâti permettraient de substituer à la climatisation des méthodes de rafraîchissement naturel (eau et nues en pied d'immeuble). Si l'ensemble du système de climatisation était remplacé par de telles méthodes, cela permettrait de réduire de 38 % les besoins énergétiques totaux du Cœur du Triangle de Gonesse, ce qui est considérable.
- **Un éclairage public performant et peu consommateur** bien qu'au regard des besoins énergétiques des bâtiments, l'éclairage public est marginal. En le rationalisant, on pourrait réduire les besoins d'un tiers.

Une utilisation efficace des énergies renouvelables et des mesures de réduction des consommations énergétiques permettront d'inscrire le projet dans une logique de développement durable et d'optimisation des ressources issues de son environnement direct.

2.3. Estimation des besoins

		Chaleur Haute Température	Chaleur Basse Température	Froid	Electricité	TOTAL
		GWh/an	GWh/an	GWh/an	GWh/an	GWh/an
Quartier d'affaire	Bureaux	1,6	11,2	10,0	34,2	57,0
	Activités technologiques	7,0	4,2	9,0	19,6	39,8
	Activités hôtelières	2,6	1,6	0,6	1,8	6,6
	Enseignement	0,2	0,4	-	0,5	1,1
	Equipements sportifs et culturels	0,2	0,3	-	0,3	0,8
	Commerces et services	0,2	0,4	0,5	0,6	1,7
	Loisir, culture, commerce	4,8	12,8	10,0	108,0	135,6
Europa City	Skibox	-	-	6,5	-	6,5
	Aquapark	18,1	-	-	-	18,1
TOTAL		34,6	30,9	36,6	165,0	267,2

FIGURE 2 : ESTIMATIONS DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROJET – NIVEAU BASE

Au global, le projet prévoit donc une consommation totale d'environ 267 GWh/an.

Ce bilan des besoins prend en compte un niveau dit de base pour Europa City. Il est cependant possible d'envisager une réduction de ces besoins énergétiques. Ces besoins sont présentés dans le tableau suivant.

		Chaleur Haute Température	Chaleur Basse Température	Froid	Electricité	TOTAL
		GWh/an	GWh/an	GWh/an	GWh/an	GWh/an
Quartier d'affaire	Bureaux	1,6	11,2	10,0	34,2	57,0
	Activités technologiques	7,0	4,2	9,0	19,6	39,8
	Activités hôtelières	2,6	1,6	0,6	1,8	6,6
	Enseignement	0,2	0,4	-	0,5	1,1
	Equipements sportifs et culturels	0,2	0,3	-	0,3	0,8
	Commerces et services	0,2	0,4	0,5	0,6	1,7
	Loisir, culture, commerce	4,8	13,7	6,2	70,0	94,7
Europa City	Skibox	-	-	6,0	-	6,0
	Aquapark	18,5	-	-	-	18,5
TOTAL		35,0	31,8	32,3	127,0	226,2

FIGURE 3 : ESTIMATIONS DES BESOINS ENERGETIQUES DU PROJET – NIVEAU OPTIMISE

Une fois les besoins d'Europa City optimisés, le projet prévoit donc une consommation totale d'environ 226 GWh/an, soit une réduction de 15 % sur le total initial.

Les besoins énergétique du quartier d'affaire, d'abord estimés en 2012, ont été mis à jour en octobre 2015 pour suivre l'évolution de la programmation. Les besoins énergétiques spécifiques à Europa City ont quant eux été estimés par l'équipe projet spécifiques à ce programme.

Cette estimation des besoins énergétiques résulte d'ores et déjà d'un travail de réduction des consommations. Notamment grâce à des performances thermiques sur les bâtis anticipant la réglementation thermique française.

L'objectif est d'avoir des bâtiments ayant des besoins énergétiques au niveau du passif dès la première phase de construction.

3. POTENTIEL EN ENERGIES RENEUVABLES

Sur le site du projet, plusieurs ressources énergétiques renouvelables sont présentes et peuvent être mobilisées pour répondre aux besoins énergétiques du projet.

3.1. Le solaire

L'ensoleillement moyen annuel sur le site est de 1 189 kWh/an/m² sur une surface horizontale et de 1 338 kWh/an/m² pour un plan incliné. Ces apports gratuits, en plus d'être captés par les bâtiments conçus par une approche bioclimatique peuvent être servir à la production d'énergie.

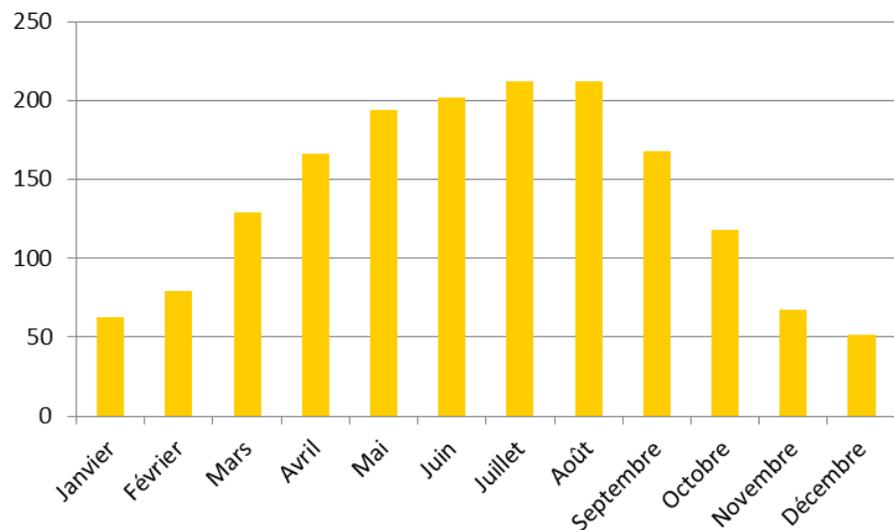


FIGURE 4 : TEMPS D'ENSOLEILLEMENT MOYEN PAR MOIS EN HEURE

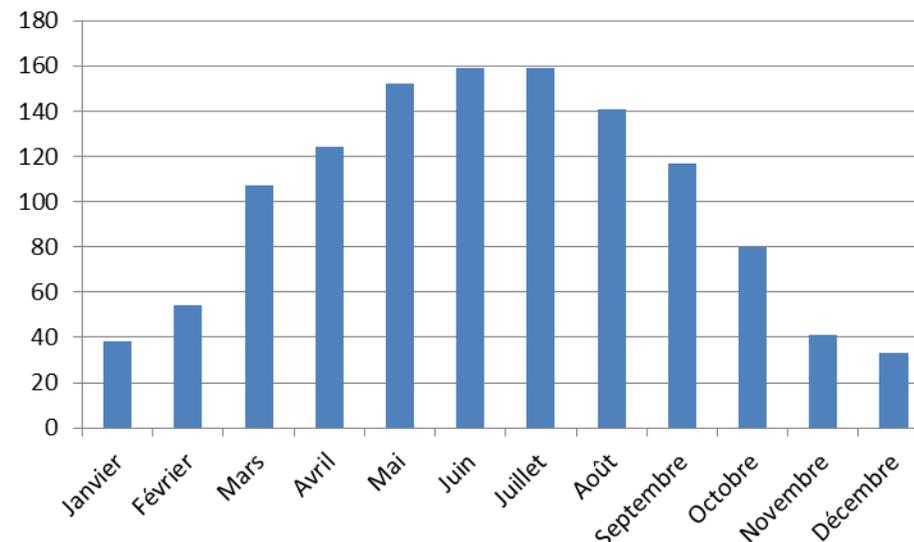


FIGURE 5 : IRRADIATION SOLAIRE GLOBALE CUMULEE MOYENNE PAR MOIS EN kWh/M²

L'énergie solaire représente un potentiel important. Cette ressource peut être captée de plusieurs manières et être utilisée pour produire de la chaleur, de l'électricité ou bien du froid.

3.1.1. Le solaire photovoltaïque

Une installation photovoltaïque se compose de modules solaires, eux-mêmes constitués de cellules photovoltaïques, généralement conçues à base de silicium. Ces générateurs transforment directement l'énergie solaire en électricité (courant continu).

La puissance est exprimée en Watt-crête (Wc), unité qui définit la puissance électrique disponible aux bornes du générateur dans des conditions d'ensoleillement optimales.

Cependant, compte tenu de l'augmentation du prix de l'électricité à prévoir dans les prochaines années, une autre alternative peut s'avérer intéressante : l'autoconsommation.

Cette alternative permet de produire de l'énergie à un coût fixe dans le temps et donc de réaliser des économies à long terme. Cette solution n'est toutefois pas mutualisable à plusieurs bâtiments ou ensemble de bâtiments. En effet, l'énergie produite doit être consommée sur place pour ne pas avoir à créer un deuxième réseau d'électricité en plus de celui d'ErDF.

L'autoconsommation doit donc être en priorité utilisée sur les bâtiments tertiaires ou commerciaux. Une étude spécifique à l'échelle des bâtiments tertiaires ou commerciaux, lorsque ceux-ci seront définis plus précisément, devra donc être menée pour déterminer la pertinence de cette solution pour le projet.



FIGURE 6 : PHOTOVOLTAÏQUE : POSE EN TOITURE TERRASSE



FIGURE 7 : PHOTOVOLTAÏQUE : POSE EN FAÇADE



FIGURE 8 : PHOTOVOLTAÏQUE : INTEGRATION AUX VITRAGES



FIGURE 9 : PHOTOVOLTAÏQUE : INTEGRATION AUX BRISE-SOLEILS

A titre d'ordre de grandeur, 15 % des toitures dédiées à cet usage pourraient produire environ **43 GWh/an**.

A noter la problématique spécifique au site de ne pas éblouir les pilotes d'avion du fait de la proximité des aéroports du Bourget et de Roissy Charles de Gaulle. Pour répondre à cette problématique, des panneaux solaires non réfléchissants ont été développés, avec un avis positif de la DGAC.

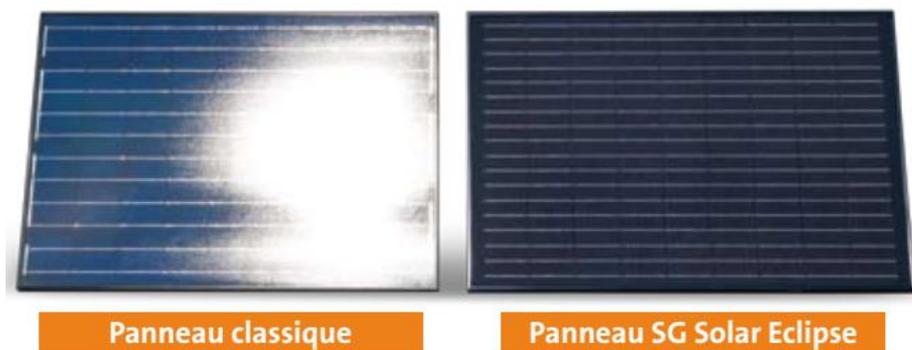


FIGURE 10 : PHOTOVOLTAÏQUE : EXEMPLE DE PANNEAU NON-REFLECHISSANT (SOURCE : SAINT-GOBAIN)

3.1.2. Le solaire thermique

Les panneaux solaires thermiques utilisent le rayonnement solaire pour produire de l'eau chaude qui peut être utilisée soit pour le chauffage soit pour l'ECS.

Les capteurs solaires thermiques permettent de couvrir 90 % à 95 % des besoins énergétiques liés à la production d'ECS durant la période estivale. Ce pourcentage s'avère en revanche nettement moins élevé durant l'hiver avec une production de l'ordre de 15 % à 20 %. Les besoins en ECS des logements étant relativement importants, il est particulièrement opportun d'installer de tels systèmes sur les toitures de ce type de bâtiments.

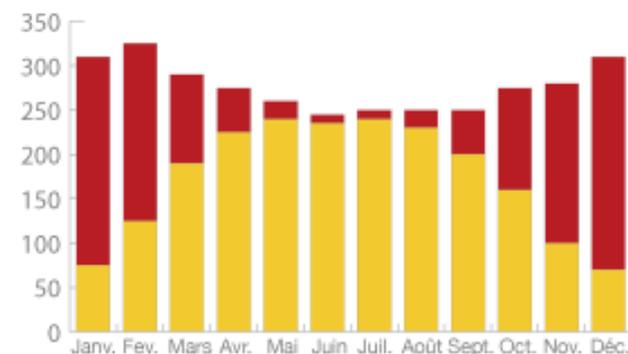


FIGURE 11 : COUVERTURE DES BESOINS EN ECS PAR L'ENERGIE SOLAIRE

Dans le cas de bâtiments de bureaux ou d'activités, les besoins en ECS sont en général relativement faibles. Le solaire thermique est à privilégier sur les bâtiments avec des besoins d'ECS importants et constants. Compte-tenu de l'importance des surfaces de bureaux, le solaire thermique sera donc utilisé comme une solution complémentaire et non comme production principale.

A titre d'ordre de grandeur, si 5 % des toitures sont dédiées à cet usage, la production de chaleur serait d'environ **22 GWh/an**.

3.1.3. Le solaire hybride

L'utilisation de l'énergie solaire est généralement séparée en deux grandes technologies : le solaire photovoltaïque (pour la production d'électricité) et le solaire thermique (pour la production de chaleur). Le solaire hybride est l'association de ces deux technologies solaires en un seul panneau capable de produire simultanément du chaud et de l'électricité.

La technologie solaire hybride est née de ces deux constats sur le photovoltaïque :

- Seule une faible partie de l'énergie du soleil captée par les panneaux est transformée en électricité, 85% de cette énergie est perdue sous forme de chaleur,
- Le rendement des panneaux photovoltaïques diminue avec la température à raison de 0,3 % à 0,5 % par degré. C'est la tension de fonctionnement qui diminue de manière importante avec la température comme le montre le graphique ci-dessous.

Les capteurs photovoltaïques sont placés sur la couche supérieure du module. Ils sont reliés au réseau électrique par différents équipements de régulation et de sécurité, comme pour n'importe quelle installation photovoltaïque.

Les capteurs thermiques sont placés en sous face, afin de capter la chaleur générée par le fonctionnement des capteurs photovoltaïques. Un fluide caloporteur les parcourt et transmet la chaleur accumulée au ballon d'eau chaude comme pour un panneau solaire classique.

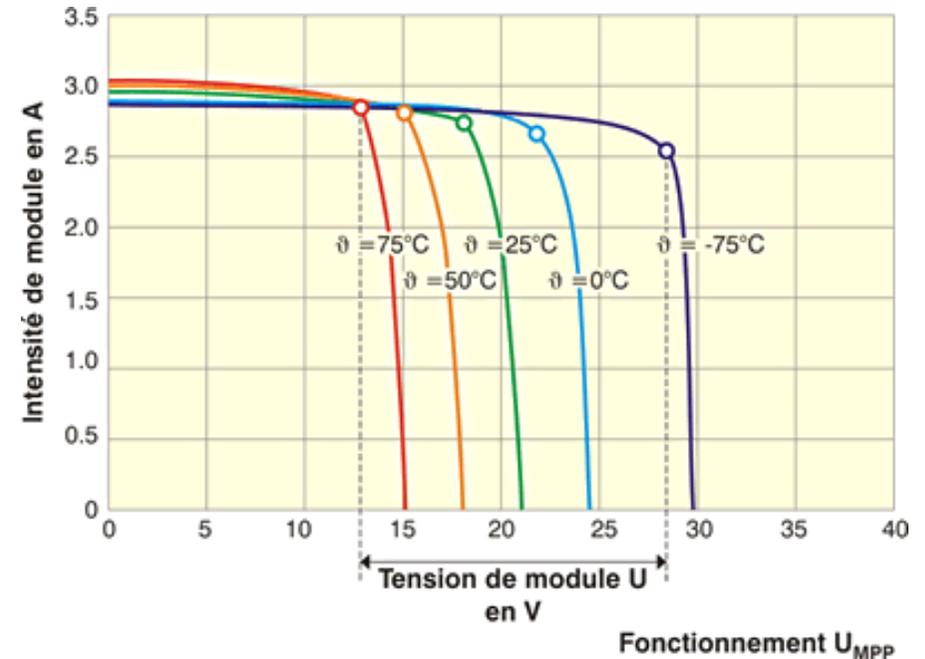


FIGURE 12 : INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LA PUISSANCE INSTANTANEE DES PANNEAUX SOLAIRES

Les capteurs hybrides optimisent l'usage des rayonnements solaires grâce au fluide caloporteur qui circule dans l'échangeur et refroidit les cellules photovoltaïques en augmentant ainsi leur rendement tout en récupérant leur chaleur pour alimenter la production d'ECS.

Ce système de cogénération présente de nombreux avantages. D'une part, l'utilisation de la surface disponible, sur le toit par exemple, est optimisée par la combinaison de la production électrique et thermique par le même panneau. D'autre part, le rendement des cellules photovoltaïques est augmenté grâce à un abaissement de leur température. Dans le cas d'un capteur hybride, une partie du rayonnement solaire non convertie en électricité est capté par le liquide caloporteur destiné à chauffer l'eau chaude sanitaire.

En revanche, la production solaire thermique n'est pas optimisée par rapport à un capteur solaire thermique traditionnel de même taille, car le rayonnement n'est pas direct sur le fluide caloporteur puisqu'il est en sous couche, la fluide ne récupère que les déperditions des modules photovoltaïques par convection et conduction.

3.1.4. La climatisation solaire

En complément des panneaux solaires thermiques, une machine à absorption peut être installée permettant d'utiliser la ressource de chaleur ainsi produite pour la production de froid.

L'été est une période de forte consommation de froid pour climatiser les bâtiments. Il est possible de produire du froid à partir d'une source de chaleur grâce notamment aux machines à absorption. Ces machines utilisent un couple absorbant/fluide frigorigène par exemple composé de Bromure de lithium et d'eau.

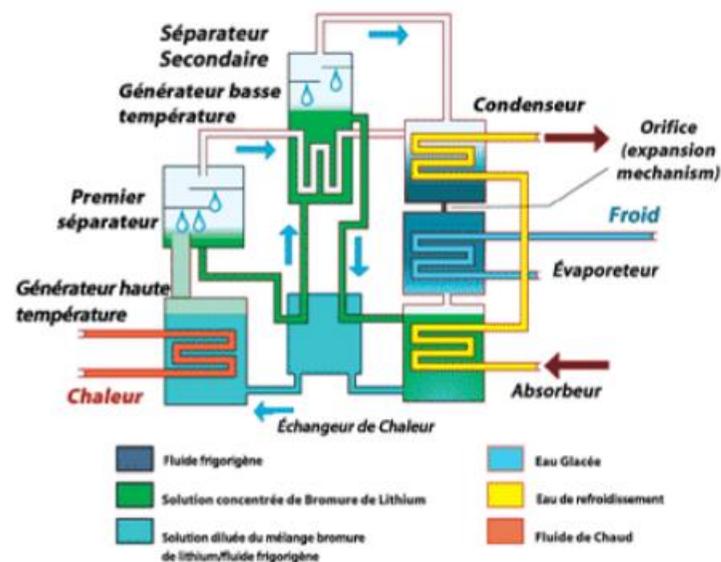


FIGURE 13 : SCHEMA DE PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT D'UNE MACHINE A ABSORPTION DOUBLE EFFET

Il existe deux types de technologies de machines à absorption :

- Machines à simple effet fonctionnant avec de l'eau dont la température doit être comprise entre 70 °C et 90 °C. Le COP (COéfficient de Performance) de ces machines est d'environ 70 % ;
- Machines à double effet fonctionnant avec de l'eau surchauffée dont la température minimale doit être de 150 °C. Le COP (COéfficient de Performance) de ces machines est d'environ 110 % ;

L'avantage de ces solutions vis-à-vis des machines à compression (Pompes à chaleur) traditionnelles est qu'elles permettent, dans le cadre de ce projet, d'utiliser une énergie renouvelable disponible localement et non pleinement valorisée en été.

A titre d'ordre de grandeur, si 5 % des toitures sont dédiées à cet usage, la production de chaleur serait d'environ 15 GWh/an.

Ce type de machine peut également être couplée à d'autres sources de chaleur (réseau de chaleur, bois énergie, géothermie)

3.2. Le bois énergie

3.2.1. Principe

Une chaudière biomasse est alimentée par des combustibles solides provenant de la filière bois. Cette technologie impose l'implantation d'un lieu de stockage.

A noter aussi, que la combustion du bois nécessite le dépoussiérage des fumées avant leur rejet à l'air libre.

Outre l'aspect environnemental, la valorisation énergétique de la biomasse présente également des intérêts économiques et sociaux qu'il est intéressant de considérer.

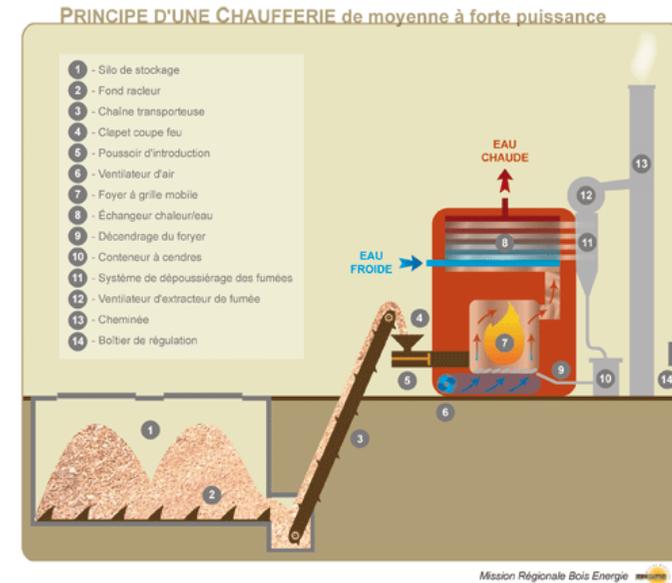


FIGURE 14 : PRINCIPE D'UNE CHAUFFERIE BOIS

D'une part, le bois est aujourd'hui une des sources d'énergie les moins chères parmi celles disponibles et son prix profite d'une stabilité dans le temps que ne possèdent pas les sources d'énergie fossiles et électriques.

La biénergie consiste à associer une chaudière à combustible fossile (principalement gaz naturel) à la chaudière bois. La chaudière bois est conçue pour assurer la base des besoins énergétiques des bâtiments, elle fonctionne de façon plus continue à puissance nominale avec de meilleures performances énergétiques. La chaudière d'appoint, assure le complément de puissance pendant les périodes les plus froides de l'année, voire le secours en cas d'arrêt technique de la chaudière bois.

Une chaudière biomasse n'est jamais dimensionnée pour couvrir la totalité des besoins de chaleur. Le principe de la biénergie permet l'optimisation technique et économique des projets.

Ainsi, une chaudière bois dimensionnée à 50 – 60 % de la puissance appelé peut couvrir jusqu'à 85 % des besoins énergétiques sur une année de chauffe.

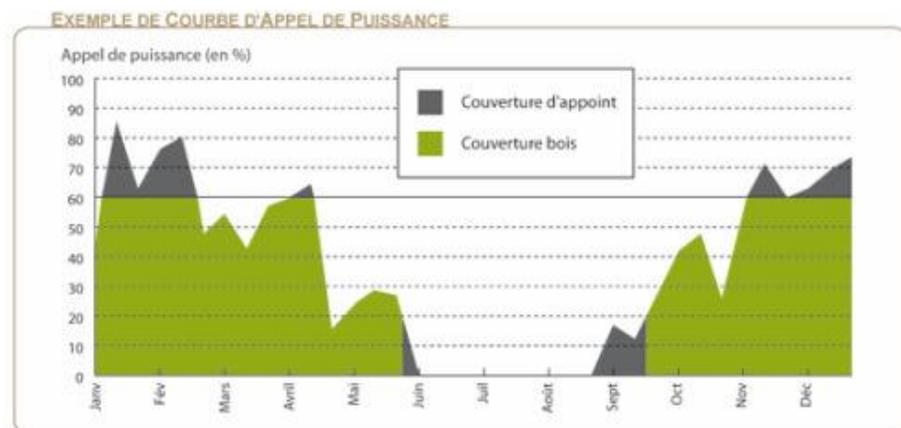


FIGURE 15 : DIMENSIONNEMENT DE LA PUISSANCE D'UNE CHAUDIERE BOIS

3.2.2. Cogénération

Le potentiel local de la cogénération est lié au potentiel local de la source d'énergie qui sera utilisée. Une unité de cogénération est notamment envisageable dans le cas de la mise en place d'une chaudière à base de Bois Energie.

Une installation de cogénération associée à une chaudière biomasse d'une puissance de 1 MW représente un surinvestissement de l'ordre de 1,5 M€. Au vu des tarifs d'achat de l'électricité produite, le temps de retour sur investissement est généralement supérieur à celui d'une chaufferie biomasse « simple ».

Néanmoins, ce type d'installation de production énergétique présente le net avantage de couvrir à la fois des besoins thermiques et électriques. Les besoins électriques représentant un poste majeur de demande énergétique, l'intérêt de la solution de cogénération est donc fort, notamment en raison de la demande en électricité des certaines typologies de bâtiments type surface d'activités.

3.2.3. Potentiel local

En se fondant sur l'exploitation totale de la ressource la plus proche (moins de 30 km) – le bois destiné à l'exploitation issu de la forêt domaniale d'Ermenonville – il serait possible d'extraire 16 500 m³/an de bois.

Dans le cas d'une valorisation de cette ressource par une chaudière à cogénération (production simultanée de chaud et d'électricité), il est envisageable de produire annuellement environ **16,5 GWh thermiques et 11,5 GWh électriques**.

Cette valorisation est modulable selon les besoins, mais présente néanmoins le défaut de nécessiter le transport de la ressource entre le lieu de production et le lieu de combustion.

A cette ressource forestière peut d'ajouter, en fonction de la puissance de la chaudière installée (cas d'une chaufferie centralisée et non de plusieurs petites installations), le bois issu des déchets d'industries. Cela permettrait d'augmenter la capacité de production significativement.

3.3. Le biogaz

A partir des déchets verts et des déchets fermentescibles produits sur site (déchets alimentaires et boues issues du traitement des eaux usées notamment) il est possible de produire du biogaz. Cette ressource peut

ensuite être valorisée directement sur site grâce à une chaudière à cogénération (ou chaudière classique).

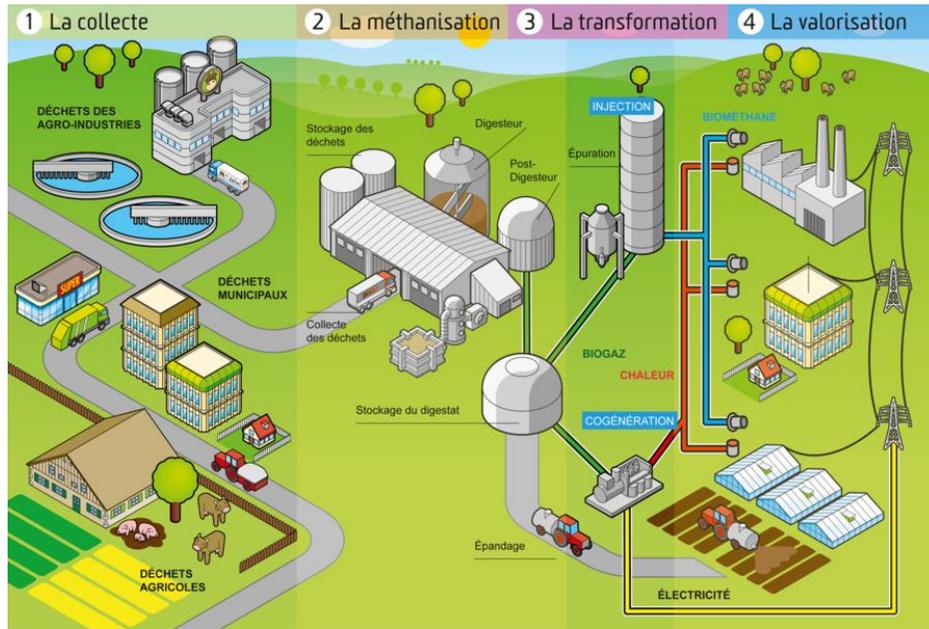


FIGURE 16 : SCHEMA DE PRODUCTION/VALORISATION DU BIOGAZ

Cela permettrait d'envisager la production de 4,5 GWh/an de chaleur et 4,2 GWh/an d'électricité.

Cette solution ne pourra être mise en place qu'à partir du moment où la production de déchet aura atteint une masse critique suffisante, et nécessitera la mise en place d'une filière spécifique de traitement des déchets. La mutualisation des moyens avec des infrastructures alentours peut constituer un bon moyen de réduire son coût et de capter une ressource supplémentaire pour augmenter la capacité de production.

3.4. La géothermie

Il existe plusieurs types de géothermie, les différences sont principalement dues à la profondeur de la ressource, et donc à la température du gisement. Ces types de géothermie sont représentées sur le graphique suivant.

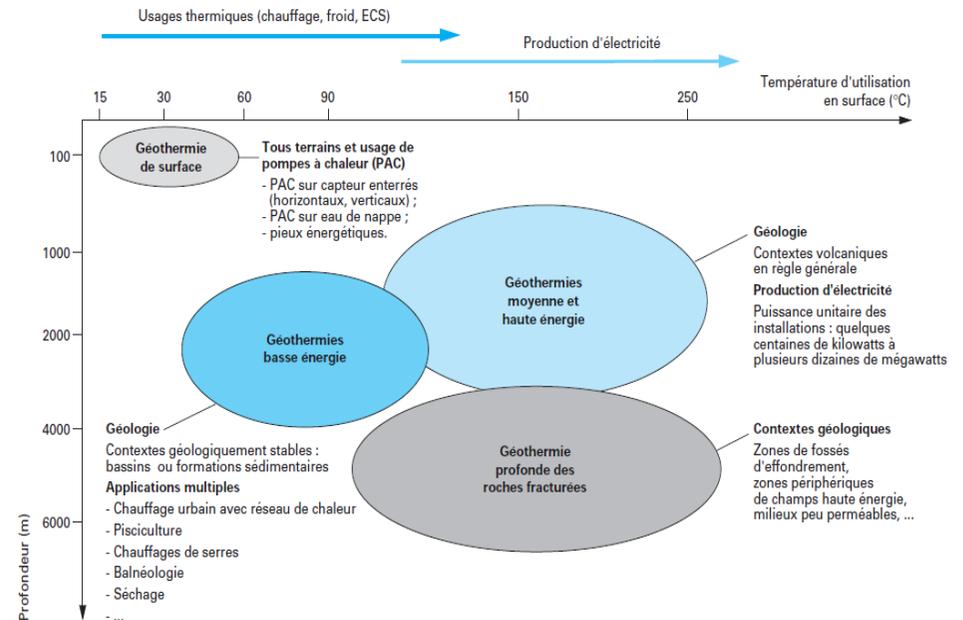


FIGURE 17 : LES SOLUTIONS GEOTHERMIQUES

Les différentes options possibles sont décrites par la suite.

3.4.1. La géothermie Basse Energie

La géothermie sur aquifère profond, ou géothermie basse énergie, repose sur l'utilisation directe de la chaleur de l'eau chaude contenue dans les aquifères (couches géologiques poreuses imprégnées d'eau) profonds. Le potentiel géothermique profond est favorable. En effet, comme l'indique la carte ci-dessous, la ressource géothermique est probable.

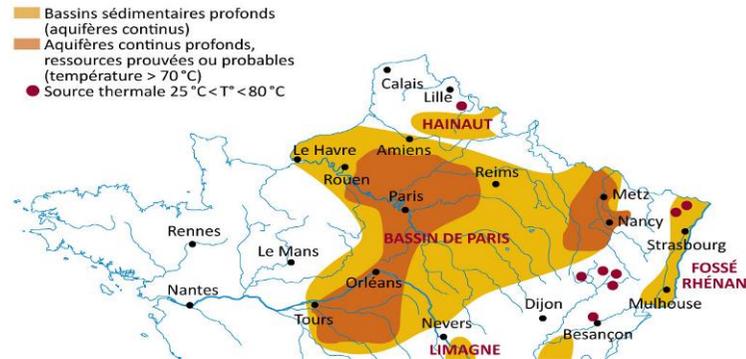


FIGURE 18 : POTENTIAL DE L'AQUIFERE (SOURCE : BRGM)

Cette solution permet de capter une source de chaleur à environ 2000 m de profondeur qui peut ensuite être utilisée sans autre système actif des pompes de circulation pour le chauffage et l'ECS.

Le potentiel de cette solution représente une production de chaud de **72,6 GWh/an** (estimé d'après le puits géothermique le plus proche, celui de Tremblay en France).

Cette ressource globale présente l'avantage d'être utilisable toute l'année. Mais elle ne pourra être efficace qu'à un stade avancé du projet, et devra se raccorder à des bâtiments construits lors des premières années et disposant d'autres systèmes de production de chaleur, ou alors exporter ses éventuels excédents à d'autres installations du territoire.

Il faudra cependant faire attention à ne pas surexploiter la ressource et risquer ainsi de déclencher un phénomène de bulles froides, qui correspond à un refroidissement des couches géologiques à proximité du forage (jusqu'à 25 °C de refroidissement en 30 ans). La commune devra dans ce cadre garantir les autorisations d'installations collectives et individuelles, prévoir les emprises au sol, et être attentive à la qualité de l'eau utilisée (notamment en termes de pollution des nappes).

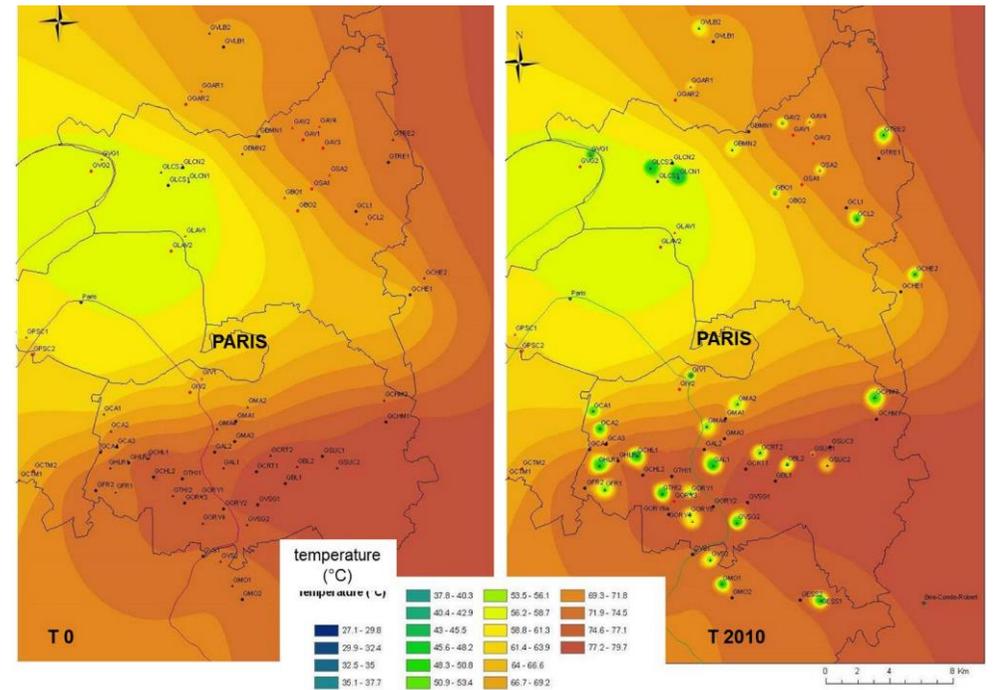


FIGURE 19 : APPARITION DE BULLES FROIDES (SOURCE : BRGM)

3.4.2. La géothermie Haute Energie

Sur le même principe que la géothermie basse énergie, mais en allant plus profond pour capter une ressource plus chaude et plus abondante, cette solution est plus innovante. Peu d'installations existent aujourd'hui en dehors de zones spécifiques (zones volcaniques où la ressource est plus facilement atteignable).

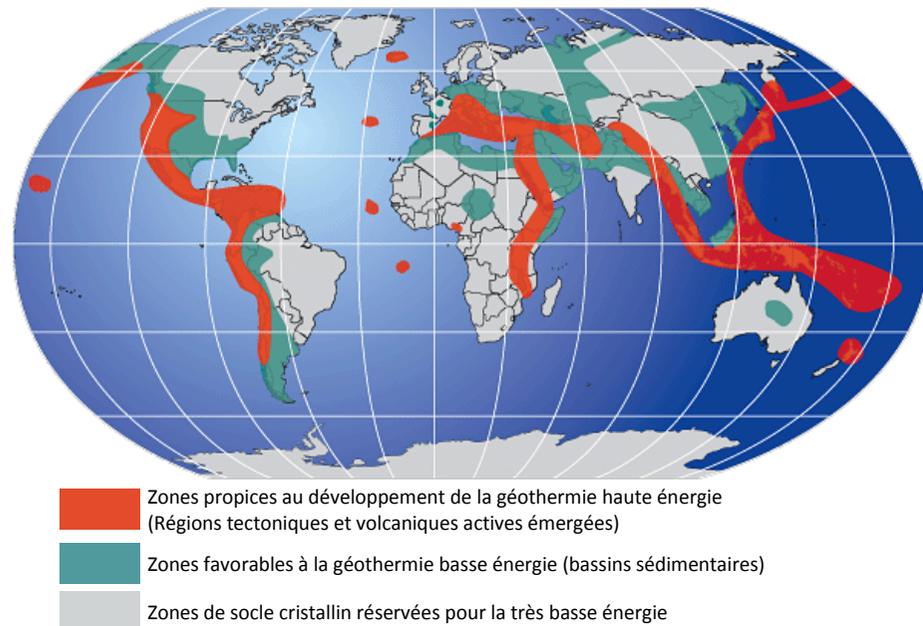


FIGURE 20 : ZONES PROPICES A LA GEOTHERMIE HAUTE ENERGIE (EN ROUGE)

L'avantage de cette ressource, en plus de l'abondance de la chaleur, est de fournir une eau surchauffée sous forme de vapeur, ce qui permet la production d'électricité (via des turbines), ce qui n'est pas le cas de la géothermie basse énergie.

La production envisageable pour cette solution est de **140 GWh/an en chaleur et de 21 GWh/an en électricité**. Il faut garder à l'esprit que cette solution présente un risque important (à la fois technique et financier) du fait du manque d'éléments existants pour s'assurer de la faisabilité et de la production énergétique.



FIGURE 21 : INSTALLATION DE GEOTHERMIE HAUTE ENERGIE EN ISLANDE

3.4.3. La géothermie Très Basse Energie

A la différence des autres types de géothermie présentées auparavant, la géothermie très basse énergie nécessite d'être couplée à une pompe à chaleur pour pouvoir exploiter la ressource. La chaleur est captée à une profondeur inférieure à 200 m sur des nappes superficielles. La production à partir de cette ressource peut être soit du chaud, soit du froid.

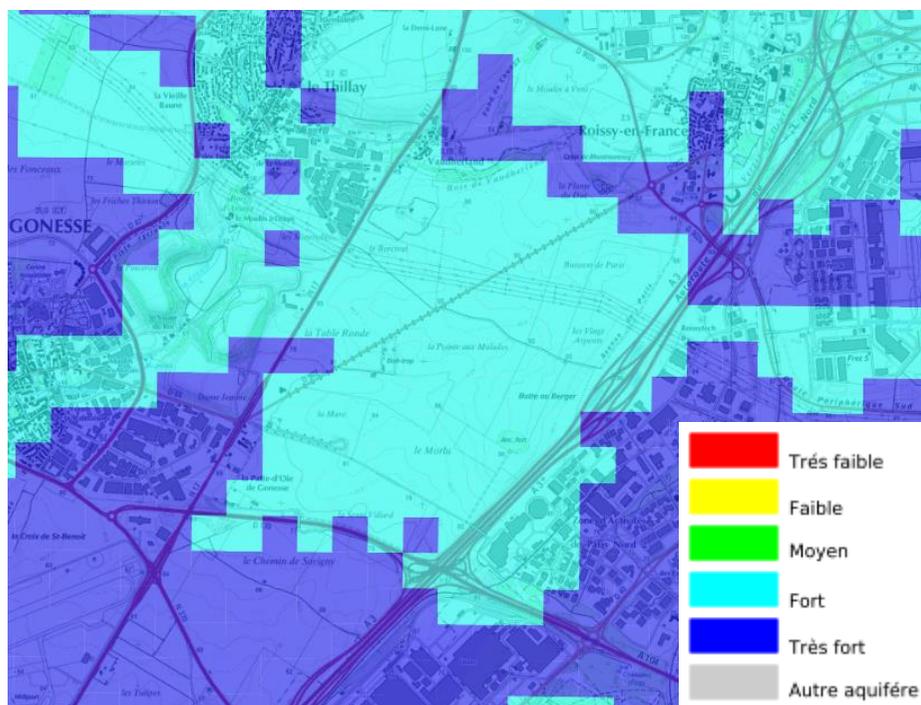


FIGURE 22 : POTENTIEL GEOTHERMIQUE SUPERFICIEL (SOURCE : GEOTHERMIE PERSPECTIVES)

À titre d'ordre de grandeur, la production estimée pour un forage serait de **3,3 MWh/an en chaleur et de 2,7 MWh/an en froid**.

Seule la nappe du Lutétien est prise en compte dans cette estimation, celles des Sables de Beauchamp et de l'Yprésien n'étant pas exploitables. Dans le cadre d'un système mixte de climatisation l'été et de chauffage l'hiver, cette solution présente des rendements intéressants, bien qu'inférieurs à ceux d'une solution de chauffage géothermie profonde. Elle sera particulièrement adaptée pour les premières phases du projet. Plusieurs forages peuvent être envisagés sur le site du projet, cependant, il faut rester vigilant sur le fait de ne pas engendrer d'interactions négatives entre les points de puisage et les

points de réinjection, ni à surexploiter la ressource ce qui pourrait entraîner un réchauffement ou un refroidissement de la nappe dans le temps (et donc la rendrait inutilisable en plus de créer un déséquilibre du milieu).

3.4.4. Le freecooling

Cette solution consiste à utiliser l'eau d'une nappe géothermique superficielle, qui a une température constante autour de 16 °C, pour rafraîchir les bâtiments en la faisant directement circuler (ou par un simple échange thermique, mais sans pompe à chaleur) dans les émetteurs. Cela ne permet pas de climatiser le bâtiment (puisque'il est impossible de contrôler la température de l'eau), mais permet de réduire grandement les pics de surchauffe estivaux. La nappe présente dans le sous-sol permet un débit moyen de 75 m³/h par forage.

Contenu tenu de cette donnée, le fonctionnement du freecooling 3 mois dans l'année, soit 2 160 h permet de produire **4 GWh/an de froid** par forage. Un total de trois forages est cependant tout à fait envisageable, soit **12 GWh/an de froid**, dans le cas où les forages sont suffisamment espacés.

Comme pour la géothermie superficielle, plusieurs forages peuvent être envisagés sur le site du projet, cependant, il faut rester vigilant sur le fait de ne pas engendrer d'interactions négatives entre les points de puisage et les points de réinjection, ni à surexploiter la ressource ce qui pourrait entraîner un réchauffement ou un refroidissement de la nappe dans le temps (et donc la rendrait inutilisable en plus de créer un déséquilibre du milieu).

3.5. Les énergies de récupération

3.5.1. La récupération de chaleur sur les eaux grises

Cette solution consiste à récupérer l'énergie contenue dans l'évacuation des besoins de l'ECS (à la sortie de la douche/baignoire, au sein du bâtiment). En moyenne, il est possible de récupérer 20 % de l'énergie par rapport à la consommation initiale.

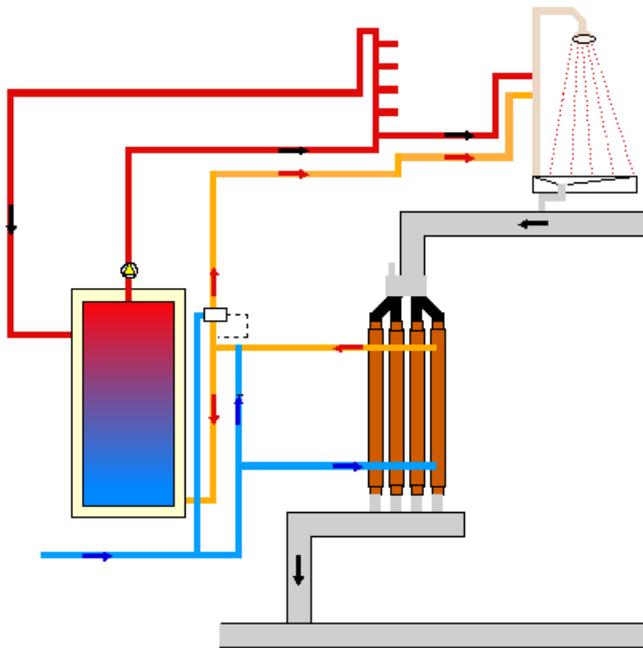


FIGURE 23 : SCHEMA DE PRINCIPE DE LA RECUPERATION DE CHALEUR SUR EAUX GRISES (SOURCE : GAIA GREEN)

Les besoins d'ECS étant estimés à environ 35 GWh/an pour l'ensemble de la programmation, ce gisement représente un potentiel de **7 GWh/an**.

3.5.2. La récupération de chaleur sur les équipements

Le principe est ici d'échanger de la chaleur et du froid entre des équipements afin d'éviter une production supplémentaire. Un tel échange peut s'effectuer soit sur la production de froid par des systèmes énergétiques classiques (parc des neiges, commerces ...) soit sur de systèmes excédentaire en chaleur (parc aquatique, data centers ...).

La récupération de chaleur de ce genre d'équipements possède un rendement de 70 % entre l'énergie produite et l'énergie récupérable. Le gisement est donc estimé à environ 15 GWh/an de chaleur par ce moyen de récupération.

3.6. Synthèse du potentiel

	Chaleur Haute Température GWh/an	Chaleur Basse Température GWh/an	Froid GWh/an	Electricité GWh/an	TOTAL GWh/an
Solaire photovoltaïque				43	43
Solaire thermique	22				22
Climatisation solaire			15		15
Bois énergie	16,5			11,5	28
Biogaz	4,5			4,2	8,7
Géothermie basse énergie	72,6				72,6
Géothermie haute énergie	140			21	161
Géothermie très basse énergie		3,3	2,7		6
Freecooling			12		12
Récupération d'énergie sur eaux grises		7			7
Récupération de chaleur sur équipements		15			15
TOTAL	280,9		29,7	79,7	390,3
Comparaison potentiel / besoin	428%		81%	48%	-

FIGURE 24 : SYNTHÈSE DES POTENTIELS ÉNERGETIQUE MOBILISABLES – BESOINS DE BASE

	Chaleur Haute Température GWh/an	Chaleur Basse Température GWh/an	Froid GWh/an	Electricité GWh/an	TOTAL GWh/an
Solaire photovoltaïque				43	43
Solaire thermique	22				22
Climatisation solaire			15		15
Bois énergie	16,5			11,5	28
Biogaz	4,5			4,2	8,7
Géothermie basse énergie	72,6				72,6
Géothermie haute énergie	140			21	161
Géothermie très basse énergie		3,3	2,7		6
Freecooling			12		12
Récupération d'énergie sur eaux grises		7			7
Récupération de chaleur sur équipements		15			15
TOTAL	280,9		29,7	79,7	390,3
Comparaison potentiel / besoin	420%		92%	63%	-

FIGURE 25 : SYNTHÈSE DES POTENTIELS ÉNERGETIQUE MOBILISABLES – BESOINS OPTIMISÉS

Cette synthèse des potentiels permet comprendre les enjeux énergétiques : il est relativement facile de produire du chaud, mais cela l'est moins de produire du froid et de l'électricité alors que les besoins sont élevés.

Il faut cependant garder à l'esprit que :

- plusieurs forages peuvent être réalisés pour la géothermie très basse énergie et pour le freecooling,
- la ressource bois énergie peut être étendue en captant d'autres ressources que les exploitations forestières,
- le biogaz peut augmenter sa capacité en mutualisant le procédé de méthanisation avec d'autres intrants provenant des communes alentour,
- les installations solaires peuvent prendre plus ou moins de place en toiture que les hypothèses considérées dans ce bilan,
- des machines à absorption peuvent être utilisées pour produire du froid à partir du chaud.

Au regard du potentiel énergétique du site, une couverture d'entre 65 % et 75 % des besoins énergétiques par les énergies renouvelables (EnR), produites ou non sur le territoire, est envisageable. Le taux de couverture des besoins énergétiques par des EnR est variable selon les besoins :

- **Les besoins en chaud peuvent être satisfaits à 90-95 % par des EnR**, dont 90 % seraient produites localement. Cela représente

une exploitation des potentiels de production de chaud de 25 %, ce qui est relativement restreint.

- **Entre 65 et 70 % des besoins électriques peuvent être satisfaits par des EnR**, dont 60 % seraient produites localement. Cela nécessite d'avoir recours à la cogénération bois et déchets.
- **Entre 60 et 65 % des besoins en froid peuvent être satisfaits par les EnR**, dont 40 % à 60 % seraient produites localement. Ce taux ne peut être atteint qu'avec la climatisation solaire. L'utilisation de l'énergie solaire est conditionnée par les choix stratégiques relatifs à la surface de toiture allouée à la production d'énergie, et à celle occupée par des espaces verts.

Ainsi, la stratégie de production énergétique prend la forme d'une complémentarité entre différents mix énergétiques.

Pour atteindre les objectifs fixés, une charte développement durable sera signée par l'ensemble des acteurs du site. Une charte partenariale à destination des investisseurs et promoteurs du Triangle de Gonesse a été signée en 2014. Elle sera par la suite traduite en un cahier de prescriptions développement durable annexé aux actes notariés.

4. STRATEGIE ENERGETIQUE

4.1. Scénario d’approvisionnement A

Ce scénario se base sur une production énergétique à partir de bois énergie et de la méthanisation des déchets fermentescibles. La valorisation de ces ressources par cogénération permet de couvrir à la fois les besoins de chaleur et les besoins électriques. En complément :

- des pompes à chaleur permettent la production de chaud et de froid,
- des panneaux solaires photovoltaïques apportent une production importante d’électricité,
- le freecooling apporte du rafraîchissement,
- le solaire thermique permet ponctuellement d’apporter un complément de chaleur.

Scénario A Cogénérations bois énergie et biogaz		Besoins énergétiques de base				
		Chaleur HT 34,0 GWh/an	Chaleur BT 31,5 GWh/an	Froid 36,6 GWh/an	Electricité 165,0 GWh/an	Total 267,2 GWh/an
Systèmes de production EnR	Cogénération bois énergie	11,0	16,7		25,8	53,5
	Cogénération biogaz	9,0			4,5	13,5
	Pompe à chaleur 1 (géothermie très basse énergie)		14,8	11,1	-3,7	22,2
	Pompe à chaleur 2 (géothermie très basse énergie)	10,3		6,8	-3,4	13,7
	Panneaux solaires PV				37,0	37,0
	EnR hors site				80,4	80,4
	Freecooling			12,0		12,0
	Solaire thermique	4,1				4,1
TOTAL EnR (GWh/an)		34,4	31,5	29,9	140,6	236,4
Pourcentage EnR par poste de consommation		101,1%	99,9%	81,7%	85,2%	88,5%
Surplus de production EnR (GWh/an)		0,4	0,0	0,0	0,0	0,4
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		0,0	0,0	6,7	24,4	31,1

FIGURE 26 : REPARTITION DES SYSTEMES DE PRODUCTION – SCENARIO A

Le taux d’EnR global obtenu pourrait ainsi être de 88,5 %.

Scénario A' Cogénérations bois énergie et biogaz		Besoins énergétiques optimisés				
		Chaleur HT 35,0 GWh/an	Chaleur BT 31,8 GWh/an	Froid 32,3 GWh/an	Electricité 127,0 GWh/an	Total 226,2 GWh/an
Systèmes de production EnR	Cogénération bois énergie	17,8	21,7		22,7	62,2
	Cogénération biogaz	3,6	0,9		4,2	8,7
	Pompe à chaleur 1 (géothermie très basse énergie)		9,2	6,9	-2,3	13,8
	Pompe à chaleur 2 (géothermie très basse énergie)	9,5		6,3	-3,2	12,6
	Panneaux solaires PV				37,0	37,0
	EnR hors site				36,9	36,9
	Freecooling			12,0		12,0
	Solaire thermique	4,1				4,1
TOTAL EnR (GWh/an)		35,0	31,8	25,2	95,3	187,3
Pourcentage EnR par poste de consommation		99,9%	99,9%	78,0%	75,0%	82,8%
Surplus de production EnR (GWh/an)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		0,0	0,0	7,1	31,7	38,8

FIGURE 27 : REPARTITION DES SYSTEMES DE PRODUCTION – SCENARIO A'

Le taux d'EnR global obtenu pourrait ainsi être de 82,8 %.

4.2. Scénario d’approvisionnement B

Ce scénario se base sur une production énergétique à partir la géothermie très profonde (avec une cogénération grâce à une turbine). Cette production très importante alimente également une machine à absorption permettant de produire du froid. En complément :

- des pompes à chaleur permettent la production de chaud et de froid,
- des panneaux solaires photovoltaïques apportent une production importante d’électricité,
- le freecooling apporte du rafraîchissement,
- le solaire thermique permet ponctuellement d’apporter un complément de chaleur.

Scénario B Géothermie très profonde		Besoins énergétiques de base				
		Chaleur HT 34,0 GWh/an	Chaleur BT 31,5 GWh/an	Froid 36,6 GWh/an	Electricité 165,0 GWh/an	Total 267,2 GWh/an
Systèmes de production EnR	Géothermie haute énergie	127,2	12,8		21,0	161,0
	Machine à absorption (excédent géothermie HE)	-10,0	20,0	10,0		20,0
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	10,3		6,8		17,1
	Panneaux solaires PV				37,0	37,0
	EnR hors site				61,0	61,0
	Freecooling			12,0		12,0
TOTAL EnR (GWh/an)		127,5	32,8	28,8	119,0	308,1
Pourcentage EnR par poste de consommation		374,7%	104,0%	78,7%	72,1%	79,9%
Surplus de production EnR (GWh/an)		93,5	1,3	0,0	0,0	94,7
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		0,0	0,0	7,8	46,0	53,8

FIGURE 28 : REPARTITION DES SYSTEMES DE PRODUCTION – SCENARIO B

Le taux d’EnR global obtenu pourrait ainsi être de 79,9 %, avec un excédent de production de chaleur de 94,7 GWh/an.

Scénario B' Géothermie très profonde		Besoins énergétiques optimisés				
		Chaleur HT 35,0 GWh/an	Chaleur BT 31,8 GWh/an	Froid 32,3 GWh/an	Electricité 127,0 GWh/an	Total 226,2 GWh/an
Systèmes de production EnR	Géothermie haute énergie	126,3	13,7		21,0	161,0
	Machine à absorption (excédent géothermie HE)	-6,2	12,4	6,2		12,4
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	9,5		6,3		15,8
	Panneaux solaires PV				37,0	37,0
	EnR hors site				23,0	23,0
	Freecooling			12,0		12,0
TOTAL EnR (GWh/an)		129,6	26,1	24,5	81,0	261,2
Pourcentage EnR par poste de consommation		370,0%	82,0%	75,9%	63,8%	76,2%
Surplus de production EnR (GWh/an)		94,6	0,0	0,0	0,0	94,6
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		0,0	5,7	7,8	46,0	53,8

FIGURE 29 : REPARTITION DES SYSTEMES DE PRODUCTION – SCENARIO B'

Le taux d'EnR global obtenu pourrait ainsi être de 76,2 %, avec un excédent de production de chaleur de 94,6 GWh/an.

4.3. Scénario d’approvisionnement C

Ce scénario se base sur une production énergétique à partir la géothermie très basse énergie. Cette production très importante alimente également une machine à absorption permettant de produire du froid. En complément :

- des pompes à chaleur permettent la production de chaud et de froid,
- des panneaux solaires photovoltaïques apportent une production importante d’électricité,
- le freecooling apporte du rafraîchissement,
- le solaire thermique permet ponctuellement d’apporter un complément de chaleur.

Scénario C Géothermie profonde		Besoins énergétiques de base				
		Chaleur HT 34,0 GWh/an	Chaleur BT 31,5 GWh/an	Froid 36,6 GWh/an	Electricité 165,0 GWh/an	Total 267,2 GWh/an
Systèmes de production EnR	Géothermie basse énergie	48,3	12,8			61,1
	Machine à absorption (excédent géothermie BE)	-10,0	20,0	10,0		20,0
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	10,3		6,8		17,1
	Panneaux solaires PV				37,0	37,0
	EnR hors site				82,0	82,0
	Freecooling			12,0		12,0
TOTAL EnR (GWh/an)		48,6	32,8	28,8	119,0	229,2
Pourcentage EnR par poste de consommation		142,8%	104,0%	78,7%	72,1%	79,9%
Surplus de production EnR (GWh/an)		14,6	1,3	0,0	0,0	15,8
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		0,0	0,0	7,8	46,0	53,8

FIGURE 30 : REPARTITION DES SYSTEMES DE PRODUCTION – SCENARIO C

Le taux d’EnR global obtenu pourrait ainsi être de 79,9 %, avec un excédent de production de chaleur de 15,8 GWh/an.

Scénario C' Géothermie profonde		Besoins énergétiques optimisés				
		Chaleur HT 35,0 GWh/an	Chaleur BT 31,8 GWh/an	Froid 32,3 GWh/an	Electricité 127,0 GWh/an	Total 226,2 GWh/an
Systèmes de production EnR	Géothermie basse énergie	63,0	19,4			82,4
	Machine à absorption (excédent géothermie BE)	-6,2	12,4	6,2		12,4
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	9,5		6,3		15,8
	Panneaux solaires PV				37,0	37,0
	EnR hors site				44,0	44,0
	Freecooling			12,0		12,0
TOTAL EnR (GWh/an)		66,3	31,8	24,5	81,0	203,6
Pourcentage EnR par poste de consommation		189,3%	99,9%	75,9%	63,8%	76,2%
Surplus de production EnR (GWh/an)		31,3	0,0	0,0	0,0	31,3
Appel aux réseaux nationaux gaz et électricité (GWh/an)		0,0	0,0	7,8	46,0	53,8

FIGURE 31 : REPARTITION DES SYSTEMES DE PRODUCTION – SCENARIO C'

Le taux d'EnR global obtenu pourrait ainsi être de 76,2 %, avec un excédent de production de chaleur de 31,3 GWh/an.

5. COUTS DE PRODUCTION

Sur la base des éléments de stratégie d’approvisionnement, les différents coûts (investissements, maintenance, consommation d’énergie, remplacement de certains éléments ...) et les recettes (subventions, revente d’énergie) ont été estimés pour proposer un ordre de grandeur des coûts engendrés. Certaines solutions étant innovantes, notamment la géothermie haute énergie, les coûts présentés ici possèdent intrinsèquement une incertitude relativement importante.

5.1. Scénario d’approvisionnement A

		Scénario A		Coût moyen production €HT/MWh	Coût de production k€HT/an
		Cogénérations bois énergie et biogaz			
		Production GWh/an			
Systèmes de production EnR	Cogénération bois énergie	54	140	7500	
	Cogénération biogaz	14	72	1000	
	Pompe à chaleur 1 (géothermie très basse énergie)	22	21	500	
	Pompe à chaleur 2 (géothermie très basse énergie)	14	21	300	
	Panneaux solaires PV	37	150	5600	
	EnR hors site	80	113	9100	
	Freecooling	12	16	200	
	Solaire thermique	4,1	124	500	
	Surplus de production EnR (GWh/an)	0,4	-85	-30	
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		31,1	134	4 200	
Bilan			108	28 870	

FIGURE 32 : COUTS DE PRODUCTION – SCENARIO A

Scénario A' Cogénérations bois énergie et biogaz		Production	Coût moyen production	Coût de production
		GWh/an	€HT/MWh	k€HT/an
Systèmes de production EnR	Cogénération bois énergie	62	121	7500
	Cogénération biogaz	9	70	600
	Pompe à chaleur 1 (géothermie très basse énergie)	14	21	300
	Pompe à chaleur 2 (géothermie très basse énergie)	13	21	300
	Panneaux solaires PV	37	150	5600
	EnR hors site	37	113	4200
	Freecooling	12	16	200
	Solaire thermique	4	124	500
	Surplus de production EnR (GWh/an)	0,0	-89	0
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)	38,8	133	5 200	
Bilan			108	24 400

FIGURE 33 : COÛTS DE PRODUCTION – SCENARIO A'

5.2. Scénario d’approvisionnement B

Scénario B Géothermie très profonde		Production GWh/an	Coût moyen production €HT/MWh	Coût de production k€HT/an
Systèmes de production EnR	Géothermie haute énergie	161	80	12900
	Machine à absorption (excédent géothermie HE)	20	40	800
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	17	23	400
	Panneaux solaires PV	37	150	5600
	EnR hors site	61	133	8100
	Freecooling	12	16	200
Surplus de production EnR (GWh/an)		95	-80	-7600
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		54	133	7200
Bilan			76	27600

FIGURE 34 : COÛTS DE PRODUCTION – SCENARIO B

Scénario B' Géothermie très profonde		Production GWh/an	Coût moyen production €HT/MWh	Coût de production k€HT/an
Systèmes de production EnR	Géothermie haute énergie	161	80	12900
	Machine à absorption (excédent géothermie HE)	12	40	500
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	16	23	400
	Panneaux solaires PV	37	150	5600
	EnR hors site	23	113	2600
	Freecooling	12	16	200
Surplus de production EnR (GWh/an)		95	-80	-7 600
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		53,8	133	7 200
Bilan			61	21 800

FIGURE 35 : COÛTS DE PRODUCTION – SCENARIO B'

5.3. Scénario d’approvisionnement C

Scénario C Géothermie profonde		Production GWh/an	Coût moyen production €HT/MWh	Coût de production k€HT/an
Systèmes de production EnR	Géothermie basse énergie	61	64	3900
	Machine à absorption (excédent géothermie BE)	20	33	700
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	17	23	400
	Panneaux solaires PV	37	150	5600
	EnR hors site	82	113	9200
	Freecooling	12	16	200
Surplus de production EnR (GWh/an)		16	-64	-1000
Appel aux réseaux nationaux (GWh/an)		54	133	7200
Bilan			88	26200

FIGURE 36 : COÛTS DE PRODUCTION – SCENARIO C

Scénario C' Géothermie profonde		Production GWh/an	Coût moyen production €HT/MWh	Coût de production k€HT/an
Systèmes de production EnR	Géothermie basse énergie	82	62	5100
	Machine à absorption (excédent géothermie BE)	12	35	400
	Pompe à chaleur (géothermie très basse énergie)	16	23	400
	Panneaux solaires PV	37	150	5600
	EnR hors site	44	113	5000
	Freecooling	12	16	200
Surplus de production EnR (GWh/an)		31	-62	-1 900
Appel aux réseaux nationaux gaz et électricité (GWh/an)		53,8	133	7 200
Bilan			85	22 000

FIGURE 37 : COÛTS DE PRODUCTION – SCENARIO C'

5.4. Synthèse des coûts

	Coût moyen production €HT/MWh	Coût de production annuel k€HT/an
Scénario A	108	28 870
Scénario A'	108	24 400
Scénario B	76	27 600
Scénario B'	61	21 800
Scénario C	88	26 200
Scénario C'	85	22 000

FIGURE 38 : SYNTHESE DES COÛTS DE PRODUCTION D'ÉNERGIE

Quelle que soit la stratégie d'approvisionnement, le fait d'avoir des besoins optimisés permet de réduire les coûts, notamment grâce à :

- Des besoins plus faibles
- Un investissement plus faible (moins de puissance nécessaire)
- Un recours plus important aux énergies renouvelables (qui sont moins coûteuses dans le temps que la consommation de gaz et d'électricité en provenance des réseaux nationaux).

En moyenne, le fait d'optimiser les besoins énergétiques permet d'économiser 18 % sur la facture énergétique annuelle (soit 4 800 k€ HT/an, soit 96 millions d'euros HT sur 20 ans).

La stratégie basée sur géothermie basse énergie (scénarios C et C') apparaît moins coûteuse au global. Cela est dû à la fois à un prix de l'énergie maîtrisé, et par une production en accord avec les besoins (faibles excédents et faible appel aux réseaux nationaux).

6. CONCLUSION

Il est possible d'envisager une couverture de 70% des besoins énergétiques du projet par les énergies renouvelables

Les besoins énergétiques globaux du projet à terme sont estimés entre 226 et 267 GWh/an (chaud, froid et électricité), décomposés de la manière suivante : 66 à 67 GWh/an de chaleur, 32 à 37 GWh/an de froid et 127 à 165 GWh/an d'électricité.

Le potentiel d'approvisionnement en énergies renouvelables permet d'envisager un taux de couverture important pour chacun des usages. Ainsi, en fonction des différentes stratégies d'approvisionnement et des différents niveaux de besoins énergétiques il est possible d'atteindre entre 76 et 88 % de couverture par les énergies renouvelables et de récupération, avec dans certains cas, des excédents de production de chaleur (jusqu'à 94,6 GWh/an de chaleur excédentaire), dont pourraient bénéficier les projets alentour.

Cependant, les différentes stratégies EuropaCity intègrent une production électrique dite « énergies renouvelables », qui n'est pas détaillée. Cette production s'ajoute à l'ensemble des solutions détaillées dans chaque stratégie (cogénération bois, cogénération biogaz, PV, géothermie ...). Il s'agit donc d'une production non identifiée à l'heure actuelle. Le poids de cette production est non négligeable : elle représente entre 7,4 % et 25,5 % de la consommation totale. C'est-à-dire que sans celle-ci, le taux d'EnR global ne serait plus compris entre 76 % et 85 % mais entre 54,4 % et 73,4 %. Cela constitue donc un point de vigilance pour l'atteinte des objectifs du projet. Ce paramètre joue également de manière équivalente dans l'estimation des coûts de production énergétique.