



Sommaire

Fiche REX N°1 Remplacement de la chaudière et de la panoplie de régulation.....

Fiche REX N°2 Chaudière bois déchiqueté.....

Fiche REX N°3 Chaudière bois granulés.....

Fiche REX N°4 Rénovation thermique et extension d'une école.....

Fiche REX N°5 Rénovation globale d'une école et production d'énergie.....

Fiche REX N°6 .....

Fiche REX N°7 .....

Fiche REX N°8 .....

Fiche REX N°9 .....

Fiche REX N°10 .....

Fiche REX N°11 .....

Fiche REX N°12 .....

Fiche REX N°13 .....

Fiche REX N°14 .....

Fiche REX N°15 .....



## Remplacement de la chaudière et de la panoplie de régulation

### Commune de Trégueux (22) Ecole publique Jean-Jaurès

En 2013, la commune de Trégueux a fait le choix de remplacer la chaudière et de revoir l'installation hydraulique de l'école publique Jean Jaurès, datant d'une cinquantaine d'années, par une installation économe et correctement régulée.

#### Description de l'opération

La chaudière d'un âge avancé commençait à donner des signes de faiblesse et était clairement surdimensionnée.

L'installation hydraulique et la régulation obsolète étaient à l'origine de pertes très importantes et ne permettaient pas un contrôle suffisamment fin des T° de consigne.

Suite à un pré-diagnostic énergie, réalisé par le conseiller CEP, la ville de Trégueux a décidé de revoir l'installation en profondeur.

#### Équipements retenus

**Chaudière gaz à condensation:**  
WEISHAUP 250 kW de puissance

**Régulateur :**  
SIEMENS Synco

**Régulation terminale :**  
THERMOZYKLUS Vannes thermoélectriques

#### L'APPORT DU CEP

- ✓ Pré-diagnostic énergie en amont
- ✓ Détermination du gisement d'économie
- ✓ Information sur les solutions techniques
- ✓ Montage du dossier CEE en lien avec le SDE22
- ✓ Suivi des consommations post-travaux



#### Investissements

L'investissement global s'élève à 59 599 TTC dont :

- 15 872 €, chaudière à condensation,
- 14 131 € hydraulique (tuyauterie, V3V, pompes, calorifugeage, etc....)
- 3 848 €, régulation
- 10 802 € système de régulation terminale
- 14 946 € Mise aux normes, fumisterie, etc...

Aides : environ 3 650 € de Certificats d'économie d'énergie

#### Fonctionnement

Consommation de gaz avant travaux : 182 MWh  
 Consommation de gaz après travaux : 115 MWh  
 Entretien annuel : 284 € HT  
 Entretien courant : en régie

#### Bilan de l'opération

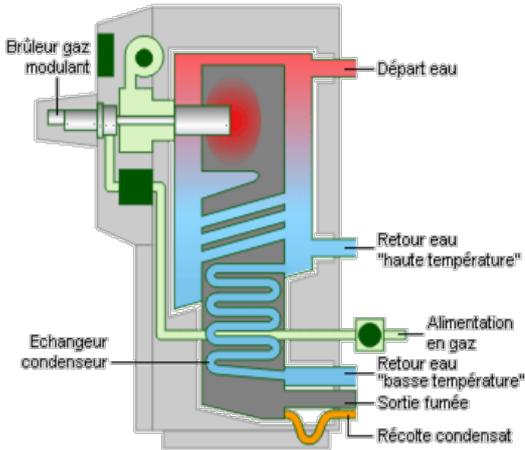
- Consommation d'énergie :**
- 37 %
- Dépense d'énergie :**
- 3 685 €/an
- Emission gaz à effet de serre :**
- 15.7 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an



# Remplacement de la chaudière et de la panoplie de régulation



## ZOOM sur... La chaudière à condensation



Source : Guillot et Weishaupt

La chaudière à condensation permet la récupération d'énergie, par le processus de condensation, ce qui améliore ses performances.

Il convient de s'assurer que le régime de fonctionnement de l'installation et les émetteurs de chaleur sont compatibles et permettent une condensation effective.

Une régulation en température glissante, avec une loi d'eau adaptée, est souvent l'assurance d'un fonctionnement optimum.

## Les vannes électrothermiques

Les vannes thermoélectriques remplacent avantageusement les vannes thermostatiques habituelles.

Plus précises, elles respectent les consignes au 1/10ème de degré près et ont un coefficient de variation temporelle réduit. Elles détectent également les ouvertures de fenêtres intempestives pour couper le chauffage.



Vanne thermoélectrique filaire installée sur un radiateur

## Retour d'expériences

Les premiers investissements de 2011 (chaudière à condensation et régulation centralisée) ont réduit considérablement les consommations. La commune a alors opté pour une réflexion globale sur ce bâtiment ancien en retenant un cabinet (Liouville et Jan) pour un programme de rénovation énergétique du bâtiment sur 3 années (1ère phase terminée). Pour ne pas pénaliser les rendements une fois le bâtiment ré-isolé il a été fait le choix d'une chaudière à puissance modulante.

Les vannes électrothermiques installées en régie permettent un confort et une prise en compte des apports dans chaque pièce de l'école. Elles évitent les surchauffes en période de demi-saison et, n'étant pas manipulable par les usagers, elles limitent le risque d'oubli en position grande ouverte.



Pour tout complément d'information n'hésitez pas à contacter votre conseiller en énergie partagé.

**ALEC du Pays de Saint-Brieuc**

Tél. : 02.96.52.15.70 – Mail : [contact@alec-saint-brieuc.org](mailto:contact@alec-saint-brieuc.org)





# Chaudière bois déchiqueté

Mise en service en septembre 2012

## Commune de Coëtmieux (22) Groupe scolaire de La Glanerie

En 2012, la commune de Coëtmieux a fait le choix de remplacer la chaudière fioul du groupe scolaire de la Glanerie (1 400 m<sup>2</sup>), dans le cadre du projet d'extension rénovation, par une chaudière bois déchiqueté.



### Description de l'opération

A l'origine du projet, il était prévu de remplacer l'ancienne chaudière par une chaudière fioul à condensation plus économe et plus performante. Après présentation du bilan énergétique (notamment du bilan carbone) par le CEP, la commune a souhaité que le bureau d'étude étudie une solution utilisant le bois comme combustible.

### Équipements retenus

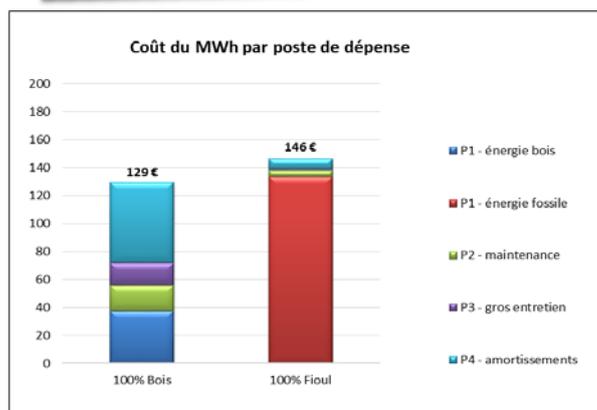
**Chaudière à bois déchiqueté :**  
HARGASSNER type HSV 100 kW de puissance

**Stockage :**  
Silo maçonné de 60 m<sup>3</sup>

**Approvisionnement chaudière :**  
Bois plaquette local

**Coût : 63 000 €**

### Coût global



### Fonctionnement

Consommation de fioul avant travaux : 117 MWh  
 Consommation de bois après travaux : 85 MWh  
 Entretien annuel : 300 € HT  
 Entretien courant : en régie

### L'APPORT DU CEP

- ✓ Bilan carbone du patrimoine
- ✓ Détermination du gisement d'économie
- ✓ Aide à la recherche de financements
- ✓ Accompagnement pendant les travaux
- ✓ Suivi des consommations après travaux

### Bilan de l'opération

- Consommation d'énergie :**  
- 27%
- Dépense d'énergie :**  
- 4 200 €/an
- Emission Gaz à Effet de Serre :**  
- 29 tonnes éq CO<sub>2</sub> /an

# Chaudière bois déchiqueté



## Principe de fonctionnement de la chaudière



Source : Hargassner

La chaudière est approvisionnée 4 fois par an avec une moyenne de 8 tonnes pour chaque livraison.

Le combustible est acheminé dans un premier temps par une vis verticale dans un silo de 60 m<sup>3</sup> puis par un dessileur rotatif et une vis sans fin jusqu'au brûleur de la chaudière.

L'eau est chauffée en circulant autour de la chambre de combustion. L'air nécessaire à la combustion est apporté par un ventilateur et commandé par un clapet coupe-feu pour assurer une sécurité maximum. Après combustion, la cendre tombe dans le cendrier et permet un nettoyage simple.

La chaudière installée est équipée d'une régulation de type Lambda-Hatronic permettant, à l'aide d'une sonde de température extérieure de déterminer les températures de départ de l'eau chaude dans les différents circuits de chauffage.

L'installation a été conçue de façon à alimenter 4 zones isolées thermiquement de manières différentes, la garderie (BBC), le dortoir (bien isolé), l'école (peu isolée) et le réfectoire (peu isolé et chauffé moins longtemps).

Ces différentes zones ont des horaires d'occupation différentes ainsi que des plages de chauffage confort et réduit différentes qui sont automatiquement prises en compte par la régulation.



## TEMOIGNAGE

**Marie-Ange Le Mée, adjoint aux travaux :**

« Dans l'obligation de remplacer la chaudière et la cuve fioul de notre école, nous avons fait le choix du combustible bois.

Nous en sommes très satisfaits : elle est facile à régler et très performante au niveau économie d'énergie et protection de l'environnement car le dégagement de CO<sub>2</sub> est beaucoup plus faible. »



Pour tout complément d'information n'hésitez pas à contacter votre conseiller en énergie partagé.

**ALEC du Pays de Saint-Brieuc**

Tél. : 02.96.52.15.70 – Mail : [contact@alec-saint-brieuc.org](mailto:contact@alec-saint-brieuc.org)

**COETMIEUX**





# Chaudière bois granulés

Mise en service en septembre 2013

Commune de Planguenoual (22)

Ecole maternelle Louis Guilloux

En 2013, la commune de Planguenoual a fait le choix de remplacer la chaudière fioul de l'école maternelle Louis Guilloux (400 m<sup>2</sup>) par une chaudière bois granulés.



## Description de l'opération

La commune a sollicité plusieurs artisans afin d'obtenir des devis de remplacement de la chaudière actuelle par une chaudière fioul à condensation ou par une chaudière bois granulés. Après présentation du bilan énergétique (notamment du bilan carbone) par le CEP, la commune a fait le choix d'utiliser le bois comme combustible.

## Equipements retenus

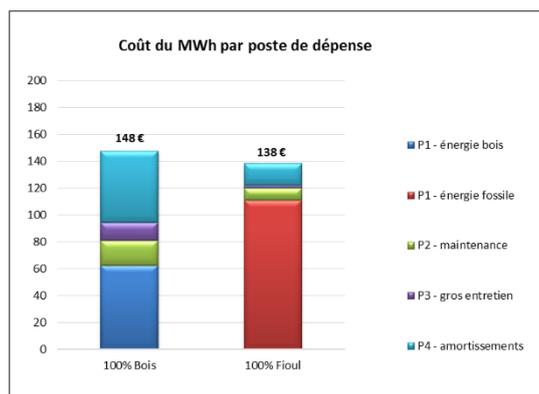
**Chaudière à bois granulés :**  
HARGASSNER type CL 25-60 kW de puissance avec alimentation pneumatique

**Stockage :**  
Silo intérieur contigu à la chaufferie

**Approvisionnement chaudière :**  
Bois granulés en vrac ou en sac

**Coût : 26 000 €**

## Coût global



## Fonctionnement

Consommation de fioul avant travaux : 52 MWh  
 Consommation de bois après travaux : 35 MWh  
 Entretien annuel : 300 € HT  
 Entretien courant : en régie

## L'APPORT DU CEP

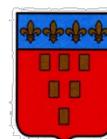
- ✓ Bilan carbone du patrimoine
- ✓ Détermination du gisement d'économie
- ✓ Aide à l'analyse des devis
- ✓ Accompagnement pendant les travaux
- ✓ Suivi des consommations après travaux

## Bilan de l'opération

**Consommation d'énergie :**  
- 32%

**Dépense d'énergie :**  
- 1 500 €/an

**Emission Gaz à Effet de Serre :**  
15 tonnes éq CO<sub>2</sub> /an



# Chaudière bois déchiqueté

## Principe de fonctionnement de la chaudière

Le silo de stockage (situé juste à côté de la chaufferie) se remplit soit par camion souffleur soit manuellement.

La turbine Hargassner aspire les granulés depuis le silo jusqu'à la trémie de la chaudière. La régulation gère automatiquement le remplissage de la trémie cyclonique aux heures programmées.

La turbine s'arrête lorsque le détecteur de niveau plein le lui indique.

Les granulés descendent dans la vis d'entrée chaudière en quantité contrôlée à travers la double écluse de sécurité entièrement métallique pour être amenés directement dans le foyer.

La flamme dispose d'une haute chambre de combustion pour se développer.

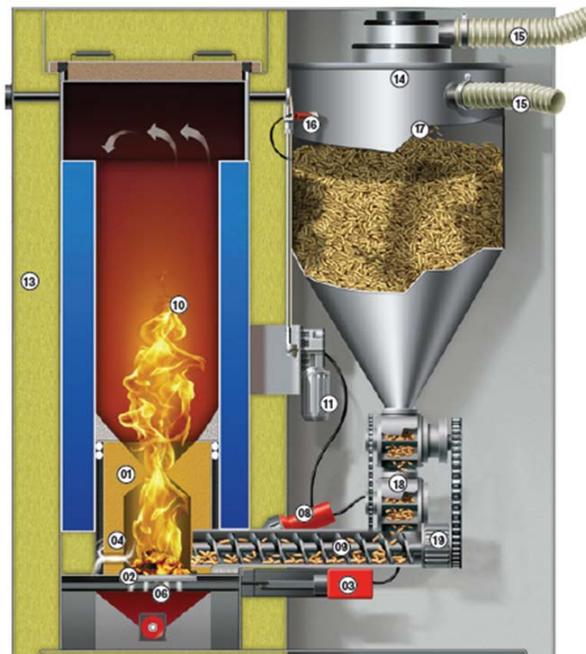
Les gaz de combustion traversent l'échangeur en passant par une chambre de détente et de dépoussiérage.

Par la forme du foyer, des turbulences permettent aux gaz de décomposition du bois de se mélanger parfaitement à l'air secondaire, assurant ainsi une combustion complète.

L'afficheur du tableau de commande vous

Indique quand vous devez vider le cendrier.

Cette indication vous laisse encore environ une semaine d'autonomie.



Source : Hargassner

- 01 Foyer en réfractaire à haute température
- 02 Grille de décendrage
- 03 Moteur de grille
- 04 Air secondaire avec admission
- 05 Dépoussiérage des fumées
- 06 Air primaire
- 07 Vis de décendrage
- 08 Allumeur automatique
- 09 Vis entrée chaudière
- 10 Chambre de combustion
- 11 Nettoyage automatique de l'échangeur
- 12 Extracteur de fumées
- 13 Isolation
- 14 Turbine d'aspiration
- 15 Circuit fermé d'aspiration sans filtre, sans entretien
- 16 Détecteur de niveau
- 17 Trémie cyclonique
- 18 Ecluse de sécurité
- 19 Moteur d'entraînement
- 20 Sonde Lambda de série

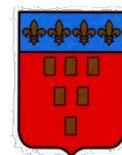
## TEMOIGNAGE

**Daniel Nabucet, Maire :**

« Notre école maternelle a fait l'objet d'une rénovation et est devenue un exemple de modernité et de fonctionnalité.

Les délais un peu longs et les aléas liés à cette rénovation ne sont plus que de mauvais souvenirs, puisque enfants, enseignants et familles ont retrouvé, après une année de travaux, une école alliant modernité, économies d'énergie, confort et sécurité.

L'école maternelle fait maintenant belle figure et est désormais un outil offrant des bonnes conditions de travail pour les enseignants. »



# ➔ Rénovation thermique et extension d'une école

## Commune de Coëtmieux (22) Ecole publique La Glanerie

En 2009, un pré-diagnostic énergie réalisé par un bureau d'études fait apparaître que la chaudière fioul est en « fin de vie » et que la cuve ne répond plus aux nouvelles normes. Par ailleurs, le nombre d'élèves de l'école est en constante augmentation. La commune a donc pris la décision de lancer un programme ambitieux afin de mieux maîtriser les dépenses énergétiques tout en améliorant le confort des élèves et enseignants de l'école.

### Détail du projet

Suite au pré-diagnostic, la commune a défini des priorités pour le programme de travaux et a recruté un cabinet d'architectes (Rémi Guyomard à Lamballe) pour travailler sur le projet.

Une 1<sup>ère</sup> phase de travaux intègre le remplacement de la chaudière et de la régulation de chauffage. Ces premiers travaux réalisés en 2012 amènent déjà une importante économie ([Fiche REX ALEC N°2](#)).

En parallèle, face à l'augmentation du nombre d'élèves, un bâtiment basse consommation a été construit afin d'accueillir la garderie, un espace de repos et la salle de motricité.

La suite des travaux a consisté à réaliser des travaux de rénovation thermique sur les bâtiments existants (hors cantine-réfectoire). Elle intègre des travaux d'isolation des combles, isolation des murs par l'extérieur, remplacement des menuiseries et travaux d'éclairage.

Un programme ambitieux, qui à terme, permettra de réduire significativement les consommations énergétiques de cet équipement.



### Investissements

L'investissement global se répartit comme suit :

Type de travaux	Investissement en € HT
Chaudière, silo et régulation	100 000 €
Construction neuve	500 000 €
Rénovation thermique de l'existant	320 000 €
<b>Total (hors honoraires)</b>	<b>920 000 €</b>
<b>Aides</b>	
DETR	93 000 €
Contrat de territoire	150 000 €
DGE	40 000 €
ADEME	38 000 €
Fond de Soutien à l'Investissement Public Local 2016 (FSIPL)	100 000 €
Autres	70 000 €

### L'APPORT DU CEP

- ✓ Bilan carbone du patrimoine
- ✓ Détermination du gisement d'économie
- ✓ Aide à la recherche de financements
- ✓ Accompagnement pendant les travaux
- ✓ Suivi des consommations après travaux

### Bilan de l'opération

Avant 1<sup>ère</sup> phase de travaux :

- 117 000 kWh/an
- 34 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an

Après 1<sup>ère</sup> phase de travaux :

- 85 000 kWh/an
- 5 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an



# Rénovation thermique et extension d'une école



## ZOOM sur... L'isolation thermique par l'extérieur

Pour améliorer l'isolation et afin de minimiser les ponts thermiques, le choix de l'architecte s'est porté sur une isolation par l'extérieur constituée de panneaux de laine minérale de 200 mm pour une résistance thermique de 4,7 m<sup>2</sup>/K/W.

Le bardage de finition est de type « Selekt Colorpan » de Werzalit de couleur blanche.



Avant travaux



Pendant travaux



Après travaux

## La ventilation et l'éclairage

L'école n'était pas pourvue de système de ventilation mécanisé. Dans le cadre du projet de rénovation, où l'isolation était revue, il était nécessaire de travailler cet aspect. Le choix de la commune s'est porté sur un système de ventilation mécanique simple flux pour la partie sanitaires.

En ce qui concerne l'éclairage, des pavés fluorescents équipés de tubes T5 sont installés dans les salles de classe. Des détecteurs de présence seront installés dans les circulations et sanitaires.

## La régulation du chauffage

La chaudière installée est équipée d'une régulation de type Lambda-Hatronic permettant, à l'aide d'une sonde de température extérieure, de déterminer les températures de départ de l'eau chaude dans les différents circuits de chauffage.

L'installation a été conçue de façon à alimenter 4 zones isolées thermiquement de manières différentes, la garderie (BBC), le dortoir (bien isolé), l'école (peu isolée) et le réfectoire (peu isolé et chauffé moins longtemps).

Ces différentes zones ont des horaires d'occupation différentes ainsi que des plages de chauffage confort et réduit différentes qui sont automatiquement prises en compte par la régulation.

## TEMOIGNAGE

**Dominique Tirel, Maire :**

« La municipalité a fait le choix d'une chaufferie bois utilisant un combustible local et a ainsi diminué de 83% les rejets de CO<sub>2</sub> (soit un pourcentage supérieur aux 75% exigés par le Grenelle de l'environnement pour 2050).

Suite aux travaux de rénovation thermiques et grâce à l'appui du conseiller de l'ALEC, la consommation électrique a diminué de 44% et celle de l'eau de 20%. La démarche environnementale se poursuit également avec le restaurant scolaire où les produits locaux sont mis à l'honneur. »



Pour tout complément d'information n'hésitez pas à contacter votre conseiller en énergie partagé.

**ALEC du Pays de Saint-Brieuc**

Tél. : 02.96.52.15.70 – Mail : [contact@alec-saint-brieuc.org](mailto:contact@alec-saint-brieuc.org)

**COETMIEUX**





# Rénovation globale d'une école et production d'énergie

## Commune de Trégueux (22)

### Ecole J. Jaurès

En 2010, la Mairie de Trégueux s'interroge sur le devenir de l'école J. Jaurès. Un pré-diagnostic énergie est réalisé par l'Agence. L'objectif est d'identifier des pistes d'améliorations pour les intégrer à un important programme de travaux permettant de réduire les consommations et d'améliorer le confort des enfants et des enseignants de l'école.

#### Détail du projet

Suite à ce pré-diagnostic, la cellule énergie de Trégueux a défini des priorités pour le programme de travaux et a recruté un cabinet d'architectes (Liouville & Jan à Rennes) pour travailler sur le projet.

Une première phase de travaux intègre le remplacement de la chaudière et de la régulation de chauffage. Ces premiers travaux réalisés en 2012 amènent déjà une importante économie ([Fiche REX ALEC N°1](#)).

Dans l'intervalle, une installation photovoltaïque est également mise en œuvre sur la partie sud de la toiture avec près de 400 m<sup>2</sup> (58.5 kWc) de panneaux installés par la société IEL de Saint-Brieuc. Elle fonctionne en vente totale mais a été impactée par le moratoire de 2011.

La suite des travaux se décompose en 4 phases avec une réalisation par étapes échelonnée sur 4 ans. Elle intègre des travaux d'isolation des combles et des murs par l'extérieur, le renouvellement d'air (VMC Double flux), certaines menuiseries et des travaux d'éclairage.

Un programme ambitieux, qui à terme, permettra de réduire significativement les consommations du bâtiment et même de produire une quantité d'énergie équivalente aux besoins avec la photovoltaïque.

#### L'APPORT DU CEP

- ✓ Pré-diagnostic énergie en amont
- ✓ Détermination du gisement d'économie
- ✓ Information sur les solutions techniques
- ✓ Montage du dossier CEE en lien avec le SDE22
- ✓ Suivi des consommations post-travaux



#### Investissements

L'investissement pour les travaux énergétiques se répartit comme suit :

Type de travaux	Investissement en € HT
Chaudière et régulation	47 679 €
Installation photovoltaïque	213 000 €
Isolation des combles	38 586 €
Isolation Thermique par l'extérieur	199 313 €
Ventilation double flux décentralisée	101 121 €
Modification de l'éclairage	16 394 €
Remplacement des menuiseries (y compris petit travaux de serrurerie)	40 779 €
<b>Total (hors PV)</b>	<b>427 478 €</b>
<b>Aides</b>	
CEE	3 650 €
Fond de Soutien à l'Investissement Public Local 2016 (FSIPL)	180 000 €

#### Bilan de l'opération

##### Avant programme de travaux :

- 205 000 kWh/an
- 44 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an

##### Après programme de travaux :

- 75 000 kWh/an (prévision)
- 14 tonnes CO<sub>2</sub> eq /an
- + Prod. PV ≈ 70 000 kWh/an



### ZOOM sur...

#### L'isolation thermique par l'extérieur

Le bâtiment des années 60/70 est de type poteaux béton et panneaux. Pour améliorer l'isolation, le choix a été fait de combler les vides des panneaux et de réduire la tailles des menuiseries, puis d'isoler par l'extérieur sous un bardage de protection.

L'isolation est en laine minérale d'une épaisseur de 180 mm pour une résistance thermique de 4.3 m<sup>2</sup>/K/W. Les poteaux béton ont été intégrés à l'isolation pour minimiser les ponts thermiques.

Le bardage de finition est de type « Colours » de Rockpanel pour une finition robuste et colorée.



Avant les travaux



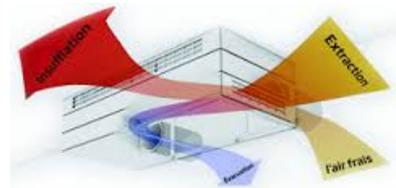
Pendant les travaux

#### La VMC double flux décentralisée

L'école n'était pas pourvue de système de ventilation mécanisé. Dans le cadre du projet de rénovation, où l'isolation était revue, il était nécessaire de travailler cet aspect.

Le choix de la Ville s'est porté sur un système double flux, à récupération de chaleur (rend. 85%), pièce par pièce qui évite les importantes longueurs de réseau et les consommations électriques afférentes.

Ce choix facilite également la réalisation des travaux par phase.



#### La régulation pièce par pièce

Les vannes thermoélectriques remplacent avantagement les vannes thermostatiques habituelles.

Elles permettent un confort et une prise en compte des apports dans chaque pièce de l'école. Elles évitent les surchauffes en période de demi-saison et, n'étant pas manipulable par les usagers, elles limitent le risque d'oubli en position grande ouverte.

Plus précises, elles respectent les consignes au 1/10eme de degré près et ont un coefficient de variation temporelle réduit. Elles détectent également les ouvertures de fenêtres intempestives pour couper le chauffage.



Vanne thermoélectrique filaire installée sur un radiateur

#### TEMOIGNAGE

David TOANEN, Directeur des services techniques de la Ville de Trégueux :

« Les investissements ont été réalisés pour faire des économies d'énergie mais aussi pour améliorer le confort des usagers.

Tout est partie du CEP réalisée en 2011 par l'ALEC qui nous accompagne et nous conseille aussi bien pour le choix du Bureau d'étude que pour le choix des matériaux

Notre Coup de cœur : les sondes thermoélectriques de chez Thermozykluss avec gestion centralisée depuis un PC en temps réel. »