

Stratégie de rénovation énergétique

rev3

LA 3^{ÈME}
RÉVOLUTION
INDUSTRIELLE
EN
HAUTS-DE-FRANCE

Vers un bâtiment industriel basse consommation
Retour d'expérience d'une AMO rev3





Ont contribué à ce document :

Maitrise d'ouvrage :

- *Région Hauts-de-France (Sébastien Athane, Sandrine Boquillon, Catherine Jacquemart, Alexis Ly)*

Assistance à Maitrise d'ouvrage :

- *Auddicé Environnement (Anne-Sophie Leston, Christophe Outteryck)*
- *Cohérence Energies (Camille Privat, Nicolas Hernigou, Sylvain Blarel)*

Sur la base du retour d'expérience de :

- *La Brosserie Française (Olivier Remoissonnet) située à Beauvais, accompagnement réalisé en 2020*

Table des matières



PREAMBULE	6
1. Pourquoi ce guide d'aide à la rénovation énergétique, à qui est-il destiné ?	7
2. Les grandes étapes d'une démarche de rénovation énergétique	8
3. Structuration du document	13
ACTIONS D'EFFICACITE ENERGETIQUE	15
1. Qualité thermique des bâtis	16
2. Amélioration de l'efficacité énergétique des équipements (hors process)	35
3. Amélioration de la gestion énergétique.....	40
IMPLANTATION DE SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLE	43
1. Production de chaleur et de rafraîchissement renouvelable	44
2. Production d'électricité renouvelable	47
INTEGRATION DE LA DEMARCHE SUR LE TERRITOIRE ET REV3 ..	53
1. Synergies via le partage d'énergie	54
2. Ecologie Industrielle et Territoriale.....	56
3. Intégration de la démarche dans rev3	57
ACTEURS ET DISPOSITIFS REGIONAUX	59
1. Acteurs et dispositifs en lien avec les filières locales et biosourcées	60
2. Acteurs et dispositifs en lien avec la géothermie et le photovoltaïque	64
3. Récapitulatif des dispositifs	67
4. Principaux contacts régionaux	76
Annexes	77
1. Glossaire	78
2. Bilan comparatif des matériaux isolants	80
3. Préconisations de l'amélioration de l'efficacité énergétique du process.....	81
4. Points de vigilance pour les projets de géothermie	85



PREAMBULE

1. Pourquoi ce guide d'aide à la rénovation énergétique, à qui est-il destiné ?

Dans le cadre des AMO rev3, mission d'appui financée par la Région Hauts-de-France aux porteurs de projets s'inscrivant dans une démarche rev3, une entreprise régionale, La Brosserie Française située à Beauvais, a été conseillée sur sa démarche de rénovation énergétique. Cette entreprise avait pour ambition de viser l'autonomie énergétique de son site industriel. Des actions avaient déjà été entreprises sur le process en lui-même, aussi l'accompagnement était davantage axé sur :

- **L'efficacité énergétique** (la qualité thermique des bâtis, l'efficacité énergétique des équipements hors process, la gestion énergétique du site),
- **L'implantation de systèmes d'énergies renouvelables** (géothermie et photovoltaïque dans ce cas présent),
- **L'étude des acteurs et des dispositifs d'aides.**

A l'issue de cet accompagnement, la Région Hauts-de-France a souhaité **capitaliser les conseils apportés à l'entreprise auprès d'autres sites industriels** souhaitant initier ce type de démarche sur leur site.

Ce présent ouvrage est donc construit sur la base du livrable remis à l'entreprise accompagnée.

Ce document n'est en aucun cas un guide exhaustif d'une démarche de réhabilitation énergétique mais plutôt un retour d'expérience de l'accompagnement de l'entreprise.

Il s'attache à montrer les principales étapes d'une stratégie de rénovation énergétique (rénovation lourde du bâti, recours aux énergies renouvelables), l'intégration d'un tel projet dans la dynamique rev3 et les dispositifs régionaux pouvant être sollicités.

Ce document est donc destiné à tout site industriel souhaitant travailler sur la rénovation énergétique de son site, dans un objectif de bâtiment basse consommation. Les contacts fournis lui permettront ensuite d'approfondir davantage sa démarche.

Afin de mieux comprendre les actions développées dans ce document et de juger de l'adaptabilité des mesures recommandées à chaque site industriel, il est nécessaire de fournir quelques éléments caractéristiques du site de La Brosserie Française :

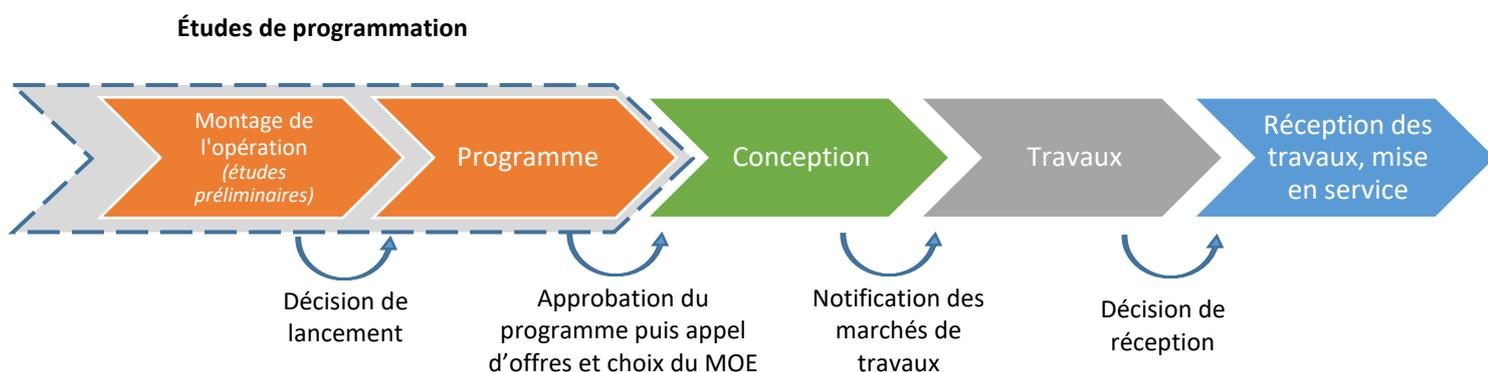
- Domaine d'activité : fabrication d'articles de brosse ;
- Date et type de construction : années 70, murs béton et toitures bac acier faiblement isolées ;
- Process : entièrement électrique, relativement peu émetteur de chaleur et de polluants volatils (aucune extraction spécifique nécessaire) ;
- Besoins de froid et d'ECS négligeables ;
- Pas de nécessité de disposer d'une grande hauteur sous plafond ;
- Actions d'efficacité énergétique déjà menées sur le site (relamping Led, remplacement des compresseurs et récupération de leur chaleur émise) ;
- Horaires d'occupation : 6h-20h pour l'usine et 8h30-18h pour les bureaux, 5j/semaine ;
- **Le chauffage des locaux représente 64 % de la consommation énergétique de l'entreprise et 42 % de son budget énergie.**

2. Les grandes étapes d'une démarche de rénovation énergétique

La rénovation énergétique s'intègre dans une démarche d'ensemble et doit en premier lieu viser l'efficacité énergétique avant le recours aux énergies renouvelables. Un travail prioritaire doit être mené sur le volet comportement des occupants et sur l'enveloppe du bâtiment.

Ainsi que le cite le référentiel rev3 : « faire qu'un bâtiment soit producteur d'énergie n'a de sens que si le bâtiment a, en premier lieu, **optimisé sa performance énergétique par une réhabilitation énergétique et environnementale ambitieuse**, portant prioritairement sur l'enveloppe sur l'enveloppe puis sur les systèmes ».

La rénovation énergétique s'intègre dans une démarche globale de réhabilitation qui peut être décomposée en 5 étapes :



La phase « étude de programmation » se décompose en différentes phases :

ÉTUDES & PHASES		ÉTAPES	JALONS	
Études de programmation	Phase « Montage »	Études d'opportunité	État des lieux	
			Définition des objectifs	
			<i>Validation des études d'opportunité</i>	Fiche d'objectifs préliminaires
	Études de pré-faisabilité		Identification des scénarios	
			Recensement des contraintes	
			Analyse des scénarios	
			Choix d'un scénario par le maître d'ouvrage	
			<i>Validation des études de pré-faisabilité</i>	Décision de lancement
	Phase « Programme »	Études de faisabilité Pré-programme	Approfondissement du scénario retenu	
			Études complémentaires	
			Validation de l'organisation de la conduite du projet	
			Synthèse des études d'opportunité et de faisabilité	
			Recalage des objectifs (arbitrage et décision)	
			<i>Validation des études de faisabilité</i>	Approbation Pré-programme
	Programme		Formulation détaillée des objectifs	
Synthèse et rédaction du programme				
<i>Validation du programme</i>			Validation du Programme	

Source : Cerema, « Maîtrise d'ouvrage publique, Construire ou réhabiliter un bâtiment », Fiche 07.

Les différents types d'études sont détaillées ci-après.

Etudes d'opportunité :

Phase d'aide à la décision, dressant un état des lieux de la situation existante et permettant de formaliser les attentes du maître d'ouvrage. Il s'agit de vérifier la pertinence du projet et de vérifier que le contexte va permettre la réalisation du projet.

Cette étape permet à la MOA de prendre, en toute connaissance de cause, la décision de lancer la phase opérationnelle du projet, de la différer ou de l'abandonner.

Etudes de pré-faisabilité :

Les études de pré-faisabilité doivent permettre d'arrêter les choix et orientations souhaités par le maître d'ouvrage, en retenant une solution ou un scénario. Durant cette phase, il est nécessaire d'approfondir les orientations validées lors des études d'opportunité en élaborant différents scénarios qui répondent aux objectifs du maître d'ouvrage, ainsi qu'aux différentes contraintes recensées dans les domaines techniques, environnementaux, administratifs et financiers...

Suite à ces scénarios, le maître d'ouvrage valide la solution la plus appropriée.

Etudes de faisabilité et pré-programme :

- Les études de faisabilité ont pour objectif d'approfondir les investigations entamées en phase "montage" pour vérifier la faisabilité technique, urbanistique, fonctionnelle, environnementale, économique, financière, juridique, administrative, sociale, temporelle... afin de s'assurer de l'adéquation du scénario retenu avec ces contraintes et les objectifs du maître d'ouvrage.
- Le pré-programme permet de formaliser le choix d'un scénario et fait la synthèse des études menées pour identifier les besoins et attentes, les contraintes de toutes natures à prendre en compte ou à lever. Il rappelle les choix réalisés et les arbitrages éventuels restants. Il permet au maître d'ouvrage de vérifier la prise en compte de ses objectifs avant la poursuite de la phase opérationnelle.

Programme :

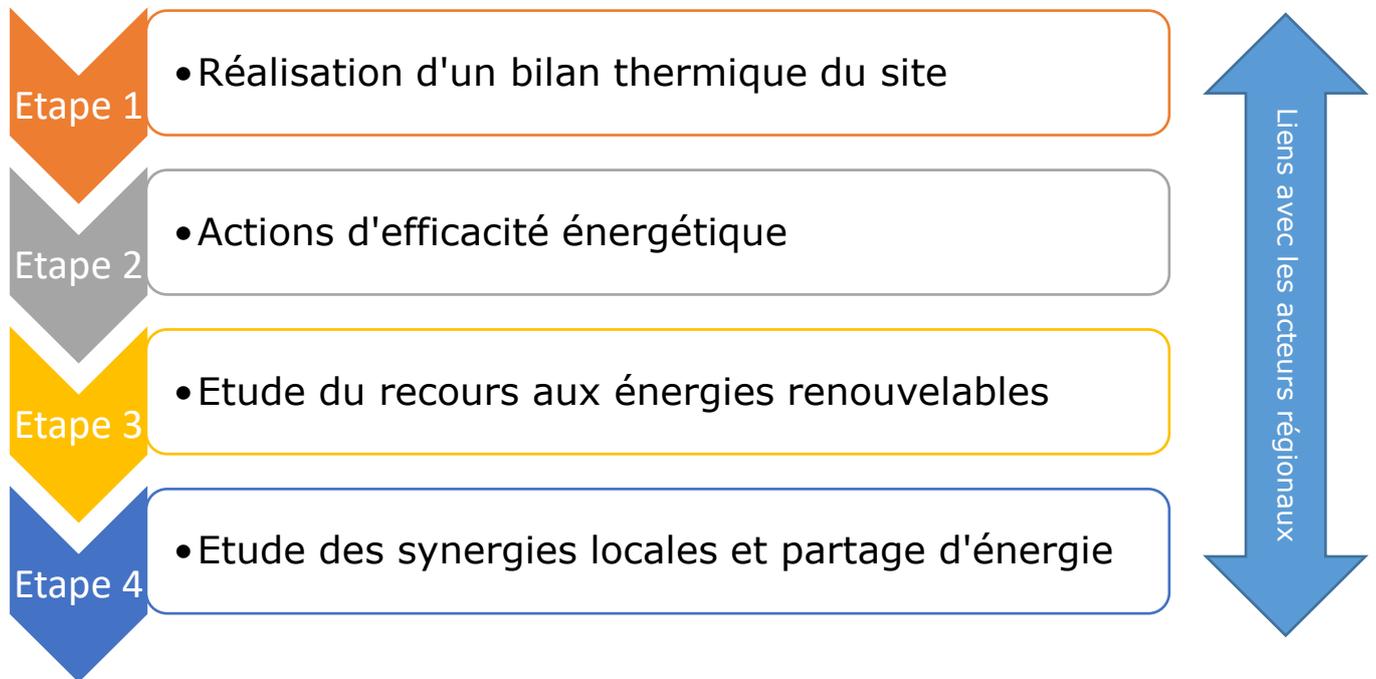
Élaboré par le maître d'ouvrage, le programme est un document essentiel et indispensable. Destiné aux maîtres d'œuvre, il constitue un support de suivi et de communication. Il est établi sur la base du scénario retenu lors des études de faisabilité. Il précise de façon détaillée les objectifs fondamentaux de l'opération, décrit son contexte, donne les fonctionnalités de l'ouvrage et les attentes en matière de performance technique et de développement durable. Il fixe également les objectifs en matière de coût d'investissement et de délai de mise en service.

Une réflexion doit être initiée pour définir l'ambition du projet et fixer ainsi le niveau d'ambition énergétique visé.

Une fois, ce niveau d'ambition fixé, un plan d'actions approprié à chaque cas et hiérarchisé est proposé pour répondre à l'objectif. En sachant qu'il n'existe pas aujourd'hui de réglementation spécifique ni de labels dédiés à la réhabilitation énergétique des bâtiments industriels. La création d'un label BEPOS est actuellement à l'étude mais exclusivement pour les bâtiments neufs. Dans l'attente de préconisations, la Région Hauts de France préconise de viser le facteur 4 pour la réhabilitation énergétique des bâtiments industriels.

Cette logique a été appliquée à l'entreprise accompagnée et à partir de laquelle ce guide en tire les principaux enseignements.

Quatre grandes étapes schématisées ci-après sont à mettre en œuvre :



Etape 1 : La réalisation **d'un bilan thermique** est un préalable à la mise en œuvre d'une démarche de rénovation énergétique d'un site industriel. Il a pour objectif d'établir un état des lieux des performances énergétiques actuelles du site afin :

- De cibler les principales sources de déperditions thermiques, énergétiques ou sources d'inconforts et ainsi d'identifier de futurs leviers d'actions ;
- D'analyser les dernières factures énergétiques afin d'évaluer la dépense actuelle (et par la suite le gain potentiel post-rénovation) ;
- De définir le niveau de performance énergétique à atteindre avec pour cible le facteur 4 ;

Ce n'est qu'une fois le niveau de performance visé défini qu'il est possible d'enclencher les phases suivantes. La méthode de calcul de bilan thermique retenue est importante car elle doit intégrer cette analyse comparative entre l'état actuel et l'état projeté.

A noter que **ces niveaux de performance pourront évoluer selon la faisabilité ou non de certaines actions**. Dans le cas de La Brosserie, l'autonomie énergétique était visée dans un premier temps et cette ambition a finalement évolué vers une neutralité carbone, dans le cadre d'un partage d'énergie (photovoltaïque) avec une future ZAC voisine du site.

Etape 2 : Les actions **d'efficacité énergétique** s'appuient sur quatre grandes typologies d'actions :

- Les actions relatives à la **qualité thermique des bâtis**, notamment sur l'enveloppe ;
- Les actions relatives à **l'efficacité énergétique des équipements** (hors process, soit le chauffage, l'éclairage, l'air comprimé, la motorisation électrique ...) ;
- Les actions relatives à l'amélioration de la **gestion énergétique** ;
- L'amélioration et l'optimisation en continu du **changement de comportements**.

Ces deux premières étapes s'effectuent lors de la commande d'un audit énergétique et sont prises en charge par un bureau d'étude technique spécialisé en énergie.

Les actions en lien avec l'amélioration des process sont également à prendre en compte dans une telle stratégie (récupération de la chaleur perdue des process, remplacement ou amélioration des machines de production ...). Elles ne sont pas détaillées dans ce document, ceci étant spécifique à chaque site industriel.

*L'efficacité énergétique est en lien étroit avec la notion de **sobriété énergétique**, laquelle cible la baisse de consommations inutiles détectées dans le bilan thermique.*

Etape 3 : l'étude du **recours aux énergies renouvelables** permet de définir les énergies les mieux adaptées au site, en tenant compte des caractéristiques présentes (milieu environnant, configuration du site, profil de consommation ...)

Etape 4 : il s'agit de considérer les synergies locales pouvant être mises en œuvre, notamment sur le partage d'énergie dans une logique d'écologie industrielle, de parcs d'activités rev3, de mutualisation de réseau de chaleur...

L'ensemble de la démarche prend en compte les éléments relatifs à rev3, avec notamment le recours à des éco matériaux et matériaux biosourcés, le lien avec des acteurs locaux, les financements existants ...

3. Structuration du document

Ce document est structuré en quatre grandes parties reprenant les principales étapes :

PREMIERE PARTIE : ACTIONS D'EFFICACITE ENERGETIQUE

Cette partie reprend un ensemble d'actions qui, menées conjointement, permettront la diminution des consommations énergétiques du site tout en maintenant le confort des occupants.

Ces actions sont regroupées en différents axes d'intervention, qui feront l'objet de trois sous parties :

1. Améliorations de la qualité thermique du bâti ;
2. Améliorations des équipements hors process (installations thermiques et systèmes électriques) ;
3. Amélioration de la gestion énergétique.

DEUXIEME PARTIE : IMPLANTATION DE SOURCES D'ENERGIES RENOUVELABLES

Cette section s'attache à définir les principes de la géothermie et de l'électricité photovoltaïque, énergies qui avaient été préconisées et détaillées dans le cadre de l'accompagnement de La Brosserie Française. Les autres types d'énergie seront néanmoins cités pour information et seront de ce fait moins détaillés.

TROISIEME PARTIE : INTEGRATION DE LA DEMARCHE DANS LE TERRITOIRE – OUVERTURE SUR REV3

Cette section montrera comment un projet de rénovation énergétique peut s'intégrer dans son environnement local via le partage d'énergie et d'autres flux (matières, eau ...), et s'ouvrir au maximum à rev3.

QUATRIEME PARTIE : LES ACTEURS ET DISPOSITIFS REGIONAUX

Cette partie indiquera vers quels acteurs et dispositifs pourra s'orienter une entreprise qui souhaite entreprendre une démarche de réhabilitation énergétique de son site.

Certains termes utilisés comportent un astérisque : leur définition est reprise dans un glossaire situé en annexe 1.



ACTIONS D'EFFICACITE ENERGETIQUE

1. Qualité thermique des bâtis

A. Avantages de l'amélioration thermique des bâtiments

L'amélioration thermique des bâtiments constituait un véritable enjeu pour l'entreprise, lui permettant de répondre à différentes problématiques, notamment :

- **Une diminution de son impact environnemental associée à une diminution et une meilleure maîtrise de sa facture énergétique**

Suivant le profil de l'entreprise, le chauffage des locaux peut représenter une part importante des consommations énergétiques et donc une part non négligeable de son budget énergie.

Une réduction de sa consommation de chauffage lui permettra de réduire la part d'imprévus liée à l'évolution du coût de l'énergie.

La Brosserie Française était particulièrement concernée par cet enjeu, dans la mesure où le chauffage représentait une part importante de sa consommation énergétique globale et de son budget énergie.

- **Une amélioration du confort des occupants**

Une isolation du bâti, associée à un choix judicieux des matériaux et techniques de mise en œuvre va permettre :

- De pallier l'effet de parois froides et de réduire le manque d'étanchéité à l'air du bâti, responsables du besoin de chauffer fortement un bâtiment pour éviter tout inconfort hivernal ;
- De conserver l'inertie du bâtiment, voire d'apporter un complément d'inertie* dans le cas d'une isolation par l'extérieur (suivant le choix de l'isolant), de manière à améliorer le confort estival.

- **Une anticipation des travaux de réhabilitation à venir et la résolution de pathologies existantes**

Mettre en place une rénovation globale va non seulement être plus efficace thermiquement (meilleure gestion des interfaces entre postes isolés) et financièrement (plus d'aides mobilisables), mais va également permettre d'intégrer la réalisation de travaux d'entretiens inévitables à court terme pour des bâtiments anciens.

Voici à titre d'exemple la durée de vie de certains éléments du bâti, tenant compte de leur composition :

Éléments de bâti concernés		Durée de vie moyenne
Toiture terrasse	Durée de vie globale	20-60 ans
	Étanchéité	15-25 ans
	Laine de verre faux plafond	25-30 ans
Toitures	Couverture bac acier	20-35 ans
Façades	Enduit extérieur ciment	50 ans
Menuiseries	PVC	30-50 ans
	Alu	+/- 50 ans
	Lanterneau pour accès / désenfumage / éclairage	20-25 ans

Durée de vie de différents éléments pouvant constituer un bâtiment

La pertinence de l'amélioration thermique du bâtiment en industrie doit être évaluée au regard de l'utilisation du bâtiment.

A titre d'exemple, l'isolation représentera un intérêt limité en hiver si :

- Le process demande une extraction d'air importante ;
- L'organisation implique des ouvertures fréquentes de portes sectionnelles (ex : zone logistique).



De même, l'isolation n'est pas toujours compatible avec certains process, notamment en été. En effet, si le process est très fortement producteur de chaleur et que les systèmes de renouvellement d'air et l'isolation de ces équipements de process sont insuffisants, cette isolation va entraver l'évacuation de la chaleur du process.

Il conviendra donc d'étudier le profil de l'entreprise afin de cibler au mieux les actions d'amélioration thermique à mener. Dans certains cas, ces actions auront plus de pertinence à être menées dans les bureaux plutôt que dans les zones de production dans lesquelles il sera alors plus intéressant de travailler sur l'efficacité des systèmes et des process.

A noter que depuis la dynamique du Grenelle de l'Environnement en 2009, le parc immobilier des bâtiments tertiaires fait l'objet de lois, décrets et arrêtés successifs obligeant à sa rénovation.

La loi N°2018-1021 du 23 novembre 2018 portant sur l'Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique (loi ELAN) fixe, dans son article 175, des objectifs de réduction de la consommation d'énergie finale des bâtiments tertiaires. Entré en vigueur le 1er octobre 2019, le décret N°2019-771 du 23 juillet 2019 relatif « aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire » (appelé « décret tertiaire »), vient préciser les modalités d'application de cette obligation.

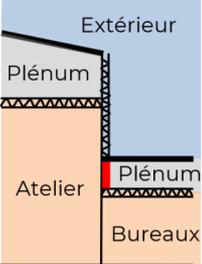
Les propriétaires et occupants de bâtiments à usage tertiaire privés ou publics sont concernés par cette réglementation. L'objectif du décret tertiaire est de réduire la consommation d'énergie finale pour les bâtiments tertiaires destinés à des activités marchandes ou non, et de surface de plancher supérieure ou égale à 1000 m² et répartie sur un ou plusieurs bâtiments ayant la même unité foncière.

Les objectifs de réductions des consommations d'énergie finale sont précisés aux horizons 2030, 2040 et 2050 par l'arrêté du 10 avril 2020.

B. Solutions envisageables pour l'isolation d'un bâtiment

Eléments à isoler ou à améliorer

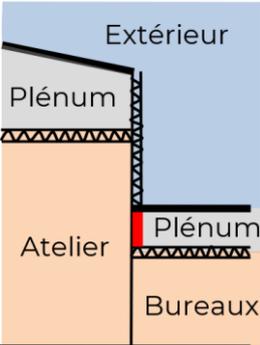
L'amélioration de la qualité thermique des bâtis concerne plusieurs éléments et techniques repris dans le tableau ci-après :

Eléments considérés	Descriptif
<p>Enveloppe externe</p> 	<p>L'isolation thermique par l'extérieur (ITE) : elle consiste à apporter un « manteau » isolant au bâtiment (murs et toitures). Cette solution fonctionne bien lors de grands travaux de rénovation ou de ravalement de façades ainsi que pour les constructions neuves.</p>
<p>Enveloppe interne</p> 	<p>L'isolation thermique par l'intérieur (ITI) : elle consiste à traiter les murs, toitures et planchers en appliquant l'isolant par l'intérieur. Cette option est intéressante lorsqu'on ne souhaite pas toucher à la façade globale extérieure ou lorsqu'il s'agit d'une rénovation partielle.</p>
<p>Murs intérieurs non intégrés à l'enveloppe interne</p> 	<p>L'isolation thermique des murs intérieurs : Un site industriel présente différents espaces qui peuvent être les ateliers, les bureaux, des zones de stockage ...</p> <p>Certaines de ces zones sont chauffées (par exemple les bureaux et les ateliers), alors que d'autres ne le sont pas nécessairement (par exemple, des zones de stockage). Lorsque ces espaces sont dans le même bâtiment et séparés par des murs intérieurs, il conviendra de se poser la question de leur isolation (et d'un éventuel renforcement des performances thermiques des portes existantes sur ce mur).</p> <p>Le cas se rencontre également pour un mur séparant une zone chauffée (ex : un atelier) d'un plénum non chauffé d'une autre zone chauffée (ex : les bureaux). Le gain énergétique doit être évalué au regard du coup de mise en œuvre</p>

Éléments considérés	Descriptif
<p>Les faux plafonds</p> 	<p>Il s'agit de plafonds suspendus, situés sous le plafond principal. Ils sont généralement constitués de matériaux légers fixés sur une structure métallique. Le recours à ces faux plafonds et leur isolation doit être mené en prenant en compte un certain nombre d'éléments (voir tableau ci-après).</p>
<p>Les menuiseries</p> 	<p>Cela concerne la condamnation ou le remplacement des menuiseries existantes (portes, fenêtres).</p>

Présentation des techniques et éléments à prendre en compte

Les travaux relatifs à ces éléments font ressortir un certain nombre **d'avantages et de points d'attention** présentés pages suivantes.

Éléments considérés	Avantages	Points d'attention
	<p>Amélioration de la performance thermique globale et de l'inertie*</p> <p>Permet de traiter une majorité des ponts thermiques</p> <p>Intéressant lors d'un ravalement de façade</p> <p>Pas de perte de surface utile</p> <p>Pas d'obligation de quitter le bâtiment lors des travaux</p> <p>Amélioration générale du confort des occupants et performance meilleure que par une isolation par l'intérieur</p>	<p>Perte éventuelle du caractère originel du bâtiment (façade) peu impactant pour les bâtiments industriels</p> <p>Reprise des gouttières et descente d'eau de pluie</p> <p>Globalement plus chère qu'une ITI</p> <p>Diminution de la luminosité (suivant l'épaisseur mise en œuvre et les caractéristiques des fenêtres)</p>
	<p>Amélioration de la performance thermique globale</p> <p>Suppression de la sensation de paroi froide.</p> <p>Facile et rapide à mettre en œuvre.</p> <p>Amélioration du confort acoustique intérieur.</p> <p>Coût moins élevé que pour l'isolation par l'extérieur</p>	<p>Réduction de la surface utile (mais peu impactant pour une industrie)</p> <p>Création ou augmentation de l'impact des ponts thermiques</p> <p>Révision parfois nécessaire de la distribution électrique (prises, interrupteurs, chauffages, etc.).</p> <p>Infiltration et fissures en façade à réparer en amont.</p> <p>Travaux à réaliser dans des locaux vidés de leurs occupants.</p> <p>Moins favorable au confort estival</p> <p>Problématique de condensation et d'inconfort d'été conséquent dans le cas d'une isolation de murs sandwich (attention au choix de l'isolant)</p>
	<p>Amélioration du confort des occupants</p> <p>Diminution des besoins de chauffage de la zone chauffée</p> <p>Diminution éventuelle des courants d'air (dans le cas du remplacement de portes intérieures).</p>	<p>Intérêt dans le cas où le delta de température entre deux zones est élevé.</p> <p>Le coût associé à cette action ne permet pas toujours un temps de retour sur investissement intéressant.</p>

Éléments considérés	Avantages	Points d'attention
	<p>La création d'un faux-plafond isolé permet de rénover la toiture sans y apporter d'isolation</p> <p>Diminution du volume d'air à chauffer ou à rafraîchir dans les locaux</p> <p>Diminution des déperditions thermiques</p> <p>Diminution de l'écart de température sol/plafond (particulièrement dans les ateliers de grande hauteur), dû à la stratification de l'air ;</p> <p>Amélioration du confort d'hiver.</p>	<p>Suppression des apports de lumière naturelle par le plafond.</p> <p>Fixe la hauteur sous plafond (être sûr que la totalité de la hauteur sous plafond ne sera pas utilisée à l'avenir, sinon il faudra déposer le faux plafond et isoler la toiture par l'extérieur).</p> <p>Suivant la configuration des locaux, cette action peut nécessiter la réalisation de travaux complémentaires susceptibles d'impacter lourdement le budget (pose d'une ossature primaire, déplacement des réseaux en place ...)</p>
	<p>Diminution des déperditions de chaleur et augmentation de l'étanchéité à l'air du bâti ;</p> <p>Augmentation du confort hivernal (meilleure étanchéité à l'air)</p> <p>Possibilité d'augmentation du confort estival avec le choix de vitrages limitant l'effet de serre</p>	<p>Dans le cas d'une ITE, il est conseillé de positionner les nouvelles menuiseries au nu extérieur, c'est-à-dire contre le mur extérieur. Dans ce cas, il pourra y avoir des travaux complémentaires à réaliser comme la découpe de l'appui maçonné existant, la réalisation de précadres.</p>

Avantages et points d'attention des solutions d'isolation

L'entreprise à partir de laquelle est réalisé ce livrable a étudié l'option d'une isolation thermique par l'extérieur car il s'agissait d'une rénovation lourde de son site industriel.

Les catégories d'isolants

Les isolants disponibles sur le marché se répartissent en trois grandes catégories :

- **Les matériaux biosourcés** : issus du vivant, ils sont d'origine animale ou végétale, largement composés de ressources renouvelables et valorisant les coproduits de l'agriculture ou de l'industrie du bois ;
- **Les isolants minéraux** : constitués principalement de ressources minérales, sous forme de laine de verre ou de roche ;
- **Les isolants synthétiques** : issus de l'industrie pétrochimique et provenant donc de ressources non renouvelables (polyuréthane, polystyrène).

Les isolants peuvent être comparés selon plusieurs critères :

- Des indicateurs thermiques (masse volumique, déphasage thermique ...) ;
- Des indicateurs environnementaux (cycle de vie, consommation d'énergie ...) ;
- Le cadre normatif (réaction au feu, certifications, assurances ...).

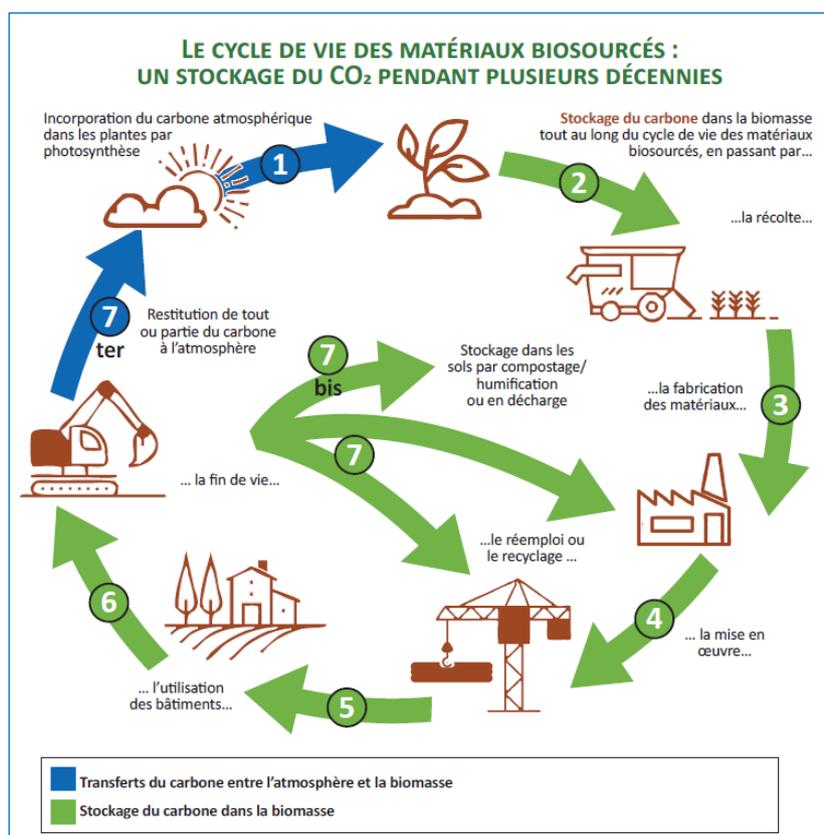
Une comparaison entre les différents isolants du point de vue bilan carbone et énergie grise est présentée en annexe 2. Il apparaît que les **isolants biosourcés ont un meilleur bilan environnemental que les autres isolants**. La Région Hauts-de-France préconise l'utilisation de ce type de matériau, plus écologique et permettant le développement de certaines filières locales (optimisation de sous-produits agricoles notamment) dans une logique d'économie circulaire et de valorisation de biomasse régionale (bois, paille de céréales, lin, chanvre). Le présent document se focalisera donc essentiellement sur ces types d'isolants. Les avantages sont l'augmentation du confort estival dans le cas d'une mise en œuvre de matériaux lourds type béton de chanvre ou briques de lin (apport d'inertie*) et l'augmentation du confort hivernal.

Focus sur les isolants biosourcés

Définition

Les matériaux biosourcés sont les matériaux partiellement ou totalement issus de la biomasse¹, tels que le **bois** (bois d'œuvre et produits connexes), **la paille le chanvre, les anas de lin, la laine de mouton le colza, le miscanthus, le liège, la rafle de maïs, le roseau, la balle de riz ...**

Certains matériaux biosourcés sont également issus du réemploi ou de la revalorisation de déchets, de sous-produits et de co-produits, tels que **la ouate de cellulose, les textiles recyclés (métisse), le bois de palette, le carton....** Ils s'inscrivent alors dans une logique d'économie circulaire.



Cycle de vie des matériaux biosourcés – Source : Ministère de la Transition écologique et Solidaire

¹ Définition selon la norme EN 16575. Bien qu'à l'heure actuelle il n'existe pas de teneur minimale en biomasse permettant de qualifier un matériau de « biosourcé », le label « bâtiment biosourcé » définit des taux minimaux d'incorporation de biomasse dans les constructions qui bénéficient de cette certification

Les avantages de valoriser ainsi la biomasse pour en faire des matériaux biosourcés sont nombreux :

- Ressources importantes ;
- Peu de conflits d'usage avec d'autres filières ;
- Source de revenu supplémentaire pour la filière agricole ;
- Préservation des ressources minérales et fossiles (granulats, sables) ;
- Pendant la culture, préservation et reconquête de la biodiversité ;
- Réservoir de carbone bon pour le climat ;
- Biodégradables > fin de vie, régénération des sols ou biogaz si mis en décharge.

Présentation de quelques isolants biosourcés

Les matériaux de construction biosourcés sont très diversifiés, de par leur nature, leur mise en œuvre, leur volume ...

Des ressources documentaires existent sur le sujet sur les sites suivants :

- www.cd2e.com
- www.rfcp.fr
- CODEM (www.batlab.fr)
- <https://www.construire-en-chanvre.fr>
- FIBOIS (www.bois-et-vous.fr)

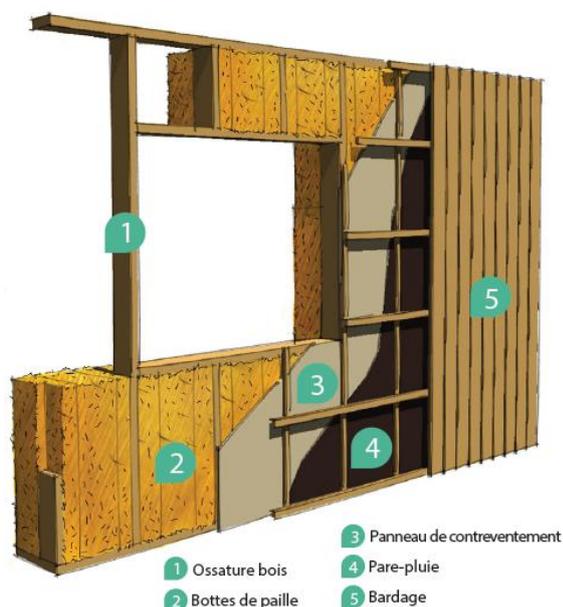
Les caractéristiques de quelques matériaux biosourcés sont présentées dans le tableau pages suivantes.

Matériaux biosourcés	Principales caractéristiques
<p>La Paille</p> 	<p>La paille de blé est majoritairement utilisée dans la construction, sous la forme de bottes de paille (remplissage d'ossatures porteuses) ou d'un enduit terre / paille. Parmi ses qualités :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matériau largement disponible en région, issu d'une ressource locale et représentant une source de revenu d'appoint pour les agriculteurs, - Excellent isolant thermique en hiver comme en été, - Très bon isolant acoustique, - Le meilleur bilan environnemental des matériaux biosourcés. <p>Cette filière s'appuie sur près de 80 professionnels formés (formation PRO-PAILLE sur la base des règles professionnelles de construction en paille de blé). Sa classe de résistance au feu* est E mais devient B après un enduit chaux sable. Il existe un collectif paille animé par le CD2E avec pour objectifs l'approvisionnement et la fourniture de paille de qualité constructive par les agriculteurs.</p>
<p>Le béton de chanvre</p> 	<p>Le chanvre peut être utilisé sous différentes formes : le béton préfabriqué intégrant la chènevotte, le béton projeté ou banché, les enduits, la chènevotte en vrac et la laine de chanvre.</p> <p>Le béton de chanvre a la qualité d'apporter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un très bon confort estival, - une bonne isolation acoustique, - un très bon bilan environnemental - une bonne résistance au feu*. <p>Qu'il soit banché ou projeté, des règles professionnelles Chanvre encadrent les différents usages du béton de chanvre. Des professionnels sont formés en région et des opérations démonstratives font la preuve du concept de ce système constructif.</p>
<p>Le béton de lin</p> 	<p>Le béton de Lin (isolant non porteurs et porteur) possède caractéristiques similaires au béton de chanvre. Les éléments préfabriqués en béton de lin pour l'isolation sont en phase de développement en région Hauts-de-France.</p> <p>Avoir recourt à des éléments en béton de lin contribue au développement d'une filière régionale en émergence, soutenue par la Région. Son utilisation peut faire du bâtiment un site démonstrateur.</p> <p>La brique de lin Bâtilin est développée en région par la coopérative la Linière de Bourbourg.</p> <p>Les anas de lin peuvent être également utilisés en vrac pour l'isolation des combles et en mélange avec de la chaux pour du béton projeté.</p>
<p>Le béton de colza</p>	<p>Des expérimentations sont en cours pour caractériser le béton de colza sous forme de béton préfabriqué ou projeté. Il possède des caractéristiques thermiques identiques à celles des bétons de lin et de chanvre</p> <p>Une réflexion est engagée avec les coopératives agricoles pour structurer une filière régionale pour fournir des granulats répondant aux exigences du bâtiment.</p>

Matériaux biosourcés	Principales caractéristiques
<p>Le Métisse</p> 	<p>Métisse® est une gamme d'isolation thermique et acoustique en coton recyclé pour le bâtiment, produit en Hauts-de-France.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excellent isolant thermique en hiver comme en été, - Très bon isolant acoustique grâce au coton qui le compose. <p>Il s'appuie sur une filière de l'Economie Sociale et Solidaire.</p> <p>Son bilan environnemental est légèrement moins vertueux que la paille, le lin et le chanvre. Il présente une classe de résistance au feu E et une certification ACERMI.</p>
<p>La ouate de cellulose</p> 	<p>Elle est composée à 85 % de produits biosourcés (journaux ou cartons recyclés défibrés). Divers agents sont ajoutés à hauteur de 10 à 15% afin de traiter l'ensemble contre les risques d'incendie et de moisissures notamment.</p> <p>Elle présente un très bon confort d'été et d'isolation acoustique. Elle offre un prix très compétitif, une classe de résistance au feu B, dispose d'avis techniques pour la plupart des produits et d'une certification ACERMI pour le vrac.</p> <p>Il n'existe pas à ce jour de production en région Hauts-de-France.</p>
<p>La fibre de bois</p> 	<p>Elle est surtout utilisée sous forme de panneaux. Elle présente un très bon confort d'été et apporte une bonne régulation de l'humidité. Néanmoins, elle nécessite beaucoup d'énergie lors de sa production. Elle présente une classe de résistance au feu E, ainsi qu'une certification ACERMI sur de nombreux produits.</p> <p>Il n'existe pas à ce jour de production en région Hauts-de-France.</p>

Présentation des caractéristiques de quelques matériaux biosourcés

Des matériaux souvent associés à une ossature bois



Pour l'isolation des murs, suivant l'isolant choisi et l'esthétique souhaitée du projet, **la mise en place d'une ossature bois et/ou d'un bardage bois pourra être envisagée**. Il existe des filières régionales (peuplier pour l'ossature, aulne pour le bardage), et dont le surcoût peut être couvert par la Région.

Association avec du bois local

Les bois sont tous différents et ont donc tous des caractéristiques leur permettant d'être plus performants dans certaines utilisations que dans d'autres. Le tableau ci-après mentionne les différents bois d'essences régionales et leurs principales utilisations.

Essences locales	Utilisation
Aulne	Bardage/ Aménagement intérieur / Aménagement extérieur / Parquet, lambris
Châtaignier	Bardage / Aménagement intérieur / Aménagement extérieur / Parquet, lambris / Menuiserie extérieure / Structure
Chêne	Bardage / Aménagement intérieur / Aménagement extérieur / Parquet, lambris / Menuiserie extérieure / Structure
Douglas	Bardage / Aménagement intérieur / Aménagement extérieur / Parquet, lambris / Menuiserie extérieure / Structure
Frêne	Aménagement intérieur / Parquet, lambris
Hêtre	Aménagement intérieur / Parquet, lambris / Structure

Essences locales	Utilisation
Mélèze	Bardage / Aménagement intérieur / Aménagement extérieur / Parquet, lambris / Menuiserie extérieure / Structure
Peuplier	Bardage / Aménagement intérieur / Parquet, lambris / Structure
Robinier	Bardage / Aménagement extérieur / Menuiserie extérieure

Bois régionaux et leurs principales utilisations (Source : <https://www.bois-et-vous.fr>)

C. Précautions de mise en œuvre

Le choix des isolants à mettre en œuvre s'appuiera sur une étude des coûts, de la volonté de participer aux développements de filières régionales, des aides régionales, des critères de performances thermiques et environnementales recherchées ... Les acteurs régionaux pouvant aider dans cette démarche ainsi que les aides sont présentés dans la partie « Acteurs et dispositifs régionaux ».

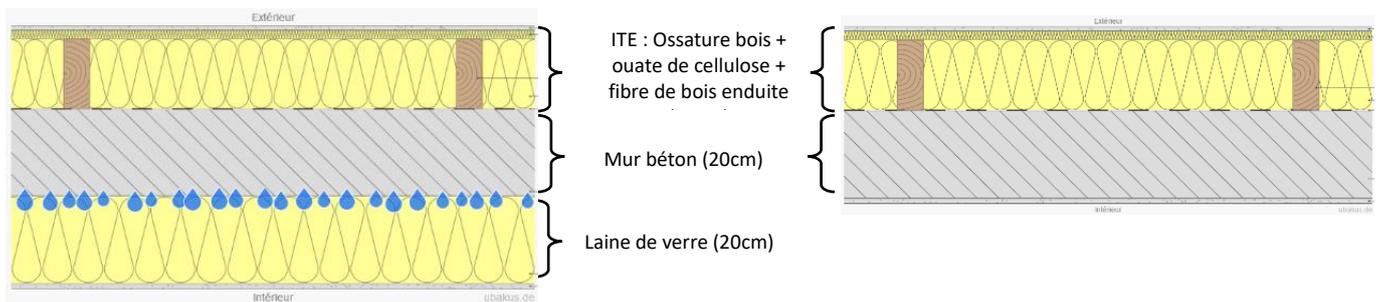
Sont présentés ici quelques conseils de mise en œuvre concernant les différents éléments du bâti évoqués précédemment, et issus du retour d'expérience de l'entreprise accompagnée.

Ces précautions présentées ci-après concernent :

- L'Isolation Thermique par l'Extérieur
- L'isolation thermique des murs intérieurs
- L'isolation des faux plafonds
- Les menuiseries

Conseils en lien avec l'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE)

- Afin de limiter l'importance du pont thermique entre le plancher bas et le mur isolé par l'extérieur, il est préconisé de **prévoir une descente d'isolant en façade d'à minima de 40 cm**, accompagné d'une protection mécanique tout le long de la descente.
- Si une isolation intérieure était déjà présente dans les locaux (ex : une laine minérale), suivant son épaisseur et sa composition, il pourra s'avérer nécessaire de la retirer pour éviter tout risque de condensation entre l'isolant et le mur en hiver. Ci-dessous une illustration avec pour exemple une ITE avec ouate de cellulose et fibre de bois enduite, associée à une ossature bois, et la présence d'une laine de verre initialement présente en isolation intérieure :



Évolution du taux d'humidité dans la paroi après isolation par l'extérieur (pour une température extérieure de 0°C) :



- Lors de la mise en place d'une isolation (intérieure comme extérieure), une attention particulière devra être portée sur l'étanchéité à l'air et la gestion de la vapeur d'eau dans la paroi en choisissant des matériaux adaptés à la composition du mur existant et au type de pose choisie (pose de membrane d'étanchéité à l'air, pare-vapeur ou frein vapeur, type d'isolant ...).

Conseils sur l'isolation thermique des murs intérieurs

Pour rappel, il s'agit de murs séparant des zones chauffées (par exemple les bureaux et les ateliers) d'autres zones qui ne le sont pas nécessairement (par exemple, des zones de stockage) au sein d'un même bâtiment.

Le cas se rencontre également pour un mur séparant une zone chauffée (ex : un atelier) d'un plénum non chauffé d'une autre zone chauffée (ex : les bureaux).

Les isolants biosourcés régionaux adaptés à l'isolation thermique des murs intérieurs sont :



Le choix du matériau dépendra de la contrainte d'épaisseur maximale à ne pas dépasser. Par exemple, dans le cas de murs pour lesquels il n'y a pas de contraintes d'épaisseur maximale, et où il est nécessaire d'apporter de l'inertie* au bâtiment, **l'idéal serait plutôt de se tourner vers des isolants lourds type brique de lin ou béton de chanvre**. A l'inverse, si une contrainte de place était observée, le Métisse sera plus adapté.

Pour rappel, la **brique de lin** confèrera au bâtiment un caractère démonstrateur, en aidant au développement d'une filière locale. Mettre en œuvre ce matériau dans une entreprise sur des murs intérieurs permettra de minimiser les risques liés au lancement d'une filière naissante via l'application sur une zone ciblée, moins exposée et moins exigeante en termes de performances que les murs extérieurs.

Conseils sur l'isolation thermique des faux plafonds

Un faux plafond classique fixé sur ossature métallique peut généralement supporter un poids surfacique maximum d'isolant de 6kg/m^2 .

Cette valeur va conditionner le choix de l'isolant car à poids surfacique équivalent, la capacité à isoler du froid pourra être deux à trois fois plus élevée suivant le matériau :

Matériaux (rouleaux ou panneaux semi-rigides)	Pour 6kg/m^2 ³				Réaction au feu* ⁴	Caractère local (sites de production connus)
	R* max ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$)	Déphasage* (heures)	Epaisseur (cm)	Coût matériau (€TTC/m^2)		
Ouate de cellulose	3,1	4,0	11	16,7	C à F	Aquitaine
Métisse	6,2	5,0	24	28,3 (27,6 pour R=6)	E	Région (Pas-de-Calais)
Fibre de bois	3,0	3,2	10	11,4	E-F	Lot-et-Garonne, Loire, Vosges
Laine de mouton	8,8	7,0 (4,8 pour R=6)	33 (23 pour R=6)	33,6 (25,6 pour R=6)	B à E	Midi Pyrénées, Tarn, Région (en développement)
Lin	8,1	5,8 (4,3 pour R=6)	30 (22 pour R=6)	37,3 (27,6 pour R=6)	C à F	Vendée, Tarn
Laine d'herbe	3,8	4,4	15	NC	E	Belgique

² Source : L'intégrale Placo, Saint Gobain, 2019.

³ Attention, ces valeurs sont très variables suivant les fabricants pour un même matériau.

⁴ A noter que ces valeurs qualifient uniquement le matériau brut et non le faux plafond dans son intégralité.

Paille de riz	3,1	4,2	12	9,6	E	Ain
Chanvre	6,2	5,2	24	32,8	E-F	Vendée, Maine et Loire

Récapitulatif des caractéristiques des matériaux biosourcés (à destination des faux plafonds) suivant leur poids surfacique

Dans le cas d'une contrainte de poids < 6kg/m², imposée par la pose d'un faux plafond, il apparaît donc intéressant de privilégier l'un des quatre isolants suivants :



Concernant **les dalles du faux plafond**, il existe des alternatives aux dalles minérales classiques :

PANNEAUX AGGLOMÉRÉS DE FIBRES VÉGÉTALES	BOIS / LAINE DE BOIS	LIÈGE
		
<ul style="list-style-type: none"> • Composés le plus souvent de fibres de bois (voir éventuellement le marché des anas de lin) • Constitués le plus souvent de magnésie importée de Grèce ou de {chaux + ciment} ou {plâtre + ciment}, consommateur d'énergie grise. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabrication française existante • 2 à 6 fois plus cher que des dalles classiques • Produit plus lourd 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu répandu • Fabricant italien

Quelques points d'attention peuvent être cités, en complément de ceux évoqués précédemment, quant à la mise en place d'un faux plafond. En effet, la pose de faux plafond peut être facteur de pathologies liées à la formation de condensation en hiver. Afin d'éviter cela, il est conseillé de :

- Rénover l'ensemble des couvertures sans y apporter d'isolation complémentaire ;
- Mettre en place une ventilation naturelle des plénums par la création d'entrées d'air.

Conseils sur les menuiseries

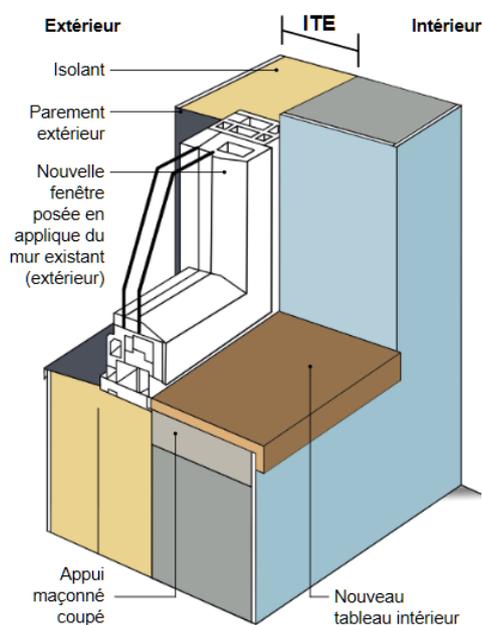
Pose des menuiseries

Une filière proposant des **menuiseries en bois local** existe en région (menuiseries en carrelet de chêne venant de scieries de l'Oise et de la Somme). Le surcoût de ces menuiseries est assez faible par rapport à une menuiserie en bois non régional, et peut être pris en charge par la Région.

Ce poste doit être mené simultanément avec la réalisation de l'isolation des murs, ce qui permettra de limiter les ponts thermiques (en intégrant le dormant de la menuiserie dans l'isolant), et d'améliorer la transmission de chaleur et de lumière.

Ce poste devra également être pensé pour être compatible avec le système de ventilation choisi (intégration d'entrées d'air compatibles dans la menuiserie).

Le schéma suivant indique la position de la menuiserie au nu extérieur, technique conseillée pour limiter les points thermiques dans le cadre d'une ITE :



Pose d'une menuiserie au nu extérieur (Source : « Isolation thermique et matériaux biosourcés » Construire-solidaire.fr)

Le traitement de l'étanchéité à l'air doit être inclus dans les travaux et décidé avant la signature des devis. Les menuiseries (ainsi que les éventuels coffres de volets roulants) sont un point particulièrement critique pour l'étanchéité à l'air. Celle-ci doit être anticipée dès la conception (définition d'un plan d'étanchéité) et suivie lors du chantier par le maître d'œuvre.

Protections solaires

L'installation de protections solaires efficaces permettra :

- Un gain de confort estival ;
- La limitation de l'usage d'éventuels ventilateurs ou climatiseurs d'appoint.

Selon l'orientation des façades, différents équipements peuvent être mis en œuvre :

- En façade **Sud**, la pose de **protections solaires horizontales** (type brise soleil, casquettes, pergolas ...) dimensionnées de manière à bloquer le rayonnement solaire direct en été mais pas en hiver ;
- En façade **Est ou Ouest**, la pose de **protections solaires verticales extérieures** type screen ou store (les protections solaires horizontales n'ayant qu'une efficacité limitée pour ces orientations).



▲ Brise soleil horizontal fixe



▲ Stores enroulable extérieurs à toile



▲ Stores extérieurs à lames repliables et orientables

D.Retours d'expérience en Région

Les constructions ayant recours au mode de construction paille en Région Hauts de France se développent, autant pour des bâtiments communaux (écoles, salles des fêtes, maison des entreprises, salles de sport...) que pour des bâtiments industriels. Les projets sont accompagnés financièrement par la Région pour amortir des surcoûts de construction (voir partie « Les acteurs et dispositifs régionaux »).

L'Oréal – Usine Sicos



Préfabrication des éléments en atelier

L'usine Sicos à Caudry, propriété du groupe l'Oréal et spécialisée dans la fabrication de produits cosmétiques, aménage un bâtiment de stockage de 3000 m² isolé en paille.

Le groupe scolaire Jules Ferry à Aulnoy-Lez-Valenciennes (paille)



Crédit photo : La Voix du Nord

Utilisation de 11 000 ballots de paille pour la rénovation. Le bâtiment est une ancienne école des années 60 rénovée, à laquelle a été ajoutée une extension, pour une surface totale de 3 650 m² SHON. L'ensemble de la toiture et des murs ont été réalisés en caissons botte de paille (ITE avec des caissons bois / paille). Le projet combine une ventilation naturelle activée très basse pression, des vitrages parietodynamiques, de la géothermie de surface, quatre pompes à chaleur modulaires. L'école est en fait un bâtiment positif qui a la capacité d'alimenter quelques bâtiments limitrophes en énergie, (l'alimentation en chauffage d'un bâtiment sportif est notamment prévue).

Le chantier a démarré en mars 2016 et a été livré en décembre 2018, pour un coût de 1 528€/m² de SHOB, désamiantage et VRD compris.

Réhabilitation de la salle communale de Noyant-et-Aconin (paille)



Crédit photo : La Voix du Nord

La salle construite en 1993 était devenue inconfortable. Les travaux ont visé à améliorer les usages et les performances thermiques et acoustiques. La maîtrise d'ouvrage a suivi avec enthousiasme la démarche d'écoconstruction proposée par les architectes.

Les caissons de façades et toiture ont été préfabriqués en ossature de peuplier et bottes de paille locales. A l'extérieur, les façades sont en bardage d'aulne et en pierres de taille de Noyant. A l'intérieur, l'habillage en panneaux de bouleau est complété par des panneaux acoustiques en ouate de coton recyclée. La géothermie sur sonde permet d'utiliser les calories du sol pour le chauffage via radiateurs et batterie chaude sur la ventilation double flux. Les matériaux et techniques choisis pour leurs qualités écologiques, sanitaires sont aussi économiques.

Réhabilitation énergétique de l'hôtel des projets (Venette, 60)



Crédit photo : Fibois

Ce bâtiment de 1972 très peu isolé a fait l'objet d'une réhabilitation énergétique. Les murs extérieurs sont en panneaux ossature bois peuplier isolés en fibre de bois. Le bardage est en bois d'aulne et plaque de bardage synthétique.

Réhabilitation et extension des bureaux de l'entreprise VIVENERGIE (Anzin, 59)



Crédit Photo : Fibois

L'opération a consisté en la réhabilitation et l'extension des bureaux de l'entreprise VIVENERGIE, site construit dans les années 50.

Une ITE en laine et fibre de bois a été réalisée sur la partie existante. Les murs sont en ossature bois visibles de l'intérieur et contreventés par l'extérieur, isolés en fibre de bois. Les menuiseries sont en bois chêne local double vitrage peu émissif. Il y a également des énergies renouvelables.

2. Amélioration de l'efficacité énergétique des équipements (hors process)

A. Intérêts d'une amélioration de l'efficacité énergétique des équipements (hors process)

Les équipements hors process d'un bâtiment industriel concernent essentiellement 5 postes :

- Chauffage
- Climatisation
- Eclairages
- Eau chaude sanitaire
- Electricité des auxiliaires (pompes et ventilateurs).

L'amélioration de ces postes participera à la performance énergétique du site, au même titre que le travail sur l'enveloppe, mais va également permettre au bâtiment de s'adapter :

- **À sa nouvelle enveloppe (surchauffe, qualité d'air...) :**

Dans un bâtiment demandant à être rénové, le renouvellement d'air est souvent assuré par l'ouverture des portes, fenêtres et des registres situés en toiture, ou par les infiltrations d'air liées à la faible étanchéité du bâti.

Les actions mises en place pour l'amélioration thermique des bâtis vont impliquer une **augmentation de cette étanchéité à l'air** (limitation des entrées d'air parasites), et une **limitation de l'évacuation de l'air chaud intérieur**.

C'est pourquoi, si des mesures d'amélioration de l'enveloppe du bâtiment sont entreprises, il sera impératif de mettre en place un **système de renouvellement d'air adapté** (associé à une gestion spécifique en été) afin de garantir une **bonne qualité d'air pour les occupants** mais aussi **de limiter d'importants risques de surchauffe** dus à la chaleur dégagée par le process.

Suivant la quantité de chaleur dégagée par le process, les actions de type isolation des murs, pose d'un faux plafond isolé, ou remplacement des menuiseries pourront ne pas s'avérer judicieuses. Une modélisation thermique de type « Simulation Thermique Dynamique (STD) » permettra de lever les éventuelles incertitudes.

La **simulation thermique dynamique**, ou STD, permet de simuler de manière réaliste les **échanges thermiques** dans un bâtiment au pas de temps horaire. Elle prend en compte l'ensemble des phénomènes ayant une influence significative sur la thermique du bâtiment (conditions extérieures, usages du bâtiment, enveloppe et inertie du bâtiment, apports de chaleur internes ...). Elle permettra donc de modéliser précisément l'évolution du confort d'été (température maximale atteinte, pourcentage d'inconfort, etc.).

- **À l'emploi de sources d'énergies renouvelables** (détaillé dans la partie suivante) :

La mise en place d'énergies renouvelables sur le site, comme par exemple l'emploi de la géothermie très basse énergie, nécessitera une adaptation des systèmes en place, notamment avec l'installation d'émetteurs de chaleur compatibles et avec la possibilité de rafraîchir les bâtiments en été.

B. Actions sur l'éclairage

Pour certains secteurs industriels, le poste éclairage peut s'avérer être plus énergivore que le poste chauffage. Lorsqu'il n'est pas optimisé, l'éclairage en industrie représente donc souvent un levier important de réduction des consommations énergétiques, n'impliquant pas de travaux lourds et présentant des temps de retour sur investissement réduits.

Avant toute mise en place d'actions, il conviendra de réaliser au préalable un diagnostic et des études afin de définir au mieux le type d'amélioration à mettre en place. En effet, suivant l'activité de l'entreprise, il peut y avoir une réelle importance à la qualité de l'éclairage (rendu des couleurs, fatigue oculaire ...). Cette étape permettra de cibler les pistes d'économies d'énergie qui peuvent être, telles que :

- Relamping LED,
- Pose de réflecteurs plus performants,
- Limitation du sur-éclairage,
- Sélection des zones éclairées,
- Pose de détecteurs de présence dans les locaux ou parties de locaux occupés de manière intermittente (tels que des zones de stockage, des vestiaires, certains bureaux et salles de réunion, certains postes process équipés d'éclairages spécifiques etc.).
- Adaptation à la lumière naturelle ...

Ici, dans le cas de l'entreprise accompagnée, il a été préconisé la mise en place de LED pour l'éclairage extérieur comme intérieur. Les avantages sont les suivants :

- Diminution du coût de maintenance (la durée de vie des LED est plus élevée) ;
- Consommations réduites ;
- Augmentation du confort visuel.

Il existe des solutions d'éclairage LED adaptées à l'extérieur (projecteurs LED) et aux faux plafonds.



Pose de projecteurs LED classiques en extérieur



Pose de pavés LED à encastrer dimmables, afin que l'éclairage artificiel s'adapte automatiquement à l'apport de lumière naturelle.



- Toujours dans cette optique de minimiser les puissances d'éclairages mobilisées, il est préconisé de privilégier les couleurs claires pour le plafond, les murs et le mobilier lors des travaux de rénovation.

C.Actions sur les installations de chauffage et de rafraîchissement

Emission de chauffage et de rafraîchissement

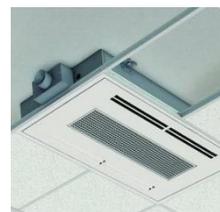
Le choix des modes de chauffage devra être réfléchi suivant un ensemble de critères propres au site (qualité thermique du bâti, hauteurs sous plafond, taux de renouvellement d'air, température de confort à adopter, occupation etc.). Dans le cas d'une installation d'une énergie renouvelable thermique, ils devront également être adaptés à la nouvelle génération.

Dans ce document, **il sera considéré pour exemple le cas d'une génération de chaleur et de froid assurée par une pompe à chaleur géothermique sur nappe en remplacement des chaudières gaz en place.**

Cette action peut induire le remplacement des émetteurs de chauffage, notamment si ceux-ci fonctionnent à haute température.

Voici deux exemples d'équipements réversibles (qui vont permettre de fournir de la chaleur en hiver et du rafraîchissement en été), fonctionnant à basse température, recommandés pour cet exemple :

- **Les ventilo-convecteurs fonctionnant à basse température** (ou radiateurs réversibles basse température) :



- **Les plafonds rayonnants hydrauliques réversibles :**



Distribution et régulation de chauffage, dans le cadre d'une installation géothermique

Les recommandations faites à l'entreprise dans le cadre de l'adaptation de son installation à un système de pompe à chaleur géothermique sont :

- Une **révision globale du cheminement des réseaux** de chauffage et de leur calorifugeage afin de diminuer les pertes liées à la distribution ;
- Lors du remplacement de la génération et des émetteurs, un **nouveau système de régulation** peut être installé. Il a été préconisé :
 - La dissociation de la régulation terminale des zones dont les plages d'occupation sont différentes ;
 - La mise en place d'un **optimiseur de relance**. Ce système est dit « auto-adaptatif » : il va s'adapter à l'inertie* du bâtiment, aux conditions climatiques extérieures et au rythme de vie du bâtiment, de manière à ajuster chaque jour le moment où le chauffage est coupé et enclenché pour atteindre à l'heure d'occupation (et uniquement à cette heure), la température adéquate.

La régulation est un point clé dans la réussite d'un projet de géothermie, qui est très souvent négligé (70 à 80% des installations n'étant pas optimales sur ce point).

Une attention particulière devra donc être portée sur **l'asservissement de la pompe à chaleur et des forages de pompage aux besoins du bâtiment** de manière à puiser l'énergie minimale nécessaire à chaque instant. Une **régulation par loi d'eau** est préconisée.

Cette attention sur la régulation permet de :

- Diminuer les consommations d'énergie ;
- D'augmenter les performances du système ;
- D'augmenter significativement la durée de vie des composants du système ;
- De limiter l'importance de la maintenance (limitation de l'oxygénation de l'eau qui peut entraîner des colmatages).

Installation d'un système de renouvellement d'air adapté

Le renouvellement d'air est préconisé pour les locaux pour lesquels un traitement de l'étanchéité à l'air est prévu (via l'ITE et le remplacement des menuiseries). Il n'est pas nécessairement conseillé d'installer ce système dans des locaux peu rénovés ou subissant des entrées d'air fréquentes (par des ouvertures de portes sectionnelles par exemple).

Ce type de système présente des avantages et des inconvénients :

Avantages	Inconvénients
Bonne qualité de l'air intérieur (préservation de la santé et de la productivité des occupants)	Consommations électriques complémentaires (à fortiori en été en cas de sur-ventilation nocturne)
Permettra l'évacuation de la chaleur dégagée par les moteurs électriques du process	
Fonctionnement nocturne estival (« freecooling ») permettant un apport de fraîcheur qui sera bénéfique en journée (limitation du recours à la climatisation).	Coûts de maintenance complémentaires

Dans le cas où le process n'est pas (ou peu) émetteur de polluants, il peut être envisagé un **système de ventilation générale**.

Les installations de **ventilation mécanique modulée** ont l'avantage de faire varier les débits de ventilation de manière à fournir le débit approprié au moment où il est nécessaire. Cela va permettre d'améliorer le confort des occupants mais aussi de limiter les pertes thermiques et les consommations électriques superflues des ventilateurs.

La pertinence de l'installation sera d'autant plus grande que les quantités de polluants à évacuer seront variables dans le temps et que le débit total à moduler sera important.

La modulation des débits est rendue possible par la pose d'un ensemble de capteurs (qui détectent la variation des quantités de polluants dans un volume), associés à un système de pilotage (GTC ou système autonome) assurant la gestion du fonctionnement du ventilateur et des différents organes permettant la variation des débits. Suivant la nature des polluants à évacuer, le choix des capteurs sera à adapter.

Par ailleurs, un **fonctionnement possible en sur-ventilation** sera important pour rafraîchir les locaux lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure, devenue trop élevée.

Le fonctionnement en sur-ventilation nocturne aura un intérêt accru si le bâtiment gagne en inertie.

3. Amélioration de la gestion énergétique

A. Gestion énergétique des équipements techniques du bâtiment

Les actions en lien avec la gestion énergétique s'inscrivent dans une logique de rénovation globale : **elles sont à mettre en place conjointement avec les actions liées à la qualité thermique des bâtis et celles en lien avec l'efficacité énergétique des équipements** (présentées précédemment).

Cela permettra de garantir le maintien du confort des occupants tout en permettant la réduction des consommations énergétiques sans investissements conséquents ni travaux de grande ampleur.

Les actions préconisées sont donc :

- La **pose de thermostats non accessibles à tous** (permettant de maintenir le respect de la consigne de température) ;
- **L'adaptation des consignes de température aux usages**. Les températures suivantes peuvent servir de repère concernant les températures idéales par type de locaux :
 - Locaux à activité physique légère (ateliers) : 18 à 20°C⁵
 - Bureaux : 20-22°C⁶
 - Douches et vestiaires : 20 à 23°C⁷.
- La révision de la **programmation du chauffage par zones** : dissociation bureaux / atelier / logistique, en fonction des horaires d'occupation.

De manière générale, il est conseillé de :



- **Renforcer les niveaux de suivi et de maintenance des installations** (nettoyage périodique des luminaires, maintenance régulière du système de production et de distribution d'air comprimé, intégration d'une clause de performance énergétique dans le contrat d'exploitation des équipements de chauffage...)
- **Sensibiliser les usagers** à la bonne gestion des équipements

⁵ Brochure sur la conception des lieux de travail – Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail

⁶ Norme X35-203 (mars 2006)

B. Amélioration de l'efficacité énergétique du process

Mise en place d'un plan de sous-comptage et d'une comptabilité énergétique

Prendre connaissance de la courbe de charge du site et suivre son évolution (disponible sur demande auprès du fournisseur d'électricité ou d'Enedis pour les compteurs >250kVA) constitue un premier pas vers la connaissance du site. Cela permettra d'optimiser le contrat d'électricité (diminution de la puissance souscrite, évitement des dépassements...), et de repérer les consommations électriques anormales.

Un **système de comptage énergétique** permettra ensuite de suivre plus en détail les consommations d'énergies et d'identifier d'éventuelles dérives.

Pour aller plus loin, une entreprise peut aussi mettre en place un « Système de Management de l'Énergie » selon la norme ISO 50 001. Elle mettra alors sur l'amélioration continue de son suivi énergétique.

Les outils de suivi et de gestion peuvent être :

- Un **simple tableau de bord** (manuel ou informatisé) : il permettra la mise en place de ratios de consommations et des indicateurs de performance énergétique d'équipements ;
- L'utilisation **d'un logiciel de supervision**, se basant sur de la télémessure : il permet de consulter instantanément les consommations de plusieurs équipements et d'agir immédiatement en cas de dysfonctionnement.

La mise en œuvre d'une gestion de l'énergie (incluant les Actions d'Economie d'Énergie) associée à un plan de comptage permet généralement de générer en fonction des sites industriels des gains pouvant varier de 5 à 15 % d'économie sur la facture énergétique (Source : Guide Pratique – Déploiement de Plans de Comptage Énergétique dans les IAA - CETIAT).

Autres actions

Ces actions concernent l'air comprimé, ainsi que différents éléments (transformateurs, moteurs électriques ...). Ces préconisations, non exhaustives car propres à l'étude du process de l'entreprise accompagnée, pourront constituer plusieurs pistes de réflexion. Elles sont reprises en annexe 3.

Actions diverses dans les bureaux



Un ensemble de pistes peuvent être explorées pour diminuer la consommation des bureaux. L'entreprise peut s'appuyer par exemple sur le guide de l'ADEME sorti en juin 2020 : « Eco-responsable au bureau – Actions efficaces et bonnes résolutions » :

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-ecoresponsable-au-bureau.pdf>



IMPLANTATION DE SOURCES D'ENERGIE RENOUVELABLE

1. Production de chaleur et de rafraîchissement renouvelable

Le principe qui est présenté ici provient du retour d'expérience de l'entreprise. Il s'agit de la géothermie sur nappe très basse énergie.

A. Principe de la géothermie

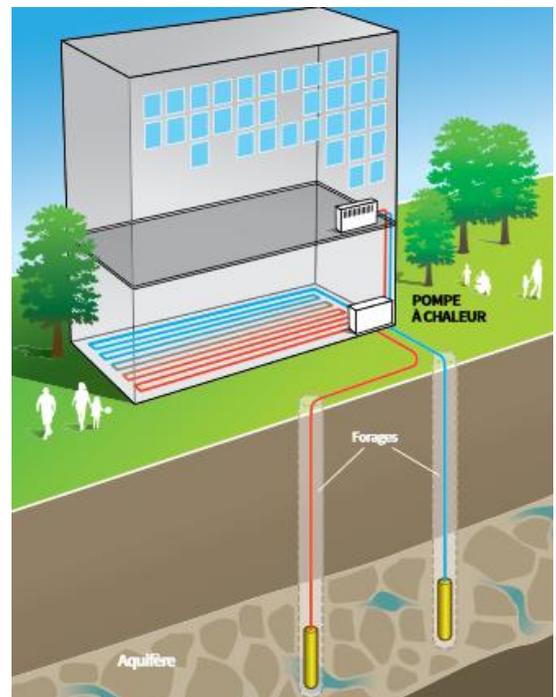
La géothermie haute énergie et basse énergie

Le principe de la géothermie est de récupérer l'énergie disponible sous la surface de la terre. Plus on s'enfonce dans le sous-sol, plus la température augmente. Selon la profondeur et donc la température, les usages sont différents. Dans des réservoirs très profonds ou dans des zones volcaniques, là où les températures dépassent 150°C, on peut exploiter la vapeur contenue dans les réservoirs pour produire de l'électricité : c'est la **géothermie haute énergie**. Dans les bassins sédimentaires profonds, il existe des aquifères qui contiennent de l'eau à plus de 50°C. La **géothermie basse énergie** repose sur l'utilisation directe de la chaleur de l'eau extraite de ces aquifères profonds.

La géothermie très basse énergie

Plus près de la surface, à des profondeurs **entre 10 et 200 mètres**, la température est généralement inférieure à 30°C, c'est la **géothermie très basse énergie** ; elle peut être exploitée pour assurer des besoins de chaleur et/ou de rafraîchissement. L'eau de la nappe souterraine est alors pompée par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs forages dits de « production » pour l'acheminer (via un échangeur) jusqu'à une pompe à chaleur (PAC) afin d'en prélever les calories (ou les frigories). En effet, à ces profondeurs, la température est trop basse pour exploiter directement la chaleur par simple échange, il faut donc avoir recours à une pompe à chaleur (PAC), une véritable machine à extraire les calories et les amener à une température suffisante pour chauffer un bâtiment ou même le refroidir. Un ou plusieurs forages dits de « réinjection » permettent ensuite de renvoyer l'eau dans le sous-sol.

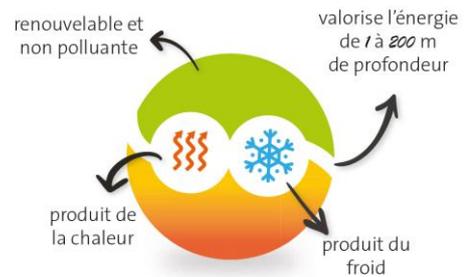
En été, suivant la puissance de rafraîchissement souhaitée et la température de la nappe, un simple échangeur pourra suffire à satisfaire les besoins d'un bâtiment sans passer par la PAC : c'est le **géocooling (appelé également rafraîchissement passif)**. Dans le cas où les besoins de rafraîchissement sont trop importants, le recours à une PAC réversible sera nécessaire.



Source : "La géothermie très basse énergie, chauffer et rafraîchir avec un énergie renouvelable", ADEME

Cet usage mixte chauffage/climatisation, permet de maintenir une température moyenne dans le réservoir (régénération de son niveau énergétique).

La pompe à chaleur peut enfin être associée à différents types d'émetteurs de chaleur ou de fraîcheur : des ventiloconvecteurs, des centrales de traitement d'air, des radiateurs basse température, des planchers chauffants rafraîchissant, des poutres froides, etc...)



Techniques de mise en œuvre

Il existe différents moyens de prélever l'énergie du sous-sol : capteurs horizontaux ou verticaux, pieux de fondations, forages (si extraction de l'énergie à partir de l'eau d'aquifères peu profonds). Associées à une pompe à chaleur, les techniques de captage mises en œuvre permettent ainsi de chauffer et /ou refroidir tout type de bâtiments.

L'implantation de la géothermie doit prendre en considération plusieurs critères tels que la température de la nappe, la profondeur d'accès à la ressource en eau, le débit d'exploitation du forage ...

Une mission d'étude technique permettra d'étudier si la mise en œuvre de cette énergie renouvelable est pertinente. Des dispositifs régionaux permettent de soutenir cette filière (voir partie « Dispositifs régionaux »).

B. Autres sources d'énergies renouvelables

La géothermie sur eaux usées

Bien que ne relevant pas directement de la géothermie, certaines opérations sont assimilées à la géothermie très basse énergie dans leurs principes de fonctionnement, notamment la valorisation de **l'énergie des eaux usées**.

Ce cas est particulièrement intéressant pour des industries qui consomment et rejettent un volume d'eau chaude important comme les blanchisseries industrielles.

Le Fonds Chaleur de l'ADEME soutient ce type d'opération.

Le bois biomasse

Le bois est la première source d'énergie renouvelable utilisée en France, où la ressource est présente en quantité. Le bois énergie est donc appelé à contribuer largement aux objectifs énergétiques et climatiques français.

Au-delà de sa contribution au développement des énergies renouvelables, la biomasse énergie, et principalement l'utilisation du bois, présente plusieurs avantages :

- Elle constitue une ressource abondante et locale : le taux de prélèvement de bois ne représente actuellement qu'environ la moitié de l'accroissement naturel de la forêt en France ;
- Elle émet peu de CO₂ par rapport aux énergies fossiles ;
- Elle est compétitive ;
- Elle est créatrice d'emplois : 85 000 emplois potentiels en 2015, dont une part importante pour l'approvisionnement, c'est-à-dire des emplois locaux et non délocalisables ;
- Elle implique des acteurs locaux, et donc impulse une dynamique territoriale.

L'ADEME, dans le cadre du Fonds Chaleur, anime, gère et coordonne le programme en faveur de la biomasse énergie avec notamment l'incitation à l'équipement d'installations biomasse performantes pour le chauffage industriel.

Le solaire thermique

L'énergie solaire thermique est une énergie renouvelable consistant à produire de la chaleur ou de l'eau chaude à partir de capteurs solaires. Elle se distingue du solaire photovoltaïque qui produit de l'électricité à partir du rayonnement solaire.

Les actions de l'ADEME visent notamment à diffuser les applications solaires thermiques en industrie.

Ce type d'énergie sera particulièrement intéressant si le process présente un besoin conséquent d'eau chaude basse température (T° inférieure à 120 °C), constant toute l'année.

La récupération de la chaleur fatale

Lors du fonctionnement d'un procédé de production ou de transformation, l'énergie thermique produite grâce à l'énergie apportée n'est pas utilisée en totalité. Une partie de la chaleur est inévitablement rejetée. C'est en raison de ce caractère inéluctable qu'on parle de « chaleur fatale »

La récupération de la chaleur fatale conduit à deux axes de valorisation thermique complémentaires :

- Une valorisation en interne, pour répondre à des besoins de chaleur propres à l'entreprise ;
- Une valorisation en externe, pour répondre à des besoins de chaleur d'autres entreprises, ou plus largement, d'un territoire, via un réseau de chaleur (*Source Brochure « Chaleur fatale » de l'ADEME*).

L'ADEME accompagne les projets de récupération de chaleur via le Fonds Chaleur.

La méthanisation

La **méthanisation** est une technologie basée sur la dégradation par des micro-organismes de la matière organique, en conditions contrôlées et en l'absence d'oxygène (milieu anaérobie).

Cette dégradation provoque :

- Un produit humide, riche en matière organique partiellement stabilisée, appelé digestat. Il est généralement envisagé le retour au sol du digestat après éventuellement une phase de maturation par compostage ;
- Du biogaz, mélange gazeux saturé en eau à la sortie du digesteur et composé d'environ 50 % à 70 % de méthane (CH_4), de 20 % à 50 % de gaz carbonique (CO_2) et de quelques gaz traces (NH_3 , N_2 , H_2S). Cette énergie renouvelable peut être utilisée sous forme combustible pour la production d'électricité et de chaleur, de production d'un carburant, ou d'injection dans le réseau de gaz naturel après épuration.

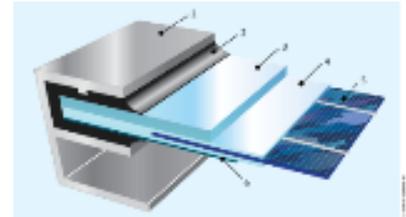
C'est un procédé qui convient particulièrement aux secteurs agricole, industriel, déchets ménagers et boues urbaines. Plusieurs industries en région ont recours à ce procédé, notamment des industries des secteurs agro-alimentaire (Lesaffre, Häagen Dazs, Mc Cain ...), de la papeterie (Cartonnerie Gondardennes ...), de la chimie ou bien encore pharmaceutique

2. Production d'électricité renouvelable

A. L'énergie photovoltaïque

Les modules photovoltaïques

Le photovoltaïque est une technologie qui transforme directement l'énergie solaire en électricité par le biais d'un module solaire. Chaque module solaire est composé d'un assemblage de cellules photovoltaïques, qui sous un rayonnement lumineux génère de l'électricité. L'électricité est produite sous forme de courant continu, elle sera transformée en courant alternatif par le biais d'onduleurs.



Suivant la typologie de l'installation, cette énergie peut être, ou revendue et injectée sur le réseau d'électricité, ou autoconsommée sur site.

Il existe plusieurs types de technologies, dont le choix dépend de plusieurs paramètres (type de toiture, caractéristiques de l'ensoleillement du site, ...).

Les cellules monocristallines sont les plus coûteuses à produire mais présentent le meilleur rendement (entre 16 et 24 %, record à 32 %). Celles-ci sont utilisées pour les éclairagements fort et moyen.



Centrales photovoltaïques avec modules monocristallins

Source : Cohérence Energies

Les cellules polycristallines sont les cellules les plus courantes sur le marché (57 % des ventes). Cette technologie représente actuellement un bon compromis entre prix et performance, avec un rendement typique entre 14 et 18 % (record mondial : 22 %). Ces cellules sont utilisées notamment pour les éclairagements modérés.



Centrales photovoltaïques avec modules polycristallins - source : Cohérence Energies

Les cellules amorphes permettent de réaliser des modules souples (s'adaptent aux courbures de la toiture), collés sur toiture plate ou bac acier. Elles représentent environ 10 % du marché mondial. Celles-ci ont un rendement plus faible (entre 5 et 7 %), mais dépendent moins de l'ensoleillement direct du site. En effet, ces cellules restent efficaces même sous faible ensoleillement ou ombrage partiel. Ces cellules sont généralement utilisées pour des centrales de petite puissance et avec de grandes surfaces.



Centrales photovoltaïques utilisant des cellules amorphes (source : Cohérence Energies)

D'autres technologies existent mais à un niveau de développement moins avancé. Les trois technologies les plus utilisées restent le photovoltaïque polycristallin, monocristallin et amorphe.

Notions d'autoconsommation

D'après la réglementation, une **opération d'autoconsommation individuelle** est le fait pour un producteur, dit autoproducteur, de **consommer lui-même et sur un même site tout ou partie de l'électricité produite par son installation**. La part de l'électricité produite qui est consommée l'est soit instantanément, soit après une période de stockage.

L'autoconsommation individuelle est le principe de consommer directement la production des panneaux photovoltaïques. Il existe deux principales variantes pour l'autoconsommation individuelle : la vente de surplus et l'autoconsommation totale :

- En **vente de surplus**, l'électricité est consommée instantanément dans le bâtiment. Lorsque la consommation est inférieure à la production, l'excédent (le surplus) de production est injecté sur le réseau. Cette énergie est donc vendue dans le cadre de l'obligation d'achat à un tarif fixe ou selon un contrat dit de gré à gré avec un acheteur à déterminer mais sans garanties long terme sur les conditions.
- Pour l'**autoconsommation totale** (sans vente de surplus), l'électricité est consommée de la même manière dans le bâtiment. En cas d'excédent, l'électricité est injectée gratuitement sur le réseau public.

Quelle que soit la configuration choisie, l'entreprise devra souscrire un contrat d'électricité auprès d'un fournisseur d'énergie afin de garantir son approvisionnement en électricité en toutes circonstances. Pour compléter et tendre vers une certaine autonomie énergétique, **au-delà des offres "vertes" des fournisseurs d'énergie, il est possible de contractualiser directement avec un ou plusieurs producteurs en région** (photovoltaïque, éolien, hydroélectrique). Un contrat d'approvisionnement en énergie peut être conclu entre un producteur d'électricité et un consommateur (entreprise, industriel, ...) qui s'engage à lui acheter son énergie sur une période définie. Le corporate PPA* (Power Purchase Agreement) s'impose de plus en plus comme une solution pour les entreprises et les industriels de tous secteurs qui souhaitent sécuriser leur dépense énergétique à long terme.

Principales étapes à mettre en œuvre

Afin d'évaluer la pertinence de la mise en œuvre d'un tel système, il sera nécessaire pour une entreprise d'avoir recouru à une étude spécialisée. Les principales étapes seront :

- D'évaluer le potentiel photovoltaïque du site en fonction des surfaces disponibles pour la pose de panneaux solaires (orientations, présence de masques, contraintes patrimoniales, composition des structures porteuses ...) ;
- D'évaluer le profil de consommation électrique ;
- De dimensionner les systèmes de production ;
- De simuler le potentiel d'autoconsommation du site ;
- De juger de la faisabilité économique des installations d'autoconsommation.

B. Autres sources d'énergies renouvelables

L'hydroélectricité

Le potentiel hydroélectrique de la Brosserie Française avait été étudié, un cours d'eau se situant à proximité de l'entreprise. Cette solution n'avait pas été retenue au regard de certaines contraintes, néanmoins il apparaît intéressant ici de mentionner le principe de cette énergie.

Réglementation

L'exploitation de l'énergie hydraulique est encadrée par une réglementation visant à assurer à la fois une utilisation rationnelle de la ressource hydraulique et à protéger l'environnement, en particulier le milieu aquatique.

La loi du 16 octobre 1919, relative à l'utilisation de l'énergie hydraulique, stipule que « nul ne peut exploiter l'énergie ...des cours d'eau, sans une concession ou une autorisation de l'Etat ».

La création ou la remise en service d'une microcentrale hydraulique sont ainsi subordonnées à l'obtention d'une autorisation administrative, de durée limitée, mais renouvelable.

Toutefois, les textes en vigueur reconnaissent également une autorisation sans limitation de durée aux installations suivantes :

Les aménagements « fondés en titre » ou « ayant une existence légale » ;

Les aménagements autorisés avant 1919, d'une puissance brute inférieure à 150 kW.

Définition d'une petite centrale hydroélectrique (PCH)

Source : « Potentiel hydroélectrique de la Somme et de ses affluents – Etude territoriale » réalisé pour la Région Hauts-de-France ; « Guide pour le montage de projets de petite hydroélectricité » de l'ADEME

Une PCH se définit comme une installation de production énergétique, d'une puissance inférieure à 10 000 kW, transformant l'énergie hydraulique d'un cours d'eau en énergie électrique.

D'après l'UNIPED (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Énergie Électrique) on classe les PCH en fonction de la puissance installée et on parle de :

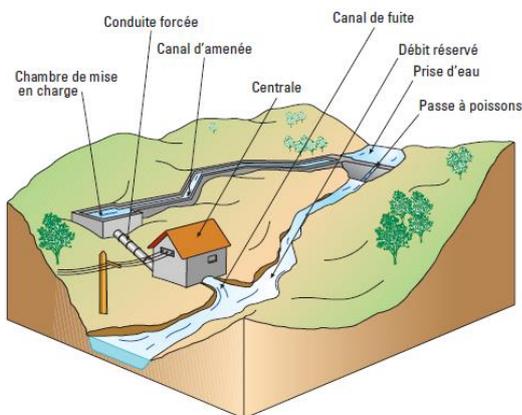
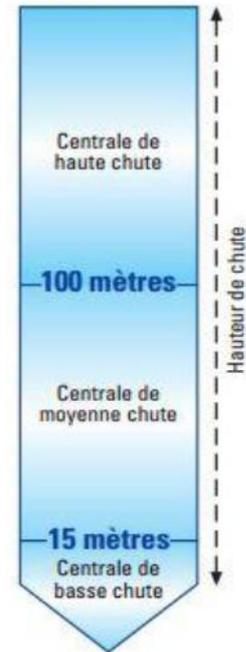
- Petite centrale pour une puissance comprise entre 2 000 kW et 10 000 kW,
- Mini-centrale pour une puissance comprise entre 500 kW et 2 000 kW,
- Micro-centrale pour une puissance comprise entre 20 kW et 500 kW,
- Pico-centrale pour une puissance inférieure à 20 kW.

Les deux facteurs essentiels de la récupération d'énergie disponible sont la **hauteur de chute et le débit d'eau**, qui dépendent du site et qui doivent faire l'objet **d'études préalables pour déterminer le projet d'aménagement**.

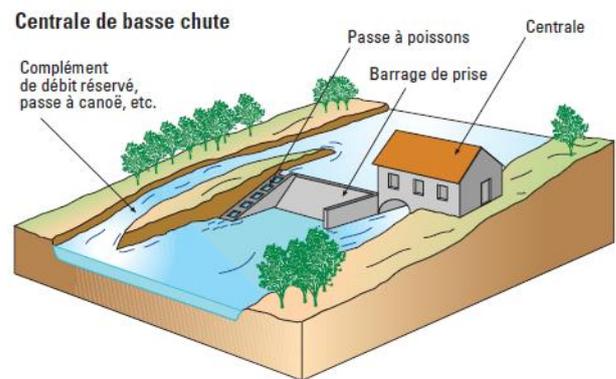
Une petite centrale hydroélectrique est composée de quatre éléments principaux :

- Les ouvrages de prise d'eau (digues, barrages),
- Les ouvrages d'amenée et de mise en charge (canal d'amenée, conduite forcée),
- Les équipements de production (turbines, générateurs, systèmes de régulation),
- Les ouvrages de restitution.

La classification des PCH s'effectue selon la hauteur de chute (source Université Antananarivo) :



Centrale de moyenne et haute chute



Centrale de basse chute

La puissance installée répond alors à la formule suivante :

Puissance installée : $P_i = 9,81 \times Q \times R$

- Q : débit
- H : Hauteur de chute
- R : rendement

Conseils de mise en œuvre

Pour une entreprise, il conviendra d'étudier la faisabilité d'un tel projet avec un bureau d'étude spécialisé.

La Région Hauts-de-France accompagne certaines catégories de projets, notamment les porteurs de projets publics, pour des installations en autoconsommation et des puissances installées supérieures à 20 kW.

L'énergie éolienne

L'éolien terrestre est une filière mature bien qu'elle soit encore très peu utilisée en autoconsommation dans l'industrie aujourd'hui. Plusieurs pays ont encouragé le développement de l'éolien en autoproduction sur les sites industriels (Royaume-Uni, Belgique, Tunisie...). En France, les politiques de soutien à la filière ont jusqu'ici principalement visé l'injection d'électricité renouvelable sur le réseau et non l'autoconsommation. L'appel d'offre de la CRE* concernant l'autoconsommation, lui, est beaucoup plus favorable aux projets solaires photovoltaïques qu'aux projets éoliens.

La faisabilité d'un projet éolien repose sur de nombreux critères. Elle implique :

- Une ressource éolienne suffisante et de qualité (absence de turbulence, vitesse et constance du vent toute l'année...) ;
- Une adéquation du site avec le projet (surface disponible, contraintes réglementaires, enjeux environnementaux et sociaux, sensibilité paysagère...) ;
- Un accès au réseau électrique (distance d'accès, contraintes et modalités de raccordement au réseau et/ou à l'usine (autoproduction)...).

Les parcs d'activités et zones industrielles peuvent constituer un terrain propice à l'implantation d'éoliennes de moyenne puissance de 100 à 250kW (soit une hauteur de moyeu de 30 à 50m).



De telles dimensions présentent :

- Des contraintes d'installation moindres avec un cadre réglementaire allégé et des études simplifiées ;
- Des enjeux visuels moindres et une emprise au sol limitée ;
- Un délai moyen avant réalisation de 1,5 à 2 ans ;
- Une emprise au sol très faible (10 m x 10 m).

Les sites industriels peuvent présenter des caractéristiques propices à l'émergence de l'implantation d'éoliennes :

- Absence de turbulence et d'obstacles (zones ouvertes aux vents dominants, peu de végétation ...) si la zone d'activité est implantée suffisamment à distance des milieux urbains ;
- Proximité du réseau électrique ;
- Servitudes moindres (monuments historiques, sites classés...) ;
- Contraintes d'ordre paysager, environnemental et d'acceptation moindres (implantation en espaces artificialisés, délaissés ou interstitiels souvent nombreux et dévalorisés) ;

- Bonne adéquation entre la distribution annuelle de la ressource en vent et le profil de consommation de certains sites industriels (fonctionnement en 3x8, consommations électriques relativement constantes sur l'année ...)
- Synergies d'usages : mobilité électrique, production hydrogène...

Plusieurs projets en sites industriels existent en France, profitant de l'effet de vitrine que peuvent présenter de telles installations. En voici quelques exemples :

Usine agroalimentaire de Sojasun (35)



Z.A.C des Eoliennes (26)



Installation en autoconsommation des 3 Suisses (59)





INTEGRATION DE LA DEMARCHE SUR LE TERRITOIRE ET REV3

1.Synergies via le partage d'énergie

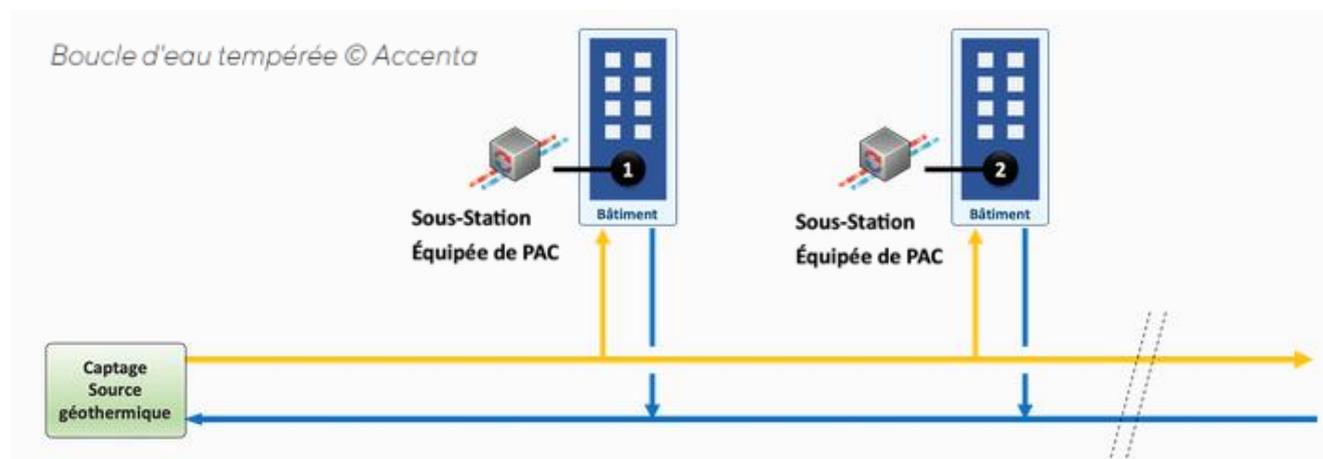
Une entreprise peut être située à proximité d'autres structures. L'idée serait que l'énergie produite par un ou plusieurs sites puisse être partagée entre tous ces sites. Dans l'exemple présent, la question s'est posée pour la chaleur et l'électricité. Cette partie présente les grands principes de partage d'énergie. Il conviendra d'étudier ces solutions de manière plus précise avec des bureaux d'étude techniques spécialisés dans ces domaines si ces cas étaient envisagés pour une entreprise.

A.Géothermie : mise en place d'une boucle d'eau tempérée

(Sources : Géothermies.fr & Guide technique AFPG de mars 2020 : « La boucle d'eau tempérée à énergie géothermique »)

La boucle d'eau tempérée à énergie géothermique dite « BETEG » est une technologie émergente qui peut être assimilée à un réseau de chaleur. La principale différence étant que la température de distribution de l'eau qui y circule y est très largement inférieure (généralement <30°C).

La BETEG se compose généralement de deux tubes (un chaud, un froid), transportant l'eau à basse température à un ensemble de bâtiments équipés chacun de pompes à chaleur géothermiques. Les bâtiments nécessitant du chauffage prélèvent de la chaleur et refroidissent le tube « froid » et les bâtiments nécessitant du rafraîchissement prélèvent des frigories et réchauffent le tube « chaud ». Cette simultanéité de besoins permet ainsi de mutualiser les besoins énergétiques entre bâtiments et d'optimiser les rendements énergétiques des équipements de production.



B. Photovoltaïque en autoconsommation collective

L'opération d'autoconsommation est collective lorsque la fourniture d'électricité est effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finaux liés entre eux au sein d'une personne morale et dont les points de soutirage et d'injection sont situés en aval d'un même poste public de transformation d'électricité de moyenne en basse tension (Article L. 315-2 du code de l'Energie).

Toutefois, la récente Loi n° 2019-486 du 22 mai 2019 relative à la croissance et la transformation des entreprises (loi PACTE) donne de la flexibilité à l'Etat dans la définition du périmètre des opérations d'autoconsommation collective.

L'arrêté du 21 novembre 2019 fixant le critère de proximité géographique de l'autoconsommation collective étendue » définit qu'une opération d'autoconsommation collective est qualifiée d'étendue lorsque la fourniture d'électricité est effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finaux liés entre eux au sein d'une personne morale et qui ils sont raccordés au réseau basse tension d'un unique gestionnaire du réseau public de distribution d'électricité et la distance séparant les deux participants les plus éloignés n'excède pas deux kilomètres avec une puissance maximale de 3 MWh.

L'opération d'autoconsommation collective est équivalente en matière de raccordement aux autres configurations : elle s'en distingue cependant par le dispositif de comptage et d'affectation des flux qui repose sur le principe de la répartition de la production entre un ou plusieurs consommateurs (principe du comptage virtuel associé à des compteurs communicants), appliqué par le gestionnaire de réseau.

Une personne morale organisatrice de l'opération a pour rôle principal d'engager les parties prenantes au sein d'une boucle électrique locale et de définir la clé de répartition de la production entre les différents producteurs et consommateurs regroupés dans cette opération d'autoconsommation collective.

Le gestionnaire du réseau de distribution a pour rôle principal d'appliquer cette clé de répartition sur un pas de temps donné et d'affecter la part de production correspondante à chaque participant. Le gestionnaire de réseau assure alors la transmission des flux auprès des fournisseurs d'énergie concernés par chaque consommateur (cf. affectation dans la facturation).

Dans le cadre d'une opération d'autoconsommation collective, **le producteur n'est pas considéré comme un « fournisseur au sens strict du terme »** : il n'est donc pas soumis à l'ensemble des obligations liées à la fourniture d'électricité (agrément...) et la vente d'électricité qu'il proposera aux consommateurs sera exonérée en partie de prélèvements.

A l'heure actuelle, le surplus ne peut pas bénéficier d'un dispositif de soutien et ne peut être vendu que dans le cadre d'une vente sur le marché ou d'un contrat de gré-à-gré.

2. Ecologie Industrielle et Territoriale

A. Définition

L'écologie industrielle et territoriale (EIT) vise à optimiser les ressources sur un territoire, qu'il s'agisse d'énergies, d'eau, de matières, de déchets mais aussi d'équipements et d'expertises, via une approche systémique qui s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels.

Ainsi, à une échelle territoriale donnée (zone industrielle, agglomération...), et quel que soit son secteur d'activité, chacun peut réduire son impact environnemental en optimisant et/ou valorisant les flux (matières, énergies, effluents...) qu'il emploie et qu'il génère. Concrètement, c'est ainsi que les déchets et co-produits peuvent devenir une matière première dans une autre activité, ou que l'énergie peut provenir de la chaleur fatale d'un site voisin.

L'EIT s'appuie donc sur l'étude de la nature, de la provenance et de la destination des flux pour **identifier et développer des synergies interentreprises** (mise en commun de plusieurs actions qui se renforcent entre eux concourant à un effet unique et aboutissant à une économie de moyens).

Les démarches d'EIT mobilisent de nombreux acteurs du territoire au sein d'une gouvernance partagée: collectivités (EPCI), chambres consulaires, agences de développement économique, associations d'entreprises, etc.

Les démarches d'EIT opérationnelles peuvent déboucher sur 4 grandes catégories d'actions :

- Synergies de substitution de ressources ;
- Synergies de mutualisation de ressources ;
- Synergies de mutualisation de services (achats groupés) ;
- Nouvelles activités innovantes.

B. Conseils

Une entreprise peut se rapprocher de l'ADEME et de la Région pour connaître les dynamiques en cours et les acteurs locaux à contacter pour s'intégrer dans ce type de démarche.

3.Intégration de la démarche dans rev3

A. Les objectifs de rev3

La Troisième Révolution Industrielle (TRI) en Hauts-de-France, dénommée aussi « rev3 », est un modèle de transition vers une société décarbonée et durable, articulant, de façon systémique et innovante, transition énergétique, technologies numériques et nouveaux modèles économiques. Ce modèle requiert une gouvernance participative et un ancrage territorial fort, notamment en termes d'activités nouvelles et d'emplois. Modèle d'action – susceptible d'être exemplaire et donc d'être dupliqué, mais sans rigidité – rev3 caractérise aussi la dynamique d'acteurs qui a cours dans les Hauts-de-France depuis 2013, fondée sur des initiatives privées, publiques (ou publiques / privées), éventuellement appuyées par des politiques de collectivités territoriales, notamment la Région. *Pour plus d'information : cf. le référentiel général de la TRI sur le site rev3.fr*

Les cinq piliers :

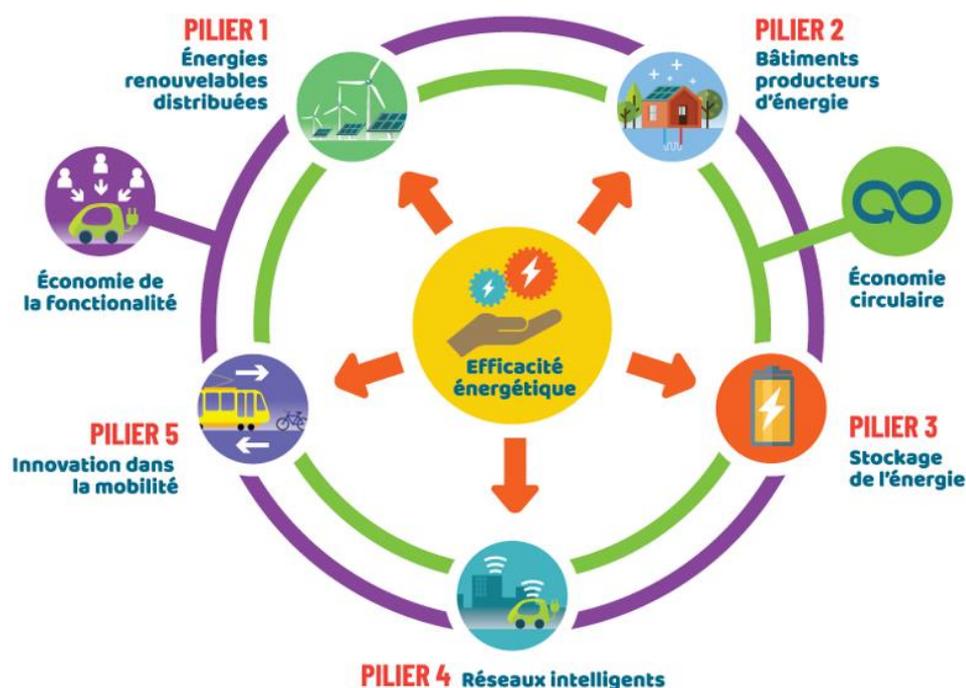
1. Développer les énergies renouvelables distribuées
2. Repenser des bâtiments comme autant de sites producteurs d'énergie
3. Se doter de capacités de stockage des énergies dans un contexte de production décentralisée
4. Déployer les réseaux intelligents
5. Réinventer la mobilité des personnes et des biens

Les 3 axes transversaux :

6. L'efficacité énergétique
7. L'économie circulaire
8. L'économie de la fonctionnalité

Les 3 critères associés :

9. Développement durable
10. Ancrage territorial
11. Gouvernance élargie



Développement durable

Ancrage territorial

Gouvernance élargie

B. Intégrer la démarche de rénovation du bâtiment dans rev3

Plusieurs référentiels ont été élaborés par la Région Hauts-de-France pour aider les porteurs de projets à mieux s'approprier rev3 et disposer de leviers pour l'intégrer dans leur fonctionnement.



A ce titre, un référentiel spécifique sur le patrimoine immobilier a été rédigé. Toute entreprise pourra donc s'y référer.



ACTEURS ET DISPOSITIFS REGIONAUX

1. Acteurs et dispositifs en lien avec les filières locales et biosourcées

A. La Région Hauts de France

Différents scénarios d'utilisation de matériaux biosourcés et de bois sont possibles pour une entreprise. Les détails techniques sont abordés dans la partie relative à la qualité thermique des bâtis.

Les référents techniques de la Région spécialisés sur les thématiques du bois et des matériaux biosourcés permettront à toute entreprise de mettre en évidence les modalités d'application des taux d'aides FRATRI actuels. A noter que les filières régionales, participant au développement d'une filière locale, seront davantage aidées.

Par ailleurs, il sera nécessaire **d'analyser le profil de l'entreprise** pour définir le régime d'aide d'Etat qui pourra être appliqué et qui déterminera les conditions de calculs de la subvention.

Le FRATRI évoluant entre chaque période, il sera délicat ici d'indiquer des montants d'aides de manière précise.

Dans le cas présent du retour d'expérience de l'entreprise accompagnée, une étude des aides potentiellement mobilisables a été réalisée. Cette étude a permis également de mettre en évidence les exigences applicables. Ces taux et exigences seront peut-être amenés à évoluer dans la prochaine programmation. Néanmoins, ce retour est présenté page suivante et prend en compte la programmation du FRATRI 2016-2021.

La Région Hauts de France est également instructrice des fonds FEDER. En fonction de la dimension du projet, la Région orientera le porteur de projet vers la mobilisation soit des fonds FRATRI, soit des fonds européens.

Dans tous les cas, l'accompagnement des entreprises sur le volet production des énergies renouvelables se fait quelles que soient les aides mobilisées (Région, ADEME, Feder) dans le respect des règles d'encadrement communautaires précisées dans les régimes d'aide d'état. Ainsi, suivant la taille de l'entreprise, le taux d'aide publique maximum cumulé peut varier de 45% à 65%, déduction faite d'une solution de référence (régime cadre exempté de notification N°SA. 59 108 relatif aux aides à la protection de l'environnement pour la période 2014- 2023°).

Matériaux	Exigences / Eligibilité	Règles applicables aux dépenses
Paille	<p>Conception/suivi : Nécessité d'avoir au sein de l'équipe de maîtrise d'œuvre des entreprises formées aux règles professionnelles PROPAILLE ou d'avoir une ingénierie spécialisée de type ATMO spécifique Paille (mission complémentaire avec périmètre à cadrer) pour sécuriser la conception (le calepinage et nœuds constructifs, l'approvisionnement et le stockage) et le suivi de la réalisation (bonne mise en œuvre du système constructif)</p> <p>Travaux : entreprises formées aux RP PRO PAILLE</p>	<p>Conception/suivi ATMO paille (avec décennale + exigences sur les rendus/livrables) : 100 % pour les Etudes avec un tableau d'honoraires pour la MOE</p> <p>Travaux : 100 % du coût Matière (paille) nécessaire pour le système constructif (avec plafond € botte de paille + plafond €/ m2 de paroi – en cours d'élaboration)</p>
Béton de chanvre projeté	<p>Béton projeté sur maçonnerie ou intégrée dans ossature bois</p> <p>Conception/suivi : à intégrer dans une AMO globale</p> <p>Travaux : entreprises formées aux RP Béton de chanvre</p>	<p>Travaux : 40 % du lot (Matière + Mise en œuvre)</p>
Béton de lin Bâtilin	<p>Blocs isolants porteurs et non porteurs intégrés dans une ossature bois (type BATILIN)</p> <p>Conception/suivi : à intégrer dans une AMO globale ou au sein d'une équipe de MOE pour valider les points singuliers du système constructif</p> <p>Travaux : les entreprises devront respecter le guide de pose et préconisations du fabricant</p>	<p>Conception/suivi : 50 % AMO spécialisée (préconisations) + accompagnements sur des points singuliers (suivi et formation sur chantier) 70 % sur ATEX et ACV bâtiment,</p> <p>Travaux : 40 % lot (Matière) et 70 % sur instrumentation et suivi</p>
Béton de lin projeté	<p>Béton projeté sur maçonnerie ou intégrée dans ossature bois</p> <p>Conception/suivi : à intégrer dans une AMO globale</p> <p>Travaux : entreprises formées aux RP Béton de chanvre et respectant le guide de pose et préconisations du fabricant</p>	<p>Conception/suivi : 70 % des essais de projection (le temps nécessaire pour l'assurabilité du système constructif retenu) 70 % sur ATEX et ACV bâtiment</p> <p>Travaux : 40 % lot (Matière+ Mise en œuvre) et 70 % sur instrumentation et suivi</p>

Matériaux	Exigences / Eligibilité	Règles applicables aux dépenses
Granulats insufflés (paille de blé, anas de lin, chènevotte) en vrac	Expérimentation d'insufflation de différents granulats en vrac pour l'isolation des combles, planchers et murs (ossature bois) sous conditions de traitement (ignifugé et fongique) et de performance thermique.	Conception/suivi : 50 % des études nécessaires (essais de projection) caractérisant le système constructif Travaux : 40 % lot (Matière+ Mise en œuvre) et 70 % sur instrumentation et suivi
Béton de Colza projeté	Béton projeté de colza sur maçonnerie ou intégrée dans ossature bois Conception/suivi : à intégrer dans une AMO globale Travaux : entreprises formées aux RP Béton de chanvre et respectant le guide de pose et préconisations du fabricant	Conception/suivi : 70 % des essais de projection (le temps nécessaire pour l'assurabilité du système constructif retenu) 70 % sur ATEX et ACV du bâtiment Travaux : 40 % lot (Matière+ Mise en œuvre) et 70 % sur instrumentation et suivi
Métisse	S'applique aux isolants uniquement Conception/suivi : nécessité d'un chiffrage comparatif avec une solution isolante conventionnelle	40 % du surcoût Matière avec isolant non biosourcé
Ouate de cellulose insufflée	S'applique aux isolants uniquement Conception/suivi : nécessité d'un chiffrage comparatif avec une solution isolante conventionnelle	40 % du surcoût Matière avec un isolant non biosourcé
Panneaux de fibres de bois	S'applique aux isolants uniquement Conception/suivi : nécessité d'un chiffrage comparatif avec une solution isolante conventionnelle	40 % du surcoût avec isolant non biosourcé
Laine de mouton	Pas encore de structuration régionale	Critères et taux en cours de définition
Structure et Menuiseries bois	Clef d'entrée du dispositif : utilisation d'essences de bois régionales (feuillus : peuplier, chêne, aulne...) pour développer une massification des usages sur différents lots (charpente, ossature, menuiseries...) Conception/suivi : nécessité d'un chiffrage comparatif avec essence d'importation	Conception/suivi : 100 % des surcoûts (des études bois local d'un BE spécialisé Bois > tableau honoraires MOE) Travaux : 100 % surcoûts liés à l'utilisation du bois d'essence régionale en structure par rapport à une solution de référence en bois d'essence non régionale

Taux d'intervention maximum - Modulé en fonction des statuts des bénéficiaires et dans le respect des régimes d'aides d'état

Recommandation : De manière générale, les entreprises intéressées par la mise en place de matériaux biosourcés doivent chiffrer le coût des matériaux indépendamment de la mise en œuvre pour les différents systèmes constructifs. Selon les matériaux, il pourra être nécessaire de chiffrer la variante « solution conventionnelle ».

B. Le CD2E

Le CD2E est une association qui soutient, conseille et forme les entreprises et les territoires sur les secteurs du bâtiment durable, des énergies renouvelables décentralisées et de l'économie circulaire.

A ce titre, le CD2E peut accompagner toute entreprise dans sa mise en œuvre de démarche de réhabilitation énergétique et peut effectuer :

- Du sourcing (recherche d'entreprises intervenantes)
- Copilotage pour la demande de financements
- Aide à la construction du cahier des charges, à la diffusion sur les marchés et à l'analyse des réponses
- Accompagnement de l'équipe projet de l'entreprise (à raison de 3 jours par mois).

Plus d'informations sur <http://www.cd2e.com/>

C. Fibois

Fibois Hauts-de-France est l'association interprofessionnelle et le Pôle d'Excellence régional de la filière forêt bois en Hauts-de-France.

Véritable lieu de rencontre, d'échanges et de concertation, l'association fédère et représente tous les acteurs de la filière forêt bois (propriétaires forestiers privés et publics, exploitants forestiers, coopératives forestières, experts forestiers, scieurs, menuisiers, charpentiers, constructeurs bois, ébénistes, agenceurs, papetiers, emballeurs, pépiniéristes,...), toutes celles et ceux qui contribuent à faire pousser du bois, à le récolter, à le transporter, à le transformer et à le mettre en œuvre (Source : <https://www.bois-et-vous.fr>).

L'association met à disposition sur son site internet un annuaire des essences locales et des scieurs en région Hauts-de-France.

D. Le CODEM

Le CODEM est un centre de transfert, de compétences et de connaissances, concernant la construction durable, la formulation et la caractérisation d'éco matériaux, et les transferts de technologies liées à la production de matériaux pour la construction.

Des matériaux innovants y sont testés et développés, puis introduits sur le marché après la réalisation de tests in situ.

Le CODEM s'appuie sur sa halle technologique unique en Europe le « Batlab » (recherche et mise en œuvre dans le domaine de bétons et panneaux) et sur son laboratoire d'essais matériaux / matières, accrédité COFRAC par le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment).

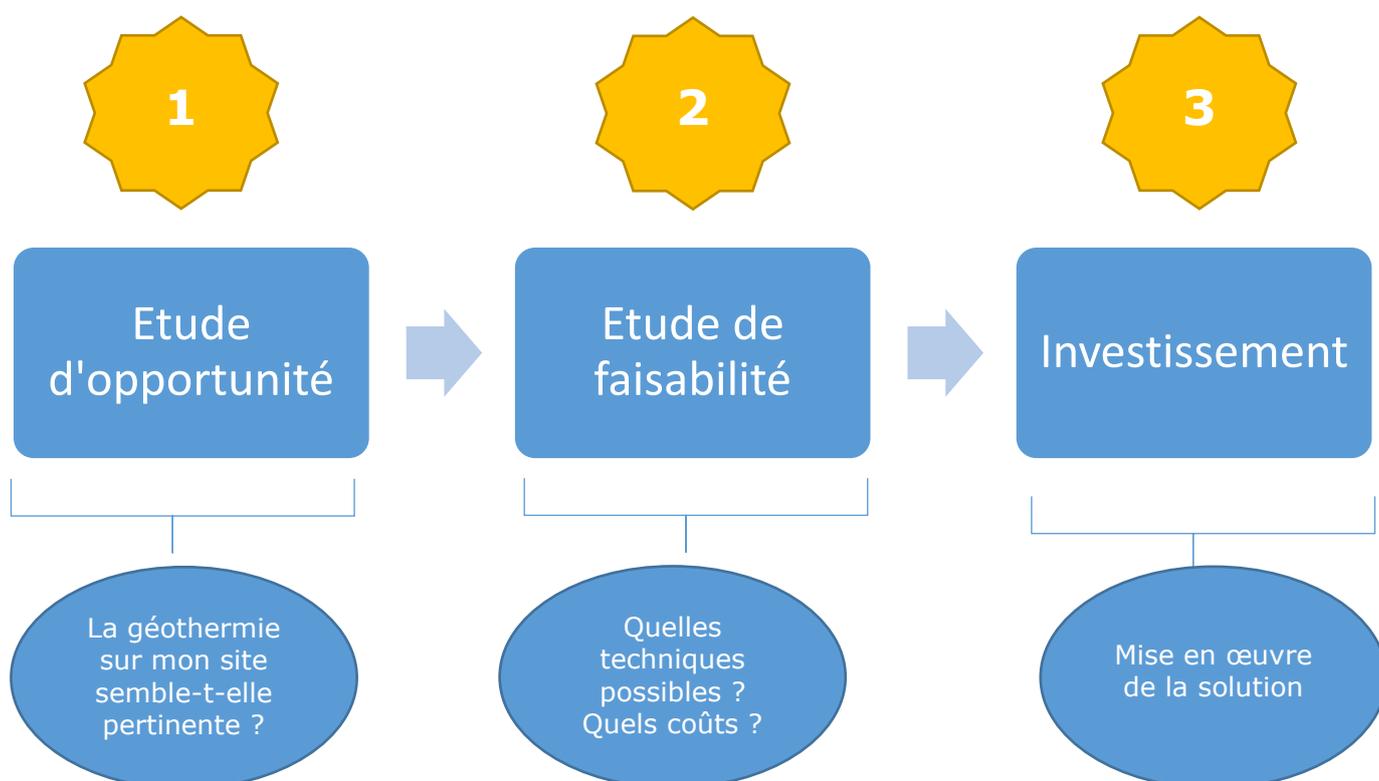
Le CODEM porte notamment le projet Bip-colza (réalisation de bétons industriels préfabriqués à partir de granulats de colza) et participe au développement de la brique Bâtilin.

Plus d'informations sur www.batlab.fr

2. Acteurs et dispositifs en lien avec la géothermie et le photovoltaïque

A. La géothermie

Des étapes « pas à pas »



Ces trois étapes sont présentées dans le tableau ci-après. Les dispositifs financiers régionaux sont cités. Néanmoins, les montants précis des aides ne sont pas indiqués car ils évoluent dans le cadre des nouvelles programmations du FRATRI* et du Fonds Chaleur. Il conviendra alors pour toute entreprise intéressée de consulter directement les sites de la Région et de l'ADEME pour en connaître les montants précis au moment de la demande de subvention. Par ailleurs, des référents techniques ADEME / Région sont à la disposition des entreprises pour les accompagner dans leur projet.

Les contacts à la date de rédaction de ce document sont indiqués dans la partie « Acteurs et dispositifs régionaux ».

L'entreprise trouvera également des informations sur le site <https://www.geothermies.fr/>



L'entreprise veillera à ne pas signer de bons de commande avec un prestataire tant qu'elle n'aura pas reçu l'accusé de réception de sa demande d'aide.

Cette remarque vaut pour tout dispositif d'aide sollicité (FRATRI, FEDER)

Etapes	Objet	Démarche / Contact
Etude opportunité premier conseil technique	Corréler les besoins énergétiques du bâtiment avec la ressource disponible dans le sous-sol via un premier prédimensionnement et une orientation vers la technologie la plus adaptée Etude des critères réglementaires	Réalisation par une chargée de mission géothermie de l'Institut polytechnique UniLaSalle Pris en charge à 100 % dans le cadre du FRATRI*
Etude de faisabilité	Aider l'entreprise dans sa prise de décision sur le projet de mise en œuvre de la géothermie. Etude des techniques possibles, des coûts d'investissement et de temps de retour sur investissement	Réalisation par un bureau d'étude Pris en charge en partie par le Fonds Chaleur de l'ADEME Cahier des charges de l'étude et demande d'aide repris sur le site de l'ADEME
Investissements	Accompagner l'entreprise dans la réalisation de ses investissements liés à la géothermie	Pris en charge en partie via le Fonds Chaleur de l'ADEME Montants forfaitaires disponibles sur le site de l'ADEME Complément possible par la Région via le FRATRI* , sur des dépenses subventionnables (forages, PAC, échangeur ...)

Des points de vigilance sont à prendre en compte dans la mise en œuvre d'un projet de géothermie :

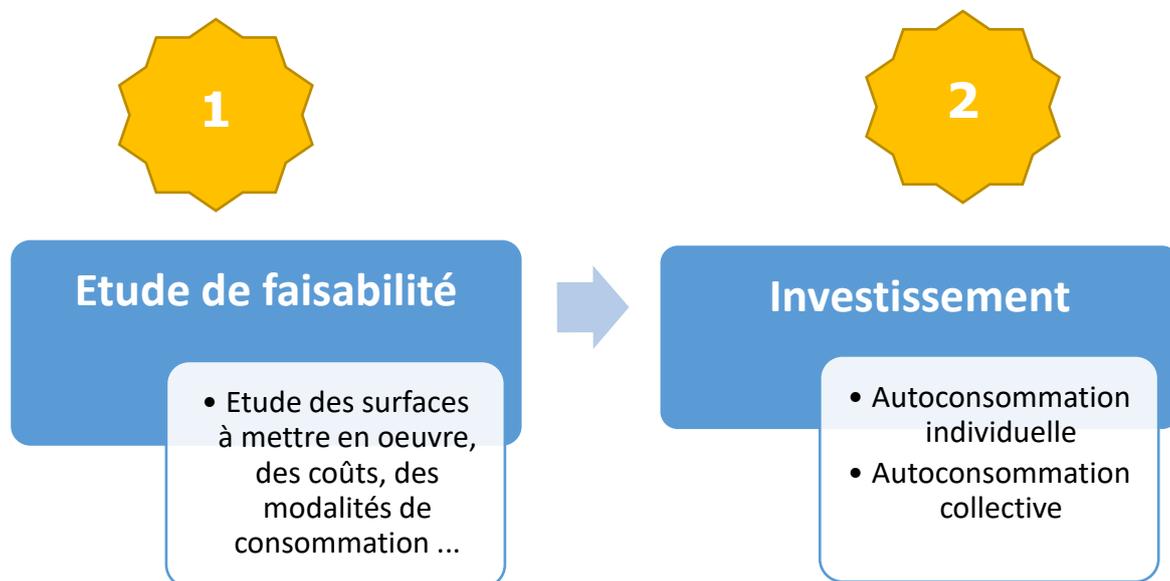
- Les éventuelles garanties à souscrire pour l'entreprise,
- La compétence des professionnels intervenant dans le projet,
- La qualité du matériel choisi.

Ces éléments font l'objet de l'annexe 4.

La plateforme **agirpoulatransition.ademe.fr** guide les entreprises dans la constitution de leur dossier de demande d'aide et les renseigne de manière plus large sur les dispositifs existants.

B. Le photovoltaïque

Deux grandes étapes sont aidées pour des projets d'installations en photovoltaïque :



La Région, via le FRATRI*, peut aider l'entreprise dans ces deux étapes. Les critères d'éligibilité tiennent compte des puissances des installations photovoltaïques et des types de projets (autoproduction, autoconsommation individuelle, autoconsommation collective).

Comme pour la géothermie, il conviendra pour toute entreprise intéressée de consulter directement le site de la Région (FRATRI*) pour connaître les montants précis des subventions au moment de la demande de subvention. Par ailleurs, des référents techniques Région sont à la disposition des entreprises pour les accompagner dans leur projet.

Les contacts à la date de rédaction de ce document sont indiqués dans la partie « Acteurs et dispositifs régionaux ».

La demande d'aide doit être formulée sur le site <https://aidesenligne.hautsdefrance.fr>

A noter que ce site est valable pour tous les dispositifs du FRATRI.

3. Récapitulatif des dispositifs

A. Le FRATRI

Il s'agit du fonds Régional pour l'Amplification de la Troisième Révolution Industrielle, porté par l'ADEME et la Région dans le cadre du CPER (Contrat de Plan Etat Région). Il constitue un outil opérationnel pour accompagner les acteurs territoriaux dans le montage de projets en faveur de la transition énergétique et écologique et de la troisième révolution industrielle.

Le FRATRI accompagne techniquement et financièrement les initiatives relevant par exemple des énergies renouvelables (EnR) et fatales, du développement des bâtiments performants et/ou producteurs d'énergie, de la rénovation des bâtiments anciens ...

Le FRATRI actuel couvre la période 2016-2021. Un nouveau programme sera ensuite défini pour la période suivante.

Comme vu précédemment pour le cas de l'entreprise accompagnée, les aides potentielles du FRATRI étaient liées au photovoltaïque et l'utilisation de matériaux biosourcés dans la construction.

B. Le Fonds Chaleur

Le Fonds Chaleur est géré par l'ADEME depuis 2009.

A ce titre, et dans le cadre de l'entreprise accompagnée, il a été évoqué pour le projet de géothermie.

A noter que ce dispositif concerne de manière plus générale tout développement de projet de chaleur renouvelable.

Les modalités d'application du Fonds Chaleur sont à consulter sur le site de l'ADEME.

C. Le FEDER

Le FEDER est le Fonds Européen de développement régional. Il est l'un des fonds structurels européens.

Dans le précédent programme du FEDER (2014-2020), il existait des dispositifs en lien avec les énergies renouvelables pour les entreprises. Par contre, les aides à la réhabilitation énergétique des bâtiments ne concernaient que le patrimoine public.

Une nouvelle programmation est à venir pour la prochaine période (2021-2027). Les critères d'éligibilité et les projets pouvant être accompagnés y seront décrits précisément.

Une entreprise intéressée devra donc se rapprocher des référents techniques de la Région qui assure la gestion de ce fonds.

D.Optimiser ses flux avec le Diag Eco Flux

La recherche de la performance énergétique peut être menée en parallèle avec une recherche de l'optimisation d'autres flux que énergétiques, à savoir l'eau, les matières et les déchets.

Soutenu par l'ADEME, le **Diag Eco Flux** est un dispositif permettant de répondre à cette démarche.



Etape 1 : analyse des pratiques de l'entreprise sur la gestion de l'énergie, matière, eau et déchets et repérage des différentes sources d'économies

Etape 2 : définition d'un plan d'action, personnalisé et chiffré pour anticiper les gains pressentis

Etape 3 : mise en place des actions pendant 1 an avec points de suivis réguliers avec l'expert,

Etape 4 : Evaluation à l'issue de l'accompagnement et réflexions sur d'autres actions.

L'ADEME a transmis son savoir-faire à Bpifrance qu'elle appuie dans son exécution.

Le site accompagné doit compter entre 20 et 250 personnes, être concerné par l'optimisation des flux eau, énergie, matière et déchets et être rattaché à une entreprise (PME, ETI, Grands Groupes) qui n'est pas considérée comme entreprise en difficulté au sens européen.

Pour les sites de moins de 20 salariés, le diagnostic est réalisé par la CCI ou la CMA.

Le diagnostic est réalisé par un expert, sélectionné par Bpifrance et l'ADEME.

Le site Bpifrance indique toutes les modalités d'accompagnement.

E. Les certificats d'économie d'énergie (CEE)

L'objectif des CEE est d'encourager les entreprises et collectivités à faire des travaux pour réaliser des économies d'énergie. Le mécanisme vertueux de ce dispositif repose sur l'obligation d'acteurs du domaine de l'énergie à les financer. Ce sont les obligés. Ceux-ci sont ainsi incités à promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès des consommateurs d'énergie : ménages, collectivités territoriales ou professionnels.

Les CEE sont attribués, sous certaines conditions, par les services du ministère chargé de l'énergie, aux acteurs éligibles (obligés mais aussi d'autres personnes morales non obligées) réalisant des opérations d'économies d'énergie. Ces actions peuvent être menées dans tous les secteurs d'activité (résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, transport, etc.), sur le patrimoine des éligibles ou auprès de tiers qu'ils ont incités à réaliser des économies d'énergie. Les obligés ont également la possibilité d'acheter des CEE à d'autres acteurs ayant mené des actions d'économies d'énergie, en particulier les éligibles non obligés. Ils peuvent aussi obtenir des certificats en contribuant financièrement à des programmes d'accompagnement.

Des fiches d'opérations standardisées, définies par arrêtés, sont élaborées pour faciliter le montage d'actions d'économies d'énergie. Elles sont classées par secteur (résidentiel, tertiaire, industriel, agricole, transport, réseaux) et définissent, pour les opérations les plus fréquentes, les montants

forfaitaires d'économies d'énergie en kWh cumac* (cumulés et actualisés). Les économies d'énergie réalisées en dehors des opérations standardisées correspondent à des opérations spécifiques.

En fin de période, les vendeurs d'énergie obligés doivent justifier de l'accomplissement de leurs obligations par la détention d'un montant de certificats équivalent à ces obligations. En cas de non-respect de leurs obligations, les obligés sont tenus de verser une pénalité libératoire pour chaque kWhc manquant (Source : site du Ministère de l'Écologie).

Des contrôles sont effectués par le Pôle National des certificats d'économies d'énergie (PNCEE) afin de vérifier l'éligibilité des opérations donnant lieu à la délivrance de CEE. En cas de manquements, des sanctions peuvent être prononcées.

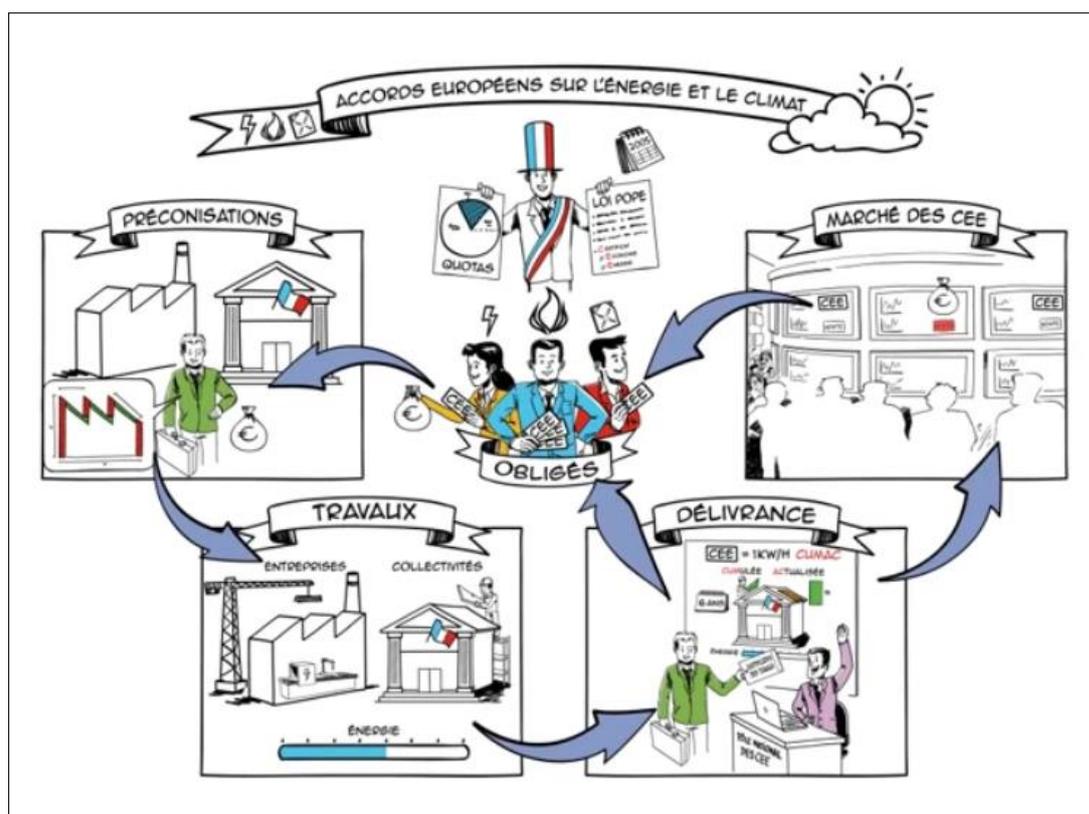


Figure 1 - Mécanisme de fonctionnement des CEE (Source : Gazprom Energy)

Les opérations standardisées sont reprises dans des fiches spécifiques, disponibles sur le site du Ministère de l'Écologie.

L'ADEME a mis en place un outil pour le calcul des CEE : <http://calculateur-cee.ademe.fr/user/login>

La CCI Hauts-de-France peut aussi aider dans cette démarche.

F. Le Plan France Relance

Le 3 septembre 2020, le gouvernement a présenté un plan de relance économique exceptionnel de **100 milliards d'euros** intitulé "**France Relance**"

La transition écologique est au cœur de ce plan : 30 milliards d'euros y sont consacrés afin de réduire nos émissions de carbone de 40 % d'ici 2030 (par rapport à 1990) et de soutenir le développement de technologies vertes.

Plusieurs dispositifs sont issus de ce plan. Pour plus d'informations, une brochure présente l'ensemble de ces dispositifs à destination des PME et TPE mis en œuvre dans le cadre du Plan France Relance :

https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/enjeux/france-relance/guide_les_dispositifs_a_destination_des_pme_et_tpe.pdf

Le tableau ci-après en fait une synthèse.

Thématiques	Dispositifs	Précisions
Décarbonation de l'industrie (soutien l'investissement pour l'efficacité énergétique et la transformation des procédés industriels)	Appel à Projet indusDECAR 2021 (AAP indusDECAR)	<p>Ouvert à toute entreprise.</p> <p>Il concernera les projets (ou grappes de projet sur un même site) qui ont pour but de réduire les consommations d'énergie et/ou les émissions de GES d'un site.</p> <p>Le total des investissements doit être supérieur à 3 M€.</p> <p>Dépôts en avril 2021 et septembre 2021.</p> <p><i>Informations auprès de l'ADEME (Direction régionale)</i></p>
	Guichet Décarbonation (ou Guichet ASP)	<p>À destination des entreprises industrielles, ce guichet soutient des projets d'investissements inférieurs à 3 M€ visant la réduction de la consommation d'énergie et la décarbonation en leur apportant une aide sous forme de subvention.</p> <p>Dispositif encadré par le décret n° 2020-1361 du 7 novembre 2020. Ses modalités de mise en œuvre, dont la liste d'équipements éligibles, sont précisées par l'arrêté du 7 novembre 2020.</p> <p>Les dossiers sont instruits par l'Agence de Services et de Paiements (ASP) et les projets éligibles peuvent bénéficier d'une subvention comprise entre 10 % et 50 % de l'investissement en fonction de l'équipement et de la taille de l'entreprise.</p> <p>Informations sur le site : www.asp-public.fr</p>
Chaleur industrielle bas-carbone	Appel à projets BCIAT (Biomasse, Chaleur, Industrie, Agriculture et Tertiaire)	<p>Soutien pour la production de chaleur à partir de la biomasse dans les secteurs de l'industrie, de l'agriculture et du tertiaire, et faciliter la transition vers la chaleur bas-carbone. De nouveaux appels à projets seront lancés en 2021 et 2022.</p> <p><i>Informations auprès de l'ADEME (Direction régionale)</i></p>
	Energie CSR 2021 (production chaleur à partir de combustible solide de récupération)	<p>Ouvert à toute entreprise / CSR composés au maximum de 30 % d'OMR (ordures ménagères résiduelles)</p> <p>Soutien au fonctionnement pour la chaleur industrielle issue de Combustibles solides de récupération (CSR).</p> <p>Dépôt de candidature avant le 14/10/21 puis de nouveaux appels à projets seront lancés (2021 et 2022).</p> <p><i>Informations auprès de l'ADEME (Direction régionale)</i></p>

Transition écologique et rénovation énergétique des TPE / PME	Crédit d'impôt pour la rénovation énergétique des TPE / PME	<p>Concerne les travaux d'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments à usage tertiaire des TPE / PME (bureaux, commerce, entrepôts ...), soumises à l'impôt sur le revenu ou sur les sociétés.</p> <p>Montant : 30 % des dépenses éligibles, dans la limite de 25 000 € de crédit d'impôts par entreprise.</p> <p>Travaux éligibles repris sur le site de France Relance (isolation comble, régulation de chauffage ...). Renseignements complémentaires auprès du service des Impôts.</p> <p>Sont éligibles les dépenses engagées (devis signé) entre le 01/10/20 et le 31/12/21.</p>
	Entreprises Engagées pour la Transition Energétique (EETE) <small>(plateforme agirpouurlatransition.ademe.fr)</small>	<p>Action « Tremplin pour la transition écologique des PME » :</p> <p>Dispositif d'aide sur 2021 pour les TPE / PME et associations créées il y a plus de 2 ans.</p> <p>Financement, sur la base de forfaits clairement définis, de plus de soixante actions possibles, qu'il s'agisse d'investissements et d'études (ex : acquisition véhicules électriques, d'équipements de réduction et de gestion des déchets, accompagnement pour des travaux ambitieux de rénovation des bâtiments, études sur les émissions de gaz à effet de serre et les stratégies climat des entreprises...).</p> <p>Le montant total d'opérations doit être compris entre 5 000 € et 200 000 € et le montant de l'aide est plafonné à 80 % de l'investissement</p> <p>Cumulable avec les CEE, soumis aux minimis. Non cumulable avec le Crédit d'Impôt.</p> <p>Appel à projets (AAP EETE) :</p> <p>S'adresse aux TPE – PME pour des projets présentant un coût supérieur à 250 000 €</p> <p>Concerne l'accompagnement des entreprises dans l'industrialisation et la commercialisation de nouveaux produits, ou de nouvelles solutions présentant des externalités positives pour l'environnement, sur la base de travaux d'innovation réalisés permettant de confirmer la pertinence des solutions retenues. C'est une action vers les PME innovantes qui ont besoin de soutien pour mettre sur le marché leurs solutions dans le domaine de la transition écologique.</p> <p>Aide forfaitaire de 100 000 €</p> <p>Un premier appel à projet se clôture en avril 2021 et le dispositif est ouvert jusqu'à épuisement des fonds.</p>

Thématiques	Dispositifs	Précisions
Plan Climat BpiFrance	Le Prêt Economie d'Energies - Bpifrance	<p>S'adresse aux TPE-PME de plus de 3 ans engageant un programme d'investissement dans le but d'améliorer leur efficacité énergétique.</p> <p>Concerne les équipements éligibles aux Certificats d'Economies d'Energies (CEE), et les prestations, matériels et travaux liés.</p> <p>Montant de 10 000 € à 500 000 € et ne pouvant pas dépasser 50 % du financement total du projet</p> <p>Durée : de 3 à 7 ans, avec un différé d'amortissement en capital de 2 ans maximum</p> <p><i>Renseignement sur le site Bpifrance régional.</i></p>
	Le prêt vert ADEME – Bpifrance	<p>S'adresse aux TPE-PME créées il y a plus de 3 ans et ayant bénéficié d'un « Diag Eco-Flux » ou d'une aide de l'ADEME au cours des 3 dernières années.</p> <p>Prêt pour financer cofinancer les programmes d'investissement d'entreprises visant à maîtriser et diminuer les impacts environnementaux des procédés, à investir dans la mobilité « zéro carbone » pour ses salariés et marchandises et à innover pour mettre sur le marché des produits ou des services en matière de protection de l'environnement et/ou permettant une réduction de la consommation d'énergie.</p> <p>Montant : de 10 000 € à 1 000 000 €, et ne pouvant pas dépasser 50 % du financement total du projet.</p> <p>Durée : 3 à 10 ans, avec un différé d'amortissement en capital de 2 ans maximum</p> <p><i>Renseignement sur le site Bpifrance régional.</i></p>
	Le Diag Eco-Flux (décrit précédemment)	<p>Dispositif financé à 75 % par l'ADEME et opéré par Bpifrance pour les entreprises entre 20 et 250 salariés (en dessous de 20 salariés, s'adresser à la CCI pour la mise en œuvre de ce dispositif).</p> <p>Accompagnement par un bureau d'étude spécialisé en optimisation de fux (matières, eau, énergie, déchets).</p> <p>Renseignement sur le site Bpifrance régional.</p>

Thématiques	Dispositifs	Précisions
Mobilité	Bonus écologique	<p>Aide à l'achat ou à la location d'un véhicule peu polluant neuf (électrique et hydrogène, hybrides rechargeables).</p> <p>Pour tous les professionnels souhaitant renouveler leur flotte en faveur de véhicules peu polluants.</p> <p>Dispositif applicable depuis le 1^{er} juin 2020 et jusqu'au 30 juin 2021.</p>
	Prime à la conversion	<p>Aide à l'achat ou à la location d'un véhicule peu polluant, en échange de la mise au rebut d'un vieux véhicule polluant. Applicable du 3 août 2020 au 30 juin 2021.</p>

Synthèse des dispositifs France Relance en lien avec la transition écologique

G.La société CAP3RI

Il s'agit de la société d'investissement de la troisième révolution industrielle.

CAP 3RI accompagne et finance en fonds propres les entreprises au cœur de la 3ème Révolution Industrielle dans les Hauts-de-France.

La Région Hauts de France, le Crédit Agricole Nord de France, Groupama Nord Est et la Banque Européenne d'Investissement en sont les souscripteurs.

Le fonds peut investir des **tickets compris de 0,5 à 4M€**. Il peut co-investir avec les outils d'investissement de Nord Capital et Finorpa et **monter ainsi à 10 M€**, et au-delà grâce aux co-investissements et l'effet de levier bancaire.

Les informations sont disponibles sur le site : <http://www.cap3ri.com/>

4.Principaux contacts régionaux

Thématiques / Dispositifs	Structure	Personne à contacter	Coordonnées
Economie circulaire : Diag ECO FLUX (et EIT)	ADEME	Marie TISON	marie.tison@ademe.fr
Ecologie industrielle et territoriale (EIT)	ADEME	Marie TISON	marie.tison@ademe.fr
	Région	Virginie RENARD	virginie.renard@hautsdefrance.fr
Géothermie	UniLaSalle	Estelle DOURLAT	estelle.dourlat@unilasalle.fr
	ADEME	Florent DUPUIS	florent.dupuis@ademe.fr
	Région	Sandrine BOQUILLON	sandrine.boquillon@hautsdefrance.fr
Photovoltaïque	Région	Isabelle COUSIN	isabelle.cousin@hautsdefrance.fr
Bois	Région	Sébastien ATHANE	sebastien.athane@hautsdefrance.fr
Matériaux Biosourcés	Région	Catherine JACQUEMART	catherine.jacquemart@hautsdefrance.fr
Bois	Fibois	Thomas BAUDOT	
Bâtiment durable	CD2E	Nicolas GUEZEL	n.guezel@cd2e.com
Bâtiment durable – filières biosourcés	CD2E	Vincent THELLIER	v.thellier@cd2e.com
Bâtiment durable – éco construction	CD2E	Stéphane THEOPHILE	s.theophile@cd2e.com
AAP EETE	ADEME	Marie TISON	marie.tison@ademe.fr
Tremplin pour la transition écologique	ADEME	Marielle DIVAY	marielle.divay@ademe.fr
AAP BCIAT	ADEME	Christophe ROGER	christophe.roger@ademe.fr
AAP Energie CSR	ADEME	François HUMBERT	francois.humbert@ademe.fr
AAP indusDECAR 2021	ADEME	Florine MOYON	florine.moyon@ademe.fr
		Herminie de FREMINVILLE	herminie.defreminville@ademe.fr
Certificats d'Economie d'Energie	CCI Hauts-de-France	Tanguy LEDOUX	t.ledoux@hautsdefrance.cci.fr



Annexes

1. Glossaire

Bilan carbone : La méthode du bilan carbone permet de comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre (GES) directes et indirectes d'un produit ou d'un matériau à partir des données d'activité, sur l'ensemble du cycle de vie. Elle est monocritère et ramène tous les processus dont dépend un produit en équivalent Carbone ou CO₂ (Kg de CO₂ eq/Kg.). Elle exclut ainsi les autres impacts écologiques et ne concerne que les gaz à effet de serre et donc l'impact sur le réchauffement et les perturbations climatiques et le climat.

Classement au feu : Le comportement au feu d'une paroi est défini par 2 attitudes :

- La résistance au feu qui est la durée de temps pendant laquelle l'élément de construction joue son rôle de limitation de la propagation du feu en conservant ses propriétés mécaniques,
- La réaction au feu à savoir son comportement face à un incendie (combustibilité, production de fumée, production de débris enflammés). Elle est caractérisée par une euroclasse (classement européen) :

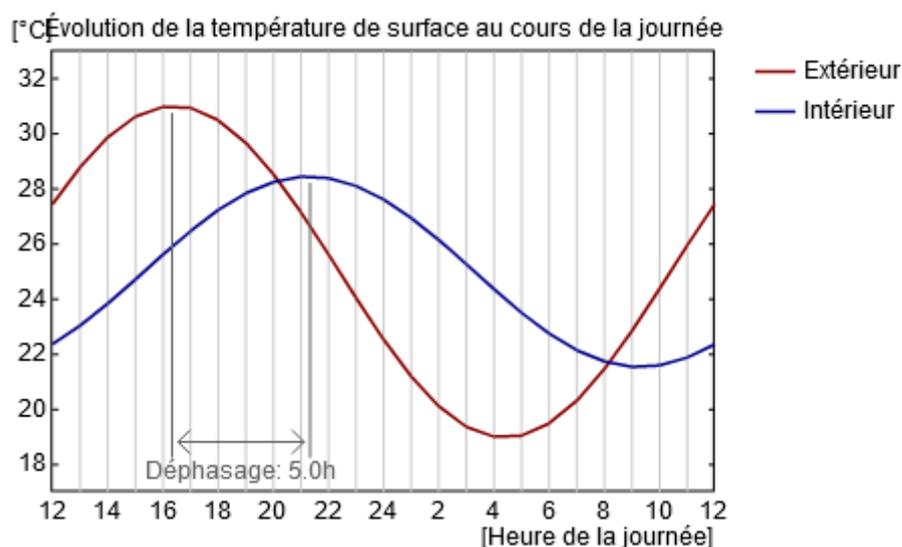
A1	Produit incombustible : aucune contribution au feu même dans le cas d'un feu très développé
A2	Très faible contribution au feu
B	Faible contribution au feu
C	Contribution significative au feu
D	Contribution élevée au feu
E	Contribution importante au feu
F	Pas de comportement en réaction au feu déterminé

CRE : Commission de Régulation de l'Énergie

Cumac (kWh) : Le kWh cumac est l'unité de compte du dispositif de CEE. Cumac signifie que les économies d'énergie sont cumulées (sur une durée de vie normée de l'opération) et actualisées.

Déphasage thermique : Exprimé en heures, il représente le temps de transfert d'un flux de chaleur d'une face à l'autre d'un matériau. Plus de déphase est grand, plus la chaleur estivale mettra du temps à traverser la paroi.

Exemple pour un mur béton de 20cm d'épaisseur
(Source : Ubakus) ▶



Effet de parois froides : La température des parois influe sur la température ressentie. Ainsi, la sensation d'inconfort pour une consigne de chauffage donnée sera plus importante si les parois sont

froides. Cet effet « de parois froides » est accentué si les revêtements muraux sont froids (carrelage, marbre...) et que l'on chauffe par convection (mouvement d'air chaud).

La sensation d'inconfort apparaît au-delà d'une différence de plus de 3°C entre la température ambiante et celle des murs (et de plus de 2°C avec celle du plafond).

Energie grise : Le concept d'énergie grise est apparu dans les années 70. On l'utilise pour démontrer que l'impact sur l'environnement d'un produit ne se limite pas à ce qui le compose. En effet, l'énergie grise désigne l'énergie qui ne se voit pas, mais qui existe bien et est incluse dans le matériau. L'énergie grise désigne ainsi toute l'énergie « cachée », nécessaire et consommée pour réaliser un produit ou un ouvrage puis pour l'éliminer, ou le recycler. Elle est souvent exprimée en KWh.

FRATRI : Fonds Régional d'Amplification de la Troisième Révolution Industrielle

Inertie : C'est la capacité de certains matériaux à stocker les calories ou les frigories pour les restituer ensuite progressivement. Plus l'inertie est forte, plus le matériau mettra du temps à s'échauffer ou à se refroidir et plus les variations de températures à l'intérieur du bâtiment seront amorties.

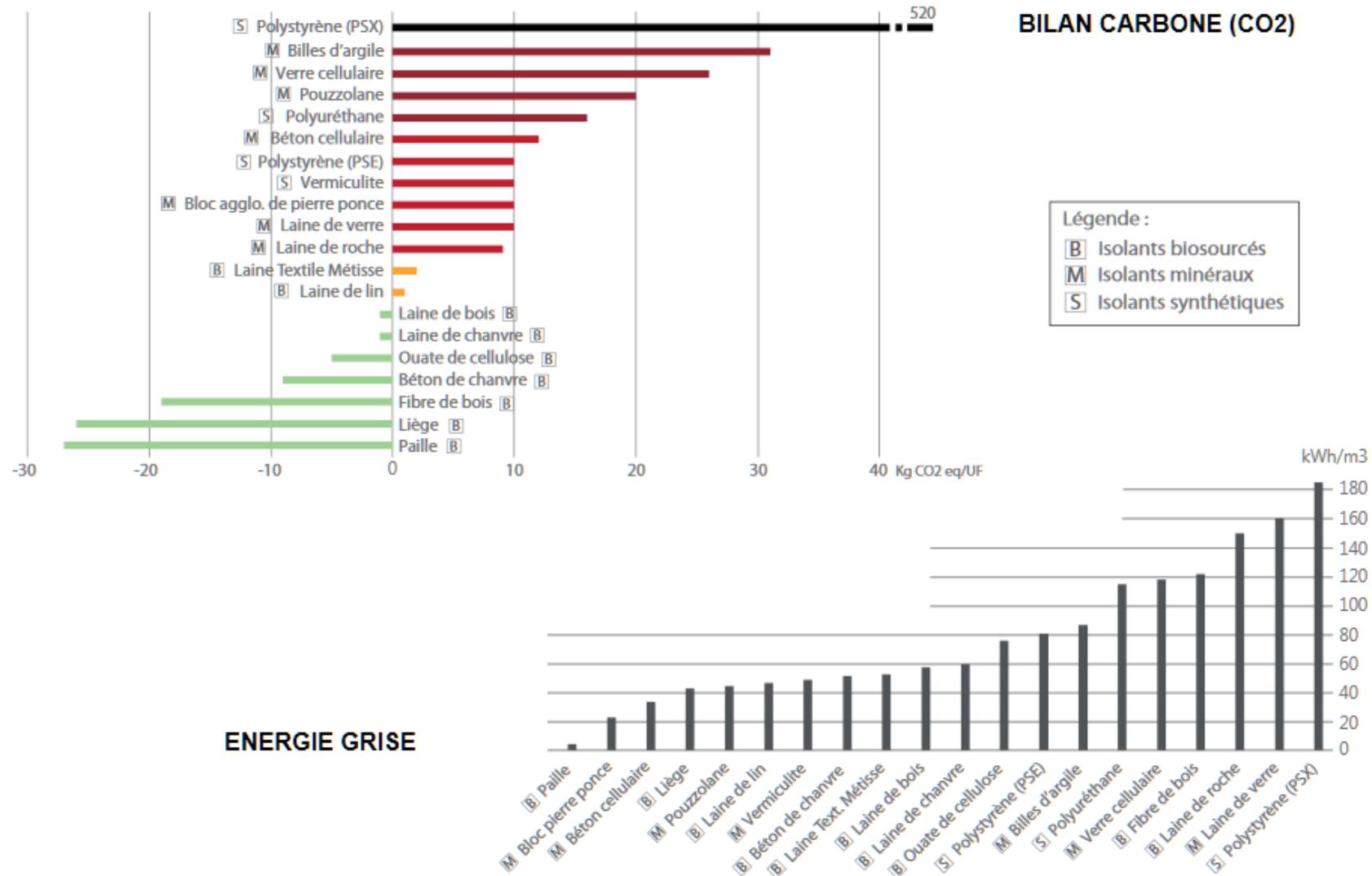
Résistance thermique : La résistance thermique **R** d'un matériau traduit sa capacité à empêcher le passage du froid ou de la chaleur, pour une épaisseur donnée. Elle est exprimée en $m^2 \cdot ^\circ C/W$. Plus R est grande, plus le matériau est isolant.

Exemple : Pour l'isolation d'une toiture, 20 cm de laine de roche équivaut à une résistance thermique de $5 m^2 \cdot ^\circ C/W$.

Stratification de l'air : Dans un bâtiment, l'air chaud, moins dense que l'air froid, monte. L'air se superpose ainsi en strates de différentes températures, de la plus froide (au sol) à la plus chaude (au plafond). La différence de température peut atteindre 1 °C par mètre de hauteur (1,5 °C si la hauteur sous plafond > 4 m).

2. Bilan comparatif des matériaux isolants

Source : « Isolation thermique et matériaux biosourcés - Fiches techniques », Construire Solidaire, Juin 2019



3. Préconisations de l'amélioration de l'efficacité énergétique du process

A. Amélioration de la gestion de l'air comprimé

Les actions en matière de gestion de l'air comprimé sont présentées ci-après.

Action 1		
CAMPAGNE DE DÉTECTION DES FUITES D'AIR COMPRIMÉ ET MAINTENANCE RÉGULIÈRE		
Avantages	Inconvénients	Précisions sur les travaux
<p>Gains financiers et énergétiques</p> <p>Maximisation de la durée de vie des compresseurs</p> <p>Faible coût</p> <p>Amélioration de la qualité de l'air dans l'atelier⁷</p>	<p>Nécessite du temps en interne pour mettre en place l'ensemble des mesures proposées</p>	<p>Les fuites peuvent être détectées et quantifiées avec des appareils de mesure à ultrasons (en interne ou par un prestataire extérieur).</p> <p><i>A noter que les grosses fuites sont détectables à l'oreille lors des périodes de non-fonctionnement des ateliers</i></p> <p>Fréquence d'intervention : Idéalement tous les 6 mois et à minima 1 fois par an.</p> <p>Vérification régulière des purges de condensats et remplacement des éventuels purgeurs manuels par des purgeurs automatiques</p> <p>Nettoyage et remplacement régulier des filtres d'entrée d'air</p> <p>Inspection régulière du système de traitement d'air</p> <p>Possibilité d'Intégrer une clause de performance énergétique aux contrats d'exploitation (engagement sur la production en kW/Nm³ à une pression donnée)</p>

⁷ L'air évitant le traitement situé au point d'utilisation finale via la fuite, il véhicule ce que contient l'air aspiré (poussières, germes, eau) et tout ce que le processus de compression peut lui apporter (huile principalement).

Action 2 RÉVISION ÉVENTUELLE D'UN ENSEMBLE D'ÉLÉMENTS DU RÉSEAU		
Avantages	Inconvénients	Précisions sur les travaux
<p>Période propice lors d'une révision globale</p> <p>Gains financiers et énergétiques (électricité)</p>	<p>Mesures d'amélioration pouvant nécessiter un arrêt prolongé d'une partie du process</p> <p>Demande du temps en interne pour l'établissement du relevé du réseau et l'identification des éventuelles sections non utilisées.</p> <p>Coût</p>	<p>Étude de l'optimisation du réseau : la pertinence des actions suivantes pourra être étudiée au regard des usages actuels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dissociation des réseaux ne desservant que les machines à fonctionnement intermittent (pose d'électrovannes) ; - Suppression des filtres, vannes, purges ... devenus inutiles et générant des pertes de charge ; - Colmatage ou démontage des jonctions éventuelles qui ne sont plus utilisées ; - Optimisation des diamètres, limiter la longueur du réseau, les coudes, les changements de direction ou de section ; - Vérifier que la prise d'air des compresseurs est bien aménagée à l'extérieur du local (de préférence au nord et à l'ombre) ; - Sécher et filtrer l'air au juste besoin (trop sécher ou filtrer trop fin entraîne des consommations inutiles). Si les besoins en qualité du traitement de l'air varient d'une machine à l'autre : étudier l'intérêt d'utiliser une qualité de l'air adaptée aux différents besoins ; - Installer des capacités de stockage proche des machines à forte variation de demande d'air ; - Boucler le réseau pour limiter les écarts de pression en bout de réseau.

Action 3 OPTIMISATION DE LA PRESSION DE SERVICE		
Avantages	Inconvénients	Précisions sur les travaux
<p>Action ne nécessitant aucun investissement ou un investissement réduit</p> <p>Diminution des consommations d'électricité et réduction de l'impact des fuites d'air comprimé</p>	<p>Impact ponctuel sur le process lors de la réalisation des tests d'optimisation de la pression</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Trouver la pression minimum nécessaire au process en diminuant par paliers successifs la pression du réseau jusqu'à la limite de bon fonctionnement des machines. - Ajuster la pression de chaque machine au besoin réel de l'application - Dissocier les équipements ne fonctionnant pas à la même pression via vannes d'isolement appropriées (possibilité également d'installer un surpresseur local au lieu d'élever la pression de tout le réseau)

Action 4 **ÉTUDE DE L'UTILISATION DE L'AIR COMPRIME DANS LE PROCESS ET OPTIMISATIONS / SUBSTITUTIONS EVENTUELLES**

Eviter les marches à vide : arrêter le compresseur la nuit et les week-ends si le besoin en air peut être réduit à 0.

Identifier les outils pneumatiques pouvant être remplacés par des outils électriques

Suivre l'installation (comptage)

Les gains potentiels sont les suivants :

QUELQUES ELEMENTS INDICATIFS DE GAINS D'ENERGIE ET D'INVESTISSEMENT

Action 1 **Détection des fuites :**

- Intervention d'un prestataire extérieur : 1800 à 3000 €TTC / intervention
- Achat d'un appareil de détection des fuites d'air comprimé : 800€TTC + mobilisation d'une personne 2 jours/an pour étude

Les fuites d'un réseau d'air comprimé représentent en moyenne 30% de la consommation d'air comprimé (jusqu'à 50% en cas extrêmes et de 10 à 12% sur une installation optimisée) (Source : ADEME)

Une réduction du taux de fuite implique en moyenne un gain de 11% de la consommation électrique du poste air comprimé (Source : Guide autodiag industrie, FIEV/ ADEME).

Maintenance :

- Traitement de l'air : Une maintenance régulière et une bonne qualité des installations de traitement d'air peuvent diminuer le coût de l'air comprimé de 15% (Source : ADEME)
- Le changement des filtres d'entrée d'air réguliers permet une réduction de la perte de charge d'aspiration. Une réduction de perte de charge de 0.05 bar permet un gain de 1% de la consommation électrique de la centrale de production (source : ADEME)

Action 2 - Sectionnement des réseaux : Coût d'une vanne + horloge : 230€TTC

- Une diminution de 3°C de l'air aspiré entraîne une diminution de la consommation de 0,7%

Action 3 A un niveau de pression de 6 à 7 bars, la fourniture d'1 bar complémentaire représente près de 7% d'énergie complémentaire. Ce coût est par ailleurs majoré par le fait que la hausse de la pression augmente les fuites (l'impact énergétique d'une fuite à 7 bars est 16,7% plus important qu'à 6 bars) (Source : ADEME)

Action 4 Le prix du kWh pneumatique est 20 fois plus élevé que le prix du kWh électrique

B. Actions diverses sur le process

Transformateurs	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des transformateurs à haut rendement (pertes minimales en charge et à vide) - Vérifier la charge des transformateurs (la plage idéale de fonctionnement étant comprise entre 40 et 60%) - Diminuer la charge du transformateur en réduisant l'énergie réactive consommée par le site - Respecter les périodicités et les consignes de maintenance - Déterminer l'emplacement du transformateur à travers la méthode des barycentres (selon la norme IEC 60364-8-1) - Ventiler correctement le local transformateur afin d'éviter les surchauffes - Mise hors tension des équipements transformateurs d'énergie lorsque l'activité est arrêtée (postes de transformation spécifiques, armoires de puissance électronique).
Chemin de câble	<ul style="list-style-type: none"> - Diminuer les pertes par effet joule grâce à un dimensionnement correct des câbles
Tableau	<ul style="list-style-type: none"> - Remplacer les anciens tableaux généraux basse tension par de nouveaux tableaux utilisant des éléments à faibles pertes (contacteurs, disjoncteurs)
Équipements électriques	<ul style="list-style-type: none"> - Arrêter ou mettre en veille les équipements électriques lorsqu'ils n'ont plus besoin d'être en fonctionnement - Asservir les auxiliaires (tapis convoyeurs, pompes, ventilateurs etc.) à l'outil principal de production. Afin que lorsque la production industrielle est à l'arrêt, les équipements annexes ne soient pas en service
Personnel	<p>Sensibiliser l'ensemble du personnel en affichant des indicateurs de performances énergétiques pour le site, par usages et/ou par ateliers</p>
Supervision et maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser et contrôler la qualité de l'énergie électrique de l'installation (perturbations harmoniques, variations de la fréquence réseau, déséquilibre de tension ...) - Détecter les points chauds anormaux des câbles, armoires et équipements par thermographie infrarouge
Moteurs électriques	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des transmissions à haut rendement - Ajuster et caler les alignements des systèmes d'entraînement - Recourir à un atelier agréé lors du rebobinage pour éviter une dégradation du rendement - Utiliser des moteurs à haut rendement (classe IE3 ou IE4) - Ne pas surdimensionner les moteurs - Respecter les périodicités et les consignes de maintenance des moteurs électriques : lubrification, ventilation

4. Points de vigilance pour les projets de géothermie

La garantie AQUAPAC

L'entreprise peut souscrire la garantie AQUAPAC, qui assure les projets de géothermie sur nappe d'une profondeur inférieure à 200 mètres, couplée à une pompe à chaleur d'une puissance thermique supérieure à 30 kW.

AQUAPAC propose une « garantie de recherche » pour couvrir le risque d'échec consécutif à la découverte d'une ressource en eau souterraine insuffisante pour le fonctionnement d'une installation géothermique. Elle propose également une « garantie de pérennité » pour couvrir le risque de diminution ou de détérioration de la ressource pendant les 10 premières années d'exploitation.

Elle n'est pas obligatoire mais permet d'anticiper des risques éventuels. Elle représente de manière générale environ 5% des coûts de forage.

La compétence des professionnels

Pour réaliser une installation géothermique performante, il est impératif d'être vigilant sur deux points :

- La **qualité du matériel** choisi : la pompe à chaleur doit être conforme aux normes en vigueur (marque NF PAC) ;
- La **qualité de conception et de réalisation de l'installation de géothermie** : il faut les confier à des professionnels spécialisés en géothermie et **qualifiés RGE** qui les mettront en œuvre selon les normes en vigueur.

Type de prestation	Signe de qualité RGE
Études / Conseil	
Installation / Pose de la pompe à chaleur	
Installation / Pose des échangeurs souterrains (sondes, forages sur nappe)	

Les qualifications RGE pour la géothermie

La mention **RGE Travaux** concerne des entreprises (installateur/chauffagiste, foreur) intervenant dans l'installation et la pose :

- De pompes à chaleur (qualifications Qualibat, Qualipac, Qualifelec) ;
- D'échangeurs souterrains (qualifications Qualiforage sonde et nappe) – *Le portail « Qualit'EnR » recense les installateurs qualifiés RGE.*

La mention **RGE Etudes** concerne les Bureaux d'Etudes (BE) (BE sous-sol et BE thermique) et les économistes de la construction pour :

- La conception bioclimatique et passive du projet architectural, de l'enveloppe thermique, y compris l'étanchéité à l'air et les transferts d'hygrométrie dans les parois ;
- Les systèmes énergétiques de production/distribution/émission et régulation à partir ou non d'énergies renouvelables pour le chauffage, la climatisation, le rafraîchissement, l'eau chaude sanitaire, la ventilation et l'éclairage.

Un annuaire est mis à disposition par l'OPQIBI, organisme de qualification de l'ingénierie.

Ainsi, pour bénéficier du Fonds Chaleur, pour toutes les opérations de géothermie assistée par PAC (hors projets sur eaux de surface/eau de mer et eaux usées), **au moins un acteur RGE Etudes** (Reconnu Garant de l'Environnement) devra intervenir sur le projet :

- ✓ Soit le bureau d'étude (BE) qui réalise l'ingénierie de conception (OPQIBI 20.13 ou qualification équivalente),
- ✓ Soit le BE qui réalise l'ingénierie de réalisation (OPQIBI 20.13 ou qualification équivalente),
- ✓ Soit le BE qui réalise l'étude des ressources géothermiques (OPQIBI 10.07 ou qualification équivalente).

De plus, pour les opérations de géothermie sur nappe, les travaux devront être accompagnés par des bureaux d'études ayant des compétences sur l'évaluation de « ressources géothermiques sous-sol » et « sur les installations de surface ». En conséquence, les études d'ingénierie devront être confiées à un bureau d'étude technique thermique/fluides et à un hydrogéologue.

Note : il se peut que le bureau d'études ne soit pas sur l'annuaire de l'OPQIBI mais qu'il soit qualifié « Expert Géothermie » par le Ministère, il sera dans ce cas considéré comme RGE par l'ADEME et la Région. Sachant que la plupart des bureaux d'études ont les 2 qualifications.

Les qualifications sont valables 2 ans, il faut donc se tenir régulièrement informé des agréments.

