



# ZEMeds

## RÉNOVATION PERFORMANTE D'ÉCOLES EN CLIMAT MÉDITERRANÉEN



# ÉDITO

Frédéric GUILLOT

Directeur de l'ADEME Languedoc-Roussillon

Avec une consommation de 70 millions de tonnes équivalent pétrole par an, soit 43 % de l'énergie finale totale, le secteur du bâtiment est le premier consommateur d'énergie en France.

Depuis plusieurs années, l'Europe et la France s'engagent à réduire leur consommation d'énergie. Dans le cadre du projet de Loi relatif à la transition énergétique pour la Croissance Verte, la France s'est ainsi fixée pour objectif de réduire de 30 % sa consommation d'énergie totale à l'horizon 2030.

Le secteur du bâtiment constitue un immense gisement d'économies d'énergie. Cependant, les efforts entrepris pour la construction neuve, via la mise en œuvre de la réglementation thermique, ne suffiront pas à atteindre cet objectif. **Aussi, la rénovation thermique des bâtiments constitue plus que jamais une priorité.**

Les collectivités consacrent en moyenne 47 euros par an et par habitant à leur budget énergie. 75 % de ces consommations concernent le patrimoine bâti dont 30 % uniquement pour les écoles. La performance énergétique des bâtiments scolaires constitue donc un enjeu majeur pour les collectivités.

Pour réduire leurs dépenses énergétiques, anticiper l'augmentation future du coût de l'énergie mais également pour améliorer le confort des usagers et valoriser leur patrimoine, les collectivités s'engagent progressivement dans des démarches de rénovations ambitieuses et les retours d'expériences positifs se multiplient.

Cependant, ces actions impliquent une réflexion bien en amont, afin de fixer le plus tôt possible des objectifs ambitieux de performance énergétique,

de qualité de l'air intérieur et de confort d'été en climat méditerranéen et de s'orienter vers les solutions les plus performantes. Cette réflexion doit se faire en coût global, c'est-à-dire en prenant en compte les coûts d'investissements et les coûts d'usage, d'entretien et d'exploitation sur la durée de vie du bâtiment. Elle nécessite de s'entourer des compétences adaptées et de se donner les moyens de mener les études préalables nécessaires. Contrairement aux idées reçues, les sommes engagées dans les études sont largement amorties par les économies engendrées sur les coûts d'investissement et de fonctionnement.

L'ADEME accompagne techniquement et financièrement les collectivités pour la réalisation des études préalables et les investissements au cas par cas et participe à la valorisation des retours d'expériences.

La démarche ZEMedS, développée dans le cadre d'un programme européen porté en France par l'Agence Locale de l'Energie Montpellier et l'association GEFOSAT, vise à améliorer la performance énergétique et le confort d'usage des écoles, en cohérence avec d'autres démarches déjà existantes comme le label BBC-Rénovation ou la démarche Bâtiments Durables Méditerranéens.

Destiné aux élus et à leurs services techniques, ce guide met en lumière les bénéfices multiples d'une rénovation performante et leur propose une méthodologie et des outils adaptés pour réussir un projet. ●

# SOMMAIRE

## LE PROJET ZEMEDS

pages  
4 à 6

Le projet .....	4
Un contexte particulier .....	5
Les partenaires ZEMedS .....	6

## RÉNOVER, POURQUOI ET POUR QUELS BÉNÉFICES ?

pages  
7 à 10

Mémo .....	8
Rénover, pour quels bénéfices ? .....	9

## DÉFINITION ET OBJECTIFS ZEMEDS

pages  
11 à 18

Mémo .....	12
Pourquoi une définition ? .....	13
Exigences sur l'énergie .....	14
Les conventions de calcul prises en compte pour l'énergie .....	15
Exigences sur le confort .....	16
Les conventions de calcul prises en compte pour les critères de confort .....	17

## DÉMARCHE, ÉTAPES ET ACTEURS CLÉS

pages  
19 à 28

Mémo .....	20
Les acteurs et leur rôle .....	21
Les étapes clés .....	22
Faisabilité / Diagnostic .....	22
Programme .....	24
Conception .....	24
Réalisation / Travaux .....	25
Réception / Mise à disposition .....	26
Exploitation / Maintenance .....	27
ZEMedS en plusieurs étapes .....	28

## SOLUTIONS TECHNIQUES

pages  
29 à 48

Mémo .....	30
Réduire les consommations d'énergie .....	31
Zoom sur la gestion pièce par pièce .....	33
Favoriser les énergies renouvelables .....	34
Zoom sur le photovoltaïque .....	35
Confort des usagers .....	36
Zoom sur les protections solaires .....	39
Qualité de l'air intérieur (QAI) .....	42
Associer les utilisateurs à la performance .....	46

## APPROCHE ÉCONOMIQUE

pages  
49 à 54

Financement / Coût d'une rénovation ZEMedS .....	50
Les principaux dispositifs .....	51
Les certificats d'économies d'énergie .....	53
Dispositif innovant - Financements participatifs et solidaires .....	54



# LE PROJET ZEMEDS

Ce guide a été développé dans le cadre du projet ZEMeDS, un projet européen qui vise à promouvoir la rénovation performante d'écoles en climat méditerranéen. En France, le projet ZEMeDS, cofinancé par l'Union Européenne et l'ADEME, est porté par l'Agence Locale de l'Energie Montpellier et l'Association GEFOSAT.

## QU'EST-CE QU'UNE RÉNOVATION ZEMEDS ?

Une rénovation ZEMeDS est caractérisée par une démarche globale visant à améliorer significativement la performance énergétique d'un bâtiment scolaire en intégrant les critères de confort des usagers et la qualité de l'air intérieur.

## POURQUOI UNE DÉFINITION ZEMEDS ?



La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique uniquement à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage, sans exigence forte sur la performance finale. Le projet ZEMeDS a donc créé ses propres objectifs de performance, qui permettent de réduire les consommations d'énergie et d'améliorer le confort pour les usagers en prenant en compte la qualité de l'air intérieur.



## POURQUOI UN GUIDE ZEMEDS ?

### Les objectifs principaux de ce guide sont :

- de faire connaître les multiples bénéfices d'une rénovation ZEMeDS,
- d'accompagner les maîtres d'ouvrage dans leur projet en proposant une méthodologie,
- de fixer des objectifs à atteindre pour orienter les décisions,
- d'identifier les enjeux et les points de vigilance spécifiques à une rénovation ZEMeDS,
- d'identifier les dispositifs existants et des pistes innovantes de financement.



# UN CONTEXTE PARTICULIER

## LE CLIMAT MÉDITERRANÉEN

Les étés sont chauds et très secs et les précipitations sont plus marquées aux intersaisons.

Les hivers sont doux et également secs, tempérés par la proximité de la mer. Les températures basses de l'hiver, le long des côtes, de l'ordre de  $-7^{\circ}\text{C}$ , peuvent descendre à  $-12^{\circ}\text{C}$  à l'intérieur des terres. Dans certaines régions particulièrement bien exposées, le thermomètre ne descend que rarement en dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ . Localement, l'exposition est telle que les températures restent positives toute l'année.

Il est donc intéressant :

- d'exploiter l'important potentiel solaire tout en se protégeant des surchauffes estivales,
- de profiter de la lumière naturelle abondante,
- de maîtriser les consommations de chauffage, qui reste le poste le plus important, même en climat méditerranéen.

## LES ÉCOLES

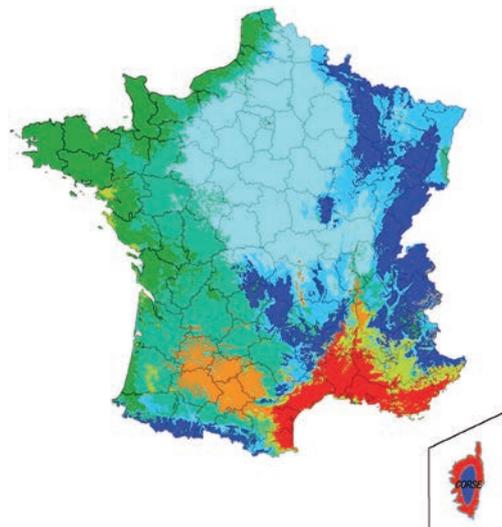
Les travaux engagés lors d'une rénovation d'un bâtiment scolaire doivent intervenir prioritairement pendant les vacances. Les travaux sont donc contraints sur une période bien déterminée : la bonne préparation du chantier est fondamentale afin d'éviter tout imprévu et le non-respect des délais.

En outre, les salles de classe ont pour spécificité d'être occupées généralement par un nombre important d'élèves, qui constituent autant d'apports internes pouvant générer des surchauffes.

Enfin, le public particulièrement sensible des écoles ainsi que le besoin de conditions optimales d'apprentissage, exigent une attention particulière au regard du confort d'usage.

## EN DÉFINITIVE...

Diviser par quatre les coûts de fonctionnement afin de réduire vos factures énergétiques, améliorer le confort pour les usagers en toutes saisons et par là même la réussite scolaire, entretenir et valoriser le patrimoine... sont autant de raisons de transformer une obligation de travaux en une opportunité de rénovation efficace.



Montagne	Océanique altéré	Bassin du Sud-Ouest
Semi-continental	Océanique franc	Méditerranéen franc
Océanique dégradé	Méditerranéen altéré	Hors interpolation

Source : Base de données climatiques communales 2009, THEMA Université de Franche-Comté, CNRS UMR6049 (F-25000 Besançon) / CESAER INRA UMR1041 (F-21000 Dijon) ; d'après Météo France 1971-2000.



Photo © Licéenne Creative Commons

Rénover efficacement et globalement ?  
Une démarche ambitieuse qui présente de nombreux avantages !

# LES PARTENAIRES DE ZEMEDS



**1 ASCAMM (Espagne)**

→ Coordinateur - Fondation privée  
[www.ascamm.com](http://www.ascamm.com)

**2 ANCI TOSCANA (Italie)**

→ Association nationale des villes de Toscane  
[www.ancitoscana.it](http://www.ancitoscana.it)

**3 Direction de l'Education de la Generalitat de Catalunya (Espagne)**

[www.gencat.cat](http://www.gencat.cat)

**4 Eurosportello Confesercenti (Italie)**

[www.eurosportello.eu](http://www.eurosportello.eu)

**5 FUNDITEC (Espagne)**

→ Fondation pour le développement, l'innovation et la technologie  
[www.funditec.org](http://www.funditec.org)

**6 Gefosat (France)**

→ Association Loi 1901  
[www.gefosat.org](http://www.gefosat.org)

**7 Agence locale de l'Energie Montpellier (France)**

→ Association Loi 1901  
[www.ale-montpellier.org](http://www.ale-montpellier.org)

**8 Municipalité de Peristeri (Grèce)**

[www.peristeri.gr](http://www.peristeri.gr)

**9 Université d'Athènes (Grèce)**

<http://en.uoa.gr>

**10 Province d'Ancone (Italie)**

[www.provincia.ancona.it](http://www.provincia.ancona.it)

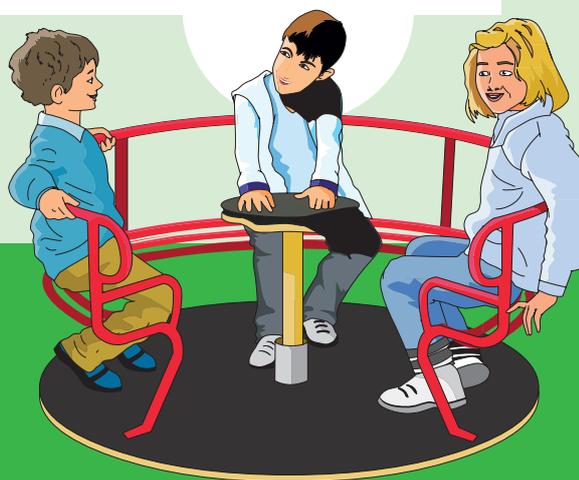


Co-funded by the intelligent Energy Europe Programme of the European Union



# RÉNOVER, POURQUOI ET POUR QUELS BÉNÉFICES ?

Mémo : Rénover, pourquoi ? .....	8
Rénover, pour quels bénéfices ? .....	9





# Mémo

## ➔ RÉNOVER, POURQUOI ?

### 1 Une rénovation performante permet de réduire les consommations d'énergie.

→ La collectivité réalise des économies sur ses factures.

### 2 Une rénovation est l'occasion d'intégrer des énergies renouvelables.

→ La collectivité fait passer un message positif auprès des citoyens.

→ L'école peut s'en servir à des fins pédagogiques.

→ La vente d'électricité produite peut générer des revenus pour la collectivité.

### 3 Une rénovation performante permet de sensibiliser les citoyens aux enjeux énergétiques d'aujourd'hui.

→ La collectivité donne l'exemple.

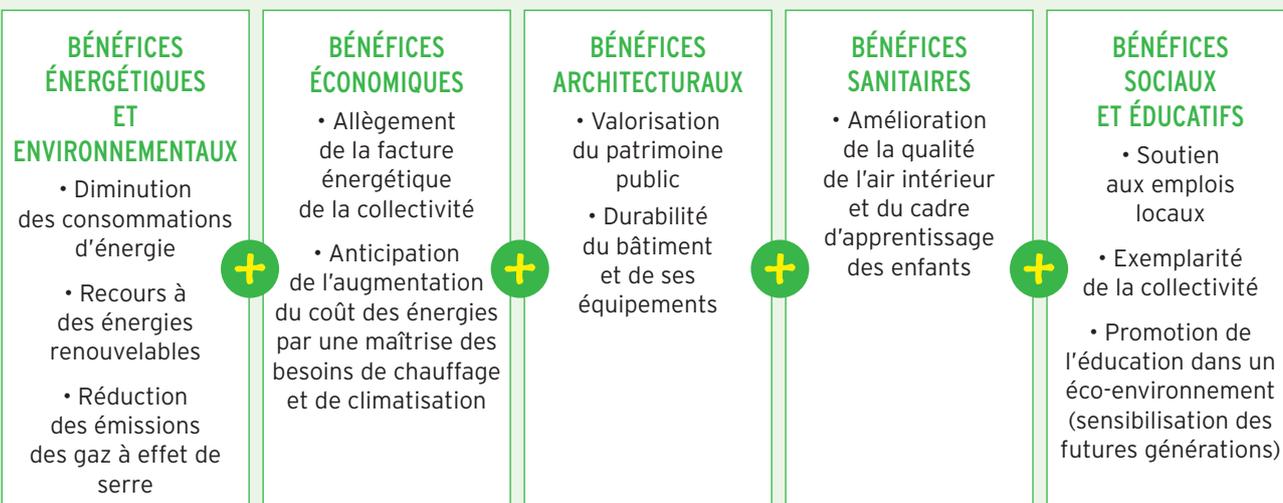
### 4 Une rénovation permet de revaloriser et moderniser les bâtiments.

→ Le patrimoine public de la collectivité est entretenu.

### 5 Rénover son école est l'opportunité d'améliorer le confort et le bien-être des usagers.

→ Même s'il n'y a aujourd'hui aucune obligation sur la qualité de l'environnement intérieur, la collectivité fait le choix d'offrir aux enfants un cadre d'apprentissage de qualité.

## Pour résumer



**= RÉNOVATION RÉUSSIE !**



# RÉNOVER, POUR QUELS BÉNÉFICES ?

## BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX

### Relever le défi du changement climatique à l'échelle locale / Plan climat

Le paquet énergie-climat est un paquet législatif adopté en décembre 2008 par le Parlement Européen.

L'objectif principal arrêté par l'Union Européenne est fixé par la directive des "3x20" :

- diminuer de 20 % les émissions de gaz à effet de serre des pays de l'Union Européenne,
- atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans le mix énergétique européen,
- réaliser 20 % d'économies d'énergie, à l'horizon 2020.

En France, l'objectif des "3x20" a été repris en portant à 23 % la part d'énergies renouvelables.

Avec le Grenelle de l'environnement, la France a dépassé le cadre européen en s'engageant plus spécifiquement à diviser par 4 ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2050. En 2010, la loi dite Grenelle 2 a imposé l'adoption d'un plan énergie-climat territorial pour les collectivités de plus de 50 000 habitants.

### Agir sur les bâtiments les plus énergivores

Les régions méditerranéennes d'Italie, de Grèce, d'Espagne et de France comptent environ 87 000 écoles. En France, les bâtiments représentent 76 % de la consommation d'énergie des communes. Avec 30 % de la consommation des bâtiments communaux, les écoles demeurent le type de bâtiment le plus consommateur devant les équipements sportifs et les bâtiments socioculturels.

### Profiter de la reproductibilité des travaux

Axer la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments scolaires se justifie également par le caractère hautement reproductible de la démarche : de nombreux bâtiments ont été construits selon le même mode constructif au cours des périodes de forte production de bâtiments scolaires (par exemple les bâtiments de type Pailleron, les écoles "Jules Ferry"...).

### Soutenir le développement des énergies renouvelables

Une rénovation ZEMedS intègre une production locale d'énergie à partir d'énergies renouvelables et permet de réduire la dépendance aux énergies fossiles et à la volatilité du prix des produits énergétiques. Ces installations contribuent à la lutte contre le changement climatique dans une logique d'économie circulaire.

## BÉNÉFICES ÉCONOMIQUES

### Maîtriser le coût de fonctionnement

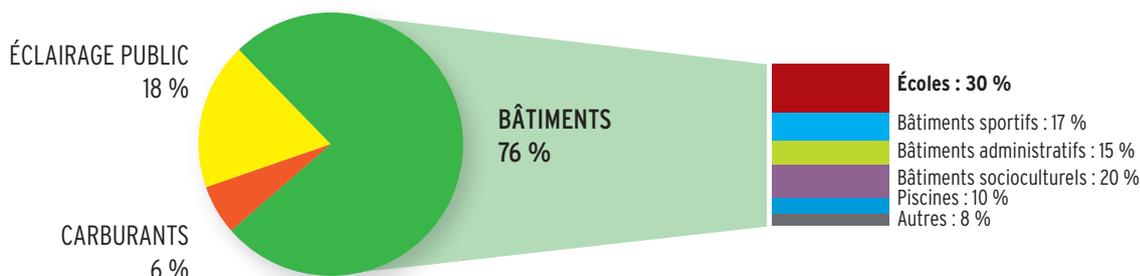
Limiter la consommation de fluides permet de minimiser la dépendance à l'évolution des prix de l'énergie et de l'eau. Dans un bâtiment ZEMedS, ces dépenses sont réduites de plus de 50 %.

### Dynamiser l'économie locale

Dans le cadre d'une rénovation ZEMedS, la plus grande partie des dépenses se dirige vers l'économie locale (entreprises réalisant les travaux, l'entretien...). Sans rénovation, la plus grande partie des dépenses sert à payer les factures d'énergie, ce qui dans la plupart des cas ne concerne pas l'économie locale.

## CONSOMMATION D'ÉNERGIE DANS UNE COMMUNE

Source : ADEME - Enquête 2012, énergie et patrimoine communal



# RÉNOVER, POURQUOI ET POUR QUELS BÉNÉFICES ?

## BÉNÉFICES ARCHITECTURAUX ET CULTURELS

### Valoriser le patrimoine bâti

Une rénovation ZEMedS permet de sauvegarder et valoriser le patrimoine architectural et culturel. Un bâtiment scolaire fait partie de l'identité d'une ville, d'un quartier ou de ceux qui l'ont fréquenté. Il est alors possible de conserver un témoignage du passé tout en modernisant le bâtiment.

## BÉNÉFICES SANITAIRES

### Agir en priorité pour le confort des enfants

La qualité des bâtiments scolaires se doit d'être une priorité des élus, car ils concernent de près ou de loin une très grande partie de la population. Parce que les principaux usagers des écoles sont des enfants, cela exige d'assurer un haut niveau de qualité environnementale et de confort. Le lien entre confort d'usage, santé et réussite scolaire est mis en évidence dans de nombreuses études, notamment dans "The Impact of School Buildings on Student Health and Performance" de Lindsay Baker et Harvey Bernstein.

Une rénovation ZEMedS permet donc

### D'AMÉLIORER

- le confort thermique en toutes saisons,
- la qualité de l'air intérieur,
- le confort visuel,
- le confort acoustique.

## BÉNÉFICES SOCIAUX ET ÉDUCATIFS

### Favoriser l'éducation à l'environnement

Une rénovation ZEMedS est une opportunité de se questionner sur les enjeux environnementaux. Le bâtiment peut même devenir un outil pédagogique qui permet de visualiser, mesurer ou expérimenter.

### Créer du lien social

Une rénovation ZEMedS ne laisse pas indifférent. C'est une occasion pour dynamiser le dialogue entre toutes les parties prenantes. Le bien-être des enfants est la priorité, ce qui repositionne l'Humain au cœur des discussions.

### Montrer l'exemple

De nombreuses personnes gravitent autour des bâtiments scolaires (élèves, personnel, parents d'élèves...). Une rénovation ZEMedS permet donc à la collectivité d'être exemplaire et de favoriser l'adhésion du plus grand nombre aux valeurs environnementales d'un tel projet.

→ **Thierry NOEL**

*témoignage*

Adjoint délégué au développement durable  
à la Ville de Clapiers

*La Ville de Clapiers mène une politique de Développement Durable très affirmée qui s'est traduite notamment par l'obtention du label Agenda 21 local France en décembre 2013.*

*Le projet de rénovation aux normes BBC de l'école Victor Hugo, site du Calvaire (1200 m<sup>2</sup>, répartis sur deux niveaux, huit classes, environ 270 enfants et adultes) fait partie intégrante de cette volonté, avec pour but de tendre vers la sobriété et l'efficacité énergétiques, donner plus de confort aux usagers (enseignants et élèves) et développer par l'exemple notre responsabilité environnementale. Plusieurs tranches de travaux se sont succédées de 2010 à 2014, sans externalisation des classes, afin de réaliser tous les travaux. Le bâtiment consomme désormais 70 % de moins pour son chauffage (16 000 € d'économies au global). L'école du Calvaire a réduit ses émissions de gaz à effet de serre de 20 t/an.*

*Les utilisateurs (élèves et équipe pédagogique) ont acquis une qualité de vie améliorée tant du point de vue thermique qu'acoustique et la commune contribue à son échelle à lutter contre le réchauffement climatique. Très long combat à mener.*

*Notre commune a obtenu pour ces travaux de nombreuses subventions qui ont permis d'atteindre ce niveau de performance.*



# DÉFINITION ET OBJECTIFS ZEMEDS

Mémo .....	12
Pourquoi une définition ? .....	13
Exigences sur l'énergie .....	14
Les conventions de calcul prises en compte pour l'énergie .....	15
Exigences sur le confort .....	16
Les conventions de calcul prises en compte pour les critères de confort .....	17

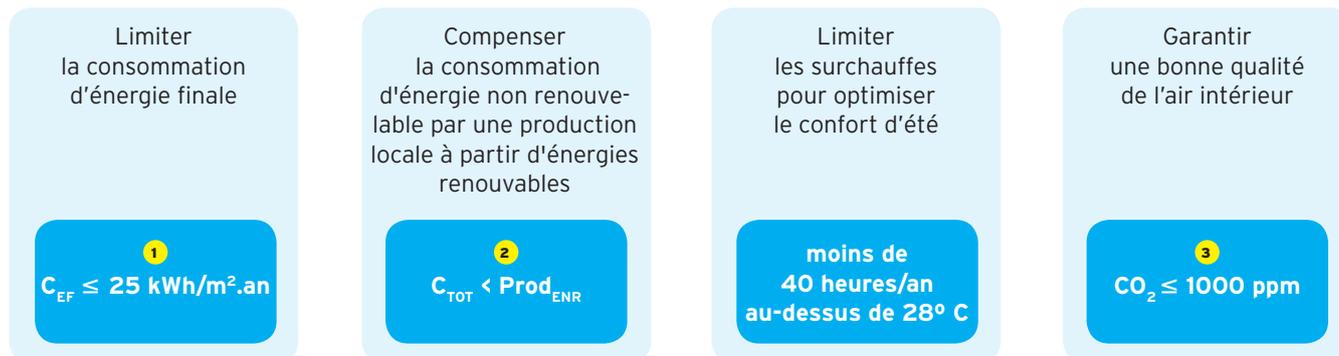




# Mémo

## ► UNE RÉNOVATION ZEMeDS, KÉSAKO ?

Le diagramme ci-dessous expose de façon synthétique la définition d'une rénovation ZEMeDS.



1 -  $C_{EF}$  = consommation annuelle pour le chauffage, la climatisation, l'éclairage et les auxiliaires (non inclus l'eau chaude sanitaire et l'électricité spécifique) exprimée en énergie finale.

2 -  $C_{TOT}$  = consommation annuelle d'origine non renouvelable pour les 5 usages réglementaires (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage et auxiliaires) exprimée en énergie primaire.

3 -  $\text{CO}_2$  = concentrations de dioxyde de carbone mesurées dans l'air des salles de classe.

## ► LES CONDITIONS DE RÉUSSITE

### Réaliser une "Simulation Thermique Dynamique"

Une Simulation Thermique Dynamique (STD) validera les niveaux de consommation d'énergie, mais apportera aussi des éléments sur le confort d'été. C'est un outil essentiel qui permet d'optimiser les solutions.

### Identifier les postes particuliers qui consomment beaucoup d'énergie

Au cas par cas, des analyses complémentaires peuvent être réalisées afin de mieux connaître les besoins et l'énergie consommée par certains postes : eau chaude sanitaire pour complexe sportif (piscine, douches), consommations d'un restaurant scolaire, etc.

### Réaliser une étude de faisabilité d'énergies renouvelables

Une étude permettra d'évaluer le potentiel et la faisabilité technique et financière de mise en œuvre d'énergies renouvelables.

### Mesurer l'étanchéité à l'air du bâtiment

Un test d'étanchéité à l'air peut être utile avant les travaux pour identifier les défauts d'étanchéité, et doit être réalisé en fin de travaux pour valider le niveau d'étanchéité au regard des objectifs fixés.

### Suivre les consommations du bâtiment après travaux

Le suivi est essentiel pour connaître les consommations réelles d'énergie après travaux, afin d'identifier d'éventuels écarts et mettre en place des mesures correctives.

Outils  
pratiques

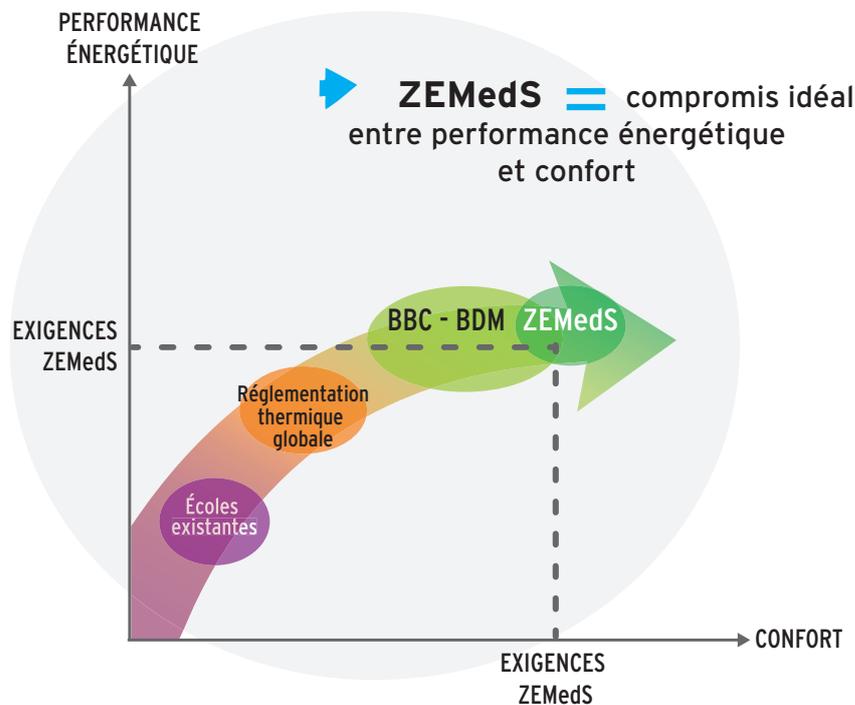
Cahier  
des charges  
ZEMeDS  
[www.zemedes.eu](http://www.zemedes.eu)



# POURQUOI UNE DÉFINITION ?

Lors de travaux de rénovation de bâtiments non résidentiels, la réglementation thermique actuelle impose un gain minimum de 30 % sur la consommation d'énergie par rapport à l'état antérieur. Bien que cette réglementation intègre la notion d'amélioration globale, les exigences sont très éloignées d'une rénovation performante du type BBC Effinergie (Bâtiment Basse Consommation) ou à énergie positive. Il est pourtant possible de réduire de 75 % ces consommations en optimisant économiquement le projet, grâce à une approche en coût global. ZEMeDS a donc pour objectif de définir un cadre pour les bâtiments scolaires afin notamment d'identifier des objectifs de performance en valeur absolue.

- ▶ **ZEMeDS : une démarche qualitative et innovante pour un objectif ambitieux mais réaliste.**
- ▶ **ZEMeDS** n'a pas vocation à devenir un label officiel mais propose plutôt de quantifier certains objectifs de performance ou de confort pour les bâtiments scolaires.
- ▶ **ZEMeDS : complémentaire avec la démarche BDM<sup>(1)</sup> ou le label BBC rénovation 2009.<sup>(2)</sup>**
- ▶ **ZEMeDS** est tout à fait compatible avec le label BBC rénovation mais identifie cependant une valeur absolue à atteindre en matière de performance énergétique. Pour rappel, le label BBC rénovation 2009 correspond à une consommation inférieure de 40 % à la consommation de référence de la réglementation thermique "globale" des bâtiments existants.
- ▶ **ZEMeDS** peut également s'inscrire dans une démarche BDM<sup>(1)</sup> en quantifiant certains des objectifs à atteindre.



<sup>(1)</sup> BDM : Bâtiments Durables Méditerranéens : <http://polebdm.eu>

<sup>(2)</sup> BBC Rénovation 2009 : plus d'informations sur [www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr)

# EXIGENCES SUR L'ÉNERGIE

## RÉDUIRE LES BESOINS AU MAXIMUM

**Consommation en énergie finale limitée**  
 $C_{EF} \leq 25 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$

→  $C_{EF}$  : consommation annuelle pour le chauffage, la climatisation, l'éclairage et les auxiliaires (non inclus l'eau chaude sanitaire et l'électricité spécifique) exprimée en énergie finale.

→ La surface de référence est celle utilisée par la réglementation thermique.

Avec des valeurs indicatives pour certains usages :

→ Chauffage / climatisation :  $C_{cc} \leq 20 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$

→ Éclairage :  $C_{ecl} \leq 5 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$

## COMPENSER L'ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR UNE PRODUCTION LOCALE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

**Bilan annuel en énergie primaire**  
 $C_{TOT} - \text{Prod}_{ENR} \leq 0$

→  $C_{TOT}$  : consommation annuelle d'origine non renouvelable pour les 5 usages réglementaires (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage et auxiliaires) exprimée en énergie primaire.

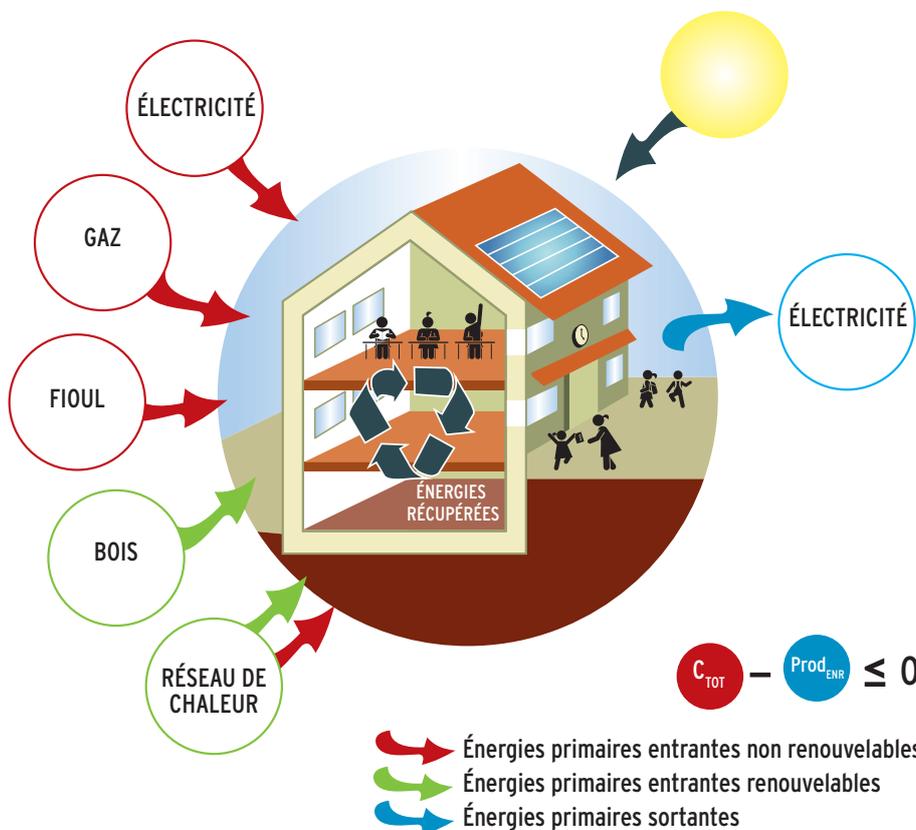
→  $\text{Prod}_{ENR}$  : production locale d'énergie renouvelable en énergie primaire.

### POINTS CLÉS CONSOMMATION D'ÉNERGIE

Conception intégrée  
 Association de tous les utilisateurs  
 Mise au point vigilante  
 Instrumentation  
 Suivi des consommations

### OUTILS ET MOYENS TECHNIQUES À METTRE EN ŒUVRE

Simulation thermique dynamique  
 Isolation thermique renforcée  
 Protections solaires obligatoires  
 Test d'étanchéité à l'air  
 Équipements à faible consommation d'énergie





## ► LES CONVENTIONS DE CALCUL PRISES EN COMPTE POUR L'ÉNERGIE

Le bilan des énergies entrantes et sortantes est fait aux limites du projet. Les énergies récupérées au sein du projet n'apparaissent donc pas dans la formule du bilan.

### Énergies prises en compte

En entrée, les énergies qui traversent la limite du projet sont comptées. Elles sont généralement achetées (gaz, fioul, électricité, chaleur provenant d'un réseau de chaleur, bois...) ou obtenues parfois gratuitement (bois, biomasse...). En sortie, on compte l'électricité qui sort du projet. Elle est généralement revendue (électricité d'origine photovoltaïque ou énergie produite par cogénération).

### Énergies non prises en compte

On ne prend pas en compte les énergies suivantes car elles viennent directement réduire la consommation :

- l'énergie solaire qui rentre par les fenêtres et qui est captée par un panneau solaire thermique,
- l'énergie (chaleur ou froid) captée à l'extérieur par une pompe à chaleur ou un groupe froid,
- les énergies récupérées et valorisées à l'intérieur des limites du projet (électricité photovoltaïque autoconsommée, chaleur récupérée par un système de ventilation double flux ou sur les eaux usées...).

### Calcul prévisionnel de la consommation

Tous les calculs prévisionnels de consommation annuelle doivent être réalisés par un logiciel de simulation thermique dynamique. Les hypothèses de calcul doivent être validées par le maître d'ouvrage (occupation, apports internes...), être conformes aux réglementations en vigueur et tenir compte des solutions techniques retenues.

#### → Calcul du $C_{TOT}$

C'est la consommation annuelle d'énergie non renouvelable pour les 5 usages réglementaires (chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage et auxiliaires) exprimée en énergie primaire. Cette consommation de référence devra être compensée par une production locale d'électricité afin d'arriver à une balance nulle voire négative.

Les coefficients de conversion en énergie primaire seront ceux utilisés par la réglementation thermique en vigueur.

#### → Calcul du $C_{EF}$

C'est la consommation annuelle pour le chauffage, la climatisation, l'éclairage et les auxiliaires (non inclus l'eau chaude sanitaire et l'électricité spécifique) exprimée en énergie finale.

### Perméabilité à l'air

Afin de garantir la pertinence du calcul prévisionnel de consommation ainsi que la qualité globale du bâtiment rénové, des mesures de perméabilité à l'air seront obligatoirement effectuées conformément aux règles et processus édictés par la norme NF EN 13829.

- Test conseillé pendant les travaux et avant les finitions : pour valider la qualité de mise en œuvre et identifier d'éventuelles actions correctives supplémentaires.
- Test obligatoire à la fin des travaux : la perméabilité mesurée doit être inférieure ou égale à la valeur utilisée pour le calcul de consommation. La démarche ZEMeDS ne fixe pas de valeur cible. Le maître d'ouvrage définit sa propre valeur cible en fonction de ses exigences et du bâtiment.

### Calcul de la production d'électricité renouvelable

Une étude technico-économique réalisée par un bureau d'études spécialisé permettra d'évaluer la production locale d'électricité à partir d'une source renouvelable. Cette production sera multipliée par le coefficient de conversion en énergie primaire utilisé dans la réglementation thermique en vigueur pour l'énergie électrique.

# EXIGENCES SUR LE CONFORT

GARANTIR  
UNE BONNE QUALITÉ DE L'AIR  
INTÉRIEUR

Concentration en CO<sub>2</sub> dans l'air intérieur  
CO<sub>2</sub> ≤ 1000 ppm

## POINTS CLÉS VENTILATION

Tous les types de ventilation peuvent être envisagés mais dans le cas d'une ventilation naturelle, un indicateur de taux de CO<sub>2</sub> devra indiquer aux utilisateurs s'il est nécessaire d'ouvrir les fenêtres.

Dans le cas d'une ventilation mécanique, les débits devront permettre de répondre à cette exigence. Le choix du type de filtres et leur entretien permettront de garantir les performances dans le temps.

Débit de ventilation à retenir :  
entre 5 et 13 l/s par occupant.

Le choix des matériaux, mobilier ou produits d'entretien doit permettre de limiter les pollutions.

GARANTIR DES BONNES  
CONDITIONS DE TRAVAIL  
EN TOUTES SAISONS

Limiter les surchauffes en période d'occupation  
T<sub>supérieure à 28 °C</sub> ≤ 40 heures/an\*

\* Sur la base d'une simulation thermique dynamique

## POINTS CLÉS CONFORT THERMIQUE

Adapter  
les protections solaires  
en fonction de l'orientation des façades.

Organiser la ventilation nocturne  
naturelle pour profiter de la fraîcheur  
de l'air extérieur.

Accompagner les usagers pour assurer  
une utilisation adéquate des équipements  
et garantir un bon confort.





## ► LES CONVENTIONS DE CALCUL PRISES EN COMPTE POUR LES CRITÈRES DE CONFORT

### Taux de CO<sub>2</sub>

Les concentrations de CO<sub>2</sub> mesurées dans l'air des salles de classe des écoles sont plus élevées que dans d'autres environnements intérieurs étudiés (logements, bureaux, crèches). Certaines études mettent en évidence un lien entre ces concentrations et des effets sur la santé des élèves (symptômes de l'asthme), la performance scolaire et la perception de confort.

Il est donc nécessaire de justifier d'une stratégie de ventilation qui permette de limiter le taux de CO<sub>2</sub> dans les salles de classe. Cette stratégie d'aération doit tenir compte de certains paramètres dont les nuisances sonores, le transfert de la pollution extérieure, le confort thermique, etc.

La mesure du taux de CO<sub>2</sub> est utilisée comme indicateur de confinement, mais cette mesure n'est pas suffisante pour évaluer la qualité de l'air intérieur. Les sources de pollution doivent être maîtrisées et limitées, notamment par le choix des produits de construction, de décoration, d'ameublement, des produits d'entretien, des fournitures scolaires, etc.

### Ventilation naturelle

Cette solution est envisageable si un indicateur de CO<sub>2</sub> est présent dans les salles de classe pour informer l'utilisateur de la nécessité d'ouvrir les fenêtres. Un guide de bonne pratique en matière de ventilation pourra éventuellement être suffisant.

### Ventilation naturelle assistée ou mécanique

Le taux de renouvellement d'air devra permettre de limiter le taux de CO<sub>2</sub> en moyenne sous le seuil de 1 000 ppm.

### Évaluation du confort d'été

Ces projets, situés en climat méditerranéen, doivent faire l'objet d'une Simulation Thermique Dynamique (STD) permettant d'apprécier le confort d'été.

Le confort d'été sera caractérisé pour les périodes d'occupation du bâtiment par :

- le nombre d'heures d'occupation où la température intérieure est supérieure à 28°C,
- la température intérieure maximale.

L'étude inclura une analyse de l'enveloppe et des équipements sur un nombre suffisant de zones thermiquement homogènes correspondant à des expositions spécifiques et à des modalités d'occupation et d'exploitation du bâtiment, en privilégiant celles ayant été identifiées comme lieux de surchauffe. Elle intégrera la nature des activités hébergées et les équipements en découlant, ainsi que tout autre paramètre pouvant peser sur les bilans énergétiques.

La STD sera faite à partir des données météorologiques d'une année climatique moyenne.

# CONCRÈTEMENT...

## Cinq cas d'écoles

Dans le cadre du projet ZEMeS, 10 écoles existantes et énergivores ont fait l'objet d'études qui permettent d'identifier des solutions adaptées à leur rénovation performante. Le but est d'évaluer le gain en confort, la faisabilité technique, les coûts, etc.

*Autres cas d'écoles à voir page 48*



### *Groupe scolaire Salamanque*

- Montpellier - France
- Enseignement primaire
- Construit en 1965
- Superficie de 1 901 m<sup>2</sup>



### *Groupe scolaire Langevin Wallon*

- Bédarieux - France
- Enseignement primaire
- Construit en plusieurs phases : 1900 et années 50
- Superficie de 3 445 m<sup>2</sup>



### *Groupe scolaire Antonio Salvetti*

- Colle di Val d'Elsa - Italie
- Enseignement secondaire
- Construit en deux phases : 1965 et 1975
- Superficie de 5 400 m<sup>2</sup>



### *École primaire 13th - 33th*

- Peristeri - Grèce
- Enseignement primaire
- Construit en deux phases : 1977 et 2000
- Superficie de 2 005 m<sup>2</sup>



### *École primaire Don Milani*

- San Miniato Basso - Italie
- Enseignement secondaire
- Construit en 1984
- Superficie de 1 155 m<sup>2</sup>

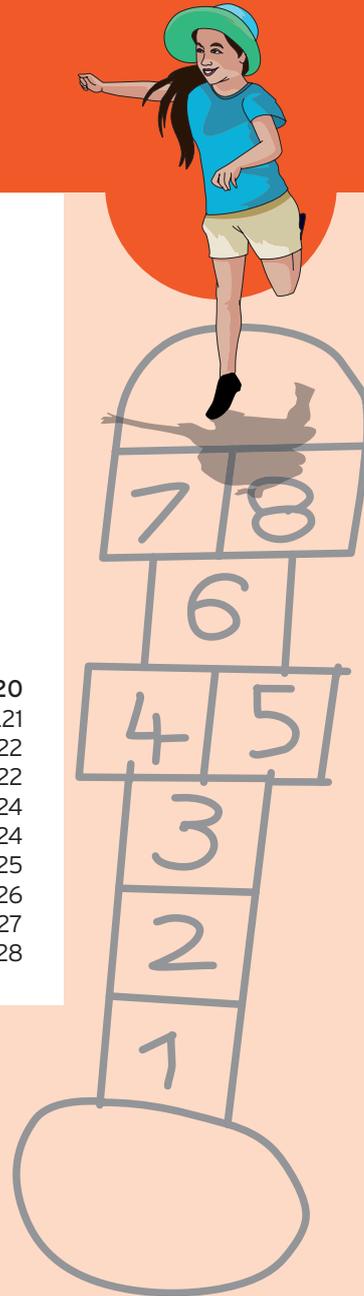


Plus d'informations sur  
[www.zemedu.eu](http://www.zemedu.eu)  
rubrique études de cas



# DÉMARCHE, ÉTAPES ET ACTEURS CLÉS

Mémo.....	20
Les acteurs et leur rôle.....	21
Les étapes clés.....	22
Faisabilité / Diagnostic.....	22
Programme.....	24
Conception.....	24
Réalisation / Travaux.....	25
Réception / Mise à disposition.....	26
Exploitation / Maintenance.....	27
ZEMeDS en plusieurs étapes.....	28





# Mémo

## ► ENTREPRENDRE UNE RÉNOVATION ZEMeDS

Entreprendre une rénovation ZEMeDS nécessite une forte volonté de la maîtrise d'ouvrage.

Il est de plus nécessaire de disposer d'une compétence interne en la matière ou de s'associer les services d'un assistant à maîtrise d'ouvrage afin de garantir la réussite du projet.

Le tableau ci-dessous permet de visualiser les étapes clés d'un projet de rénovation ZEMeDS et les différents acteurs associés :

### ÉTAPES IMPORTANTES D'UN PROJET ZEMeDS

ÉTAPES DU PROJET	DIAGNOSTIC	PROGRAMME	CONCEPTION	TRAVAUX	RÉCEPTION	EXPLOITATION, MAINTENANCE
<b>DURÉE</b>	6 mois	3 à 6 mois	6 à 9 mois	3 à 6 mois		
<b>PRESTATAIRES</b>	Bureau d'études (optionnel)					
	Conducteur d'opération - AMO ou compétence interne					
		Programmeur (optionnel)				
			Équipe de maîtrise d'œuvre			
			Coordinateur SPS, contrôleur technique			
				Entreprises		
<b>OBJECTIFS DE LA MAÎTRISE D'OUVRAGE</b>	Valider (ou non) le projet de rénovation	Exprimer clairement les objectifs à atteindre et les compétences souhaitées	Obtenir une réponse au programme	Réaliser l'ouvrage dans le respect des objectifs (coûts, délais, ZEMeDS)	Réceptionner l'ouvrage et obtenir les autorisations nécessaires	S'assurer du parfait achèvement et du bon fonctionnement
	Définir les objectifs		Préparer l'exécution		Émettre des réserves si besoin	Vérifier la mise au point et optimiser les réglages
	Estimer le budget de l'opération	Présenter les exigences fonctionnelles et techniques	Consulter les entreprises de travaux	Prendre des décisions sur les imprévus		
	Identifier les compétences nécessaires					

Que ce soit lors d'une intervention lourde ou en plusieurs phases de travaux, il est impératif de s'insérer dans une trajectoire ZEMeDS dès le départ. Le maître d'ouvrage est bien le seul garant du respect de cette trajectoire.



# LES ACTEURS ET LEUR RÔLE

## LE MAÎTRE D'OUVRAGE (MOA)

Le maître d'ouvrage doit définir l'objectif, le calendrier et le budget consacré à ce projet de rénovation. Pour l'aider dans cette tâche qui passe notamment par la rédaction d'un programme d'opération, il est fortement conseillé de réaliser un diagnostic de l'existant et d'étudier, techniquement et économiquement, grâce à une étude d'opportunité et de faisabilité, les différents scénarios envisageables.

## L'ASSISTANT À MAÎTRISE D'OUVRAGE (AMO)

En fonction des compétences du maître d'ouvrage, un assistant à maîtrise d'ouvrage peut s'avérer nécessaire pour réaliser l'étude technico-économique multi-scenarii précédant la rédaction du programme. Il accompagne par la suite le maître d'ouvrage dans la phase conception et potentiellement jusqu'au suivi des consommations afin de piloter et exploiter le projet réalisé par le maître d'œuvre. L'assistant a un rôle de conseil et de proposition, le décideur restant le maître d'ouvrage.

## LE PROGRAMMISTE

La programmation architecturale et technique entre dans la catégorie des métiers d'assistance à la maîtrise d'ouvrage. Cette étape est déterminante pour la qualité future du projet en adéquation avec les attentes du MOA. Elle peut être confiée à un programmiste professionnel.

## LA MAÎTRISE D'ŒUVRE (MOE) : ARCHITECTE + BUREAUX D'ÉTUDES TECHNIQUES

C'est la maîtrise d'œuvre qui répond au programme fonctionnel et technique fixé par le maître d'ouvrage avec pour mission de :

- concevoir le projet,
- élaborer le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) et contrôler la bonne exécution des travaux,
- jouer un rôle d'interface entre le MOA et les entreprises chargées d'exécuter les travaux.

## LE BUREAU DE CONTRÔLE

Le contrôle technique est obligatoire et se fait principalement dans les domaines de la solidité de l'ouvrage, de la sécurité des personnes, de l'accessibilité des personnes handicapées, de la validation des exigences d'isolation thermique ou acoustique, particulièrement par la vérification du respect des règles de l'art.

## LES ENTREPRISES

Elles réalisent les travaux et doivent donc être averties des exigences de performances mais aussi sensibilisées aux différents objectifs du projet.

## LE COORDINATEUR SÉCURITÉ ET PROTECTION DE LA SANTÉ (SPS)

Sur un chantier, plusieurs entreprises interviennent. La sécurité et la protection de la santé des travailleurs est de la responsabilité de chaque entreprise. Toutefois, des interactions entre les entreprises ou avec les occupants (notamment dans le cas de réhabilitation en site occupé) peuvent générer des risques particuliers, dont la prévention relève de la responsabilité du maître d'ouvrage. Pour réaliser cette mission, le maître d'ouvrage nomme un coordinateur SPS.

## LES USAGERS

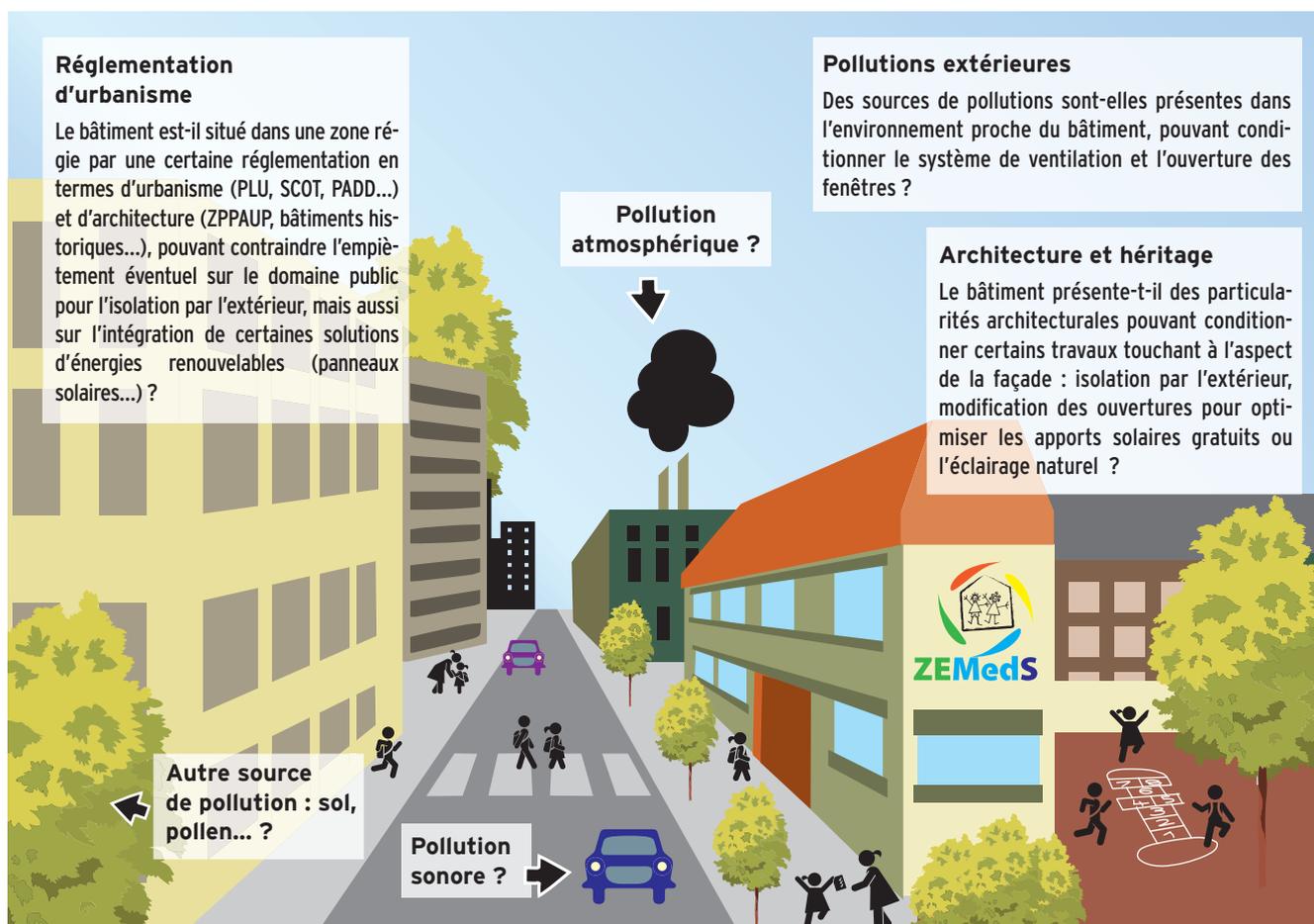
Les usagers sont incontournables dans les projets de rénovation d'école car ils sont présents tout au long du projet. Le MOA doit donc les associer régulièrement :

- lors de la programmation pour aider dans la définition des besoins,
- lors du choix de la maîtrise d'œuvre en participant à la commission technique,
- lors des études de conception, en phase APS (Avant Projet Sommaire) notamment et en phase APD (Avant Projet Définitif) pour valider le projet,
- à l'appropriation du bâtiment, l'adaptation aux besoins mais aussi à la gestion et la maintenance du bâtiment.

# LES ÉTAPES CLÉS

## FAISABILITÉ / DIAGNOSTIC

Avant tout projet de rénovation, il est nécessaire de réaliser une étude d'opportunité et de faisabilité qui peut être confiée à l'AMO, un architecte et/ou un bureau d'études (certifié RGE - Reconnu Garant de l'Environnement). Cette étude permet notamment de connaître le cadre réglementaire à respecter et les contraintes imposées.



Le champ de l'étude ne concerne pas uniquement la performance énergétique mais peut aussi permettre de répondre à des désordres actuels, repenser l'organisation des locaux, répondre à des exigences réglementaires (accessibilité, amiante...), évaluer par la mesure la qualité de l'air intérieur pour définir une stratégie de ventilation adaptée...

Cette phase doit notamment prévoir une concertation avec les utilisateurs de l'école.

Cette étude technico-économique est également multi-scenarii. Par exemple :

- Rénovation "standard" (Réglementation thermique des bâtiments existants)
- Rénovation "performance énergétique" (label rénovation BBC Effinergie)
- Rénovation "performance énergétique et confort" (ZEMedS)



Cette analyse technico-économique multi-scenarii (analyse multicritères, analyse coût-bénéfices...) permet d'aider le MOA dans ses choix. Cette étude intègre notamment l'évaluation du potentiel de mise en œuvre d'énergies renouvelables dans le cas du scénario ZEMedS. Grâce à ces éléments, il est alors possible de quantifier le budget prévisionnel de l'opération et d'obtenir une validation politique du projet. Dans certains cas, un projet en plusieurs étapes peut être choisi afin de répartir les coûts des travaux sur plusieurs exercices budgétaires tout en conservant des objectifs ambitieux.

**Outils pratiques**

Cahier des charges  
ZEMedS  
[www.zemedes.eu](http://www.zemedes.eu)

## → Céline VACHEY

Responsable Energie - ADEME Languedoc-Roussillon

## témoignage

### Se faire accompagner par un Assistant à Maîtrise d'Ouvrage Energie et/ou Qualité Environnementale

*L'Assistant à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) Energie et/ou Qualité Environnementale assure un rôle de conseil et de proposition vis-à-vis du maître d'ouvrage, durant toutes les phases opérationnelles d'un projet de construction ou de rénovation d'un bâtiment, de la phase programmation jusqu'à la mise en service du bâtiment, voire durant le suivi lors des premières années d'occupation.*

*Il est important que la mission de cet AMO démarre le plus tôt possible, si possible en phase de programmation, afin d'aider le maître d'ouvrage à préciser ses objectifs de performance énergétique, de confort d'été, de qualité de l'air intérieur... et d'en assurer la cohérence.*

*Son rôle est ensuite de s'assurer, qu'à chaque étape du projet, les objectifs et choix exprimés par le maître d'ouvrage, soient bien pris en compte par l'équipe de maîtrise d'œuvre.*

*Lorsque le bâtiment est livré, l'AMO peut assurer un suivi des performances réelles (énergie, confort...) et/ou accompagner le maître d'ouvrage à mettre en place et gérer lui-même un tableau de bord de suivi. Il veille également à la bonne appropriation du bâtiment par le maître d'ouvrage mais également par les usagers, indispensable à l'atteinte des objectifs de performances.*

*Se faire accompagner par un AMO permet de se fixer en amont les bons objectifs et de s'assurer, tout au long du projet, que les solutions proposées en terme de conception du bâtiment, de choix des systèmes etc., permettent d'atteindre ces objectifs.*

## PROGRAMME

L'objectif du programme est de donner à l'équipe de maîtrise d'œuvre les éléments clés pour lui permettre de mener à bien son travail de conception.

Le programme définit les objectifs, hiérarchise les enjeux et donne le niveau des performances attendues. Il permet notamment d'exprimer les besoins en surfaces, les exigences fonctionnelles et les exigences techniques.

Il permet aussi, à travers des scénarios, de faire une première approche des coûts, du planning et du phasage particulièrement important en site occupé.

Dans un projet de rénovation ZEMedS, cette étape est fondamentale car elle permet de définir les objectifs du projet en adéquation avec une trajectoire "ZEMedS compatible".

L'AMO programmiste peut également accompagner la maîtrise d'ouvrage dans la consultation et le choix de l'équipe de maîtrise d'œuvre notamment dans la définition des outils/compétences attendues :

- références en rénovation BBC,
- compétences en étanchéité à l'air,
- compétences en solaire photovoltaïque,
- logiciel de simulation thermique dynamique,
- logiciel de simulation d'éclairage,
- autres...

## CONCEPTION

Tout au long du processus de conception, l'équipe de maîtrise d'œuvre s'appuiera sur un logiciel de simulation thermique dynamique pour optimiser le travail de conception et valider les objectifs ZEMedS.

Des solutions techniques et systèmes adaptés permettront de répondre aux objectifs de performance énergétique et de confort d'une rénovation ZEMedS, à savoir :

- améliorer l'enveloppe et l'étanchéité à l'air du bâtiment,
- choisir des équipements performants en tenant compte des contraintes d'exploitation,
- associer les utilisateurs pour identifier les solutions et les valider,
- analyser les impacts des choix retenus sur les coûts d'investissement, de fonctionnement mais également sur la gestion, l'entretien et la maintenance.

Dans le but de faciliter le suivi des performances du bâtiment et de valider par les résultats les exigences ZEMedS, l'équipe de maîtrise d'œuvre devra prévoir les compteurs (par usages), les outils de mesure (température, CO<sub>2</sub>...) nécessaires. Un dispositif de gestion technique centralisée pourra être envisagé. Pour favoriser l'adhésion des utilisateurs et stimuler leur participation, il est nécessaire de prévoir un retour d'information sous forme ludique.

Outils  
pratiques

Guide de sensibilisation  
à la programmation - MIQCP

### → Joséphine DEZEUZE

AMO programmation architecturale et urbaine - L'Agence actions territoires - Montpellier

*Le programme ne se résume pas à un organigramme ou des surfaces. Il doit aussi mettre la technique au service des usagers pour l'amélioration de leur confort quotidien, comme au service de la collectivité en vue d'économies énergétiques et d'exploitation du bâtiment.*

*On oublie trop souvent que le temps de l'investissement et des travaux est extrêmement court au regard du temps de vie complet du bâtiment. Les coûts de maintenance sont exponentiels sur un bâtiment trop vite ou mal rénové.*

*Or, on est là au cœur de la programmation et de la notion d'usage. Car il s'agit bien ici d'améliorer la qualité d'usage pour les utilisateurs "primaires", c'est à dire les enseignants et les élèves : la prise en compte du confort thermique, visuel, acoustique permet de penser un équipement qui doit être avant tout un outil pédagogique.*

*Mais il faut aussi prendre en compte l'usage des utilisateurs "secondaires", c'est à dire le personnel technique et de service qui assure l'exploitation de l'école tout au long de l'année : les équipements, matériaux, accès, etc. doivent être conçus pour faciliter la maintenance (simplicité, ergonomie, produits sains, etc.)*

*La question se pose d'autant plus dans des bâtiments qui sont désormais amenés à être utilisés en dehors des temps scolaires. Une école est aujourd'hui un bâtiment qui vit presque 365 jours par an, y compris en plein été.*

témoignage

Le dossier de consultation des entreprises (DCE) finalisera la phase de conception et permettra aux entreprises de travaux de prendre connaissance des objectifs du projet et des moyens à mettre en œuvre (caractéristiques précises des produits). Les outils de contrôle qui permettront de valider la bonne exécution des travaux et donc de garantir les performances réelles du bâtiment, y apparaîtront clairement (test d'étanchéité à l'air, mesure des débits de ventilation...).

## Outils pratiques

Outils et logiciels de construction durable – Bourgogne bâtiments durables :  
[www.bourgogne-batiment-durable.fr](http://www.bourgogne-batiment-durable.fr)

Guide suivi et instrumentation des bâtiments performants – Effinergie : [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

## RÉALISATION / TRAVAUX

La maîtrise d'œuvre a notamment pour rôle de vérifier les performances des produits installés et la qualité de mise en œuvre. Il faudra entre autre vérifier que :

- les carnets de détails et les plans d'exécution ont été transmis par la maîtrise d'œuvre aux entreprises dès le début du chantier et qu'ils ont été validés par celles-ci,
- l'opérateur qui réalise le ou les tests d'étanchéité à l'air dispose d'une autorisation officielle (qualification 8711 délivrée par QUALIBAT),
- la maîtrise d'œuvre a vérifié au moment de la pose le marquage des fenêtres, les étiquettes des isolants (enveloppe du bâtiment et réseaux de chauffage/Eau Chaude Sanitaire), la présence de la membrane d'étanchéité à l'air et l'étanchéité des passages de canalisations et de câbles électriques...

## Outils pratiques

Liste des opérateurs d'étanchéité à l'air :  
[www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr)

Guide de l'étanchéité à l'air – Energivie :  
[www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

## témoignage

### → Dominique CHEVRIAUX

Consultant Qualité Environnementale & Performance  
 Energétique du bureau d'étude Aubaine

*Dès l'esquisse, l'équipe de Maîtrise d'Œuvre doit mettre en œuvre les concepts d'un bâtiment bioclimatique. Le dessin doit également être guidé par la recherche d'une valorisation maximale de la lumière naturelle pour assurer un confort optimal. Au-delà de cette réflexion naturelle, un ensemble d'outils est à la disposition des concepteurs pour réaliser des études :*

- d'héliodons (visualisation de la course du soleil sur le bâtiment),
- d'éclairages naturels (suffisance de la lumière naturelle),
- de déperditions dues aux ponts thermiques,
- de Simulations Thermiques Dynamiques (approche physique des consommations réelles du bâtiment au pas horaire).

*Cette dernière donne aux bureaux d'études une analyse fine des consommations de chauffage et du confort thermique, suivant les choix constructifs retenus. Il est ainsi possible de visualiser précisément l'impact d'un changement de matériaux, d'orientation, de protection solaire, de dimensionnement d'ouvrants, etc. Ce type de logiciel est un outil indispensable de conception et d'aide à la décision. On peut même aller au-delà et caractériser l'empreinte de la rénovation du bâtiment en abordant la notion d'énergie grise. On privilégiera dans ce cas les matériaux bio-sourcés et éco-performants, moins gourmands en énergie, lors de leur fabrication.*

## Zoom sur l'étanchéité à l'air

Assurer la continuité de l'étanchéité à l'air est un travail tout autant technique qu'humain. Cela démarre dès la conception et se poursuit avec les entreprises lors de la mise en œuvre où l'effort est axé principalement :

- sur les interfaces : entre matériaux, entre différents plans et entre corps d'état ;
- sur le maintien de la performance tout au long du chantier : certains mettent en place le plan d'étanchéité à l'air, d'autres veilleront à ne pas le dégrader ou le restituer intact en cas de percement.

## RÉCEPTION / MISE À DISPOSITION

Cette étape permet de s'assurer du parfait achèvement et du bon fonctionnement des équipements, de vérifier la mise au point et d'optimiser les réglages.

Il faudra notamment vérifier que :

- la perméabilité à l'air a été mesurée et les défauts corrigés,
- les débits des installations de ventilation ont été mesurés et réglés,
- les débits des dispositifs hydroéconomes mis en place sur les lavabos, les éviers et les douches ont été mesurés et qu'ils correspondent à ce qui était prévu,
- les dispositifs de régulation et programmation des installations de chauffage, de production d'eau chaude sanitaire et de gestion de l'air ont été réglés et testés,
- tous les compteurs et outils de suivi des performances du bâtiment sont installés et fonctionnels,
- un guide de gestion du bâtiment a été rédigé à l'attention du maître d'ouvrage et il comporte l'ensemble des renseignements techniques permettant un entretien régulier et un pilotage efficace des équipements.

Outils  
pratiques

Protocole de contrôle des systèmes de ventilation -  
Effinergie :  
[www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

Étanchéité des réseaux aérauliques : guide pratique - CETIAT :  
[www.cetiat.fr](http://www.cetiat.fr)

### témoignage

→ Yann DERVYN

Directeur du Collectif Effinergie

*En 2009, dans le cadre du label BBC-Effinergie Rénovation, la mesure d'étanchéité à l'air du bâtiment a été rendue obligatoire. Un mesureur intervient à réception du chantier afin d'évaluer la qualité de l'étanchéité de l'enveloppe et quantifier les fuites du bâti. En effet, les infiltrations d'air non maîtrisées viennent augmenter les consommations d'énergie liées au chauffage, perturber le bon fonctionnement du système de ventilation et dégrader la qualité de l'air. Désormais, les bâtiments étant maintenant étanches, une ventilation efficace de l'école devient encore plus importante pour obtenir une bonne qualité de l'air. Pour s'assurer du bon fonctionnement de la ventilation, la mesure de l'étanchéité à l'air des réseaux de ventilation est un passage obligé.*

*Effinergie est une association regroupant les principaux acteurs de l'efficacité énergétique des bâtiments et notamment les Régions. Au-delà des labels d'efficacité énergétique, Effinergie propose des outils d'accompagnement pour construire, rénover et utiliser au mieux les bâtiments efficaces en énergie. Dès le départ, en rupture avec ce qui se faisait précédemment, Effinergie a fixé le principe d'une obligation de résultats sur la consommation énergétique et sur l'étanchéité à l'air des bâtiments et maintenant des réseaux de ventilation. Cela a permis une forte progression de l'ensemble de la profession sur ces sujets.*

## EXPLOITATION / MAINTENANCE

Pour atteindre les objectifs de confort et de consommation d'énergie, il est nécessaire de suivre régulièrement les performances du bâtiment grâce à la Gestion Technique Centralisée (GTC), les relevés de compteurs et les indicateurs de confort mis en place (y compris pour les installations d'énergies renouvelables).

Une période de mise au point est nécessaire pour optimiser les réglages. Il faudra notamment surveiller si :

- les dispositifs de ventilation sont arrêtés en dehors des périodes d'occupation,
- le planning et les réglages de la régulation de chauffage permettent bien d'atteindre la consigne de confort quand il le faut, mais pas plus qu'il ne le faut (chauffage coupé lorsque la consigne de confort est atteinte et réduit en période d'inoccupation),
- la température de stockage de l'eau chaude sanitaire ne dépasse pas 60° C,
- la gestion des protections solaires se fait de manière optimale en fonction des saisons,
- le seuil d'éclairement et la temporisation d'éventuels détecteurs de présence pour l'éclairage sont bien réglés.

**Outils pratiques**  
**Guide Entretien et maintenance dans les bâtiments à très faible consommation d'énergie - Enertech :**  
[www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)

**Guide Occuper et entretenir un bâtiment à basse consommation d'énergie - Effinergie :**  
[www.effinerie.org](http://www.effinerie.org)



### témoignage

→ **Isabelle LE VANNIER**

Directrice des Moyens Généraux et des Bâtiments à Montpellier Méditerranée Métropole

*La maintenance est un maillon essentiel du processus d'atteinte de l'objectif de performance énergétique à condition :*

- *qu'il y ait adéquation entre la technicité des matériels installés et les compétences des personnels de maintenance,*
- *que l'entreprise de maintenance participe activement aux réglages de fin de chantier,*
- *que les agents de maintenance soient accompagnés lors de la prise en main du bâtiment et puissent solutionner les problèmes de fin de chantier (réserves, malfaçons...) dans les délais les plus courts afin de passer à la phase réglage et optimisation des installations (consigne de température, programmation de l'intermittence par exemple).*

# ZEMEDS EN PLUSIEURS ÉTAPES

## AGIR PAR ÉTAPES

L'idéal est de réaliser les travaux de rénovation ZEMedS en une seule fois. Cependant, pour des contraintes de planning en site occupé ou pour des raisons financières, il est souvent nécessaire de les mener par étapes.

Dans ce cas, il est impératif de s'insérer dans une trajectoire ZEMedS dès le départ et que le phasage soit cohérent avec cet objectif. A l'image de la démarche négaWatt\*, il est également fortement conseillé de respecter un ordre de travaux qui tienne compte des priorités ci-dessous :

- 1 Réduire les besoins de chauffage/climatisation en améliorant l'enveloppe
- 2 Mettre en place des équipements performants
- 3 Installer des énergies renouvelables

La durée totale de l'opération ne doit pas être trop longue, trop étalée dans le temps, car cela favoriserait le risque d'abandon.

En pratique, le séquençage des travaux peut s'avérer plus complexe du fait des interactions entre différents types de travaux :

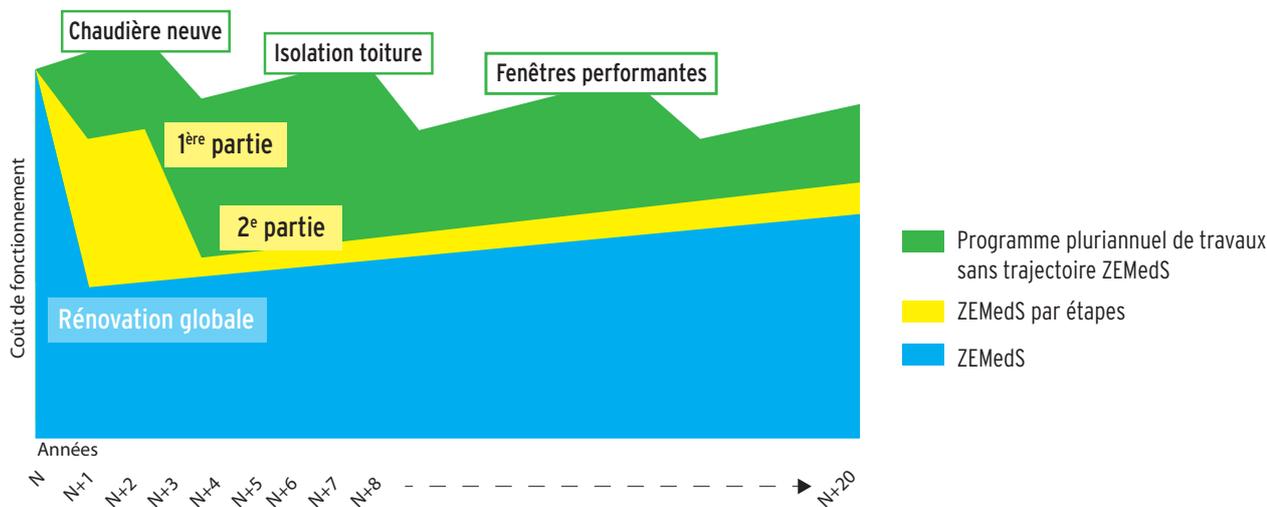
- remplacement des menuiseries / ventilation,
- rénovation de la toiture / capteurs solaires,
- isolation par l'extérieur / remplacement des menuiseries.



Guide Réussir un projet Bâtiment Basse Consommation en rénovation - Effinergie : [www.effinergie.org](http://www.effinergie.org)

\*Plus d'informations sur [www.negawatt.org](http://www.negawatt.org)

ÉVOLUTION DU COÛT DE FONCTIONNEMENT POUR DIFFÉRENTS SCÉNARIIS DE RÉNOVATION





# SOLUTIONS TECHNIQUES

Mémo.....	30
Réduire les consommations d'énergie.....	31
Zoom sur la gestion pièce par pièce.....	33
Favoriser les énergies renouvelables.....	34
Zoom sur le photovoltaïque.....	35
Confort des usagers.....	36
Zoom sur les protections solaires.....	39
Qualité de l'air intérieur (QAI).....	42
Associer les utilisateurs à la performance.....	46





# Mémo

## ► POUR UNE ÉCOLE PERFORMANTE

- Isolation thermique et étanchéité à l'air
- Efficacité des équipements (rendements, gestion et régulation)
- Recours à des énergies renouvelables

## ► POUR UNE ÉCOLE SAINTE

- Utilisation de produits et matériaux "sains"
- Mise en place d'une ventilation adaptée

## ► POUR UNE ÉCOLE IMPLIQUÉE

- Information et sensibilisation des utilisateurs
- Animation de projets pédagogiques

## ► POUR UNE ÉCOLE CONFORTABLE

### 1 CONFORT THERMIQUE

- Isolation thermique et étanchéité à l'air
- Protections solaires
- Ventilation et conservation de l'inertie
- Végétation

### 2 CONFORT VISUEL

- Luminaires performants et adaptés
- Optimisation de l'éclairage naturel

### 3 CONFORT ACOUSTIQUE

- Isolation phonique
- Étanchéité à l'air
- Réglage des équipements mécaniques



# RÉDUIRE LES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE

Quelque soit le poste de consommation, la même démarche doit être poursuivie :

- 1 minimiser les besoins (l'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas),
- 2 s'équiper de matériels performants pour couvrir des besoins minimisés.

## MINIMISER LES BESOINS DE CHAUFFAGE : AGIR SUR L'ENVELOPPE

### Les murs et la toiture

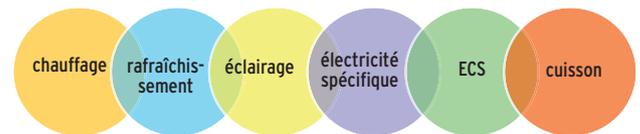
Bien que certains principes généraux soient aujourd'hui plus ou moins acquis (avantages d'une isolation thermique par l'extérieur par rapport à une isolation par l'intérieur notamment, conservation de l'inertie), le choix de l'isolant et des conditions de sa mise en œuvre devront être validés par une STD, au regard des performances globales visées, du confort d'été, des risques de condensation, etc.

### Les ponts thermiques et l'étanchéité à l'air

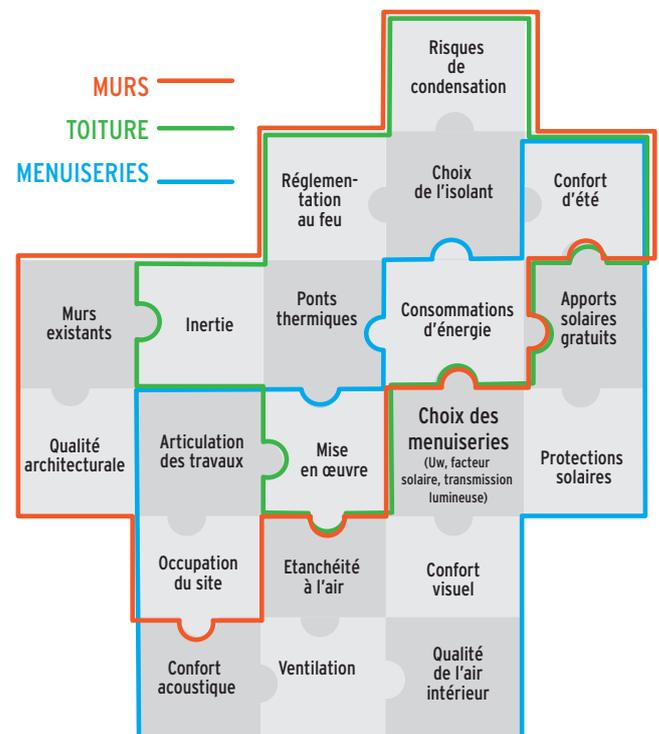
Une rénovation performante ne peut être réalisée sans considérer les ponts thermiques et l'étanchéité à l'air, qui impactent le confort thermique, les risques de condensation, le fonctionnement de la ventilation et la qualité de l'air intérieur.

Le maître d'œuvre doit intégrer ces problématiques dès la phase conception, afin d'identifier les points sensibles, anticiper l'articulation des divers travaux, prescrire les matériaux adaptés, réaliser des carnets de détails d'exécution, impliquer et encadrer les entreprises et assurer la coordination des divers corps de métier intervenant sur le chantier pour garantir une bonne mise en œuvre.

### LES POSTES DE CONSOMMATION



### L'ENVELOPPE D'UN BÂTIMENT : UN VRAI JEU DE CONSTRUCTION

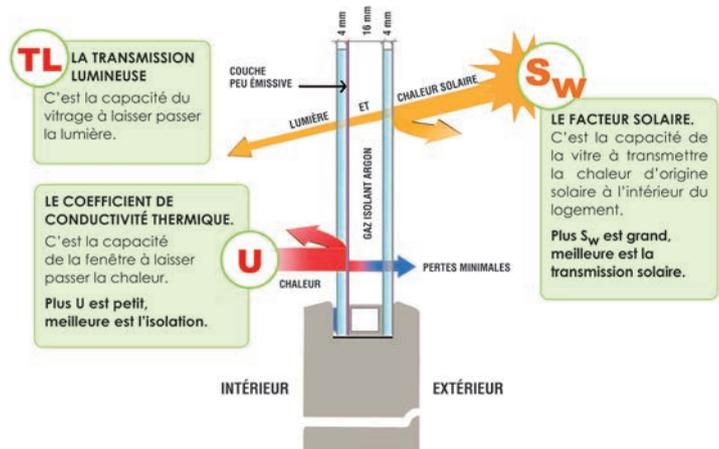


## Les parois vitrées

Les parois vitrées assurent plusieurs fonctions :

- ventilation,
- apports solaires gratuits,
- éclairage naturel.

Plusieurs coefficients permettent de caractériser les parois vitrées. Aussi, il est essentiel que l'étude thermique optimise et précise ces 3 coefficients, pour chaque menuiserie, en fonction de son emplacement et de son rôle.



## QUELQUES FOURCHETTES INDICATIVES DE PERFORMANCES

	PERFORMANCES VISÉES	EXEMPLES
<b>MENUISERIES EXTÉRIEURES * (VITRAGE + CADRE)</b>	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ $S_w$ en fonction de l'orientation TL: 0,5 À 0,7	Double vitrage à lame d'argon
<b>TOITURE TERRASSE</b>	$R^{**} = 5 \text{ à } 8$	Entre 20 et 30 cm de polystyrène
<b>AUTRES TOITURES</b>	$R = 7 \text{ à } 10$	Entre 30 et 40 cm de ouate de cellulose ou laine minérale
<b>MURS</b>	$R = 3,7 \text{ à } 5$	Entre 15 et 20 cm de polystyrène ou de laine de bois ou de roche
<b>PLANCHER BAS</b>	$R = 3 \text{ à } 4$	Entre 10 et 15 cm de polystyrène

\* Point de vigilance : des protections solaires sont peut-être à prévoir

\*\* Résistance thermique exprimée en  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$

## OPTER POUR DES ÉQUIPEMENTS ADAPTÉS ET PERFORMANTS

### Le système de chauffage

Le changement de système ou d'énergie est conditionné par :

- l'existant : chauffage centralisé ou divisé, espace disponible de stockage...,
- les nouveaux besoins à couvrir,
- l'approvisionnement (pour certaines énergies),
- le coût de l'investissement.

Dans tous les cas, le raccordement à un réseau de chaleur existant et suffisamment proche est à privilégier.

### L'Eau Chaude Sanitaire (ECS)

Le choix des équipements de production d'ECS est conditionné par les besoins et donc le type d'installations sanitaires de l'école : pour de très faibles consommations, il n'est pas forcément pertinent de centraliser la production et donc de remplacer les cumulus électriques par du solaire thermique ou autre.

Rappelons l'intérêt dans tous les cas d'isoler les ballons de stockage, de calorifuger les tuyaux et de minimiser la demande en ECS (facilement réalisable en installant des réducteurs de débit et en inculquant de bonnes habitudes).

### Les équipements de restauration et l'électricité spécifique

Dans les bâtiments performants, la part des consommations des appareils électriques devient prépondérante. Maîtriser les consommations des appareils liés à la restauration (cuisson et froid) et des appareils électriques en général a un double enjeu en climat méditerranéen : réduire la consommation d'électricité et limiter les sources internes de chaleur, donc limiter l'inconfort d'été.

Réduire les consommations passe par le choix des équipements (classes énergétiques performantes), leur bon dimensionnement et un travail continu sur les habitudes des usagers (sensibilisation aux comportements "vertueux").

zoom sur

## LA GESTION PIÈCE PAR PIÈCE

**La bonne température : où il le faut, quand il le faut, pas plus qu'il ne le faut !**

La température dans les salles de classe dépend souvent de l'utilisateur qui peut l'ajuster grâce à son action sur les robinets thermostatiques ou un thermostat. Ces dispositifs nécessitent un savoir-faire des utilisateurs et manquent souvent de précision.

**Le saviez-vous ?**

Une école élémentaire est occupée environ 20 % du temps. Il est donc primordial de bien gérer les périodes d'inoccupation pour maîtriser la consommation d'énergie sans impacter le confort.

Une solution technique, pilotée par une Gestion Technique Centralisée (GTC) et utilisant des électrovannes et des thermostats d'ambiance, permet d'améliorer le confort (même température dans toutes les classes) et de réaliser d'importantes économies d'énergie grâce à la gestion des périodes d'inoccupation.

**Pensez-y !** Les détecteurs peuvent également piloter l'éclairage et/ou la ventilation mécanique. Un potentiel d'économie très important !

**→ Michel IRIGOIN**

Directeur Energie Moyens Techniques, Ville de Montpellier

**Rénovation du Groupe scolaire Aiguelongue :**

La rénovation de la chaufferie âgée de 30 ans - passage du fioul au gaz à condensation - avec sa mise en conformité, a été accompagnée par du "zonage" : régulation pièce par pièce de la température des classes avec une sonde par local pilotant une vanne deux voies en tout ou rien sur les radiateurs. Les pompes de circulation ont aussi été changées pour utiliser du matériel à haut rendement et à vitesse variable (pompes simples pour un moindre coût et un meilleur rendement - l'atelier disposant d'un stock pour une maintenance plus efficace).

La mise en place de détecteurs de présence + luminosité pour la commande de l'éclairage des classes afin de diminuer les consommations d'électricité a également accompagné ces travaux, et un contact sec auxiliaire à la détection de présence est aussi utilisé pour arrêter le chauffage en cas d'inoccupation (après la remise en température de la classe à 19°C si personne n'est présent). Cette disposition nécessite donc une pompe à débit variable, et permet aussi de ne plus utiliser de vanne d'équilibrage des circuits : ils sont dorénavant auto-équilibrants, car à chaque fois qu'une classe arrive en température, le débit est arrêté et "force" le débit vers les zones en demande. Il suffit donc de démarrer un peu plus tôt le chauffage de l'école. Une gestion technique centralisée pilote l'ensemble des régulateurs et renvoie les alarmes et les éléments de gestion essentiels (températures moyennes, compteurs gaz, électricité, eau) vers l'atelier chauffage du service énergie. Enfin, une notice explicative a été présentée et donnée aux enseignants.

**témoignage**

1 électrovanne  
par radiateur  
ou par ensemble  
de radiateurs



1 ou 2 détecteurs de  
présence par pièce



1 sonde d'ambiance  
par pièce

**Outils  
pratiques**

Atelier pratique - zonage du chauffage - ALE Montpellier  
[www.ale-montpellier.org](http://www.ale-montpellier.org)  
rubrique Collectivités / Ateliers techniques

# FAVORISER LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

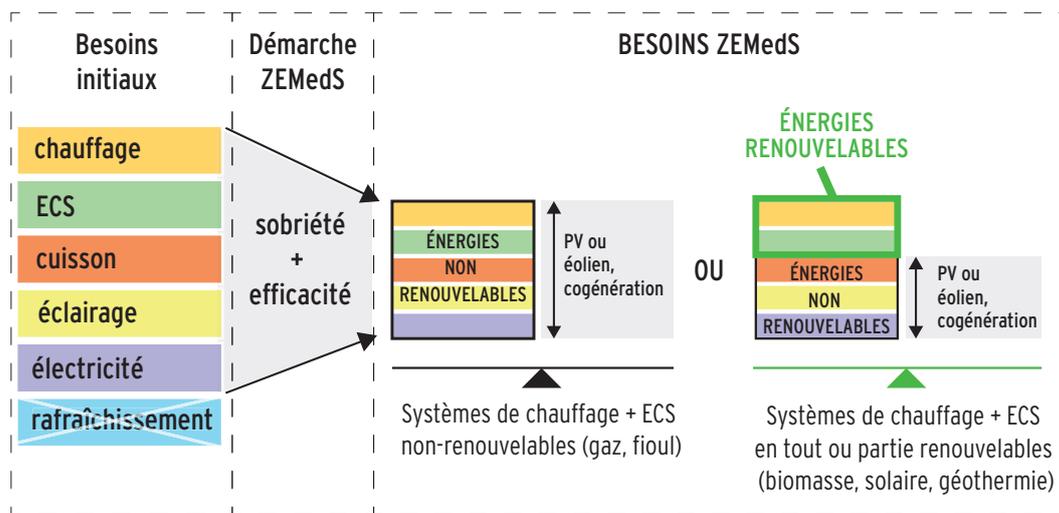
Que ce soit du solaire photovoltaïque, thermique, de l'éolien, de la biomasse ou de la géothermie, le système doit être étudié attentivement et sera déterminé par plusieurs critères : gisement, faisabilité technique, coût d'investissement, de fonctionnement, maintenance... Dans certains cas, il ne sera tout simplement pas possible de recourir à une énergie renouvelable.

## PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ : PHOTOVOLTAÏQUE (PV), ÉOLIEN OU COGÉNÉRATION ?

L'installation de panneaux PV sur le toit de l'école est souvent la solution la plus évidente.  
Le gisement éolien étant très aléatoire et fortement conditionné par l'environnement proche du bâtiment, la production n'est pas garantie. L'éolien sera exclu en zone urbanisée à moins de ne servir que de matériel de sensibilisation.

Des solutions de type cogénération sont également disponibles sur le marché.  
Dans tous les cas, l'affichage de la production dans un établissement scolaire peut être utilisé à des fins pédagogiques et valoriser l'installation.

Lorsque la demande d'énergie a été réduite au minimum, une production locale d'électricité à partir d'une source renouvelable doit être dimensionnée pour compenser les consommations non renouvelables.



zoom sur

## LE PHOTOVOLTAÏQUE

Afin de compenser les faibles consommations d'énergies non renouvelables utilisées pour le fonctionnement des bâtiments scolaires, il est nécessaire de produire localement de l'énergie à partir d'une source renouvelable.

Mettre en œuvre une installation solaire photovoltaïque sur la toiture est souvent la solution la plus évidente.

Ce type d'équipement permet à la collectivité :

- de produire localement une électricité d'origine renouvelable,
- de contribuer en partie ou totalement à sa consommation d'énergie,
- de communiquer sur son engagement dans le développement durable (les systèmes photovoltaïques peuvent être accompagnés d'un tableau d'affichage pédagogique),
- de développer une politique locale de production d'énergie, en impliquant les acteurs locaux.

CHOIX TECHNOLOGIQUES  
ET CONCEPTION

Le choix du type de capteurs, de leur implantation et de leur emplacement sont déterminants pour optimiser le projet (productivité, rentabilité, exploitation...). Le projet photovoltaïque doit donc être prévu dans le projet de rénovation globale dès le début.



[www.energie-partagee.org](http://www.energie-partagee.org)  
[www.photovoltaique.info](http://www.photovoltaique.info)

RACCORDEMENT RÉSEAU,  
AUTOCONSOMMATION,  
AUTOPRODUCTION, COUVERTURE...

L'électricité produite est généralement injectée sur le réseau. Des tarifs d'achat photovoltaïques sont définis par arrêté et permettent de générer un revenu lié à la vente de l'électricité produite. Il est également possible de privilégier le principe d'autoconsommation. Mais il faut au préalable s'assurer que l'école fonctionne toute l'année (centre de loisirs par exemple) et que le talon de consommation est suffisamment important les week-ends.

COMMENT FINANCER  
SON PROJET PHOTOVOLTAÏQUE ?

Trouver des ressources pour financer l'installation photovoltaïque peut s'avérer difficile même s'il est possible de la rentabiliser à moyen terme grâce aux bénéfices liés à la vente de l'électricité produite. Afin de limiter le taux d'endettement en donnant la priorité aux travaux de rénovation, des montages innovants peuvent être envisagés. Le tiers investissement (location de toiture) ou le financement participatif et solidaire (*voir chapitre financement page 54*) sont des pistes à explorer.

**Attention :** l'implantation d'une installation locale de production d'électricité ne peut en aucun cas se substituer à l'approche globale d'efficacité énergétique du bâtiment. Ce sont des approches complémentaires.

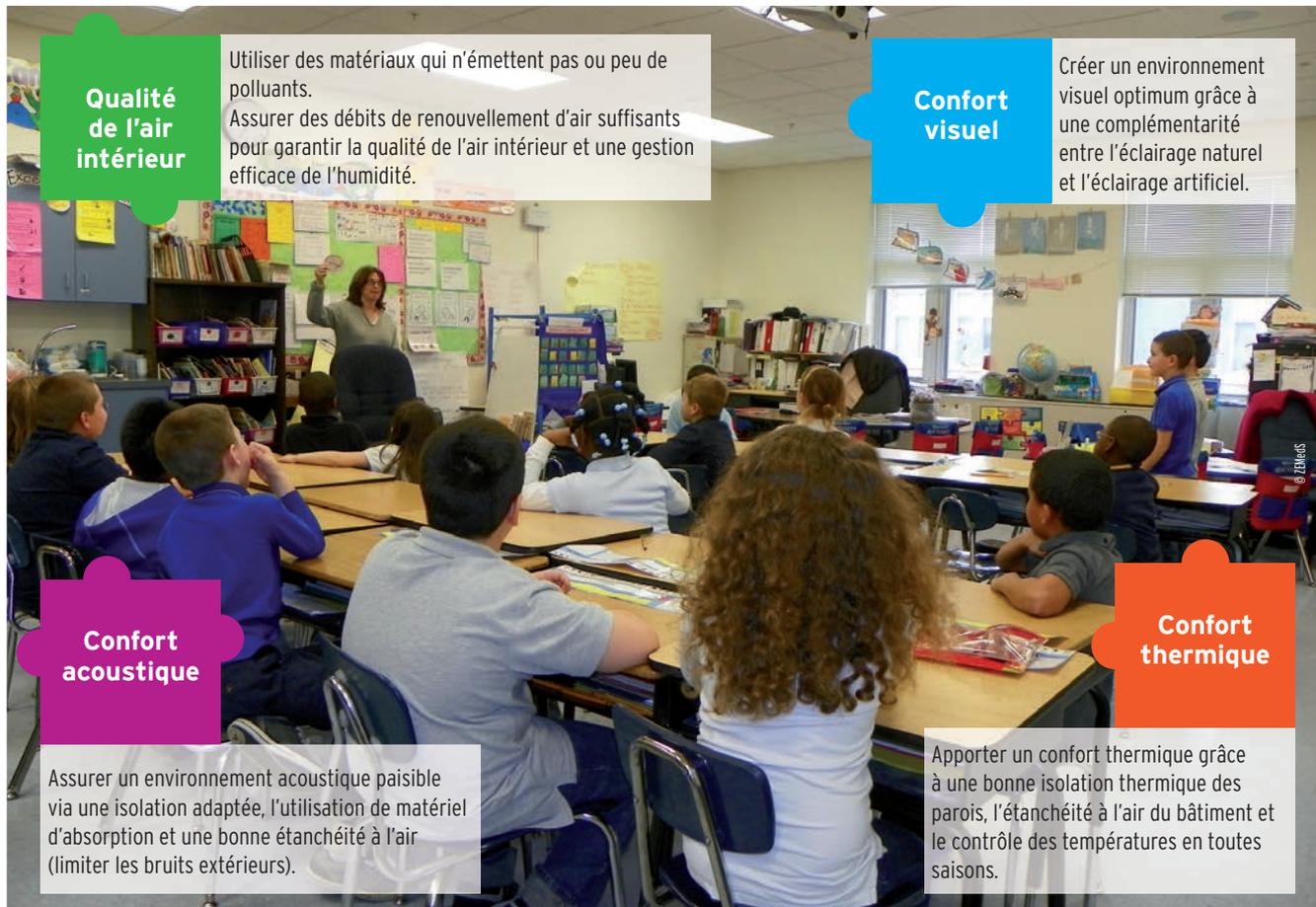


# CONFORT DES USAGERS

## LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR (QEI)

De plus en plus d'études tendent à prouver la corrélation entre le bien-être et la réussite scolaire. Le bien-être étant étroitement lié au confort ressenti, les enfants peuvent avoir de meilleurs résultats scolaires dans de bonnes conditions d'apprentissage. Correctement conçue, une rénovation énergétique peut apporter d'importantes améliorations sur la Qualité de l'Environnement Intérieur, et donc sur le confort des enfants, sans forcément induire des coûts supplémentaires importants. L'objectif est, in fine, de faire coïncider la performance énergétique et l'agrément des usagers.

La Qualité de l'Environnement Intérieur comprend au moins 4 critères :



## LE CONFORT THERMIQUE

Les exigences de confort thermique sont nombreuses et elles ne sont pas toutes liées à la seule température de l'air.

Assurer un confort intérieur passe par une isolation thermique des parois, une maîtrise des déplacements d'air (ventilation, infiltrations parasites, soufflage d'air chaud ou froid...) et des températures intérieures.

En outre, les écoles en climat méditerranéen sont davantage sujettes aux risques de surchauffe en mi-saison, d'autant plus importants si cette problématique n'est pas prise en compte.

## LE CONFORT D'ÉTÉ

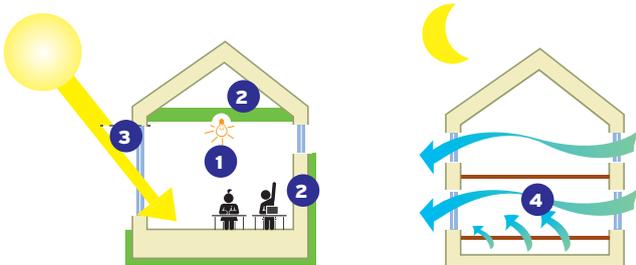
Bien qu'en général les écoles ne soient pas occupées pendant les grandes vacances, elles sont concernées par le risque d'inconfort d'été, pour trois raisons :

- en climat méditerranéen, le risque de surchauffe est aussi présent en mi-saison : les mois de mai, juin et septembre, voire octobre peuvent être très chauds,
- une rénovation visant à rendre un bâtiment très performant, à travers notamment une sur-isolation et une bonne étanchéité à l'air, risque de dégrader le confort d'été si la question n'est pas traitée globalement,
- la possibilité d'une occupation accrue des locaux en été par des centres de loisirs.

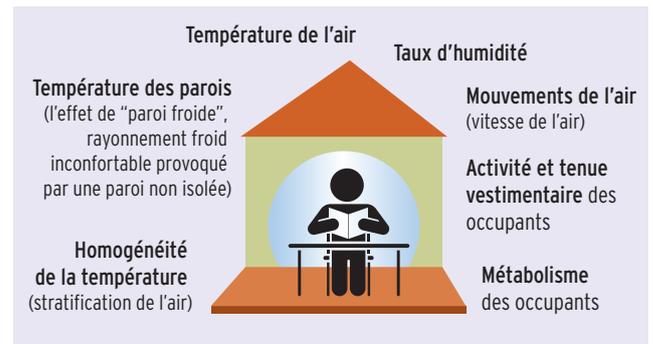
**5 principes de bon sens régissent les principales stratégies de confort d'été :**

### 1 Minimiser les apports internes

Supprimer les sources intérieures de chaleur non indispensables (éclairages, ordinateurs inutiles) aux moments les plus chauds. La chaleur apportée par un poste d'ordinateur allumé pendant 8h équivaut à un radiateur électrique fonctionnant pendant une heure !



DE NOMBREUX CRITÈRES DÉFINISSENT LE CONFORT THERMIQUE :



### 2 Eviter la pénétration de la chaleur

Fermer les fenêtres et s'isoler de la chaleur (importance du choix de l'isolant pour la toiture, Isolation Thermique par l'Extérieur plus opérante, efficacité d'une lame d'air sous toiture...)

### 3 Maîtriser l'ensoleillement

Concevoir les protections solaires pour limiter les surchauffes, mais aussi pour éviter l'éblouissement et apporter de l'éclairage naturel dans les classes. Elles peuvent être extérieures ou intérieures, fixes ou mobiles. Les dispositifs extérieurs sont à privilégier car plus efficaces.

### 4 Stocker et dissiper la chaleur

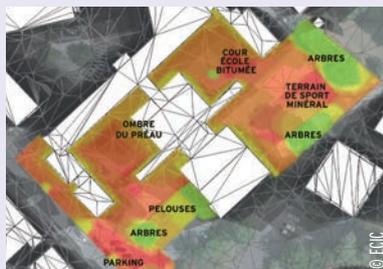
L'inertie thermique est la capacité d'un bâtiment à emmagasiner et restituer de la chaleur. Alliée à des protections solaires efficaces et une ventilation nocturne bien gérée, l'inertie permet de réduire les pics de température. Dans les locaux scolaires, elle est principalement apportée par les murs des façades et les dalles de planchers. L'isolation par l'intérieur et la présence de contre-cloisons légères, de faux-plafonds étanches, de planchers techniques réduisent l'inertie du bâtiment. Toutefois, il est difficile de la renforcer, lorsque celle-ci est absente du fait même du mode de construction (bâtiment avec système poteaux-poutres et plancher léger). La sur-ventilation nocturne sera favorisée par des ouvertures en façades opposées ou à des niveaux différents qui permettront un balayage transversal.

A noter qu'une inertie forte implique une certaine anticipation pour la mise en fonctionnement du système de chauffage et une régulation plus fine.

## 5 Apporter de la fraîcheur par l'environnement : atténuer l'effet "îlot de chaleur"

L'environnement proche d'un bâtiment crée un "microclimat" tout autour de celui-ci. Dans un environnement très minéral et dépourvu d'ombrage par exemple, les températures peuvent être très élevées et créer ainsi un "îlot de chaleur". Une rénovation globale peut être l'opportunité de réaménager les espaces extérieurs de façon à rendre les cours d'écoles plus agréables et améliorer également le confort à l'intérieur des bâtiments.

Des images thermiques infrarouges ont mis en évidence des écarts de 20°C entre les cours et terrain de sport bitumés, et les espaces végétalisés (arbres, pelouses) et ombragés (préau, ombres des bâtiments).



Planter des arbres pour créer de l'ombre sur les espaces de jeu et sur les bâtiments

Offrir des casquettes horizontales (végétales ou bois) pour protéger les fenêtres

Préserver et améliorer le préau

Augmenter la surface perméable de couleur claire (calcaire)

Augmenter fortement la surface végétale

Planter au sud des espaces de vie. Ces zones arborées deviendront de nouvelles aires de jeu ou de repos

## 5 CRÉER UN MICROCLIMAT PLUS FAVORABLE AUX ABORDS DES BÂTIMENTS SCOLAIRES

La végétation apporte de la fraîcheur par évapotranspiration et crée de l'ombre. Mais attention : les jardins secs, implantés en climat sec et chaud par souci d'économies d'eau, apportent très peu de fraîcheur, et sont donc limités à un rôle ornemental. Le choix des plantes portera sur des espèces locales et résistantes aux fortes chaleurs mais il faut également prendre en compte les besoins d'entretien (taille, traitement) et les risques d'allergie provoqués par les pollens.

Les couleurs claires sont connues pour réfléchir davantage le rayonnement solaire que les couleurs sombres. Elles limitent donc la chaleur absorbée par la paroi et transférée au bâtiment. On retrouve dans l'architecture traditionnelle méditerranéenne ce principe des parois peintes en blanc ou blanchies au lait de chaux.

## Et si avec tout ça, ça ne suffit pas...

Il faudra éventuellement envisager une méthode active, qui consomme de l'énergie : avant d'opter pour la climatisation, le brassage de l'air par des ventilateurs de plafond peut être satisfaisant et moins énergivore.

zoom sur

# LES PROTECTIONS SOLAIRES

## ■ Protections mobiles intérieures

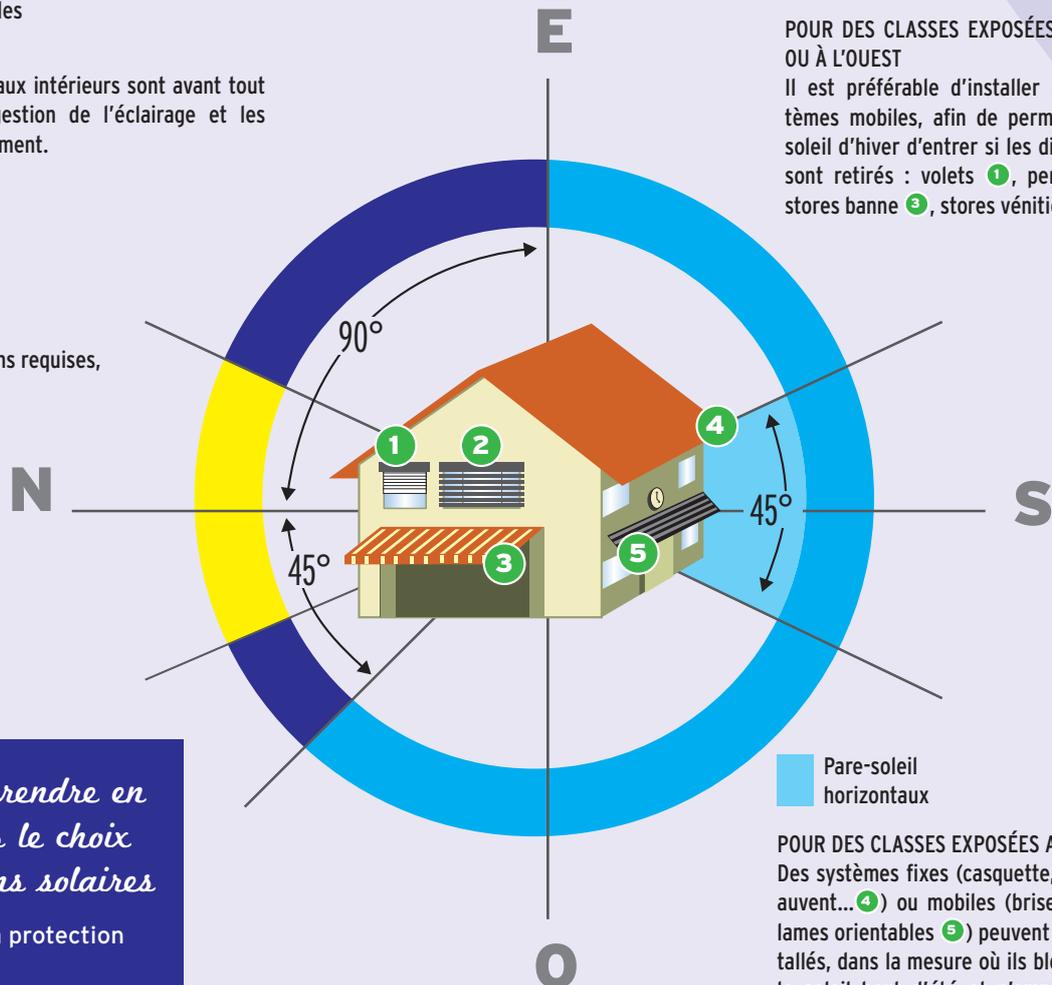
Les stores ou les rideaux intérieurs sont avant tout préconisés pour la gestion de l'éclairage et les problèmes d'éblouissement.

■ Pas de protections requises, mais à étudier

■ Protections mobiles extérieures avec un facteur solaire < 0,20

POUR DES CLASSES EXPOSÉES À L'EST OU À L'OUEST

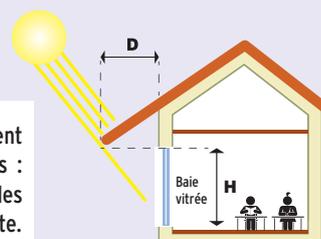
Il est préférable d'installer des systèmes mobiles, afin de permettre au soleil d'hiver d'entrer si les dispositifs sont retirés : volets ①, persiennes, stores banne ③, stores vénitiens ②...



## Critères à prendre en compte dans le choix de protections solaires

- Efficacité de la protection solaire
- Equilibre entre occultation et éclairage naturel
- Facilité de manipulation
- Résistance au vent
- Possibilité de ventilation
- Coût

Certaines protections solaires peuvent intégrer des modules photovoltaïques : les panneaux installés au-dessus des baies vitrées servent alors de casquette.



PRINCIPE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE CASQUETTE SOLAIRE  
 $D > 0,5 H$

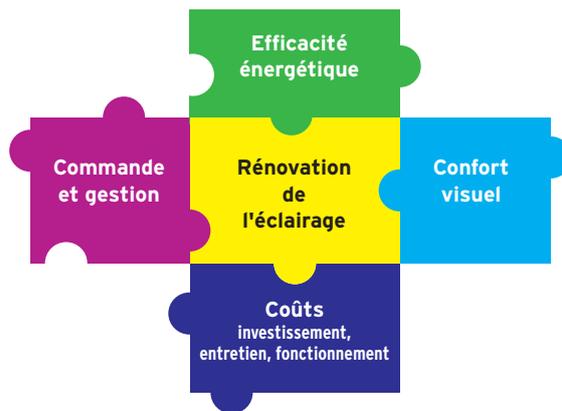
## ÉCLAIRAGE ET CONFORT VISUEL

Les défauts d'éclairage augmentent la fatigue visuelle et peuvent entraîner des troubles durables de la vision. Aussi, il faut pouvoir garantir le bon éclairage des pièces où les enfants exercent une activité intellectuelle.

Des études ont montré un progrès significatif de la mémorisation, du raisonnement logique et de la concentration avec un éclairage amélioré.

Les travaux sur l'éclairage artificiel, les parois vitrées et les protections solaires doivent associer l'optimisation de l'éclairage naturel et l'amélioration du confort visuel.

Il est impératif de s'adresser à des bureaux d'études spécialisés ou directement à des fabricants capables de proposer une solution sur mesure.



CRITÈRES	QUELQUES STRATÉGIES
<b>ÉCLAIRAGE UNIFORME</b>	Minimiser la pénétration directe du soleil dans les zones de travail car elle provoque un contraste trop important.
<b>ÉCLAIRAGE SUFFISANT</b>	Assurer les niveaux d'éclairage en lum/m <sup>2</sup> recommandés en fonction des activités.
<b>ABSENCE D'ÉBLOUISSEMENT DIRECT À PARTIR DE SOURCES NATURELLES ET ARTIFICIELLES</b>	Veiller à la position et l'orientation des luminaires, éviter les surfaces réfléchissantes intérieures et extérieures, étudier les protections solaires des baies.
<b>ABSENCE DE REFLETS</b>	Eviter les reflets de l'éclairage sur des surfaces brillantes (écrans, tableaux), régler le niveau de luminosité des éclairages, positionner les écrans perpendiculairement aux parois vitrées.
<b>ABSENCE D'OMBRE</b>	Eviter les éclairages trop focalisés.
<b>RENDU DES COULEURS SUFFISANT</b>	Bien choisir les indices de rendu des couleurs (IRC) et la température de couleur des lampes.
<b>ABSENCE D'EFFET STROBOSCOPIQUE</b>	Le papillotement de certains tubes fluorescents peut être réduit par des ballasts électroniques.

**MATÉRIEL PERFORMANT ET ADAPTATION** de l'éclairage aux besoins réels en fonction de l'occupation et de la lumière naturelle.

**CHOIX ET IMPLANTATION DES LUMINAIRES** : les lampes sont caractérisées par plusieurs paramètres qui définissent non seulement la performance, mais aussi la qualité de la lumière.

**LA GESTION DE L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL** peut très souvent être améliorée par du zonage, de la programmation horaire, des capteurs de présence et de luminosité, à condition de pouvoir garantir le bon fonctionnement.

**LES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET D'ENTRETIEN** dépendent du niveau de rénovation visé, de la taille du bâtiment, du matériel choisi, etc. :

- le remplacement seul des lampes énergivores est peu onéreux et rapide, mais n'est pas forcément le plus rentable et ne prend pas en compte les critères du confort visuel,
- le remplacement complet des luminaires est plus onéreux (reprise du plafond), mais conduit généralement à une plus grande économie d'énergie, un confort visuel adapté et une durabilité accrue des équipements.

exemple

## Rénovation d'une salle de classe de 54 m<sup>2</sup> (Pau)

- Réduction du nombre de luminaires : 33 %
- Réduction de la puissance installée : 58 %
- Réduction de la périodicité de maintenance : 50 %
- Augmentation du confort visuel
- 77 % d'économie sur la consommation électrique annuelle totale

	AVANT	APRÈS
<b>MATÉRIEL</b>	23 luminaires pour lampes halogènes (75W) 9 luminaires avec tubes T8 et ballast ferromagnétique	6 luminaires avec tubes fluorescents T5 et ballasts électroniques
<b>PUISSANCE INSTALLÉE</b>	900 W	378 W
<b>DURÉE DE VIE DES LAMPES</b>	8 000 h	16 000 h
<b>COMMANDE ET GESTION</b>	Allumage et extinction par interrupteur	Détection de mouvement et lumière du jour
<b>CONFORT VISUEL</b>	Eclairage insuffisant	Eclairage conforme à la norme NF EN 12464-1
<b>CONSOMMATION ANNUELLE</b>	1 620 kWh	372 kWh

→ Source : [www.syndicat-eclairage.com](http://www.syndicat-eclairage.com)

## CONFORT ACOUSTIQUE

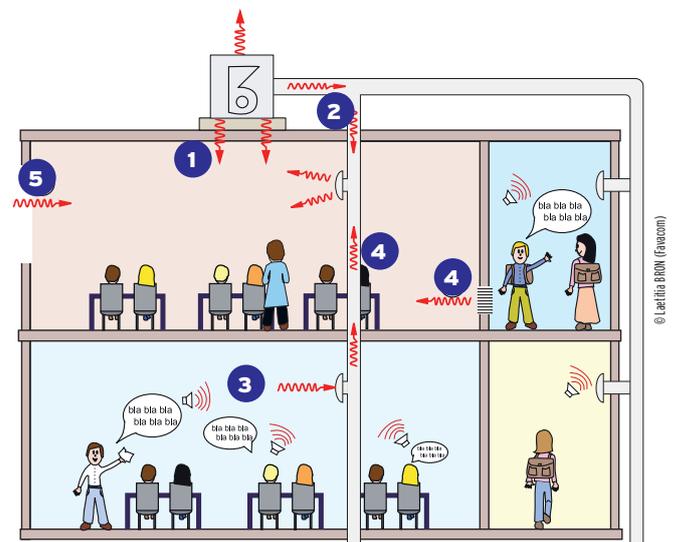
Une bonne acoustique facilite la communication orale, essentielle dans une salle de classe pour le processus d'apprentissage. Autrefois, les salles de classe étaient construites sans tenir suffisamment compte des principes d'une bonne acoustique.

Les sources de bruit pouvant gêner la concentration des enfants sont de diverses natures :

**1 2** Les sons produits par des équipements mécaniques et les bruits en conduit : une VMC mal installée peut gêner les usagers, souvent forcés de la couper : ventilateurs, bruits solidiens, vibrations... Une conception, une installation et une maintenance soignées de la VMC sont essentielles pour éviter ces désagréments.

**3** Les sons produits à l'intérieur de la classe même : la qualité acoustique d'une classe est conditionnée par le temps de réverbération et les échos indésirables. Le confort acoustique peut être atteint grâce à des matériaux absorbants qui diminuent la part du bruit qui est réfléchi dans la même pièce.

**4** Les sons produits dans les couloirs et l'interphonie entre salles de classe : une isolation phonique doit traiter les bruits aériens (conversations) et les bruits d'impact (bruits de pas, déplacements de chaises).



**5** Le transfert des bruits extérieurs dus à la circulation routière, à des travaux... : la ventilation par ouverture des fenêtres peut dans ces cas-là gêner les usagers si les classes se situent à proximité de la source de bruit.

La réduction de la pollution sonore devra faire l'objet d'une attention particulière lors de rénovations lourdes, par exemple lorsque la redistribution des classes et des activités a été décidée pour améliorer la fonctionnalité du bâtiment.

# QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR (QAI)

## Ce qu'il faut retenir...

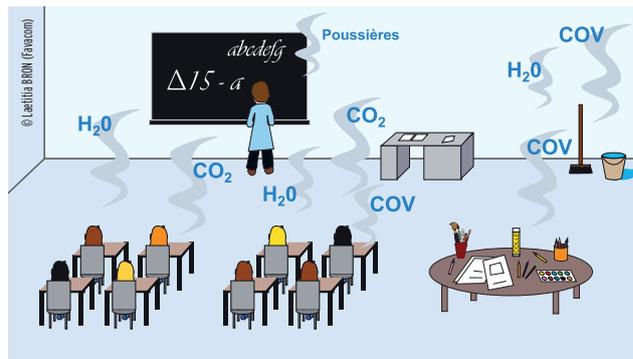
La qualité de l'air intérieur dans les écoles est dégradée par un grand nombre de polluants de natures très différentes et de provenances multiples propres aux lieux accueillant des enfants. Cela se traduit par :

- des concentrations de CO<sub>2</sub> et une charge bactérienne particulièrement élevées du fait d'un fort taux d'occupation,
- une forte concentration de polluants chimiques causée par une densité importante de mobilier et l'utilisation fréquente de produits d'activité et d'entretien.

A cela s'ajoutent une perception de la QAI plutôt mauvaise et des débits d'air des ventilations naturelle et mécanique souvent insuffisants.

La pollution de l'air intérieur a une incidence directe sur la santé des enfants et sur leur capacité d'apprentissage.

Dans un rapport d'expertise publié en juillet 2013, sur les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'air intérieur et les effets sur la santé, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire) soulignait "...l'importance de sensibiliser les services techniques des mairies, les responsables des établissements scolaires et les enseignants sur les mesures qui peuvent permettre de réduire efficacement les effets du confinement sur la santé, la performance et la perception de confort, telles que l'aération par l'ouverture des fenêtres et des portes. La stratégie d'aération doit tenir compte de certains paramètres dont les nuisances sonores, le transfert de la pollution extérieure, le confort thermique, etc. Cette stratégie d'aération doit être complémentaire à la maîtrise des sources de pollution, notamment le choix des produits de construction, de décoration, d'ameublement, des produits d'entretien, des fournitures scolaires, etc."



## RÉDUIRE LES SOURCES D'ÉMISSION

La première mesure simple consiste à limiter les matériaux et produits potentiellement émissifs. Par exemple, le formaldéhyde est un Composé Organique Volatil (COV), un polluant classé cancérigène et pourtant omniprésent dans notre environnement intérieur : colles, peintures, feutres, produits d'entretien, mobilier en bois aggloméré, vernis.

Pour orienter le choix des produits et matériaux, les maîtres d'ouvrage peuvent s'appuyer sur l'étiquetage des produits et les écolabels :

- les produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol, les peintures et vernis sont aujourd'hui soumis à un étiquetage qui renseigne sur leurs émissions de polluants volatils,
- pour les produits d'entretien, l'Écolabel Européen par exemple, assure une réduction des émissions de substances cancérigènes et de COV. Les services de la collectivité en charge de la commande et de la gestion d'entretien doivent être informés de ces enjeux.

Les appels d'offres doivent donc intégrer des critères permettant d'appréhender l'impact des solutions choisies sur la qualité de l'air intérieur.



Projet ECOL'AIR

## AGIR SUR LA VENTILATION

De plus en plus d'études concluent que le seul moyen de garantir la QAI est de renouveler continuellement l'air intérieur grâce à des débits importants de ventilation.

En climat méditerranéen, la gestion de la ventilation doit également tenir compte du confort d'été. L'aération en journée par ouverture des fenêtres par exemple peut dégrader le confort thermique si l'air extérieur est plus chaud.

### Deux grands principes de ventilation

#### La ventilation naturelle contrôlée

L'ouverture des fenêtres par les usagers constitue dans de nombreux bâtiments scolaires l'unique moyen d'aération des classes. La ventilation naturelle peut être satisfaisante lorsqu'elle a été correctement conçue, en termes de balayage des pièces, de débits d'air suffisants.

Dans tous les cas, des études préalables sont nécessaires pour garantir la qualité de l'air intérieur, le confort thermique, la distribution d'air et les débits.

Une étude menée dans les écoles et les crèches françaises en février 2010, a testé l'efficacité d'un détecteur de CO<sub>2</sub> qui déclenchait une alarme visuelle (leds de couleurs différentes) lorsque le seuil de CO<sub>2</sub> à ne pas dépasser (1 000 ppm) était atteint. Cela permettait au personnel, préalablement sensibilisé, de savoir quand il devait aérer la pièce.

Dans d'autres cas, un système complet de ventilation mécanique sera nécessaire.

#### La ventilation mécanique

Elle peut être centralisée (un seul groupe), décentralisée (un groupe par zone/étage) ou répartie (un groupe par pièce), simple flux ou double flux. Quel que soit le système, sa conception et son installation doivent être soignées afin d'éviter les problèmes de bruits, des débits insuffisants, une dégradation de la qualité de l'air.

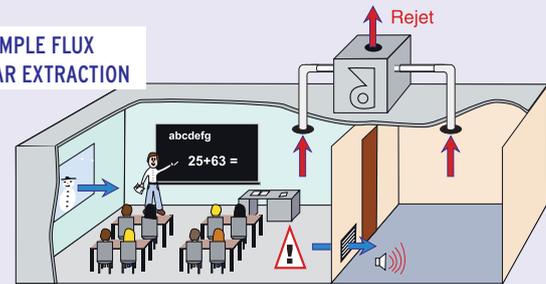
#### De nombreux dysfonctionnements sont encore observés dans les installations de VMC, au niveau notamment :

- de l'alimentation : désenclenchement du disjoncteur "VMC",
- des caissons : filtres empoussiérés, grilles à nettoyer, manchettes désagrafées, percées ou arrachées, mauvais alignement "manchette/orifice extracteur", volets de dosage d'admission d'air mal réglés, bloqués, ou rouillés, moteurs grippés, problèmes de courroies, problèmes de vibration,
- du réseau d'extraction : gaines coudées, écrasées ou non raccordées à la bouche de sortie,
- des bouches d'entrées d'air : grilles encrassées, mortaises non adaptées,
- des bouches d'extraction d'air : grilles empoussiérées, mal positionnées, gaines et bouches dissociées,
- des bouches d'insufflation d'air : surdimensionnées ou mal orientées.

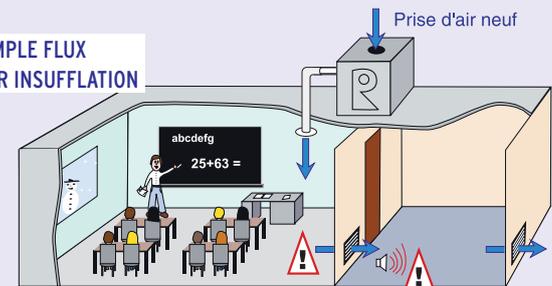
## La VMC

### PLUSIEURS SCHÉMAS POSSIBLES

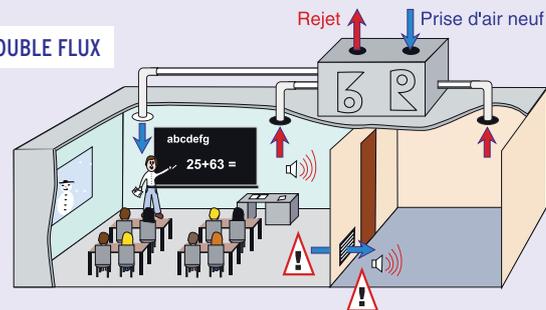
#### SIMPLE FLUX PAR EXTRACTION



#### SIMPLE FLUX PAR INSUFFLATION



#### DOUBLE FLUX



#### Cas des systèmes double flux avec récupération de chaleur

Les systèmes double flux nécessitent un circuit d'insufflation d'air neuf donc une consommation électrique supplémentaire liée à un nombre accru de ventilateurs. Ce système permet néanmoins de récupérer de la chaleur sur le circuit d'extraction d'air vicié via un échangeur, une solution qui ne se justifie pas dans tous les cas au regard des températures hivernales relativement douces du climat méditerranéen.

En outre, cette solution est d'autant plus efficace que la perméabilité à l'air du bâtiment est bonne. Or, il est généralement plus difficile de maîtriser les entrées d'air parasites lors d'une rénovation de bâtiment.

Outils pratiques

Ventilation performante dans les écoles - Guide de conception - CETIAT

De nombreux critères orientent le choix et la conception de la ventilation d'une école :

CRITÈRES DE CONCEPTION	VENTILATION NATURELLE CONTRÔLÉE	VENTILATION MÉCANIQUE
<b>CARACTÉRISTIQUES DU BÂTIMENT</b> (orientation, nombre de niveaux, position des ouvrants, hauteur sous plafond, type de construction...) : faisabilité technique	L'orientation et la position des ouvrants doivent permettre une ventilation traversante ou un tirage naturel.	Le système le plus adapté dépend des contraintes liées à l'intégration d'un réseau aéraulique.
<b>GESTION</b>	Elle peut être laissée aux soins des usagers, mais certaines situations nécessitent d'intégrer un système automatique d'ouverture des fenêtres.	Les débits peuvent être adaptés en fonction de l'occupation par : <ul style="list-style-type: none"> <li>• un système de détection de présence qui active et coupe la ventilation,</li> <li>• un système qui module les débits en fonction du taux de CO<sub>2</sub>, de l'humidité ou de la présence.</li> </ul> Les usagers n'ont qu'un très faible contrôle.
<b>QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sources de pollutions extérieures et intérieures</li> <li>• Débits minimums de ventilation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incompatible avec un environnement extérieur pollué.</li> <li>• Veiller à garantir la bonne gestion (sensibilisation ou automatisation).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité de filtration de l'air neuf (avec une VMC simple flux par insufflation ou une double flux).</li> <li>• Taux de renouvellement d'air permanent. Le système peut facilement assurer la QAI si la maintenance est correctement effectuée.</li> </ul>
<b>CONDITIONS CLIMATIQUE</b> (vent, températures, microclimat...)	Nécessité de combiner ventilations naturelle et mécanique, avec des extracteurs d'air (ventilation hybride), si les conditions climatiques sont défavorables, à une ventilation naturelle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moins tributaire des conditions extérieures.</li> <li>• Les températures extérieures en hiver déterminent la pertinence de la récupération de chaleur.</li> </ul>
<b>CONFORT THERMIQUE DES USAGERS ET BESOINS DE RAFFRAÎCHISSEMENT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risque de courants d'air (un air à 0,5m/s induit une baisse de la température ressentie de 1°C).</li> <li>• Compatible avec les stratégies passives de rafraîchissement (surventilation nocturne).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas de risque de courants d'air si la conception est soignée.</li> <li>• Ventilation nocturne plus facile mais énergivore.</li> </ul>
<b>CONFORT ACOUSTIQUE DES USAGERS</b>	Incompatible avec un environnement bruyant.	La conception et l'installation soignées doit garantir l'absence de bruit.
<b>BESOINS D'ENTRETIEN ET MAINTENANCE</b>	Le bon fonctionnement des systèmes d'ouvrants automatisés requiert une maintenance des mécanismes (actionneurs, moteurs).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A déconseiller si l'entretien et le nettoyage régulier ne peuvent être garantis.</li> <li>• La création d'un protocole de nettoyage et d'entretien peut être conseillée.</li> </ul>
<b>PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non maîtrisée, cette ventilation peut dégrader la performance énergétique du bâtiment.</li> <li>• Les éventuels capteurs et actionneurs consomment peu d'énergie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficacité accrue si récupération de chaleur en hiver.</li> <li>• Consommation électrique des ventilateurs et autres moteurs à intégrer, notamment pour la double flux.</li> </ul>
<b>FAISABILITÉ ÉCONOMIQUE : COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT</b>	La faisabilité économique doit intégrer les coûts d'études, de matériel, d'installation, les consommations électriques liées aux équipements, l'impact du système de ventilation sur la performance énergétique du bâtiment et la maintenance, (pièces et main d'œuvre).	

## Impacts des stratégies de confort sur les performances énergétiques

Rappelons que l'intérêt d'une démarche globale est de concilier travaux d'économie d'énergie et amélioration du confort. Certaines solutions permettant d'améliorer le confort ou la qualité de l'air intérieur consomment de l'énergie ; à l'inverse, d'autres travaux impactent positivement la performance énergétique et le confort.

	OBJECTIFS	MESURES ET STRATÉGIES	IMPACTS SUR LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE
TEMPÉRATURE INTÉRIEURE EN HIVER	Garantir une température de confort : ni trop chaud, ni trop froid	Isolation et optimisation des apports solaires passifs	↘
		Augmentation du chauffage	↗
	Contrôler les variations de la température intérieure	Système de régulation efficace	↘
TEMPÉRATURE DES PAROIS	Limiter l'effet de paroi froide	Isolation des parois opaques et vitrées	↘
TEMPÉRATURE INTÉRIEURE EN DEMI-SAISON ET ÉTÉ	Garantir une température de confort, éviter des périodes de surchauffe trop longues	Mise en place des stratégies passives de confort d'été	↘
		Climatisation	↗
MOUVEMENTS D'AIR	Limiter les mouvements de l'air (entre 0,1 et 0,15 m/s)	Réglage et contrôle des débits des systèmes de ventilation	↘
		Amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment	↘
QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR HUMIDITÉ	Assurer des débits de ventilation suffisants pour garantir le renouvellement de l'air intérieur	Ventilation naturelle contrôlée	↘ par rapport à une ventilation naturelle non contrôlée
		Ventilation mécanique	⊖
CONFORT VISUEL	Garantir un éclairage suffisant et uniforme, l'absence d'éblouissement et de reflets, un rendu des couleurs adapté	Optimisation de l'éclairage naturel	↘
		Installation de lampes efficaces, avec une meilleure luminosité et une plus faible puissance	↘
		Utilisation accrue de l'éclairage artificiel afin d'atteindre les niveaux d'éclairage requis	↗
CONFORT ACOUSTIQUE	Supprimer les éventuels bruits provoqués par la VMC	Maintenance de la ventilation mécanique	↘

↘ Diminue les consommations d'énergie

↗ Augmente les consommations d'énergie

⊖ Augmente ou diminue la consommation, en fonction de la situation initiale

# ASSOCIER LES UTILISATEURS À LA PERFORMANCE

## POURQUOI ?

- Les utilisateurs sont présents avant les travaux. Leur connaissance des lieux permet de mieux cerner les usages, les comportements, les situations d'inconfort.
- Les utilisateurs, au travers de leur comportement, peuvent impacter de +/- 15 % les consommations d'énergie et d'eau du bâtiment. Dans un bâtiment ZEMeS, la consommation est si faible que la moindre dérive peut être fortement pénalisante.
- Les utilisateurs répondent de façon dynamique au changement de conditions d'ensoleillement, tandis que les systèmes sont généralement statiques.
- Les utilisateurs sont des indicateurs permanents pour évaluer le confort et leurs retours d'information sont donc très utiles pour optimiser les réglages.
- Les utilisateurs n'adapteront leur comportement en fonction des équipements mis à disposition que s'ils y trouvent un intérêt. Il est essentiel de leur apporter l'information nécessaire (guide d'utilisation, affichage...) pour :
  - éveiller leur curiosité,
  - ne pas détériorer l'étanchéité à l'air des parois (conseils pour fixer des éléments au mur par exemple),
  - savoir agir sur le chauffage pour obtenir la bonne température,
  - savoir agir pour maîtriser le niveau d'éclairage en donnant la priorité à la lumière naturelle.

Les utilisateurs sont donc les premiers acteurs de la maîtrise de l'énergie car ils peuvent agir en temps réel en fonction de leurs besoins. Tout au long du projet, il est essentiel de les associer afin de garantir la qualité et les performances du projet final. Les dispositifs techniques ne servent souvent que de garde-fous.

## COMMENT ?

- Démarrer dès le diagnostic initial l'information, la sensibilisation, la concertation.
- Abandonner les démarches procédurales "top-down" et favoriser les démarches horizontales ou ascendantes.
- Installer des équipements pour suivre la consommation d'énergie et d'eau (simples et ludiques) afin de permettre aux utilisateurs de mieux connaître le bâtiment et les postes les plus consommateurs.
- Promouvoir un responsable énergie et eau.
- Proposer des accompagnements et des supports pour des projets pédagogiques, afin d'impliquer au quotidien les utilisateurs et améliorer la qualité des informations qui remontent vers le gestionnaire.



Exemple de la Ville de Lattes :  
Vidéo sur  
<https://www.youtube.com/watch?v=NRGBT-XCfng>

→ **Nathalie TAJAN**, Eco-coordinatrice à la Ville de Lattes

*"Lors de la rénovation BBC du groupe scolaire La Castelle à Lattes, nous avons souhaité associer les utilisateurs à toutes les phases du projet. De nombreux échanges (questionnaires, réunions, entretiens...) ont eu lieu en amont et pendant les travaux, avec les enseignants et le personnel communal lié à l'école.*

*Après travaux, nous avons organisé des ateliers de sensibilisation à la maîtrise de l'énergie et un projet pédagogique auprès des classes de cycle 3. Tous ont pu participer et s'impliquer dans la réalisation de la plaquette d'utilisation de l'école.*

*Cette mission d'accompagnement des utilisateurs m'a beaucoup mobilisé après travaux. Il était important de maintenir ces contacts, valoriser les gestes acquis, recadrer certaines dérives et afficher les résultats pour ancrer ces changements de comportements..."*

témoignage

## SOYEZ JOUEURS !

Pourquoi ne pas associer les utilisateurs au résultat final ? Des projets de type "gagnant-gagnant" proposent un partage des bénéfices si les consommations d'énergie et d'eau sont inférieures à l'objectif.

Tous les utilisateurs se mobilisent alors pour relever ce défi et sont plus attentifs à toute dérive potentielle.

### Défi des écoles à énergie positive, projets gagnant-gagnant

#### Pourquoi ?

Les acteurs de l'école sont mobilisés sur les questions de maîtrise des consommations d'énergie et d'eau, à travers notamment des éco-gestes. Ils peuvent ainsi faire des économies, sans perdre en confort.

#### Un projet "Gagnant-Gagnant", pour qui ?

Les économies générées sur une année scolaire sont réparties entre les différentes parties prenantes : caisse de l'école, service bâtiment, service éducation de la commune... C'est un projet coopératif !

### Des outils de sensibilisation et de mesures mis à disposition :

Affiches, autocollants, cahiers énergie, wattmètre, débitmètre...



Défi des écoles à énergie positive - ALEc Grenoble:  
[www.alec-grenoble.org](http://www.alec-grenoble.org)

Défi gagnant gagnant - ALE Montpellier :  
[www.ale-montpellier.org](http://www.ale-montpellier.org)

Le projet EURONET 50/50max (anglais)  
[www.euronet50-50max.eu](http://www.euronet50-50max.eu)

## zoom sur UN DÉFI QUI (R)APPORTE !

- Une dynamique positive et un engouement collectif
- Un projet multi-partenarial : enfants, personnels (services municipaux, enseignants, animateurs, gestionnaire de chauffage...)
- Un dialogue constructif
- Des éco-gestes facilement transposables au domicile

### Quelques chiffres

**19 %** d'économies d'énergie

**22 %** d'économies d'eau

Près de **1 500 €** récoltés  
 pour les 2 écoles à Saint-Jean de Védas (Hérault) !



**UN BILAN MENSUEL DES CONSOMMATIONS,**  
 pour les petits et les plus grands : un moyen de mesurer les résultats régulièrement.

# CONCRÈTEMENT...

## Cinq cas d'écoles

Dans le cadre du projet ZEMeS, 10 écoles existantes et énergivores ont fait l'objet d'études qui permettent d'identifier des solutions adaptées à leur rénovation performante. Le but est d'évaluer le gain en confort, la faisabilité technique, les coûts, etc.

*Autres cas d'écoles à voir page 18*



### *Groupe scolaire 25th*

- Peristeri - Grèce
- Enseignement primaire
- Construit en 1982
- Superficie de 1 832 m<sup>2</sup>



### *Groupe scolaire Santa Maria d'Avia*

- Avia - Espagne
- Enseignement primaire
- Construit en 1979
- Superficie de 3 500 m<sup>2</sup>



### *Institut supérieur Benincasa*

- Ancone - Italie
- Enseignement secondaire
- Construit entre 1975 et 1977
- Superficie de 5 555 m<sup>2</sup>



### *Groupe scolaire Miquel Hernandez*

- Badalona - Espagne
- Enseignement primaire
- Construit en 1980
- Superficie de 1 319 m<sup>2</sup>



### *Institut supérieur Einstein*

- Loreto - Italie
- Enseignement secondaire
- Construit en 1966
- Superficie de 3 869 m<sup>2</sup>



Plus d'informations sur  
[www.zemedes.eu](http://www.zemedes.eu)  
rubrique études de cas



# FINANCEMENT / COÛT D'UNE RÉNOVATION ZEMeDS

## FAUT-IL DÉMOLIR POUR RECONSTRUIRE ?

La démolition-reconstruction semble bien souvent constituer le seul horizon. Pourtant, raser un bâtiment scolaire sans envisager sa rénovation pose des problèmes à la fois sociaux et environnementaux.

La destruction d'un bâtiment est contestable à deux titres. D'une part, les utilisateurs et beaucoup d'habitants se sentent liés à l'identité du bâtiment et préfèrent les changements progressifs aux transformations radicales. D'autre part, contrairement aux idées reçues, démolir pour reconstruire des bâtiments très économes en énergie ne représente pas un gain environnemental. La démolition-reconstruction d'un bâtiment mobilise l'équivalent de vingt-cinq à cinquante ans de sa consommation énergétique annuelle ultérieure.

Une rénovation d'envergure permet donc de répondre aux attentes des utilisateurs, de donner une deuxième jeunesse au bâtiment et de répondre aux problématiques environnementales.

## COMBIEN COÛTE UNE RÉNOVATION ZEMeDS ?

Difficile de généraliser car chaque projet est particulier. La situation de départ, la complexité du bâtiment ou encore les travaux annexes impactent le coût total des travaux. Une rénovation ZEMeDS ne peut donc pas se résumer à un coût lié à la performance énergétique ou l'amélioration du confort car l'objectif est de rénover le bâtiment dans sa globalité pour atteindre l'équivalent d'un bâtiment neuf.

Des études de cas réalisées dans le cadre du projet européen permettent cependant d'obtenir des indications de prix (voir pages 18 et 48 "Cas d'écoles").

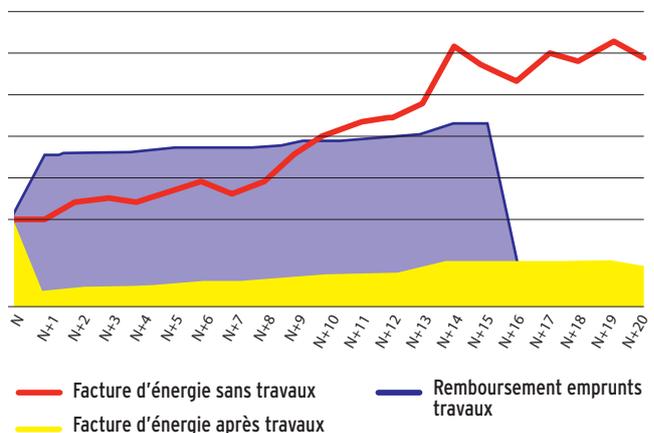
## LE PROJET DE RÉNOVATION PEUT-IL SE FINANCER GRÂCE AUX ÉCONOMIES D'ÉNERGIES ?

Il est nécessaire de raisonner en coût global sachant que ne rien faire coûterait plus cher. Des travaux sont régulièrement réalisés lorsqu'un équipement arrive en fin de vie et une forte incertitude règne concernant l'évolution du prix de l'énergie. L'objectif d'une rénovation ZEMeDS est donc d'optimiser les coûts de travaux en intervenant de manière globale avec des objectifs de performance et de confort clairement identifiés.



Cas d'études ZEMeDS sur :  
[www.zemedes.eu/fr](http://www.zemedes.eu/fr)

COÛT ANNUEL SUR 20 ANS - SIMULATION ZEMeDS



# LES PRINCIPAUX DISPOSITIFS

Il n'y a pas de cadre spécifique pour aider le financement de rénovations d'écoles. Il existe néanmoins une multitude d'acteurs et de dispositifs qu'il faudra solliciter au cas par cas.

## EUROPE

L'Europe met en place de nombreux programmes pour l'efficacité énergétique et le développement des énergies renouvelables. Cependant, accéder aux subventions européennes apparaît pour la plupart des porteurs de projets comme un parcours lourd et complexe.

Le site <http://europa.eu/> peut vous aider à mieux comprendre le fonctionnement des aides européennes avec pour but de vous expliquer de manière simple les diverses démarches, règles et priorités que vous serez amené à suivre afin d'accéder aux fonds européens.

### FEDER

#### Fonds Européen de Développement Régional

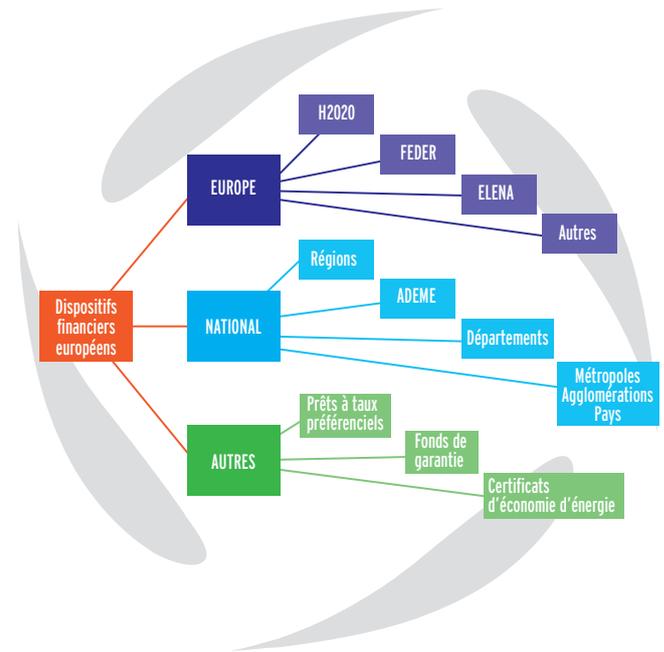
Le FEDER est destiné aux institutions publiques pour financer des projets visant l'excellence environnementale. Il s'agit de subventions gérées souvent par les Régions. Afin d'encourager la transition énergétique, la réduction de la consommation d'énergie des bâtiments constitue souvent un axe prioritaire d'investissement des nouvelles programmations 2014-2020. Le FEDER peut alors contribuer à la réhabilitation énergétique des bâtiments publics : le financement se fait généralement sur une partie du surcoût des travaux et des études, portant uniquement sur la plus-value environnementale des projets. C'est le cas en Languedoc-Roussillon par exemple, où le FEDER peut financer une partie du surcoût lié à la performance énergétique, la base de comparaison pour l'établissement des surinvestissements étant la référence réglementaire d'une solution standard.

### ELENA

#### European Local Energy Assistance

Le dispositif ELENA est un mécanisme d'assistance technique à destination des collectivités territoriales pour les projets énergétiques locaux. Il est géré par la Banque Européenne d'Investissement et financé par le programme "Énergie intelligente Europe" de la Commission européenne. Il finance l'assistance technique nécessaire à la préparation et la mise en œuvre de programmes d'investissements dans les domaines liés à l'efficacité énergétique des bâtiments.

La Ville de Paris a bénéficié du programme ELENA pour la rénovation énergétique des écoles parisiennes, à hauteur de 1 377 000 euros.



## NATIONAL

### ADEME

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.

L'ADEME participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

Dans le domaine du bâtiment et plus particulièrement du soutien à la rénovation de bâtiments exemplaires, l'ADEME peut apporter un soutien technique et financier pour les études préalables (mission d'optimisation énergétique ou d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage Énergie et/ou qualité Environnementale) et peut financer, sous conditions, une partie du surcoût lié à la performance énergétique.

L'ADEME s'attache également à valoriser les projets exemplaires et à assurer le retour d'expériences sur les performances réelles, le confort d'été et le confort d'usage, la qualité de l'air intérieur... auprès des maîtres d'ouvrage et des professionnels.

## Régions

Les Contrats de Plan Etat-Région 2015-2020 constituent l'outil principal de programmation des investissements publics. Ils permettent généralement d'accompagner les projets exemplaires et de mobiliser des Appels à Projets régionaux spécifiques à la rénovation énergétique performante.

## Départements

Les conseils départementaux œuvrent pour promouvoir la maîtrise de l'énergie et le développement des énergies renouvelables. Des programmes d'aide à l'investissement pour des travaux d'amélioration énergétique et des équipements utilisant des énergies renouvelables (en priorité le bois énergie et le solaire thermique) sont disponibles.

### Contacts associés :

- Association des communes forestières : un acteur pour valoriser la forêt.
- Missions Bois énergie départementales : structures mises en place par les Départements avec l'ADEME et la Région pour accompagner le développement d'une filière adaptée à nos forêts trop peu exploitées.
- Syndicats mixtes d'électrification et/ou d'équipement : ils peuvent aider techniquement et financièrement les collectivités dans la maîtrise de leurs dépenses énergétiques.

## Métropoles/Agglomérations/Pays

Localement de nombreux projets territoriaux de développement durable sont mis en œuvre. Leur finalité est la lutte contre le changement climatique et l'adaptation du territoire avec pour résultat visé un territoire résilient, robuste, adapté, au bénéfice de sa population et de ses activités. Dans le cadre des territoires à énergie positive pour la croissance verte (TEPCV), d'un plan énergie climat territorial (PCET) ou encore d'un Agenda 21, les collectivités territoriales peuvent être des partenaires techniques et financiers pour accompagner les projets de rénovation exemplaires.

## AUTRES

### Caisse des Dépôts

La Caisse des Dépôts met à la disposition des collectivités territoriales une enveloppe d'un montant total de 20 Md€ sur la période 2013-2017, dont un quart (5 Md€) est mobilisé pour les prêts "Croissance Verte" depuis août 2014. Cette enveloppe s'adresse aussi bien aux petites communes qu'aux grandes collectivités, ainsi qu'à leurs groupements, en métropole et outre-mer. Dans le cadre de projets de rénovation de bâtiments publics, le taux est celui du livret A + 75 points de base. Aucun label n'est exigé car il suffit de répondre a minima aux critères de la réglementation thermique globale des bâtiments existants.

### Tiers investissement, fonds de garantie et emprunt à taux préférentiel

A l'image de la Région Rhône-Alpes qui s'est doté d'une société publique locale (SPL) d'efficacité énergétique OSER (<http://spl-oser.fr/>), les collectivités locales doivent innover pour trouver des solutions de financement pour la rénovation énergétique performante du patrimoine des collectivités. Plus encore, dans ce cas, la SPL porte la maîtrise d'ouvrage et finance une partie des opérations au titre de sa compétence "Tiers-financement".

La Région Languedoc-Roussillon, de son côté, soutient par exemple le développement des installations photovoltaïques grâce à la création d'un fond de garantie. La garantie apportée par la Région, à hauteur de 25 %, facilite le montage du dossier auprès des banques et permet aux porteurs de projets d'obtenir des taux préférentiels.



- <http://europa.eu/>
- [www.prets.caissedesdepots.fr](http://www.prets.caissedesdepots.fr)
- [www.europe-en-france.gouv.fr](http://www.europe-en-france.gouv.fr)
- [www.corse.fr](http://www.corse.fr)
- [www.laregion.fr](http://www.laregion.fr)
- <http://oreca.regionpaca.fr/>  
rubrique appels à projets

zoom sur

# LES CERTIFICATS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

## ► CEE, késako ?

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE) constitue l'un des instruments de financement des travaux de rénovation. Ce dispositif repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie appelés les "obligés" (électricité, gaz, chaleur, froid, fioul domestique et les carburants pour automobiles). Ceux-ci sont ainsi incités à promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès de leurs clients, dont les collectivités territoriales et professionnels.

Les actions les plus fréquemment réalisées font l'objet de fiches d'opérations standardisées : ces fiches sont publiées par arrêté et définissent les conditions pour la délivrance de certificats et les montants forfaitaires de certificats associés.

### Exemple de taux de financement pour des travaux "ZEMeS"

CODE OPÉRATION STANDARDISÉE 3 <sup>e</sup> PÉRIODE (2015 - 2017)	INTITULÉ DE L'OPÉRATION	PART DE FINANCEMENT VIA CEE EN ZONE MÉDITERRANÉENNE
BAT-EN-101	Isolation de combles ou de toitures	14 %
BAT-EN-102	Isolation des murs par l'intérieur ou l'extérieur	25 %
BAT-EN-104	Fenêtre ou porte-fenêtre avec vitrage isolant	1 %
BAT-TH-101	Chaudière collective haute performance énergétique	6 %
BAT-TH-02	Chaudière de type condensation	5 %
BAT-TH-104	Robinet thermostatique	4 %
BAT-TH-06	Isolation d'un réseau hydraulique de chauffage	77 %
BAT-TH-113	Pompe à chaleur de type air/eau ou eau/eau	4 %
BAT-TH-25	VMC simple flux autoréglable	2 %
BAT-TH-26	VMC double flux avec échangeur	1 %
BAT-EQ-01	Luminaire pour tube fluorescent T5	1 %
BAT-EQ-127	Luminaire d'éclairage général à modules LED	8 %
BAT-EQ-10	Bloc autonome d'éclairage de sécurité à faible consommation	2 %

Attention, si les travaux font l'objet d'un financement ADEME, les CEE ne sont pas valorisables.

Cette valorisation financière doit être vue comme un bonus allégeant l'investissement. La valorisation financière peut être directement intégrée lors de la consultation des entreprises, afin de réduire le coût d'investissement, ou faire l'objet d'une valorisation parallèle, le bénéfice sera différé dans le temps mais avec possibilité de négociation.

Dans tous les cas, ayez le réflexe de consulter les fiches d'opérations standardisées pour identifier les critères d'éligibilité.



Présentation du dispositif : [www.developpement-durable.gouv.fr/](http://www.developpement-durable.gouv.fr/) rubrique certificats d'économies d'énergie  
Fiches d'opérations standardisées : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Operations-standardisees-.html>  
Registre National des Certificats d'Économies d'Énergie : <https://www.emmy.fr/front/accueil.jsf>

# DISPOSITIF INNOVANT FINANCEMENTS PARTICIPATIFS ET SOLIDAIRES

Le bassin méditerranéen est une région en pointe dans le domaine des énergies renouvelables du fait du caractère exceptionnel des gisements éolien, solaire et biomasse dont il dispose. Cependant, financer une installation locale de production d'énergie renouvelable est aujourd'hui difficile, en partie à cause d'une conjoncture économique peu favorable, mais également de difficultés d'acceptation des projets au niveau local.

Les projets d'énergies renouvelables coopératifs et solidaires sont une réponse adaptée pour optimiser les retombées économiques locales et faciliter l'appropriation des projets par les élus et les citoyens.

## 5 RAISONS D'INITIER UN PROJET CITOYEN

- 1 Produire et consommer localement sa "propre" énergie
- 2 Impliquer chacun dans le projet de rénovation et faciliter la compréhension des enjeux
- 3 Mobiliser l'épargne pour un développement local et affranchi des intermédiaires financiers
- 4 Partager collectivement les bénéfices d'une ressource commune, appartenant à tous
- 5 Maîtriser localement et de façon démocratique les décisions en faveur de l'intérêt collectif local

**Outils pratiques**  
Guide méthodologique du porteur de projet EnR coopératif et solidaire - Région Languedoc-Roussillon : [www.laregion.fr](http://www.laregion.fr)  
Site de l'association et de l'outil financier "énergie partagée" : [www.energie-partagee.org](http://www.energie-partagee.org)

Site d'Enercoop Languedoc-Roussillon, fournisseur d'électricité d'origine 100 % renouvelable : [www.enercoop-languedoc.fr](http://www.enercoop-languedoc.fr)

exemple

## Projet photovoltaïque sur le toit d'une école Plaine sud énergies (14)



Fiche projet  
[www.energie-partagee.org](http://www.energie-partagee.org)



Le contenu de cette publication n'engage que ses auteurs. Il ne reflète pas nécessairement l'opinion de l'Union européenne.  
Ni l'EACI ni la Commission européenne ne sont responsables de l'usage qui pourrait être fait de ces informations.

© Création graphique, illustrations : Sox & Fox +33 (0)4 67 66 09 54 / © Illustrations pages 3-7-11-19-29-30-49 : Pixel Farandole  
Crédits photos : ALE Montpellier - D.R. / Imprimé sur papier PEFC / Achevé d'imprimer en mai 2015 par Imp'Act Imprimerie  
ISBN en cours / Dépôt légal : mai 2015



Co-écrit par :



**Gefosat**  
11 ter, avenue Lepic  
34070 MONTPELLIER  
[www.gefosat.org](http://www.gefosat.org)



**Agence Locale de l'Energie Montpellier**  
2, place Paul Bec  
34000 MONTPELLIER  
[www.ale-montpellier.org](http://www.ale-montpellier.org)

Co-financé par :



Co-funded by the intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union