

Note d'opportunité chaleur renouvelable

Groupe scolaire Jules Verne



Données cartographiques : © IGN, Région Pays-de-la-Loire, Préfecture de la région Pays-de-la-Loire, Département de la Loire-Atlantique

Document émis le : 07 juillet 2021

Rédaction : Clément ARNAC

CONTACT PORTEUR DU PROJET :

Mairie de la Chapelle-Launay,
2 place de l'Église
44 260 LA CHAPELLE-LAUNAY
☎ 02 40 58 33 05

Contact au sein de la collectivité :

Lucas LETORT
Conseiller en Énergie Partagé de la
communauté de communes d'Estuaire & Sillon
☎ 02 40 56 88 42
l.letort@estuaire-sillon.fr

Rappel des objectifs :

La note d'opportunité est :

- une première approche pour le maître d'ouvrage pour prendre connaissance avec cette technologie : les caractéristiques générales, les avantages et les contraintes ;
- une étude succincte, qui vise à pré-dimensionner un projet à partir des éléments techniques et économiques généralement sommaires.

La note d'opportunité n'est pas :

- une étude de faisabilité définie par un cahier des charges et réalisée par un Bureau d'Études disposant de données et d'outils plus adaptés pour dimensionner au mieux le projet, et confirmer sa pertinence technique et économique.

Énergie-s étudiée-s dans la note :

- Bois-énergie Solaire thermique Géothermie

Table des matières

Introduction.....	3
1. Objectifs de la note d’opportunité.....	3
2. Méthodologie.....	3
Description de l’opération.....	4
1. Contexte.....	4
2. Bilan des consommations.....	4
Consommation relevées.....	4
Besoins réels - Gaz.....	4
Besoins réels – Pompe à chaleur.....	5
3. Évolution des consommations sites.....	6
Dimensionnement du projet.....	7
1. Réglementation géothermique.....	7
2. Dimensionnement de l’installation <i>géothermie seule</i>	7
3. Dimensionnement de l’installation <i>géothermie avec appoint gaz naturel</i>	8
4. Géothermie et émetteurs.....	8
Production de chaud.....	8
Production de froid.....	9
Analyse économique du projet.....	10
1. Investissement.....	10
2. Fonds Chaleur.....	11
Subvention.....	11
Prérequis du Fonds Chaleur.....	11
3. Charges annuelles de chauffage.....	11
Conclusion.....	13
1. Éléments d’orientation du projet.....	13
<i>Localisation des sondes et TRT</i>	13
Gestion & Maintenance.....	13
2. Avis du Relais Chaleur renouvelable.....	13
Considération technique.....	13
Pertinence économique.....	13
3. <i>Aller plus loin</i>	14
Annexes.....	15
1. Géothermie.....	15
Réglementation du sous-sol.....	15
Propriétés hydrogéologiques et thermiques du sous-sol.....	15
Sondes Géothermiques Verticales.....	15
Géothermie sur nappe.....	16
2. Décret tertiaire.....	17
3. Contexte économique.....	18
4. Accompagnement de l’animateur.....	19

Introduction

Ce document n'a pas de valeur contractuelle. Les informations technico-économiques sont issues de ratios et de retours d'expériences du réseau des animateurs chaleur renouvelable des Pays de la Loire et des associations interprofessions régionales Atlanbois et Atlansun (respectivement sur le bois-énergie et le solaire thermique).

La responsabilité du CIVAM 44 ne saurait être engagée quant à la non-conformité des résultats réels du projet aux estimations annoncées ici.

1. Objectifs de la note d'opportunité

La note d'opportunité a pour objectif de confirmer ou d'infirmer l'intérêt de la mise en place d'un système de chauffage renouvelable :

- bois-énergie à alimentation automatique (plaquettes ou granulés uniquement)
- solaire thermique
- géothermie (sur nappe ou sur sondes)

Il s'agit d'une première étape possible pour le maître d'ouvrage lui permettant de prendre connaissance des caractéristiques générales, des avantages et contraintes des technologies. L'étude est succincte, gratuite et présente un pré-dimensionnement du projet à partir des informations recueillies. Les éléments présentés qu'ils soient techniques ou économiques restent sommaires et approches ce que l'on peut avoir en phase d'esquisse ou avant-projet (ESQ/AVP).

La note d'opportunité n'a pas vocation à remplacer une étude de faisabilité réalisée par un bureau d'étude qualifié disposant d'outils et de données plus adaptés à dimensionner le projet et à mesurer sa pertinence technico-économique.

Une liste des bureaux d'études qualifiés à l'attention du maître d'ouvrage est disponible sur demande, elle est mise à jour régulièrement et comprend les bureaux d'études présents sur la région et sur les départements (hors-région) limitrophes.

2. Méthodologie

Ce rapport est élaboré à partir de données fournies sur le ou les différent-s bâtiment-s étudié-s. Cela implique les factures énergétiques et les besoins par bâtiment. Un questionnaire peut être mis à disposition; il récapitule les informations nécessaires pour réaliser le note.

Comme les calculs sont effectués à partir des consommations existantes ou à venir (bâtiment avant une opération d'isolation, extension, construction...), il n'est pas forcément nécessaire d'avoir une étape « terrain ».

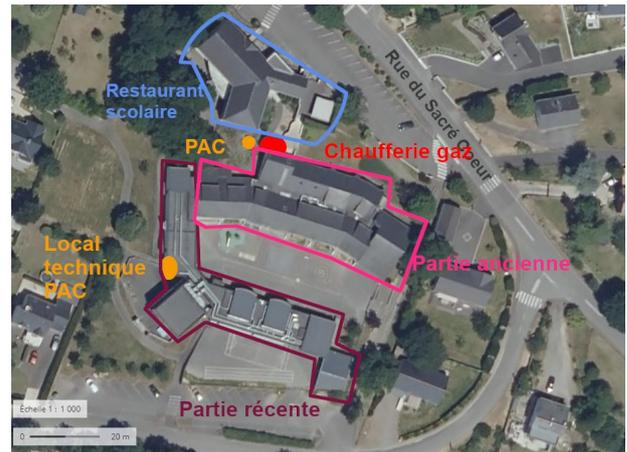
L'étude peut réaliser des propositions de variation du périmètre de départ qui seront alors justifiées.

Description de l'opération

1. Contexte

La commune de La Chapelle-Launay prévoit des travaux d'isolation, des menuiseries et de réseaux sur la partie ancienne de son groupe scolaire. En parallèle, elle souhaite étudier le changement de production de chauffage. La partie ancienne est chauffée par une chaudière gaz naturel et la partie récente par une pompe à chaleur.

Le restaurant scolaire est relié à la chaudière gaz et fourni le site en ECS via un ballon d'accumulation de 400L.



Données cartographiques : © IGN, Région Pays-de-la-Loire, Préfecture de la région Pays-de-la-Loire, Département de la Loire-Atlantique

Figure 1: Localisation des différentes entités du site

2. Bilan des consommations

➤ CONSOMMATION RELEVÉES

Les besoins initiaux du groupe scolaire sont déterminés à partir des factures fournies :

Année	Consommation électrique (kWh)	Consommation de gaz naturel (kWh _{PCS})
2017	115 881	177 385
2018	117 552	206 336
2019	123 420	182 440
Moyenne	118,95 MWh	188,72 MWh

L'année 2020 est écartée à cause de l'influence sur les consommations énergétiques des confinements dus à la pandémie.

La consommation d'ECS nécessitera une réflexion car s'il y a suppression de la chaudière gaz, il faudra mettre en place un système de ballon d'accumulation (gaz ou électrique) pour répondre aux besoins du restaurant scolaire. La consommation annuelle estimée est inférieure à 5 MWh.

➤ BESOINS RÉELS - GAZ

Le rendement actuel de la chaudière gaz n'est pas connu. La chaudière date de 2005. Les renseignements obtenables sur la fiche technique indique un rendement thermique initial à puissance nominale de 90,3 %. On peut supposer qu'en 15 ans la chaudière a vu son rendement légèrement baissé.

On partira sur cette note avec une estimation du rendement moyen de la chaudière de 89 %.

2.4 - DONNEES DE FONCTIONNEMENT

FONCTIONNEMENT AU GAZ		MDx 64	MDx 233	MDx 291
Puissance thermique utile nominale	kW	64,0	233,0	291,0
Débit thermique du foyer	kW	71,0	258,0	322,0
Rendement thermique utile à la charge nominale (100%)	%	90,1	90,3	90,3
Rendement thermique utile requis à 1 étoile (100%)	%	87,6	88,7	88,9
Rendement thermique utile requis à 1 étoile (30%)	%	85,4	87,1	87,3
Nombre d'étoiles (selon EN 92/42 CEE)	n.	1	1	1
Rendement de combustion à la charge nominale (100%)	%	90,6	91	90,8
Pertes par l'habillage	%	0,5	0,7	0,5
Pertes à la cheminée brûleur en service	%	9,3	8,9	9,1
Pertes à la cheminée brûleur à l'arrêt	%	0,2	0,2	0,2
Température des fumées tf-ta	°C	187,0	183,2	187,0
Teneur en CO ₂	%	9,5	9,8	9,8
Débit massique des fumées	kg/h	109,0	387,8	484,0

Figure 2: Fiche technique du fabricant Unical modèle Modal

➤ BESOINS RÉELS – POMPE À CHALEUR

Au niveau de la consommation d'électricité dédiée uniquement à la PAC, on doit dans un premier temps enlever les consommations d'électricité courantes. Pour se faire, à partir des relevés mensuels, on isole les mois de juin et de septembre qui sont des mois où le chauffage ne fonctionne pas.

Mois	2017	2018	2019
Janvier	17 720	10 527	14 553
Février	12 937	14 635	15 045
Mars	13 178	14 725	12 187
Avril	9 079	11 611	11 173
Mai	9 596	8 805	10 358
Juin	6 409	6 491	7 943
Juillet	6 656 (estimé)	4 805	6 262
Aout	1 907	3 808	5 545
Septembre	5 572	5 043	7 102
Octobre	6 523	7 106	9 461
Novembre	10 822	11 917	12 495
Décembre	15 482	14 553	15 452

On peut observer des consommations mensuelles plus ou moins importantes. On découpe en deux catégories : mi-saison et saison froide en fonction des températures moyennes mensuelles de chaque mois ([station météorologique de Nantes Atlantique](#)). Les mois de saison froide sont ceux où la température moyenne sur les 3 années est inférieure à 10°C.

La notice technique nous donne le Coefficient de Performance (COP) brut qui est le rapport entre l'énergie thermique restituée/énergie électrique consommée. Cela correspond à un rendement machine qui est supérieur à 100 %.

La performance est de 3,02 dans des conditions spécifiques : production de chauffage à 45°C et air extérieur à 7°C.

Le COP se dégrade lorsque la température extérieure est inférieure à 7°C. Dans cette note, l'hypothèse d'une baisse moyenne de 1 point pour des températures plus basses sera retenues.

La pompe à chaleur datant de 2009, elle se trouve bientôt en fin de vie et il est supposé ici que le COP s'est dégradé.

Pour estimer les besoins en chaleur sur la partie récente voici la méthode de calcul qui sera utilisée :

- besoin mi-saison = (consommation mi-saison – consommation électrique moyenne hors-chauffage) x 2,5
- besoin saison froide = (consommation saison froide – consommation électrique moyenne hors-chauffage) x 1,3

Les besoins de chaleur estimé sur la partie récente du groupe scolaire est de **70 MWh**.

REVERSIBLE UNIT - HEAT PUMP TECH

ILD - ILDC - ILDH		350V	400V
Cooling capacity ①	kW	92.8	105.2
Power input	kW	31.4	35.2
EER Efficiency ②		2.96	2.98
Seasonal efficiency ESEER		3.70	3.84
Lw / Lp ③ (High Perf. - HP)	dB(A)	89/57	
Lw / Lp ③ (Low Noise version - LN)	dB(A)	83/51	
Lw / Lp ③ (Xtra Low Noise version - XLN)	dB(A)	-	-
Heating capacity ①	kW	95.0	108.8
Power input	kW	31.4	36.0
Performances COP ②		3.03	3.02
Compressor			
Starting mode			
Quantity		2	2

Figure 3: Extrait notice Aquaciat 2 (NA 10.590 B)

3. Évolution des consommations sites

La présente note va travailler pour la mise en place d'une PAC géothermique après les travaux d'isolation. Le CEP a estimé la diminution des consommations énergétiques de la partie ancienne de l'ordre de 41 MWh.

Besoins thermiques des bâtiments	Actuel	Futur
Surface chauffée		± 2300 m ²
Besoins thermiques utiles	± 225 MWh	± 180 MWh
Déperditions	± 185 kW	± 165 kW
Puissance maximale appelée par grand froid	± 235 kW	± 195 kW
Situation de référence		
Energie de référence	Gaz naturel et électricité	
Coût du MWh utile	90 € TTC/MWh	

Dimensionnement du projet

1. Réglementation géothermique

La première étape lorsque l'on veut installer de la géothermie de minime importance est de vérifier qu'il est possible de creuser réglementairement dans cette zone. Il s'agit de vérifier que le site d'implantation de l'installation ainsi que les techniques de forage et de terrassement de l'échangeur géothermique doivent permettre de :

- préserver la ressource en eau locale ;
- prendre en compte les enjeux sanitaires ;
- respecter les autres usages ou ouvrages locaux du sous-sol.

De plus, ils ne peuvent pas être implantés :

- dans un périmètre de protection immédiate ou rapprochée de captage d'eau destinée à la consommation humaine (AEP) et des sources des eaux minérales naturelles conditionnées ;
- à moins de 35 mètres :
 - ♦ d'un ouvrage souterrain de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ;
 - ♦ des ouvrages de traitement des eaux usées collectifs ou non collectifs ;
 - ♦ des stockages d'hydrocarbures, de produits chimiques, de produits phytosanitaires ou autres produits susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines ;
 - ♦ des bâtiments d'élevage et leurs annexes relevant des rubriques 2101, 2102, 2110, 2111, 2112, 2113, 2120 de la nomenclature des installations classées (ICPE) ainsi que des zones de stockage des déchets de l'exploitation d'élevage ;
- à moins de 200 mètres d'une installation de stockage de déchets relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées.

Pour la géothermie sur sondes, l'implantation doit se faire à au moins 5 mètres :

- de la limite de propriété la plus proche, à défaut d'un accord écrit préalable des propriétaires voisins autorisant la réalisation de l'échangeur géothermique de minime importance ;
- de conduites, collectives ou non collectives, d'eaux usées ou transportant des matières susceptibles d'altérer la qualité des eaux souterraines.

La zone du groupe scolaire est éligible au regard des éléments connus.

2. Dimensionnement de l'installation géothermie seule

Chaufferie	
	Géothermie
Puissance de la PAC	220 kW
Taux de couverture des besoins	100 %
Consommation électrique	73 MWh

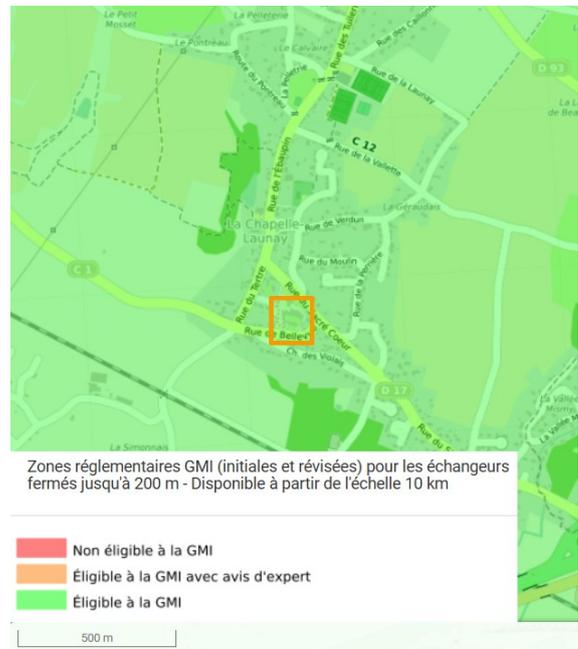


Figure 4: Repérage du site et de sa conformité avec la réglementation de la GMI

La chaufferie actuelle devrait être en capacité d'accueillir la PAC car environ 15m² devrait être nécessaire.

La mise en place d'une installation géothermique seule demandera de mettre en place un système alternatif pour la production ECS du restaurant scolaire.

Point de vigilance, les éléments chiffrés de ce scénario ne permettent pas de rentrer dans le cadre imposé par le Fonds Chaleur (critère de l'équivalent à 1000h à puissance maximale de chauffage).

Une solution potentielle (à vérifier lors via une étude de faisabilité) serait de fonctionner avec plusieurs PAC géothermique de puissance inférieure pour répondre à cette exigence sans pour autant

D'autre part, en terme de place pour l'implantation des différents forages en suivant les règles de l'art, il serait nécessaire d'avoir entre 2200 m² et 3400 m² de surface mobilisée. La dimension du terrain dépend de la profondeur à laquelle les forages peuvent être creusé (scénario 120-180 m). Cela voudra dire multiplier les champs de sonde car aucun espace présent possède une surface suffisante.



Figure 5: Surfaces accessibles à l'implantation des sondes géothermiques

3. Dimensionnement de l'installation géothermie avec appoint gaz naturel

	Chaufferie	
	PAC géothermique	Chaudière gaz
Puissance de la chaudière	50 kW	220 kW
Taux de couverture des besoins	80 %	20 %
Consommation électrique		58 MWh
Consommation en énergie d'appoint		46 MWh

La chaufferie actuelle devrait difficilement être en capacité d'accueillir la PAC géothermique et la chaudière gaz. Une première estimation donne un besoin de 25 m².

Point de vigilance, il faudra vérifier que la puissance installée permet de rentrer dans le cadre imposé par le Fonds Chaleur (critère de l'équivalent à 1000h à puissance maximale de chauffage).

La surface nécessaire à l'implantation est d'environ 800 m². Il est possible de faire une installation inférieure à 10 sondes mais dans tous les cas, il sera nécessaire de réaliser un sondage test (test de réponse thermique) pour avoir une meilleure appréciation de la capacité d'échange avec le sous-sol.

S'il est décidé comme choix technologique de mettre en place une chaudière gaz naturel à condensation, il sera cohérent de réfléchir à la suppression de la bouteille de mélange présente en chaufferie pour faciliter la mise en place de la condensation. Pour condenser, il faut alors que la température de retour à la chaufferie soit inférieure ou égale à son point de rosée qui est de 57°C.

4. Géothermie et émetteurs

➤ PRODUCTION DE CHAUD

La géothermie ne permet pas de monter à haute température et est donc installable plus facilement sur des bâtiments performants qui permettent la mise en place de chauffage basse température. La haute température ou la production d'ECS est possible mais il faut alors passer par un système de cascade de pompe à chaleur pour réaliser les différentes étapes successives de montée en température.

En fonction de la température au départ de la chaufferie, la puissance délivrée par un radiateur n'est pas la même. Par exemple, un radiateur à 70°C émet environ moitié moins de puissance qu'un identique monté à 90°C. Il sera alors nécessaire de vérifier chaque pièce et potentiellement d'augmenter la puissance des radiateurs au besoin. Pour augmenter la puissance d'un radiateur, il faut rajouter du volume supplémentaire.

➤ PRODUCTION DE FROID

La géothermie permet de produire de la chaleur mais également du froid. Il s'agit d'un système passif où la pompe à chaleur ne tourne pas. La température captée par les sondes géothermiques se trouve entre 20 et 25°C. En faisant circuler ce fluide plus froid dans le système de circulation, le bâtiment se rafraîchit. Il faut cependant bien calibrer le rafraîchissement pour éviter la condensation.

Cela peut être intéressant pour limiter l'inconfort estival. Cependant, il faudra vérifier que les émetteurs (radiateurs) soient en capacité de pouvoir répondre aux besoins.

Analyse économique du projet

L'analyse économique consiste à comparer les solutions précédemment proposées à la solution de référence, qui est classiquement le renouvellement avec une chaudière neuve gaz naturel. Dans le cas présent, cela consistera toujours à considérer l'utilisation de la chaufferie actuelle pour l'ensemble des bâtiments du groupe scolaire (extension et partie en chauffage électrique) ainsi que la prise en considération de la baisse des consommations énergétiques.

Le raisonnement est fait en « coût total » : il faut considérer les écarts qu'il peut y avoir entre chaque solution sur les investissements, mais aussi sur l'achat d'énergie et la maintenance. Le but est d'obtenir un comparatif global donc à service identique.

L'analyse est réalisée à partir d'estimations et ratios économiques, pour les coûts d'investissement comme pour les charges annuelles. Ces ratios sont déterminés à partir de projets rencontrés précédemment et comparables.

1. Investissement

Idéalement, nous proposons de faire réaliser des devis comparatifs des différentes solutions. En effet, les coûts liés au génie civil, les conduites de cheminée, etc... peuvent varier très fortement d'un projet à un autre, alors que le coût de la chaudière est quant à lui bien connu.

Le projet géothermie seule représente un investissement global hors subvention d'environ

410 000 € HT

comprenant l'installation d'une chaufferie comprenant :

- une pompe à chaleur géothermique
- 18-25 forages et un test de réponse thermique (en fonction de la profondeur)

Ainsi que la mise en place du réseau 1^{aire}

Réutilisation de la chaufferie existante

Répartition des coûts d'investissement

Pompe à chaleur, circulation, régulation

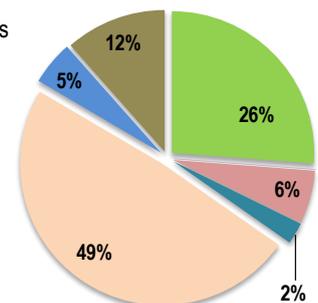
Réseau de chaleur et sous-stations

Génie civil chaufferie

Forage avec TRT

Aleas de chantier

Maîtrise d'œuvre et études



Le projet géothermie avec appoint gaz représente un investissement global hors subvention d'environ

280 000 € HT

comprenant l'installation d'une chaufferie comprenant :

- une pompe à chaleur géothermique
- 8-10 forages et un test de réponse thermique
- un appoint gaz naturel

Ainsi que la mise en place du réseau 1^{aire}

Agrandissement de la chaufferie existante

Répartition des coûts d'investissement

Pompe à chaleur, circulation, régulation

Chaudière d'appoint et périphériques

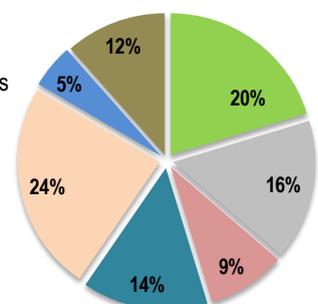
Réseau de chaleur et sous-stations

Génie civil chaufferie

Forage

Aleas de chantier

Maîtrise d'œuvre et études



25 000 € sont provisionnés sur l'ensemble des projets pour prendre en compte la création d'un réseau primaire qui mène de la chaufferie principale (l'actuelle) jusqu'à la sous-station de la PAC sur la partie scolaire récente. Il faudra cependant vérifier, s'il n'est pas possible de réutiliser les tuyaux déjà présents (entre la PAC et la sous-station).

2. Fonds Chaleur

➤ SUBVENTION

L'investissement est éligible aux aides de l'ADEME, grâce au partenariat engagé avec le SYDELA. Cette subvention est déterminée à partir de la production de chaleur produite chaque année. Les modalités et montants des aides peuvent varier chaque année, indépendamment du contrat signer avec le Sydela. Les informations sont disponibles sur le site du [Fonds Chaleur](#).

Projet	PAC géothermique seule	PAC géothermique avec appoint
Montant de la subvention	137 500 €	114 000 €
Taux de subvention	34 %	41 %

Dont 20 000 € de subvention sur la partie réseau.

Une subvention particulière est dédiée au rafraîchissement ou géocooling. Mais les besoins n'étant pas pour le moment identifiés et difficilement calculable, aucun montant n'a été calculé dans cette note (100€/MWh).

➤ PRÉREQUIS DU FONDS CHALEUR

- Nécessité d'une étude de faisabilité réalisée par un bureau d'étude RGE qualifié ayant la compétence OPQIBI 20.13 ou équivalente ;
- Réalisation d'une étude spécifique du sous-sol (TRT) si la longueur des sondes dépassent les 1000m par un bureau d'étude RGE qualifié ayant la compétence OPQIBI 10.07 ou équivalent ;
- Mise en place de fluides frigorigènes respectant le code de l'environnement ;
- Bâtiments neufs répondant au moins à la RT2012 et $cep(\text{projet}) < cep(\text{max} - 20\%)$;
- Bâtiments existants de classe C pour les bâtiments tertiaires soumis au décret n° 2019-771 sinon maximum de classe D ;
- Respect des réglementations relative à la mise en place de sondes ;
- Nombre d'heures équivalentes de fonctionnement à la puissance maximale en mode chaud ≥ 1000 h ;
- COP machine ≥ 4 et SCOP ≥ 3

3. Charges annuelles de chauffage

Les charges annuelles de chauffage intègrent les postes de dépenses suivants :

- P1 : achat de l'énergie (électricité ou gaz naturel) ;
- P2 & P3 : exploitation et maintenance (eau, électricité, maintenance, réparations légères et gros entretien, etc.) ;
- P4 : amortissement de l'investissement (remboursement sur 20 ans, comprenant l'emprunt).

Les prix de référence ont été réalisés à partir de factures d'énergie :

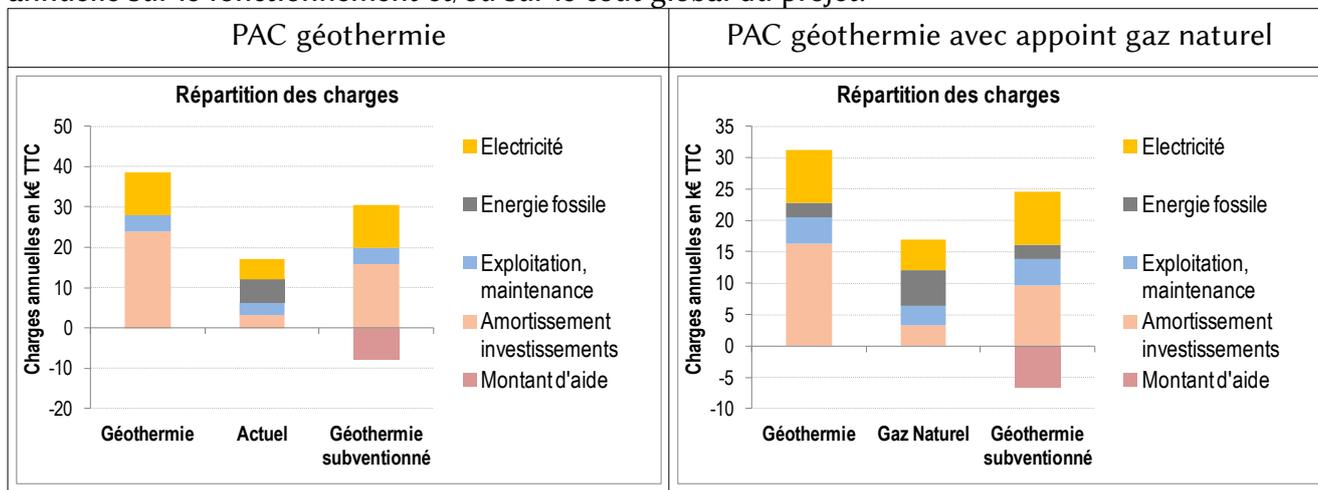
- facture ENGIE d'électricité du 7 mai 2021 (n° 120 007 095 716)
- facture ENI de gaz naturel du 15 avril 2021 (n° 200 004 830 812)

Énergie	€ HT / MWh _{PCI}	€ TTC / MWh _{PCI}	En unité usuelle
Gaz naturel	40,49	48,59	43,73 € TTC / MWh _{PCS}
Électricité	120,18	144,22	0,144 € TTC / kWh

Les charges d'exploitation et de maintenance sont estimées à partir de nos retours d'expérience des projets accompagnés.

Les investissements sont calculés par la suite sur 20 ans avec un taux d'intérêt de 1,5 %.

Cette démarche permet de déterminer si le projet aidé ou non permet de réaliser des économies annuelle sur le fonctionnement et/ou sur le coût global du projet.



Les graphiques ci-dessus mettent en évidence que la mise en place d'une installation géothermique ne permettra pas de réaliser des économies par rapport au fonctionnement actuel. Cela est dû au fort investissement sur la partie forage. Les forages sont amortis ici sur 20 ans, mais la littérature estime leur durée de vie supérieure à 50 ans.

Avec les données de la note, il y a un surcoût de fonctionnement sur les deux projets de l'ordre de 1000€/an.

Le surcoût est beaucoup plus important sur la partie coût global, d'environ 14 500€ sur le projet avec appoint et de 21 500€ sur celui en géothermie seule. Mais s'il y a un amortissement sur une durée plus longue, ces montants devraient être réduits au moins de moitié.

Sur les deux projets en bénéficiant d'un meilleur COP machine sur une PAC géothermique que sur une PAC classique (air/eau), le choix de la géothermie deviendra de plus en plus intéressant au fur et à mesure de l'augmentation du prix de l'électricité.

La consommation de gaz naturel diminuant dans les deux cas, l'augmentation du gaz sera aussi bénéfique à l'installation de géothermie.

Conclusion

1. Éléments d'orientation du projet

➤ LOCALISATION DES SONDÉS ET TRT

La mise en place de sondes demandera un accès à des engins de chantiers pour permettre aux différents forages d'être réalisés. Les forages prennent du temps et il sera nécessaire d'immobiliser le site pour une durée importante (de plusieurs jours à plusieurs semaines). Dans un premier temps, un premier forage devra être effectué pour réaliser un test de réponse thermique. Ce dernier permettra de donner un profil du sous-sol et des informations précises afin de déterminer la capacité des forages à réaliser des échanges de chaleur.

Ces informations permettront au bureau d'étude d'affiner le nombre de sonde à installer et leur profondeur.

Plusieurs champs de sonde peuvent être positionnés. Différentes surfaces accessibles peuvent être envisagées. À la suite des travaux, le terrain peut être utilisé avec diverses vocations. Seul un regard avec trappe permet d'avoir accès à la sonde. Les sondes géothermiques installées dans les forages sont en polyéthylène haute densité (PEHD) et offrent une très grande résistance à la pression et aux frottements due à la circulation des fluides. Chaque forage fait moins d'un mètre carré.

➤ GESTION & MAINTENANCE

La gestion de l'installation peut demander une formation complémentaire à l'agent qui s'occupe de l'entretien. La géothermie, une fois bien installée diffère peu d'une pompe à chaleur air/eau.

2. Avis du Relais Chaleur renouvelable

➤ CONSIDÉRATION TECHNIQUE

La mise en place d'une installation géothermique est intéressante sur le groupe scolaire. Néanmoins, sa mise en place avec un appoint gaz naturel semble plus sûre en terme financier et par rapport à la capacité du site à accueillir l'ensemble des forages.

Dans les deux cas, une réflexion pourra avoir lieu sur la production de l'eau chaude sanitaire du restaurant scolaire qui serait intéressant de décentraliser.

Le remplacement d'une pompe à chaleur géothermique par rapport à une pompe à chaleur air/eau permet d'avoir la mise en place d'un appareil plus performant tout le long de l'année grâce à la stabilité de la température du sous-sol.

La mise en place de géothermie sans appoint gaz naturel est à vérifier que ce soit en terme de surface de sol disponible mais également de capacité de répondre, notamment par une cascade aux exigences de l'Ademe pour obtenir les aides du Fonds Chaleur.

Point de vigilance sur les travaux d'isolation et les modifications aux niveaux des émetteurs (dimension/emplacement) qui vont avoir une incidence sur le confort. Il est difficile d'évaluer les gains réels effectués par les travaux d'isolation. D'autre part, il faudra faire correspondre les nouveaux (et des anciens) émetteurs à un nouveau régime de température plus bas sans nuire au confort des usagers.

➤ PERTINENCE ÉCONOMIQUE

Au premier abord, aucune des deux solutions proposées est plus intéressante que le fonctionnement actuel (chaudière gaz naturel et pompe à chaleur aérothermique). Cependant, il est probable qu'un rééquilibrage se fasse avec l'augmentation du gaz et de l'électricité. En effet, pour le moment, l'installation devrait engendrer un surcoût de fonctionnement, essentiellement dû aux coûts bas du gaz naturel.

La mise en place d'une géothermie sans appoint pose la question de la possibilité technique de

réaliser l'opération en répondant aux exigences de l'Ademe car ses aides sont vraiment nécessaires pour un intérêt économique à installer de la géothermie.

D'autres aides ou dotations non-renseignées ici que ce soit via le plan de relance ou des subventions spécifiques aux communes pour les écoles pourront également améliorer l'équilibre financier de l'installation géothermique.

3. Aller plus loin

Le Sydela porte le contrat d'objectif territorial qui permet l'accès au subvention. Pour le moment, il travaille au renouvellement de ce contrat qui doit s'achever en mars 2022. Le Sydela gère également un marché à bon de commande pour des études de faisabilité sur les différentes énergies renouvelables thermiques et peut rapidement mettre à disposition un bureau d'étude compétent sur la géothermie pour vous réaliser l'étude.

Cette démarche évite à la collectivité de rédiger un cahier des charges et de réaliser un marché public et une sélection des candidats.

Le Sydela facturera la partie non aidée par l'Ademe à la commune (30%). Une étude de faisabilité géothermique coûte environ 5000€ et un test de réponse thermique (obligatoire dans les deux cas étudiés ici) environ 7000€.

Il est possible également pour la commune de réaliser elle-même son marché. Les cahiers des charges sont disponible sur le site de [l'Ademe](#) ou sur celui spécifique de la [géothermie](#).

Ces données pourraient être affinées dans le cadre d'une étude de faisabilité réalisée par un bureau d'étude thermique spécialisé pour détailler correctement l'ensemble des points techniques et économiques afin de mettre en valeur des coûts d'objectifs précis et optimiser le projet.

Annexes

1. Géothermie

La géothermie est un système optimisé de pompe à chaleur (PAC). Elle peut être réversible (production de chaleur ou de fraîcheur) et réalise des échanges thermiques entre le sous-sol (technologie sur sondes) ou une nappe souterraine et l'air ambiant du bâtiment.

Les pompes à chaleur présentent un intérêt pour tout type de projet chauffé à basse température. Elles sont adaptées quelque soit la taille du projet (de la maison individuelle au quartier).

➤ RÉGLEMENTATION DU SOUS-SOL

La géothermie suit une réglementation du code minier et les technologies utilisées dans le cas présent dépendent de la géothermie de minime importance (GMI) qui réglemente les ouvrages qui ne descendent pas au-delà de 200m et une puissance thermique prélevée inférieure à 500 kW. Elle crée 3 zonages en fonction des risques présents que ce soit par exemple la présence d'ancienne zone minière ou des zones de captations d'alimentation en eau. La très grande majorité du territoire est couvert par la zone verte (absence de dangers et d'inconvénients graves). Les deux autres zones sont celle orange (nécessite une attestation d'un expert agréé avant l'installation) et celle rouge qui interdit la mise en place de géothermie.

Il existe des cartes indiquant les risques liés au radon (élément radioactif), mais il ne fait pas partie des critères de dangers en rapport avec la géothermie.

➤ PROPRIÉTÉS HYDROGÉOLOGIQUES ET THERMIQUES DU SOUS-SOL

La nature lithologique (roche du sous-sol) est un facteur déterminant pour évaluer la faisabilité de l'installation d'une géothermie sur sondes. Chaque roche a une conductivité thermique différente et il peut y avoir des variations importantes au sein de roches du même type. La conductivité thermique d'un matériau est le flux de chaleur qui traverse un mètre carré d'une surface d'un mètre d'épaisseur, lorsque la différence des températures entre les deux faces de celle-ci est d'un degré. Elle traduit donc la facilité avec laquelle un matériau transmet la chaleur par conduction.

Par défaut, l'emploi de la géothermie sur sondes verticales est considéré comme possible à partir d'une conductivité thermique de 1,5 W/mK et favorable à partir de 2 W/mK. Des valeurs supérieures à 3 W/mK sont excellentes pour ce type de géothermie.

➤ SONDES GÉOTHERMIQUES VERTICALES

Un système de PAC sur sondes géothermiques verticales (SGV) consiste à faire circuler, en circuit fermé, un fluide caloporteur, entre la PAC et un réseau de tubes disposés à la verticale.

Les forages avoisinent les 100 mètres de profondeur. Une réglementation spécifique dicte la distance entre chaque forage, par rapport à un bâtiment ou à une limite de propriété.

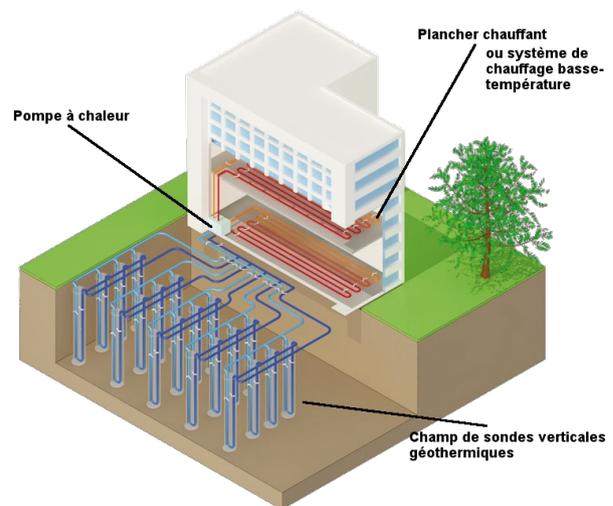


Figure 6: Géothermie sur champ de sondes © ADEME-BRGM

➤ GÉOTHERMIE SUR NAPPE

Appelée également sur aquifère ou eau souterraine, le système repose sur la récupération de chaleur en pompant de l'eau libre dans le sous-sol. Le premier forage, dit de production permet de pomper l'eau pour l'apporter jusqu'à l'échangeur de la PAC pour prélever ou restituer de la chaleur. Le second forage, dit de réinjection renvoie l'eau à sa source en aval de son prélèvement.

Un système de fonctionnement assez similaire existe sur eau de mer ou eau usée.

Un système de pompe à chaleur (PAC) sur nappe, couramment appelée "PAC sur aquifère" ou encore "PAC sur eau souterraine", consiste à pomper de l'eau située dans le sous-sol pour valoriser son énergie.

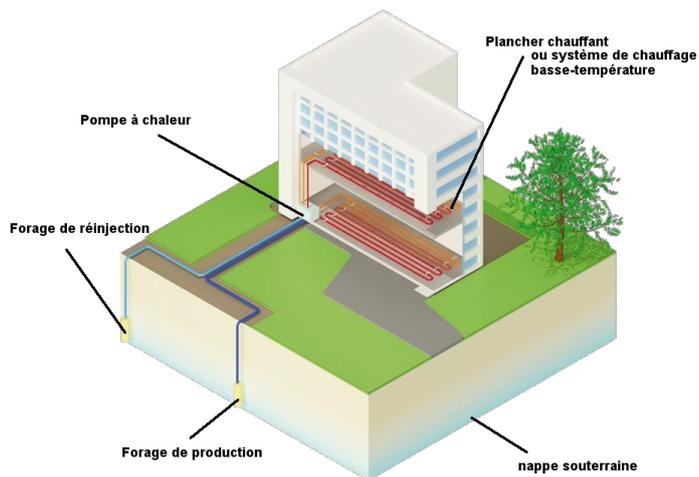


Figure 7: Géothermie sur nappe © ADEME-BRGM

2. Décret tertiaire

Le décret tertiaire concerne l'ensemble des bâtiments tertiaires qui ont une surface de plancher d'au moins 1000m². Ces bâtiments sont soumis à l'obligation de :

- soit réduire de 40 %, 50 %, 60 % à l'horizon 2030, 2040, 2050 leur consommation d'énergie finale par rapport à une année de référence qui ne peut être antérieure à 2010. Le calcul est ajusté en fonction des variations climatiques.
- soit atteindre un niveau de consommation d'énergie finale correspondant à la consommation énergétique des bâtiments neufs de leur catégorie.

Les actions de réduction de la consommation d'énergie peuvent se faire sur plusieurs axes :

- performance énergétique des bâtiments (isolation)
- installation d'équipements performants, de dispositif de contrôle et de gestion active de ces équipements (GTC/GTB)
- modalités d'exploitation des équipements
- adaptation des locaux à un usage économe en énergie et comportement des occupants.

A partir de 2021, chaque propriétaire ou du preneur de bail devra déclarer annuellement les consommations d'énergie sur une plateforme numérique du bâtiment.

Afin de déterminer la meilleure stratégie pour le bâtiment mais également permettre une modulation des objectifs pour des raisons particulières (rentabilité des opérations, impact architecturaux pour des bâtiments protégés...), des études énergétiques doivent être mises en place. Elles doivent avoir pour mission :

- l'amélioration de la performance énergétique et environnementale du bâtiment (réduction des consommations d'énergie finale et des émissions de gaz à effet de serre)
- la réduction des consommations des équipements liés aux usages spécifiques
- l'identification d'actions portant sur l'adaptation des locaux à un usage économe en énergie et sur le comportement des occupants
- la programmation d'actions permettant d'atteindre l'objectif en s'appuyant sur un ensemble de leviers d'actions (performance énergétique du bâtiment, installation d'équipements performants et de dispositifs de contrôle et de gestion active de ceux-ci, meilleure exploitation des équipements, adaptation des locaux à un usage économe et comportement responsable de leurs occupants)

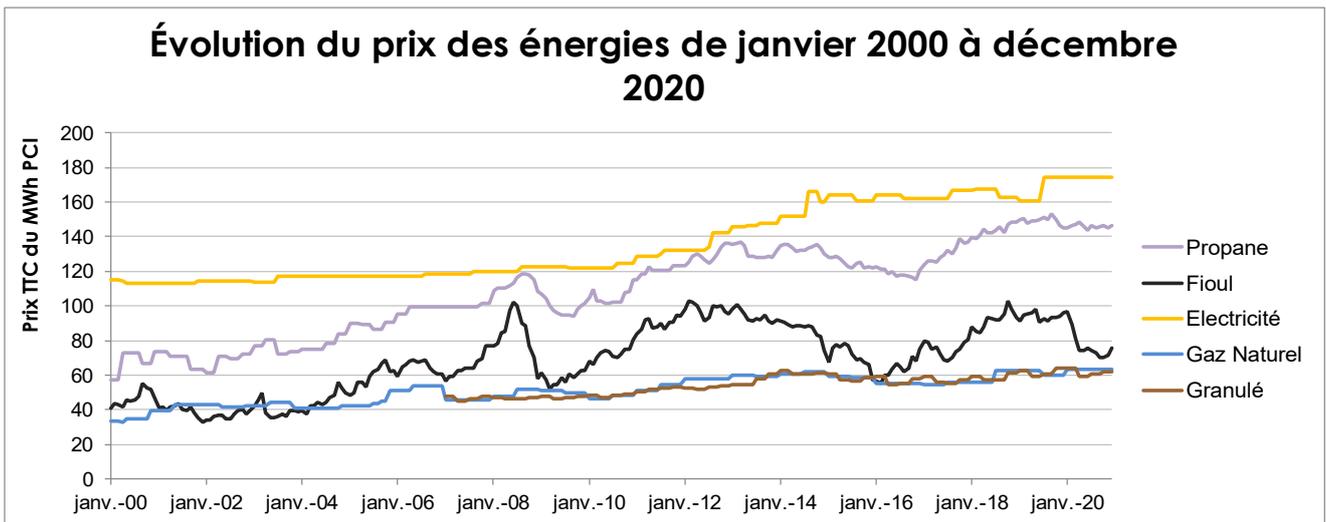
Ces études permettront alors d'avoir un dossier technique mettant en avant les principales opérations à mener et leurs pertinences afin de répondre aux objectifs fixés par l'État.

Il est possible pour un même propriétaire de mutualiser les résultats à l'échelle de tout ou partie de son patrimoine.

[Plus d'informations sur le site de la DREAL.](#)

Il pourrait être intéressant de réaliser un audit énergétique au regard de ce décret afin de prendre en compte ces considérations et de proposer des travaux à réaliser. L'étude devra prendre en compte la faisabilité et la pertinence technico-économique pour déterminer un objectif raisonnable à atteindre.

3. Contexte économique



Graphique 1: Évolution du prix des énergies en France pour le particulier entre janvier 2000 et décembre 2020 (source : base pegase)

On peut observer sur le Graphique 1 une forte volatilité du prix des énergies fossiles au cours du temps alors que la progression du bois granulé est continue et mesurée. Il n'y a pas de chiffres nationaux pour le prix de la plaquette de bois d'une part car son tarif varie en fonction des zones géographiques, d'autre part, il ne s'agit pas d'un produit usuel de chauffage pour le particulier.

Élément complémentaire à ce contexte, la taxe carbone est amenée à évoluer. Des objectifs sont fixés pour un montant de la taxe carbone à 100 €/t_{CO2} pour 2030. Il n'y a pas par contre de visibilité sur son augmentation future. La projection jusqu'en 2022 établie dans la loi de finance de 2017 a été gelée suite aux mouvements de contestation des gilets jaunes. Aucune nouvelle projection n'a pour le moment vue le jour.

4. Accompagnement de l'animateur

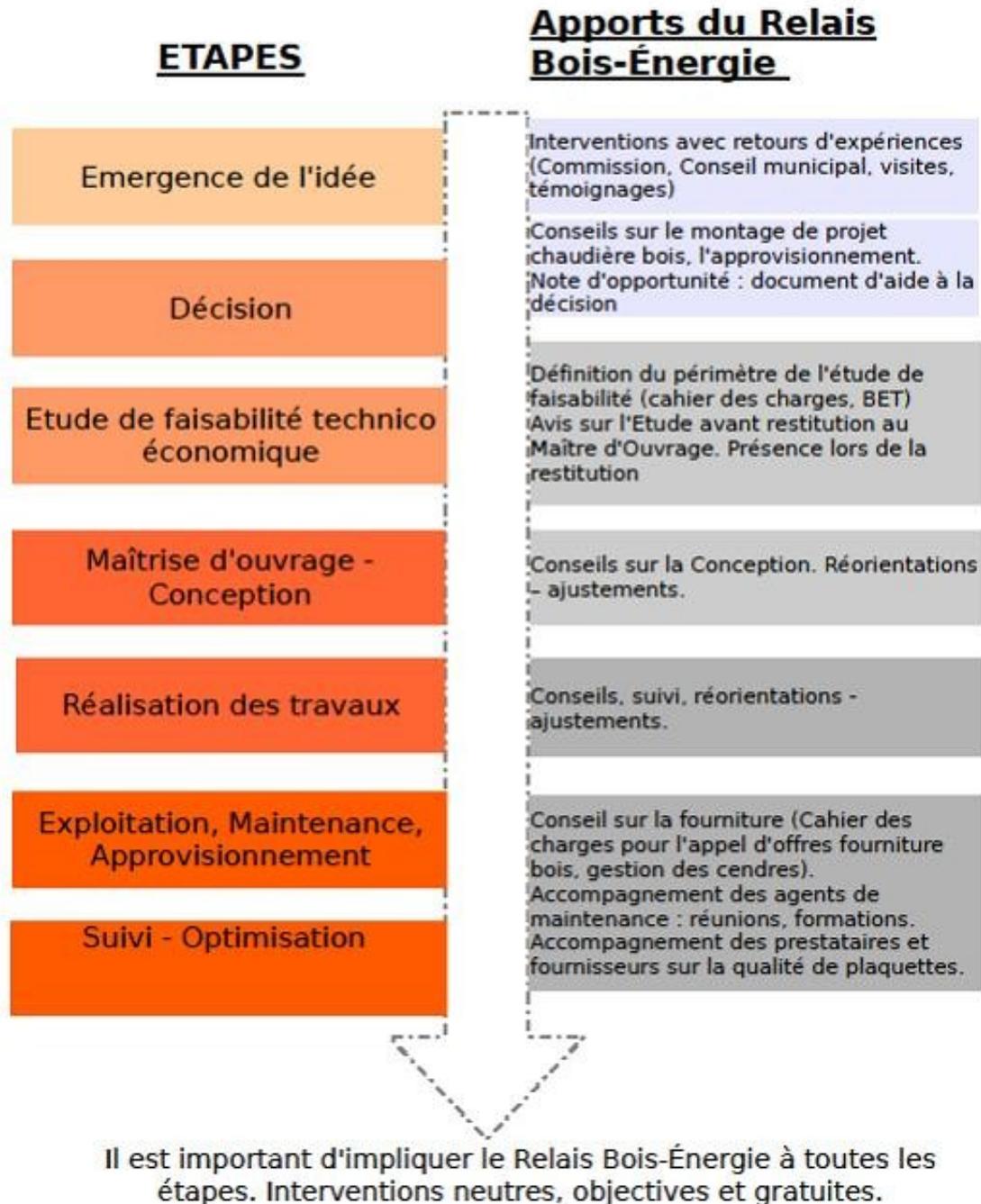


Figure 8: Exemple d'accompagnement de l'animateur sur la partie bois-énergie

POUR PLUS D'INFORMATIONS VOUS POUVEZ CONTACTER

CIVAM 44

4 rue de la Résistance

44 390 Saffré

Tel : 02 40 14 59 00

Contact : Clément ARNAC – Animateur départemental de la chaleur renouvelable

energies@fdcivam44.org

www.civam-paysdelaloire.org

STRUCTURE PORTEUSE DES CONTRATS D'OBJECTIFS TERRITORIAUX (COTER)

NANTES MÉTROPOLE

Sur le territoire de la Métropole

2, Cours du champ de Mars
44923 Nantes Cedex 9

Contact : Bérénice Roilette, chargée de mission
en Énergies Renouvelables

02 40 99 67 14

berenice.roilette@nantesmetropole.fr

SYDELA

Sur les communes du département excepté la
Métropole nantaise

Bâtiment F - Rue Roland Garros
44701 Orvault Cedex 01

Contact : Cédric Garnier, chargé de mission
Chaleur renouvelable

02 49 62 30 36

cedric.garnier@sydela.fr

STRUCTURE RÉGIONALE D'APPUI SUR LA CHALEUR RENOUVELABLE

ASSOCIATION ATLANBOIS

Bâtiment B – 15 boulevard Léon Bureau

44 200 Nantes cedex 2

Tel : 02 40 73 73 30

Contact : Laura Pais – Animatrice régionale bois
énergie

lpais@atlanbois.com

www.atlanbois.com

ASSOCIATION ATLANSUN

16 quai Ernest Renaud - Centre des Salorges

CS 70515 - 44 105 Nantes

Tel : 02 85 52 39 93

Contact : Moran Guillermic – chargé de mission
solaire

moran@atlansun.fr

www.atlansun.fr

ADEME – DÉLÉGATION RÉGIONALE PAYS DE LA LOIRE

5 boulevard Vincent Gâche

CS 90 302 – 44 203 Nantes cedex 2

Contact : Romain Lavielle – Référent transition énergétique 44

02 40 35 80 22

romain.lavielle@ademe.fr

www.ademe.fr/paysdelaloire