



NOTICE D'UTILISATION

RECUEIL DES FICHES ACTIONS

La liste de fiches présentée ci-après constitue un recueil d'idées d'actions à mettre en œuvre dans le cadre du projet « PEEC 2030 » qui vise la réduction des consommations d'énergie et des émissions de carbone du patrimoine universitaire.

La description des actions, les investissements associés et les économies générées sont données à titre indicatif. Au vu des performances très hétérogènes au sein du parc universitaire, les coûts et valeurs de gains estimés ne peuvent se substituer à une étude spécifique au cas par cas.

Les actions sont présentées indépendamment les unes des autres mais sont regroupées parmi les sept thèmes suivants:

- Efficience énergétique du bâtiment
- Efficience énergétique des process
- Optimisation fonctionnelle
- Pilotage et gestion technique
- Évolution comportementale
- Mix énergétique décarboné
- Mobilité

Le présent recueil s'utilise conjointement avec l'outil Excel « Catalogue d'actions » qui compile également les éléments quantitatifs présentés dans les fiches.

CHIFFRES CLES : Consommation & Coûts

Les éléments de coûts sont estimés sur la base de coûts de travaux actuellement constatés. Ils ne tiennent pas compte d'économies d'échelle liées à la massification des travaux.

Les gains énergétiques présentés sont issus de retours d'expérience d'EGIS Conseil et d'un travail bibliographique.

Bien que la combinaison des actions d'un même thème permet d'atteindre des performances plus élevées, les gains envisageables ne peuvent s'obtenir par une simple addition des gains associés à chaque action.

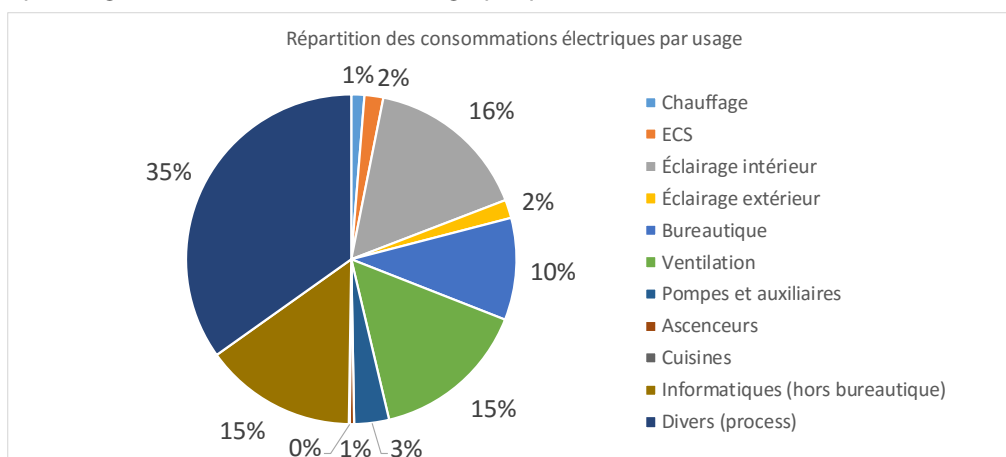
Par ailleurs, la nature des gains diffère sensiblement d'une action à l'autre. En particulier, certaines mesures constituent des phases préalables de collecte d'informations nécessaires au diagnostic de l'état existant. Même si ces actions ne permettent pas d'économies directes, elles maximisent l'impact des solutions qui seront choisies à la lumière de ce diagnostic.

Pour une plus grande lisibilité, les gains ont été distingués en plusieurs catégories :

- Réduction des consommations de chaleur
- Réduction des consommations d'électricité
- Réduction des consommations de froid : cette catégorie s'apparente à une réduction de la consommation électrique (en considérant des machines frigorifiques classiques fonctionnant à l'électricité) mais permet de mieux identifier la cible
- Réduction de consommations d'énergie : toutes énergies confondues
- Réduction des émissions de CO₂ : cette catégorie permet de distinguer les actions visant uniquement la réduction des émissions de gaz à effet de serre, sans réduction particulière de la consommation énergétique (notamment les actions portant sur la mobilité)

Pour éviter de compter les économies deux fois, les réductions d'émissions de CO₂ induites par la baisse des consommations d'énergie n'ont pas été incluses dans ces fiches.

Les gains de consommations électriques (exprimés en pourcentages) ont été calculés à partir des données de consommation d'un site universitaire issu d'une base de données EGIS Conseil. La répartition des consommations électriques par usage utilisée est résumée dans le graphique ci-dessous.



EXTERNALITES POSITIVES

Elles regroupent tous les bénéfices induits par l'action et peuvent concerner : l'amélioration du confort des occupants, l'amélioration de l'usage du bâtiment, les échanges et implication avec des équipes de recherche, l'ouverture sur le territoire, les partenariats avec les entreprises, l'amélioration de la qualité urbaine, de la biodiversité.

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Les conditions de montage opérationnel sont précisées (organisation de la maîtrise d'ouvrage ou de la maîtrise d'œuvre, type de contractualisation...) ainsi que les conditions de suivi et de réplication.

LISTE DES FICHES ACTIONS

#	AXE	ACTION
1	Efficiencie énergétique du bâtiment	Isolation de l'enveloppe (toitures - façades - menuiseries)
2	Efficiencie énergétique du bâtiment	Rénovation de la ventilation pour les amphithéâtres
3	Efficiencie énergétique du bâtiment	Remplacement des productions et distributions de chaleur carbonées (y compris pompes, désembouage, calorifuge...)
4	Efficiencie énergétique du bâtiment	Rénovation de la ventilation ou mise en œuvre d'une ventilation contrôlée
5	Efficiencie énergétique du bâtiment	Isolation des façades par l'extérieur en modules préfabriqués
5bis	Efficiencie énergétique du bâtiment	Clip'n clim
6	Efficiencie énergétique du bâtiment	Systèmes passifs (freecooling nocturne, puits canadiens)
7	Efficiencie énergétique du bâtiment	Commissionnement
8	Efficiencie énergétique du bâtiment	Certifications environnementales (HQE, Breeam, labels E+C-, BBCA...)
9	Efficiencie énergétique des process	Clauses d'efficience dans les procédures d'achat de matériel process
12	Efficiencie énergétique des process	Data center performant
13	Efficiencie énergétique des process	Rénovation des extractions spécifiques sorbonnes
14	Efficiencie énergétique des process	Gestion et optimisation du parc informatique et bureautique
16	Optimisation fonctionnelle	Regroupement de sites avec espaces mutualisés
17	Optimisation fonctionnelle	Mutualisation des locaux de recherche







#	AXE	ACTION
18	Optimisation fonctionnelle	Modification des gabarits des espaces d'enseignement
19	Optimisation fonctionnelle	Adaptation au développement du télétravail et enseignement à distance
20	Optimisation fonctionnelle	Location / partage d'espaces à des tiers (inscription du campus dans la ville)
21	Optimisation fonctionnelle	Suivi affiné des taux d'occupation réels
22	Pilotage et gestion technique	Certification ISO 50 0001
23	Pilotage et gestion technique	Renégociation des contrats d'énergie - achats à l'échelle du territoire
24	Pilotage et gestion technique	Renégociation de contrats d'exploitation-maintenance des équipements - CPE
25	Pilotage et gestion technique	Diagnostic et réglage des équipements fonctionnant hors occupation - adaptation à l'occupation
26	Pilotage et gestion technique	Installation de régulations centralisées (GTC) et outils de suivi des fluides
27	Pilotage et gestion technique	Mise en œuvre d'un intranet
28	Pilotage et gestion technique	Pose de compteurs communicants / plan de comptage
29	Pilotage et gestion technique	Energy Manager dédié
30	Evolution comportementale	Animateur énergie
31	Evolution comportementale	Campagnes de communications
32	Evolution comportementale	Participation au concours CUBE2020
33	Evolution comportementale	Expérimentation de nudges
34	Evolution comportementale	Réalisation de workshop étudiants : réflexion et sensibilisation
35	Mix énergétique décarboné	Chaudière numérique : réutilisation de la chaleur issue des serveurs pour la production d'ECS
36	Mix énergétique décarboné	Géothermie (refroidissement direct, PAC, ou sondes)
37	Mix énergétique décarboné	Installation de panneaux photovoltaïques en autoconsommation
38	Mix énergétique décarboné	Microgrid / mutualisation des besoins énergétiques
39	Mix énergétique décarboné	Panneaux solaires thermiques pour production d'ECS
40	Mix énergétique décarboné	Raccordement Réseau de chaleur biomasse ou récupération d'énergie
41	Mix énergétique décarboné	Réalisation bilan émissions GES
42	Mobilité	Achats de vélos à assistance électrique pour les déplacements professionnels, parkings pour VAE
43	Mobilité	Création d'une communauté / plateforme spécifique co-voiturage de l'université, places réservées au covoiturage
44	Mobilité	Mise en œuvre d'un plan de déplacement
45	Mobilité	Mobilité intelligente
46	Mobilité	Proposer l'utilisation gratuite des transports en commune pendant une semaine - sensibilisation (cf. PDA)

ISOLATION DE L'ENVELOPPE (façades, toitures et menuiseries)

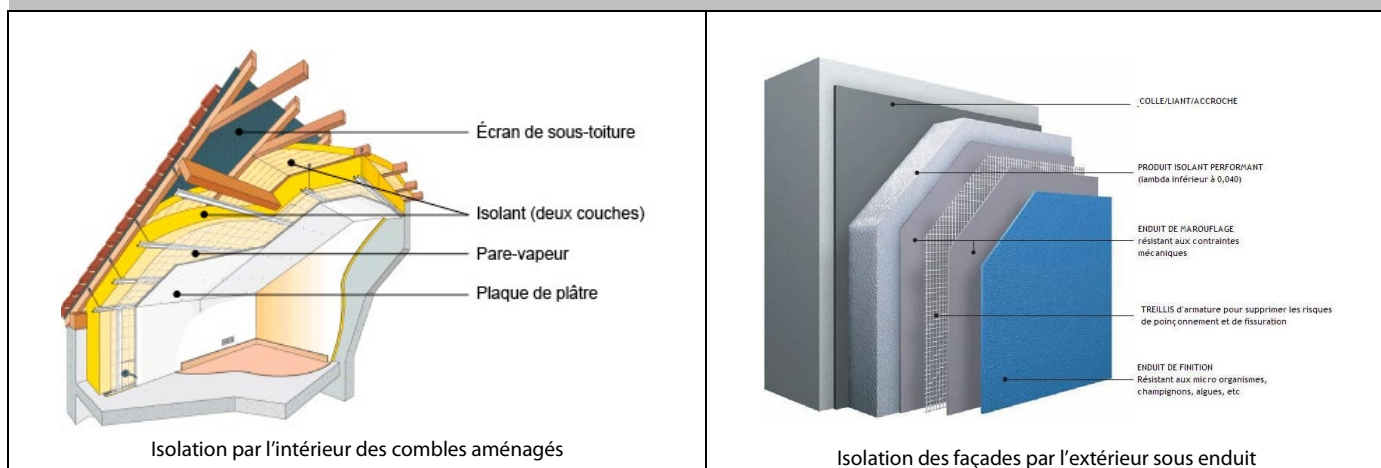
#1



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>-30% à -60% CONSOS DE CHALEUR</p>	 <p>Isolation des façades : 110 €TTC/m² de façade</p>
 <p>Ø CONSOS DE FROID</p>	 <p>Isolation de la toiture : 90 €TTC/m² de toiture</p>
 <p>Ø CONSOS D'ELECTRICITE</p>	 <p>Fenêtres : 500 €TTC/m² de fenêtre</p>

ILLUSTRATIONS



DESCRIPTION DE L'ACTION

Le rôle de l'isolation thermique est de s'opposer au passage des flux de chaleur qui tendent à traverser l'enveloppe d'un bâtiment, de l'ambiance la plus chaude vers la plus froide. Dans un bâtiment mal isolé, la plus grande partie de la chaleur s'échappe par les murs, le toit et les menuiseries.

- L'isolation des toitures : Son potentiel d'économies de chauffage est très important car l'air chaud, plus léger, s'élève naturellement et vient se loger sous le toit.
 - ➔ Combles perdus : Les combles perdus représentent une zone tampon par laquelle la chaleur transite. Il est donc essentiel de limiter ces pertes de chaleur en isolant le plancher des combles. Trois types d'isolation existent : le soufflage d'un isolant en vrac sur le plancher, la pose de panneaux rigides ou semi-rigides et la pose de laine à dérouler.
 - ➔ Combles aménagés : L'isolation des combles aménagés peut se faire par l'extérieur si une réfection de toiture est envisagée ou par l'intérieur en déroulant des panneaux d'isolant.
 - ➔ Toiture terrasse : Il existe plusieurs techniques pour isoler une toiture terrasse, par exemple le procédé d'isolation dite inversé où l'isolant sert de support à l'étanchéité.
- L'isolation des façades : l'isolation par l'extérieur est la méthode la plus efficace pour maîtriser les déperditions thermiques de l'enveloppe y compris les ponts thermiques et agir directement sur le confort des occupants. Cette technique permet également la gestion du chantier en site occupé avec un minimum d'interruption de la disponibilité des locaux et des accès. Cependant, l'isolation des façades par l'intérieur est parfois la seule solution acceptable d'un point de vue architectural.
- Remplacement des menuiseries : les menuiseries anciennes occasionnent d'une part un effet de paroi froide (faible isolation des vitrages) et d'autre part un courant d'air froid (défaut d'étanchéité à l'air). En été, des vitrages performants améliorent le confort en limitant les apports solaires.

Réglementations Thermiques pour l'Existant :

- 1) L'Arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants ; plus connu sous l'appellation de « RT élément par élément » définit des valeurs minimales de performance thermique pour la rénovation.
- 2) L'Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants ; plus connu sous l'appellation de « RT globale pour l'existant » demande un calcul spécifique dit calcul réglementaire qui vérifie une performance énergétique minimale.

ATOUTS

- Réduction des consommations de chauffage par limitation des déperditions
- Amélioration de l'étanchéité à l'air
- Amélioration du confort d'usage

CONTRAINTES

- Interruption d'exploitation pendant les travaux
- Nécessité de rénover la ventilation simultanément, car les infiltrations de la façade sont largement réduites et ne permettent plus d'assurer des débits d'air neuf suffisants par ventilation naturelle

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort d'été
- Amélioration du confort d'hiver, notamment avec la réduction de la sensation de paroi froide et de la perméabilité à l'air
- Amélioration du confort visuel avec le choix de vitrages et protections intérieures adaptées lors du remplacement des menuiseries

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Possibilité d'utilisation de matériaux biosourcés
- Possibilité de mutualisation des achats d'isolants
- Possibilité d'isolation par module préfabriqués (cf. fiche #5)

EXTERNALITES POSITIVES

- Amélioration de la qualité urbaine via un traitement complet des façades qui peut s'inscrire dans une revalorisation globale du site

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Etudes amont Maitrise d'œuvre
- Nécessité d'une forte coordination de chantier pour gérer les nuisances et les interfaces

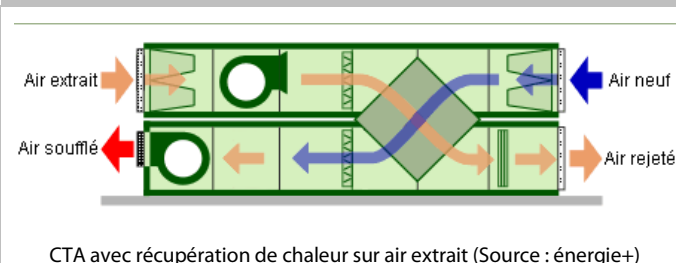


CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>-24%* CONSOS DE CHALEUR</p>	
 <p>Ø CONSOS DE FROID</p>	 <p>~5 €/m³.h COUT</p>
 <p>Ø CONSOS D'ELECTRICITE</p>	

* Sur les consommations de chaleur des amphithéâtres, à pondérer en fonction du ratio (volume chauffé des amphithéâtres / volume chauffé total)

ILLUSTRATIONS



Echangeur double flux (Source : CIAT)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Les amphithéâtres peuvent accueillir un public important, ce qui implique des apports d'air neufs et un brassage conséquents. En général, les amphithéâtres disposent de peu de fenêtres et la ventilation est donc assurée mécaniquement. Les systèmes en place peuvent être à simple ou double flux mais ils disposent rarement de récupérateur de chaleur. Or en hiver, le préchauffage de l'air neuf est responsable d'une grande partie des consommations de chaleur des bâtiments. La mise en place de centrales de traitement d'air avec échangeur à plaque ou à roue permet la récupération de la chaleur de l'air extrait (apports internes, chauffage terminal) avec des rendements optimaux et une technologie éprouvée. Elle permet de valoriser jusqu'à 80% des apports de chaleur internes (occupants, équipements, chauffage terminal). L'échange est obtenu par le croisement sans mélange du flux d'air chaud et humide extrait des locaux avec l'air neuf entrant.

L'action consiste à remplacer les systèmes de ventilation des amphithéâtres par une ventilation double flux avec récupération de chaleur (80% de rendement moyen saisonnier). Sur les installations existantes la mise en œuvre du double flux nécessite le remplacement des caissons de ventilation et la reprise des réseaux. Lorsque l'installation existante est en simple flux, la mise en œuvre du double flux requiert le passage de réseaux de soufflage en colonnes montantes et en plafonds.

La ventilation en double flux a un impact fort sur les consommations électriques des bâtiments : utilisation de 2 ventilateurs, pertes de charges du réseau, différents caissons de la CTA et filtrations. Afin d'ajuster le fonctionnement aux besoins réels, la variation de débit peut être réglée par des sondes CO₂ ; traduisant l'occupation de l'amphithéâtre.

En considérant la faible performance énergétique des équipements installés, on peut supposer que l'utilisation de ventilateurs à haute efficacité (courant continu) et la gestion de la fourniture d'air au plus près des besoins par variation de débit et horloge n'engendreront pas une augmentation des consommations électriques. Une étude plus approfondie, au cas par cas, permettra d'estimer les potentielles variations (gain ou perte) de consommation électrique.

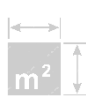
ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des consommations de chauffage • Maîtrise et optimisation des besoins hygiéniques en renouvellement d'air • Opérations de maintenance localisées 	<ul style="list-style-type: none"> • Espace en locaux techniques, passages de réseaux • Augmentation des consommations électriques (pertes de charges aérauliques) par rapport à un système simple flux • Maîtrise délicate des débits en cas de mauvaise étanchéité à l'air du bâtiment

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort thermique d'hiver (soufflage d'air préchauffé) • Amélioration de la qualité de l'air intérieur

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
/

EXTERNALITES POSITIVES
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<ul style="list-style-type: none"> • Le coût de l'action comprend la fourniture et pose de la centrale de traitement d'air et des réseaux associés. La dépose des équipements existants est à prévoir en sus. Le caisson de ventilation est protégé par une filtration. Il ne comprend pas de pièces mobiles et requiert une maintenance équivalente aux autres éléments de la centrale. • Les amphithéâtres sont caractérisés par des volumes importants avec des hauteurs sous plafond généralement élevées. Un soin particulier sera donné à la disposition des bouches de soufflage et d'extraction afin de permettre un brassage de l'air satisfaisant (hygiène et confort).



CHIFFRES CLES

Consommations

Coûts



30%
CONSOS DE CHALEUR



Ø
CONSOS DE FROID



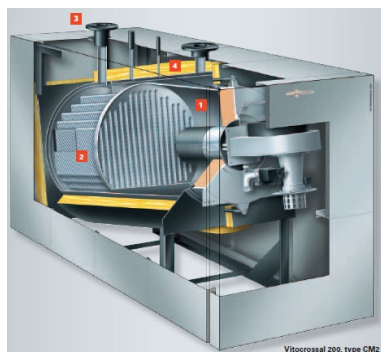
-2%
CONSOS D'ELECTRICITE



110 €TTC/kW*
COUT

*Cout d'investissement chaudière à condensation

ILLUSTRATIONS



Chaudière à condensation (Viessman)

- 1 Chambre de combustion en acier inoxydable
- 2 Surface d'échange
- 3 Manchon de retour
- 4 Isolation renforcée



Pompe à vitesse variable
(Source : Grundfos)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Production de chaleur : Remplacement des chaudières vétustes par des chaudières à condensation

Le remplacement des chaudières en fin de vie est l'occasion de mettre en place des équipements plus performants, correspondant à la réglementation ou la dépassant, comme les chaudières gaz à condensation par exemple. Le principe consiste à réchauffer le retour de boucle via un échangeur placé dans le conduit d'évacuation des fumées de combustion. La charge restant à fournir par le corps de chauffe est ainsi réduite. La nouvelle installation profite du raccordement au gaz existant et vient s'intégrer dans le local technique existant.

Le remplacement des chaudières s'accompagne également du remplacement des brûleurs modulants c.-à-d. des brûleurs qui ajustent leur puissance aux besoins réels de la chaudière. Afin d'éviter les problématiques de surconsommation au démarrage, les dernières générations de brûleurs modulants intègrent un démarrage à débit réduit. La flamme s'établit de manière silencieuse. Après temporisation, le débit principal est libéré.

Les chaudières en fin de vie peuvent également être substituées par des chaudières fonctionnant à la biomasse.

Cette action est exploitée au maximum lorsqu'elle est accompagnée de la révision des réseaux de distribution, d'une régulation adaptée au fonctionnement du bâtiment et du remplacement des terminaux de chauffage. Couplée à l'installation de radiateurs basse température, les consommations d'énergie sont réduites de façon très significative.

Distribution de chaleur : Rééquilibrage & désembouage des réseaux

Les zones mal chauffées peuvent être le symptôme d'une installation hydraulique mal équilibrée. Pour le bon fonctionnement d'une installation de chauffage, il convient de répartir les débits proportionnellement aux besoins thermiques des terminaux de chauffage. Une installation correctement équilibrée limite les pertes énergétiques.

Il est indispensable, au préalable, d'une opération d'équilibrage de nettoyer les réseaux. Au fil de l'exploitation, les dépôts et boues obstruent et augmentent les pertes de charges mais elles forment, aussi, une couche isolante à l'intérieur des canalisations et des équipements. La diminution de la surface d'échange effective affecte directement la puissance de chauffage du radiateur et le confort dans la pièce concernée.

Calorifugeage des réseaux de chauffage

Les réseaux d'eau chaude génèrent des pertes thermiques qu'il convient de réduire. Les réseaux sont généralement calorifugés (sauf dans certaines zones de quelques bâtiments), mais les points singuliers de ces réseaux tels que les robinets, les vannes, les brides, les filtres ou les patins, ne le sont pas en général, du fait de la difficulté de remettre en place le calorifuge en cas de modification des systèmes.

Remplacement des terminaux

Le changement de terminal est requis lorsque les équipements arrivent en fin de vie et/ou ne sont pas adaptés à l'usage des locaux. Par exemple, une technologie de chauffage par panneaux rayonnants est plus efficace qu'une technologie par aérothermes ancienne génération. Les aérothermes peuvent aussi être remplacés par des nouveaux modèles à moteurs électriques basse consommation. Le remplacement est généralement nécessaire suite au choix d'améliorer l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment pour que les émetteurs soient adaptés au nouveau besoin de chauffage, fortement réduit. La régulation terminale (assurée par des robinets thermostatiques installés sur les émetteurs de chaleur) est également un des leviers majeurs des économies de chauffage dans le bâtiment car elle permet d'adapter simplement la fourniture de chaleur aux besoins de chaque local, en évitant les surchauffes sources de gaspillage.

Installation de pompes à débit variable

La mise en place de pompes à débit variable agit sur les consommations électriques des auxiliaires de chauffage ou de climatisation, qui représentent de 2 à 10% des consommations électriques des bâtiments.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none">• Réduction des consommations de chauffage• Augmentation des rendements de production• Diminution des pertes de chaleur• Augmentation des rendements d'émission• Réduction des consommations électriques liées aux équipements• Confort modulable dans les locaux• Adaptation de la fourniture d'énergie au besoin	<ul style="list-style-type: none">• Impact sur les installations techniques en façade intérieure• Interruption d'exploitation pendant les travaux• Les opérations sur les réseaux nécessitent une bonne accessibilité des réseaux et organes de réglage.

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort thermique d'hiver

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Montage opérationnel / Conditions de suivi et de réplcation

Le remplacement des chaudières vétustes par des chaudières à condensation implique la révision des réseaux, de l'équilibrage et de la régulation.

La puissance du système de production de chaleur doit être calculée en fonction des besoins du bâtiment, souvent abaissés par les travaux d'amélioration énergétique.



CHIFFRES CLES

Consommations



-24%
CONSOS DE CHALEUR



Ø
CONSOS DE FROID



+7%
CONSOS D'ELECTRICITE

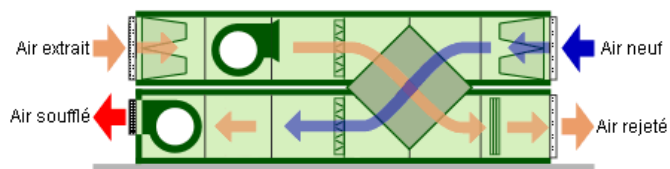
Coûts



~5 €/m³.h
COUT

* Sur les consommations de chaleur des espaces concernés, à pondérer en fonction du ratio (volume chauffé des espaces/volume chauffé total)

ILLUSTRATIONS



CTA avec récupération de chaleur sur air extrait (Source : énergie+)



Echangeur double flux (Source : CIAT)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Le préchauffage de l'air neuf est responsable d'une grande partie des consommations de chaleur des bâtiments. La mise en place de centrales de traitement d'air avec échangeur à plaque ou à roue permet la récupération de la chaleur de l'air extrait (apports internes, chauffage terminal) avec des rendements optimums et une technologie éprouvée. Elle permet de valoriser jusqu'à 80% des apports de chaleur internes (occupants, équipements, chauffage terminal). L'échange est obtenu par le croisement sans mélange du flux d'air chaud et humide extrait des locaux avec l'air neuf entrant.

L'action décrite ici porte sur l'installation neuve d'une ventilation double flux avec récupération de chaleur (80% de rendement moyen saisonnier), dans tous les locaux dont les besoins de renouvellement d'air sont importants.

Cette action est envisageable uniquement dans le cas d'une rénovation lourde du bâtiment (création de nouveaux réseaux aérauliques). Sur les installations existantes la mise en œuvre du double flux nécessite le remplacement des caissons de ventilation et la reprise des réseaux. Lorsque l'installation existante est en simple flux, la mise en œuvre du double flux requiert le passage de réseaux de soufflage en colonnes montantes et en plafonds.

La ventilation en double flux a un impact fort sur les consommations électriques des bâtiments : utilisation de 2 ventilateurs, pertes de charges du réseau, différents caissons de la CTA et filtrations. La puissance électrique à pleine charge est de l'ordre de 0,6 W/m³/h. L'utilisation de ventilateurs à haute efficacité (courant continu) et la gestion de la fourniture d'air au plus près des besoins par variation de débit et horloge sont indispensables à la viabilité économique et environnementale de cette solution.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des consommations de chauffage • Maîtrise et optimisation des besoins hygiéniques en renouvellement d'air • Opérations de maintenance localisées 	<ul style="list-style-type: none"> • Espace en locaux techniques, passages de réseaux • Augmentation des consommations électriques (pertes de charges aérauliques) par rapport à un système simple flux • Maîtrise délicate des débits en cas de mauvaise étanchéité à l'air du bâtiment • Nécessite des opérations de maintenance régulière (nettoyage et remplacement des filtres notamment)

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort thermique d'hiver (soufflage d'air préchauffé) • Amélioration de la qualité de l'air intérieur

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
/

EXTERNALITES POSITIVES
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<ul style="list-style-type: none"> • Le coût de l'action comprend la fourniture et pose de la centrale de traitement d'air et des réseaux associés. La dépose des équipements existants est à prévoir en sus. Le caisson de ventilation est protégé par une filtration. Il ne comprend pas de pièces mobiles et requiert une maintenance équivalente aux autres éléments de la centrale.



CHIFFRES CLES

Consommations



-15% à -30%
CONSOS DE CHALEUR



Ø
CONSOS DE FROID



Ø
CONSOS D'ELECTRICITE

Coûts

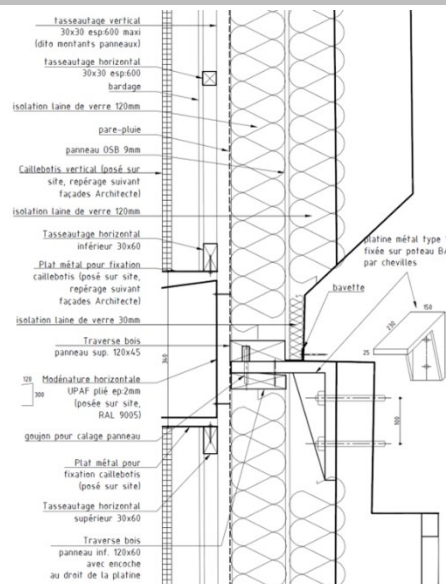


500 €TTC/m² de façade

ILLUSTRATIONS



Aspect extérieur du module de façade



Coupe de détail : caisson bois - isolant - fixation par platines (source : EGIS + Anthracite architecture Lycée Colbert Lorient)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Le procédé d'isolation par modules préfabriqués est adapté pour des façades existantes possédant des trames régulières. L'intervention par l'extérieur pour les caissons préfabriqués permet d'intervenir en site occupé, en minimisant les perturbations sur le fonctionnement des bâtiments.

Les modules sont préparés en atelier et comportent la structure des caissons, le pare-pluie étanche, le remplissage isolant, les menuiseries extérieures. Les habillages ou bardages peuvent être mis en place sur site.

Les éléments de fixation doivent être mis en œuvre dans le béton avant pose des caissons préfabriqués : cette opération est celle qui génère le plus de nuisances sonores et doit donc être réalisée en dehors de l'occupation du site (week-ends ou congés).

Les façades préfabriquées sont ensuite rapportées sur la façade existante intacte. Puis progressivement et par local, les anciens vitrages sont ensuite déposés et remplacés (souvent par l'intérieur) ; des modules de finition (pouvant inclure les stores) et des éléments verticaux sont enfin apposés. Pour ces opérations, le temps d'indisponibilité des espaces est d'environ 2 jours / local.

ATOUS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'effectuer les travaux en site occupé en grande partie (pose des caissons) • Nuisances limitées (si planification des opérations lourdes hors occupation) et légèreté des matériaux grâce à l'utilisation du bois • Rapidité de mise en œuvre : à titre d'exemple, réalisation en 3 mois pour 4000 m² de façade. • Adaptation à la structure existante du bâtiment • Amélioration significative de l'étanchéité à l'air • Amélioration du confort d'usage 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de rénover la ventilation simultanément, car les infiltrations de la façade sont largement réduites et ne permettent plus d'assurer des débits d'air neuf suffisants par ventilation naturelle • Intégration de rupteurs de ponts phoniques au besoin • Relevé précis des façades existantes nécessaire pour en connaître les dimensions exactes et les défauts de planéité • Respect des contraintes de sécurité incendie conformément à l'instruction technique n°249 • Investissement peut être plus élevé qu'une ITE « classique »

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort d'été via un traitement global pouvant intégrer des brise-soleil aux modules de façade
- Amélioration du confort d'hiver et notamment de la sensation de paroi froide et de la perméabilité à l'air
- Amélioration du confort visuel avec le remplacement simultané des menuiseries et le choix de vitrages et protections intérieures adaptées
- Conséquence de la mise en œuvre simultanée de ventilation mécanique (simple ou double flux) : Amélioration de la qualité sanitaire de l'air. La ventilation permet alors d'assurer et de contrôler les débits de renouvellement d'air et de limiter les taux de CO₂ (et des autres polluants en cas de double flux).

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Industrialisation de la fabrication des modules
- Innovation dans le mode opératoire et l'intégration de matériaux à faible contenu carbone

EXTERNALITES POSITIVES

- Partenariat avec des entreprises locales pour la pré-fabrication en atelier
- Amélioration de la qualité urbaine via un traitement complet des façades qui peut s'inscrire dans une revalorisation globale du site
- Opération à forte valeur environnementale dans le cas d'utilisation de structure bois (réduction de l'énergie grise par rapport aux systèmes constructifs « traditionnels » et stockage CO₂)
- Possibilité de valoriser des ressources locales (bois) suivant les régions

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Montage opérationnel / Conditions de suivi et de réplcation

- Etudes amont Maitrise d'œuvre
- Nécessité d'une forte coordination de chantier pour gérer les nuisances et les interfaces
- Validation du prototype en amont permettant de limiter les risques de dérive en chantier



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 spécifique CONSOS DE CHALEUR	
 spécifique CONSOS DE FROID	 spécifique
 spécifique CONSOS D'ELECTRICITE	

ILLUSTRATIONS

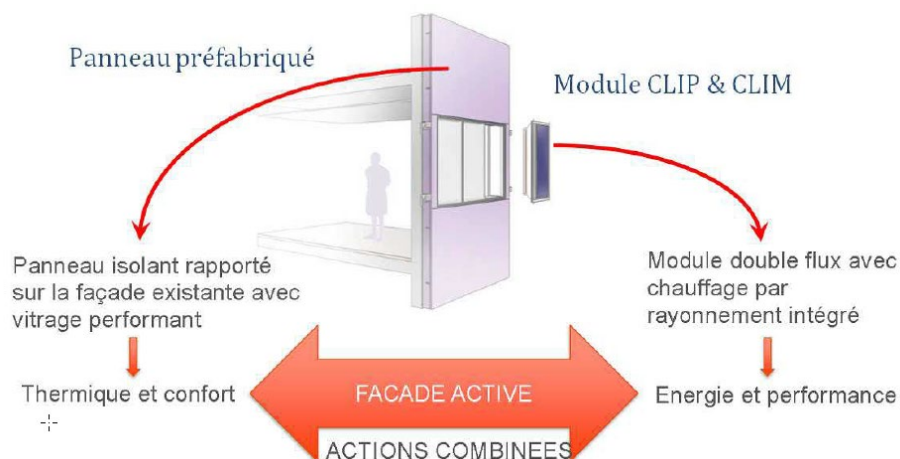
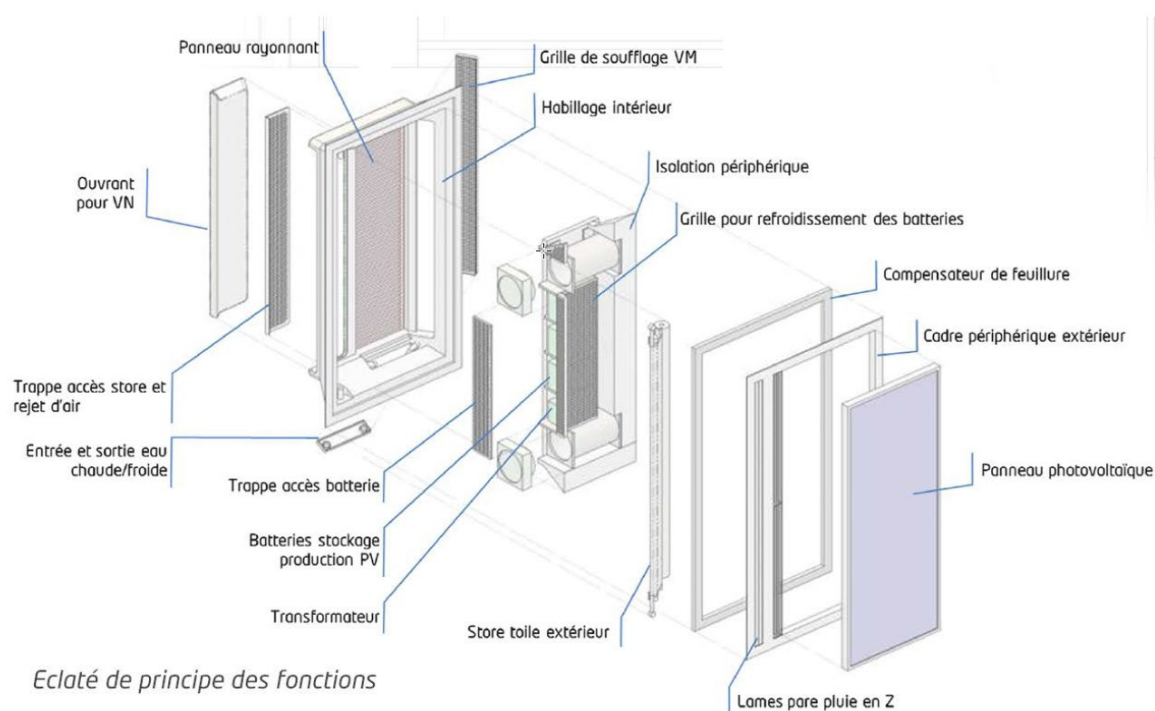


Schéma de principe de la façade Plug&Play (Source : EGIS)



Eclaté de principe des fonctions

Éclaté de principe des fonctions du module Clip'n Clim (source : EGIS)

DESCRIPTION DE L'ACTION

La façade Plug&Play contient deux modules complémentaires :

- Un panneau préfabriqué isolé
- Un module démontable Clip'n Clim

L'ensemble peut se greffer sur une façade existante et permet d'augmenter les performances du bâtiment, tout en assurant des fonctions climatiques comme le chauffage, la ventilation ou le rafraîchissement.

Pour ce faire, les modules Clip'n Clim sont constitués de panneaux rayonnants réversibles, d'un module de ventilation naturelle pour l'été, d'un module de ventilation mécanique double flux pour l'hiver, et éventuellement d'un panneau photovoltaïque et de protections solaires selon l'orientation. La production photovoltaïque peut servir à alimenter les systèmes CVC, l'excédent de production est stocké, et autrement le module est « plugé » sur le réseau du bâtiment.

Les modules Clip'nClim permettent une décentralisation des fonctions climatiques et donc une gestion pièce par pièce, pilotable par l'intermédiaire d'un Smartphone « plugé » sur le module (fonctionnement Plug&Play).

L'avantage de ces deux modules est la possibilité qu'ils offrent à être posés en site occupé. Les modules Clip'n Clim se veulent compacts, modulaires et donc faciles d'installation. Sur une façade existante, ils peuvent être utilisés pour remplacer des fenêtres.

ATOUTS

- Limitation des consommations énergétiques
- Possibilité d'effectuer les travaux en site occupé
- Utilisation de matériaux renouvelables
- Adaptation à la structure existante du bâtiment
- Amélioration significative de l'étanchéité à l'air

CONTRAINTES

- Relevé précis des façades existantes nécessaire pour en connaître les dimensions exactes et les défauts de planéité
- Respect des contraintes de sécurité incendie conformément à l'instruction technique n°249

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort d'été via un traitement global pouvant intégrer des brise-soleil aux modules de façade
- Amélioration du confort d'hiver et notamment de la sensation de paroi froide et de la perméabilité à l'air
- Amélioration du confort visuel avec le remplacement simultané des menuiseries et le choix de vitrages et protections intérieures adaptées
- Amélioration de la qualité sanitaire de l'air grâce à la fonction de ventilation mécanique double flux, permettant d'assurer et de contrôler des débits de renouvellement d'air, et de limiter les taux de CO2 (et des autres polluants en cas de double flux)
- Amélioration du confort thermique grâce à la gestion pièce par pièce

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

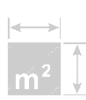
- Industrialisation de la fabrication des modules
- Innovation dans le mode opératoire et dans le mode de gestion décentralisé permis par les modules

EXTERNALITES POSITIVES






- Amélioration de la qualité urbaine via un traitement complet des façades qui peut s'inscrire dans une revalorisation globale du site
- Opération à forte valeur environnementale dans le cas d'utilisation de structure bois (réduction de l'énergie grise par rapport aux systèmes constructifs « traditionnels » et stockage CO2)
- Possibilité de valoriser des ressources locales (bois) suivant les régions

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Première phase de fin de développement à intégrer
- Validation du prototype en amont permettant de limiter les risques de dérive en chantier

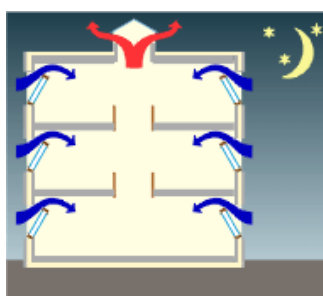


CHIFFRES CLES

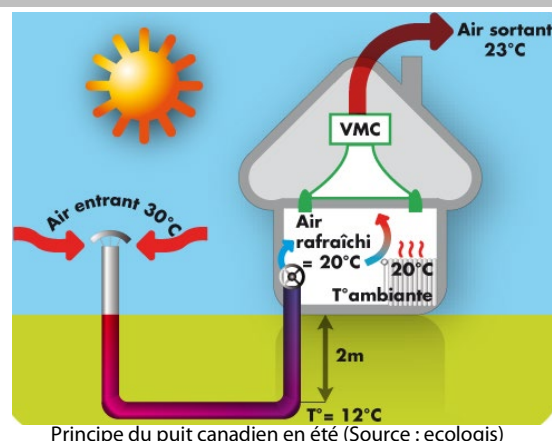
Consommations	Coûts
 -5% CONSOS DE CHALEUR	 4 000 – 6 000 € TTC* COUT
 -10% CONSOS DE FROID	 € TDC
 Ø CONSOS D'ELECTRICITE	 dont 0€ € TDC lié à la rénovation fonctionnelle

*Cout associé puit canadien réalisé par une entreprise

ILLUSTRATIONS



Principe du freecooling nocturne
Source : Energie plus



Principe du puit canadien en été (Source : ecologis)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Freecooling nocturne

Il s'agit de permettre une ventilation nocturne du bâtiment en été et en mi-saison, lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure, afin de décharger la nuit la chaleur emmagasinée durant la journée.

Sur ventilation naturelle : cela nécessite la mise en place d'ouvertures en façades permettant les arrivées d'air, ou d'utiliser les fenêtres existantes : en désignant un chef de projet chargé d'activer la ventilation le soir et de fermer les ouvrants le matin. Cette action permet un rafraîchissement du bâtiment de 3 à 4°C, ce qui améliore le confort en occupation la journée suivante, et diminue la consommation de refroidissement si le bâtiment est équipé d'un système de climatisation.

Les facteurs d'efficacité de cette action sont les suivants :

- Plus le bâtiment a une inertie thermique importante, plus la mise en place de freecooling nocturne sera rentable. Un état des lieux spécifique est donc nécessaire afin de déterminer quel est le type de revêtement des sols (carrelage, moquette...) ainsi que des murs.
- La ventilation naturelle est efficace si elle est transversale (ouvertures sur des façades opposées) ; le cas échéant elle ne fonctionne que pour les immeubles à forte inertie thermique.
- Les ouvertures de ventilation sont équivalentes à minimum 2 % de la surface des locaux (1 % étant insuffisant et 3 % accentuant les risques d'effraction).
- Les écarts entre températures diurnes et nocturnes sont significatifs (par exemple à Paris 8°C en moyenne sur l'année).

A noter : le free-cooling peut également être implémenté sur une ventilation mécanique. Il consiste alors à laisser l'ensemble des centrales de traitement d'air à débit maximum, tout en neutralisant les batteries chaudes/froides/de récupération. Mais cette solution n'est pertinente à mettre en œuvre que si la consommation nocturne pour les ventilateurs est inférieure aux consommations nocturnes de la production frigorifique.

Puits canadiens

Le puits canadien est un procédé géothermique qui apporte une ventilation naturelle dans un bâtiment. Le principe est de réchauffer (en hiver) ou rafraîchir (en été) tout ou partie des apports d'air neuf d'un bâtiment en aspirant de l'air extérieur par un puits d'air et en le faisant circuler dans un conduit d'échange thermique enterré dans le sol avant de le redistribuer à l'intérieur du bâtiment. Il repose sur le constat que la température du sol à une profondeur de 2m varie peu et dépend peu du climat extérieur.

Il est facile à mettre en œuvre lors de la construction : une ou plusieurs tranchées doivent être creusées selon la surface utilisable, la disponibilité d'enfouissement et la nature du sol. La texture et la granulométrie du matériau entourant la canalisation sont également des facteurs importants car les performances d'échanges thermiques du sous-sol doivent être suffisantes. L'air aspiré cède ou puise de la chaleur par conduction sur toute la longueur du conduit d'échange avant d'être diffusé à l'intérieur du bâtiment. La distribution peut se faire par un réseau de gaines, un puit de diffusion ou une simple grille d'aération dimensionnée selon le débit d'air. Il peut également être raccordé à un caisson double flux avec VMC pour profiter des apports de calories extraites par celle-ci.

Le puits canadien fonctionne de manière optimale en été et en hiver : plus l'écart de température est grand, entre l'air extérieur et le sol, et plus l'efficacité du système augmente.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none">• Apport gratuit de chaleur et de rafraîchissement• Très faible coût de maintenance par rapport à une climatisation classique• Coût d'utilisation réduit• Amélioration de la qualité de l'air• Facilité de mise en œuvre	<ul style="list-style-type: none">• Concurrence du puit canadien avec un éventuel récupérateur de chaleur• Dès que les volumes à traiter deviennent importants, le linéaire de puits canadien devient très élevé et la pertinence technique n'est plus assurée• Possibilité d'industrialisation limitée pour les puits canadiens• La sur-ventilation nocturne nécessite de maintenir les portes des locaux en position ouverte la nuit, pour que l'air circule entre les fenêtres et les prises d'air centrales. En fonction de l'usage des locaux, il peut être refusé que les espaces puissent rester ouverts la nuit d'où une perte d'efficacité du dispositif.

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort d'été et d'hiver
- Amélioration de la qualité de l'air

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

- Faible impact environnemental comparé à un système de chauffage ou rafraîchissement avec fluide frigorigène

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Montage opérationnel / Conditions de suivi et de réplcation



CHIFFRES CLES

Consommations



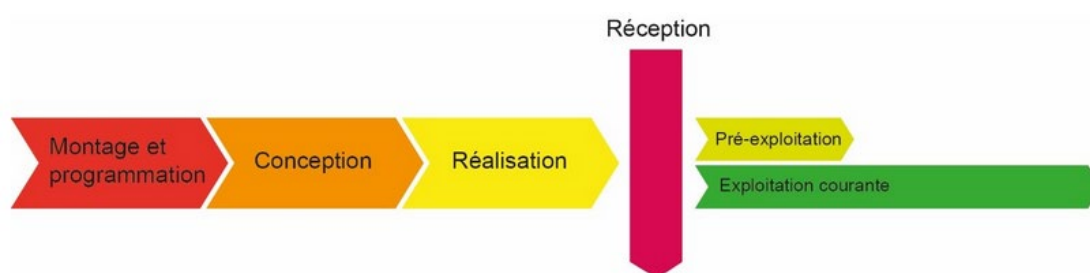
-15%
CONSOS D'ENERGIE

Coûts



15 €TTC/m²
COUT

ILLUSTRATIONS



Etapes de la démarche de qualité du commissionnement (Source : ADEME)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Les dérives de performances constatées dans les bâtiments neufs ou rénovés peuvent être en partie expliquées par un manque de continuité entre les différentes phases d'un projet et au déficit d'attention porté à la mise au point (vérifications et réglages). Le commissionnement est l'ensemble des tâches qui permettent à un bâtiment neuf d'atteindre le niveau de performances contractuelles.

Un projet de rénovation ou de construction neuve doit reposer sur une démarche globale depuis la conception jusqu'à l'exploitation. Pour cela, les différentes étapes du projet et ses différents intervenants doivent être en cohérence.

Le commissionnement porte sur l'enveloppe et sur les équipements techniques du bâtiment. Par la mise en œuvre d'une démarche qualité transverse de la phase de programmation jusqu'à l'exploitation, il permet de :

- Coordonner l'ensemble des intervenants du projet pour garantir la cohérence de leurs interventions et le respect des objectifs contractuels
- Définir les moyens de contrôle des actions menées à toutes les étapes
- Faciliter le transfert d'informations entre les intervenants des différentes phases du projet.

La phase de « pré-exploitation » consiste à ajuster les réglages effectués lors de la réalisation et à vérifier les performances. Elle se déroule généralement sur une période de 2 ans après la réception et repose sur un suivi instrumenté par la GTB. Elle vise également à mettre en place l'exploitation/maintenance et à informer les occupants sur le bâtiment. Elle intervient en parallèle de l'exploitation.

L'agent de commissionnement dirige ce processus. Son rôle est de favoriser la communication entre les membres du projet afin d'identifier et de résoudre les problèmes. Il peut être externe au projet en AMO ou intégré à la maîtrise d'œuvre.

Le commissionnement fixe un cadre afin d'identifier les causes d'erreurs possible et de mettre en cohérence les actions afin de limiter les non-qualités et de maîtriser les performances énergétiques.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Maîtrise des performances énergétiques • Mise en place de l'exploitation/maintenance • Identification des défauts et dérives • Information/sensibilisation des occupants 	<ul style="list-style-type: none"> • Suivi nécessaire sur toute la durée des projets : de la programmation à la mise en service

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort d'hiver • Amélioration du confort d'été • Amélioration de la qualité d'air intérieur

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
<ul style="list-style-type: none"> • Commissionnement de plusieurs bâtiments regroupés pour un site

EXTERNALITES POSITIVES
<ul style="list-style-type: none"> • Identification des défauts de conception ou d'exécution pour les concepteurs et installateurs



PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<ul style="list-style-type: none"> • Le commissionnement nécessite un intervenant dédié (AMO ou MOE). Il est requis pour obtenir une certification LEED ou le niveau « Excellent » pour une certification BREEAM.



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 -10% CONSOS D'ENERGIE	 Variable COUT

ILLUSTRATIONS

 Certification HQE exploitation	 Certification HQE – Bâtiment neuf ou rénovation
---	---

DESCRIPTION DE L'ACTION

Les certifications environnementales permettent notamment une valorisation des performances énergétiques et environnementales. Les 3 principales certifications sont : HQE, BREEAM et LEED.

HQE Exploitation

La certification HQE Exploitation consiste à mettre en place une démarche de suivi continu et d'amélioration des performances du bâtiment. Le label HQE exploitation récompense les bâtiments en exploitation qu'ils aient fait ou non l'objet d'une certification au stade de leur construction. L'objectif majeur est de s'assurer que les préoccupations environnementales sont bien prises en compte dans le processus d'exploitation de l'ouvrage. Un des objectifs est notamment la réduction de 5% des consommations énergétiques annuelles du Site. Le porteur de la certification doit tenir un Système de Management d'Exploitation de l'ouvrage.

HQE Rénovation

La certification HQE Bâtiments tertiaires – Neuf ou rénovation concerne les phases de programmation, conception et réalisation des bâtiments neufs ou en rénovation. Elle permet de faire progresser et de valoriser les performances de bâtiments mais également de réduire ses consommations, son impact environnemental et d'améliorer le confort et la santé de ses utilisateurs. Elle peut être associée à un label Haute Performance Energétique (HPE) pour les efforts dans le domaine des économies d'énergie et/ou à un label Bâtiment Biosourcé pour mettre en avant l'intégration de matériaux biosourcés.

Les coûts varient sensiblement selon le label visé et le niveau de performance associé. L'Observatoire de l'Immobilier Durable fourni dans l'étude « *Certification en Exploitation – 5 ans après* » une estimation des coûts pour un bâtiment de 10 000 m² :

	HQE EXPLOITATION	BREEAM IN-USE	LEED EB O&M
Coût administratif de l'organisme à l'admission *	Un axe : 7,5 k€ Deux axes : 9,0 k€	Un axe : 0,5 k€ Deux axes : 0,85 k€	4 k€
Coût administratif de l'organisme sur les années de suivi *	Un axe : 11,5 k€ / 4 ans Deux axes : 15,0 k€ / 4 ans	Un axe : 0,7 k€ / 3 ans Deux axes : 1,2 k€ / 3 ans	0 €
Coûts des études techniques complémentaires (hors travaux) **	10 k€ / 35 k€	Variable en fonction du niveau visé	10 k€ / 25 k€

Source : SINTEO – 2014

* Le coût des certifications HQE Exploitation et LEED EB O&M dépend de la superficie du bâtiment. Le coût présenté est calculé pour un bâtiment de 10 000 m²

** Moyennes constatées, ce montant dépend de plusieurs paramètres (superficie du bâtiment, caractéristiques du projet et des démarches en œuvre sur le bâtiment, niveau de certification visé)

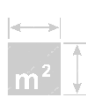
ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Processus d'amélioration continue • Réduction des consommations • Valorisation du patrimoine • Outil de communication 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation du coût des études • Nécessité d'être accompagné par un AMO pour obtenir la certification

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort thermique d'hiver • Amélioration de la qualité d'air intérieur • Amélioration du confort acoustique

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
<ul style="list-style-type: none"> • Choix d'un AMO pour plusieurs sites afin de généraliser le cadre méthodologique des projets de certification

EXTERNALITES POSITIVES
<ul style="list-style-type: none"> • Valorisation du patrimoine et renforcement de l'attractivité, à travers l'amélioration des performances et la possibilité de communiquer sur les certifications obtenues

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité de faire appel à un AMO certification environnementale en plus de l'organisme certificateur. • Les labellisations HQE Exploitation et Breeam In-Use nécessitent une première phase d'admission puis un suivi sur plusieurs années.



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>Ø CONSOS DE CHALEUR</p>	 <p>5 jours de travail Service achat</p>
 <p>Ø CONSOS DE FROID</p>	
 <p>-5% CONSOS D'ELECTRICITE</p>	

ILLUSTRATIONS



DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à instaurer des clauses d'efficience dans les achats de matériel process (principalement sorbonnes de laboratoires et équipements informatiques). La norme ISO 50 001 prévoit la prise en compte de la performance énergétique au moment de l'achat de services ou d'équipements consommateurs d'énergie. L'efficacité énergétique doit être systématiquement prévue, analysée et mise en place dans les politiques d'achats. L'objectif est de s'assurer que les nouvelles installations ont une bonne performance énergétique et que le SME est mis à jour après une modification importante.

Très souvent, la performance énergétique est prise en compte de manière ponctuelle dans les achats de matériel process. Les bonnes pratiques ne sont pas formalisées et la performance énergétique annoncée est parfois oubliée lors de la réception des produits. Il est ainsi primordial d'impliquer les services achats dans le SME pour ne pas limiter les bonnes pratiques aux services techniques. La complexité réside dans la formalisation par l'intégration de clauses d'efficience dans les achats de matériels de process très consommateurs d'énergie.

ATOUS

- Réduction des consommations d'énergie
- Réduction de l'impact environnemental

CONTRAINTES

- Formalisation des clauses d'efficience spécifique à chaque type de produit

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Mise en place d'une base de donnée commune de clauses d'efficience

EXTERNALITES POSITIVES

- Incitation à la recherche de performances énergétiques élevées chez les fabricants

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

A coupler à un suivi de performance après installation / commissioning



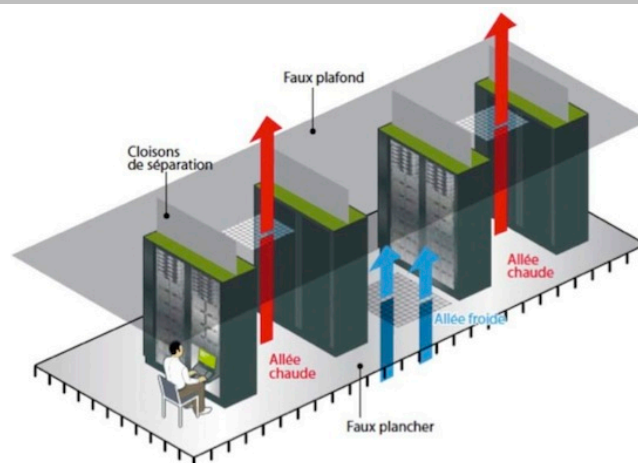
CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>-50%* CONSOS DE FROID</p>	 <p>Spécifique COUT</p>
 <p>-3%** CONSOS D'ELECTRICITE</p>	

* Sur les consommations de froid du Datacenter

** Traduction de l'économie de froid sur l'ensemble de la consommation électrique

ILLUSTRATIONS



Principe de fonctionnement de la climatisation par allées chaudes et froides (Source : Syntec)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Un Datacenter est un site qui héberge toutes les infrastructures logicielles et matérielles nécessaires au bon fonctionnement des applications informatiques.

Le PUE (Power Usage Effectiveness) est actuellement l'indicateur le plus utilisé pour comparer les performances énergétiques des datacenters entre eux. Plus le PUE est proche du chiffre 1, plus le datacenter est considéré performant car consommant théoriquement moins d'énergie. Le PUE est égal au rapport de l'énergie totale consommée par le datacenter sur l'énergie consommée par les équipements informatiques. Suivant une étude de ENR/CERT en 2016 portant sur 87 datacenters français, le PUE moyen est actuellement de 1,8 avec une consommation moyenne = 5,15 MWh / m² / an. Des PUE cibles à 1,3 sont actuellement visés pour les plus performants.

Le PUE dépend de la localisation du datacenter, de son taux de charge, mais aussi du niveau de redondance sur les installations informatiques. La disponibilité est qualifiée par une classification « Tier » qui représente globalement le niveau d'assurance de sécurité de l'information. Plus le Tiers est élevé, plus l'information est sécurisée, mais cela réduit sensiblement l'efficacité énergétique.

Serveurs, stockage et réseau

Les serveurs, le stockage et le réseau sont responsables de 40% des consommations électriques. Un Datacenter contient un grand nombre de baies pour traiter, stocker et router l'information. Le serveur, le stockage et les éléments réseaux peuvent faire l'objet d'améliorations énergétiques afin de réduire leur consommation. Il faut par exemple mesurer les consommations pour optimiser, mettre en place la virtualisation, choisir des équipements peu énergivores, travailler sur l'urbanisation des salles serveurs ...

La distribution électrique.

Ce poste représente 20% des consommations électriques du Datacenter. L'électricité fournie aux équipements informatiques doit être en quantité suffisante et de haute qualité, sans microcoupures. Ceci implique d'installer de nombreux équipements palliatifs ou correctifs tels que des onduleurs. Il est également nécessaire d'avoir des installations de secours capables de produire localement et en toute autonomie l'énergie nécessaire. Pour optimiser cette distribution électrique, plusieurs pistes sont à explorer comme l'alimentation en énergie renouvelable pour réduire son empreinte carbone, l'adaptation au mieux de la redondance des équipements ou encore l'allongement de la durée de vie des équipements.

La climatisation

La climatisation représente 40% des consommations énergétiques d'un Datacenter car l'énergie électrique consommée par les équipements informatiques est quasiment intégralement convertie en chaleur. Un système de conditionnement d'air est donc indispensable dans la salle du Datacenter. Pour économiser de l'énergie, il faut ainsi travailler sur l'urbanisation des salles serveurs (par exemple en confinant les allées chaudes et les allées froides), faire appel à la technique du freecooling qui limite le recours à la climatisation artificielle par l'utilisation de l'air frais extérieur ou encore travailler sur l'architecture du bâtiment.

Il est également possible, si le site s'y prête d'utiliser l'eau d'une nappe pour tout ou partie du refroidissement. Selon le débit et les températures de rejet, ce choix peut conduire à nécessiter une procédure d'autorisations auprès de la DREAL et des études préalables (capacité de la nappe, effets du panache thermique...).

Il est également possible de valoriser la chaleur émise par les datacenters pour chauffer un local ou préchauffer de l'eau chaude sanitaire par exemple. La réduction de consommation de froid du datacenter permet simultanément de réduire la consommation de chaleur d'un autre poste. Ce choix est à raisonner au regard des opportunités de récupération de chaleur car il peut parfois entraîner des surcoûts et complexités sans rapport avec les gains attendus.

Une démarche collaborative à mener en amont sur la sobriété et l'économie du stockage des données :

La conception d'un nouveau datacenter porte le risque de fuite en avant sur les capacités d'installations surdimensionnées / en sous-charge dégradant ses performances, non évolutives, source de consommations excessives et de sur investissements. En amont des choix techniques de conception permettant d'optimiser le PUE d'un datacenter (pour une puissance donnée demandée par les utilisateurs), le maître d'ouvrage doit préalablement interroger le besoin : quels usages spécifiques, quel niveau sécurité (tiers) et quelle puissance réellement nécessaire ? quelle rationalisation des infrastructures à l'échelle du campus ? quel modèle économique d'hébergement des serveurs et de partage des coûts afférents ? quelles évolutions du stockage des données ? Tout autant que l'optimisation du PUE, cette démarche est source d'économies et de sobriété carbone. Dès la phase la plus amont, elle suppose une collaboration active entre 3 univers de spécialistes peu habitués à travailler ensemble (les informaticiens et usagers, les spécialistes CVC / électricité / performance énergétique des bâtiments, et les spécialistes de la conception de data center).

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none">• Réduction du nombre de salles serveurs et mise en place d'un schéma directeur des infrastructures de stockage• Disparition des salles dispersées énergivores au profit d'infrastructures performantes (PUE faible)• Rationalisation des usages et moyens d'exploitation, mise en place d'un nouveau modèle économique d'hébergement vertueux• Réduction ou limitation de la croissance des consommations de froid / électricité dans un contexte d'augmentation exponentiel des volumes de données et puissances installées• Optimisation de la gestion de l'ambiance et des conditions de fonctionnement du matériel informatique (sécurité et durée de vie des équipements augmentée / exploitation à des régimes de température évitant des surconsommations)• Récupération de chaleur	<ul style="list-style-type: none">• Possibilité d'industrialisation limitée par la variété d'agencement des datacenters• Méthode pour faire dialoguer dès l'amont des univers éloignés de spécialistes et prescripteurs de besoins à inventer et adapter au cas par cas, conduite de projet complexe.• Evolutivité et obsolescence rapide des choix techniques + imprévisibilité des besoins à long terme• Risque de surdimensionnements coûteux et énergivores, difficultés de questionner le besoin

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

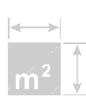
- Possibilité de revalorisation innovante de la chaleur émise
- Montée en compétence des Maîtres d'Ouvrage et bureaux d'études sur un domaine à forts enjeux (croissance des consommations et émissions liées aux Datacenter) nécessitant des spécialistes croisant les domaines techniques (efficacité énergétique appliquée au Datacenter)

EXTERNALITES POSITIVES

/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

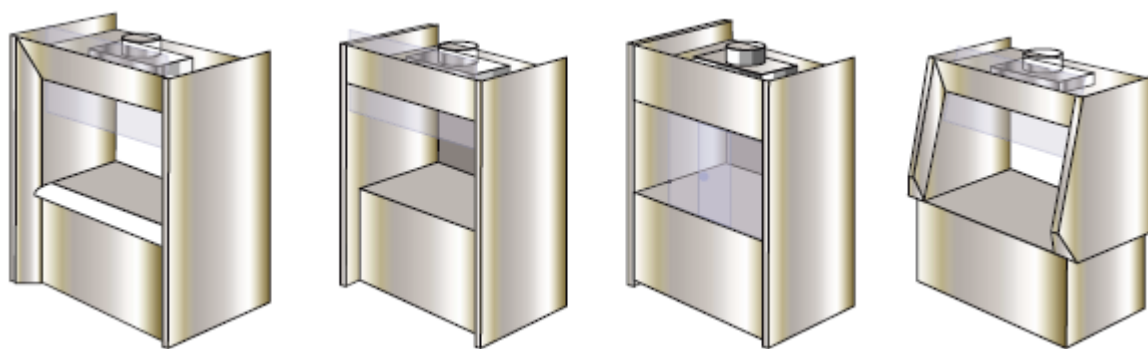
- Prérequis : équipe et dispositif de conduite de projet et bureau d'études en capacité d'animer le dialogue et d'apporter leur expertise et d'interagir à la frontière de plusieurs domaines (usage / informatique / bâtiments / Datacenter).



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>-8% CONSOS DE CHALEUR</p>	 <p>~5 €/m³.h COUT</p>
 <p>Ø CONSOS DE FROID</p>	
 <p>+7% CONSOS D'ELECTRICITE</p>	

ILLUSTRATIONS



Différents types de sorbonnes
Source : Guide pratique de ventilation des sorbonnes INRS

DESCRIPTION DE L'ACTION

Les sorbonnes sont des enceintes ventilées en dépression qui aspirent l'air du local et le rejettent dans l'atmosphère extérieur au moyen d'un ventilateur. Très souvent dans les installations anciennes, l'air neuf non chauffé est introduit dans les laboratoires de façon non contrôlée et génère un courant d'air froid en hiver et en mi-saison, source de surconsommations de chauffage et d'inconfort thermique. Ce phénomène est d'autant plus important que les locaux dédiés aux activités de recherche et de travaux pratiques doivent être maintenus en dépression pour éviter une propagation de l'air pollué dans le reste du bâtiment.

La solution préconisée ici consiste à alimenter directement les sorbonnes avec de l'air extérieur introduit via une gaine, un caisson et un ventilateur situés en partie supérieure de la face avant de la hotte. Contrairement aux installations anciennes, où l'air introduit naturellement est mis à température ambiante par le système de chauffage du bâtiment, l'air extérieur directement introduit dans la sorbonne n'est pas chauffé : étant donnés les débits d'air considérables, nécessaires au fonctionnement des sorbonnes, les économies sur les consommations de chauffage sont alors significatives.

Le débit d'air soufflé peut être régulé en fonction des différentes extractions, qui ne sont pas toutes en fonctionnement simultané et permanent.

Si la puissance de l'extracteur se voit réduite du fait de l'apport d'air localisé dans les hottes, l'installation d'un ventilateur supplémentaire dans les hottes pour les apports de cet air neuf vient pondérer le gain électrique liée à la diminution de puissance de l'extracteur d'où les gains électriques négatifs.

D'autres solutions techniques permettant d'optimiser le fonctionnement des sorbonnes existent :

- Recyclage de l'air aspiré : Le recyclage local de l'air vicié est réalisé par des filtres à charbon actif. Si ce dispositif améliore également le confort acoustique et évite la création de gaines, il nécessite une maintenance importante (l'entretien des filtres) et réduit, voire proscrit l'utilisation de certaines substances dont le traitement nécessite des filtres spécifiques.

- La récupération de chaleur sur air extrait : Elle consiste à valoriser les calories de l'air extrait via des batteries de récupération. Cette solution offre un bénéfice énergétique intéressant mais nécessite là encore une maintenance accrue pour éviter la contamination de l'échangeur (mise en place d'un épurateur), et peut nécessiter des matériaux spécifiques pour résister aux polluants rejetés. Economiquement parlant, cette solution est surtout intéressante pour des réseaux d'extraction collectifs.

Enfin, une sensibilisation aux bonnes pratiques : réduire la surface et le temps d'ouverture de la hotte au minimum requis par l'expérience, limiter la quantité de produits manipulés, etc. permet de réduire les besoins d'extraction et donc l'utilisation des ventilateurs.

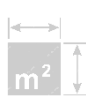
ATOUS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des consommations de chauffage • Amélioration du confort thermique d'hiver 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation des consommations électriques : ventilateurs pour l'insufflation d'air.

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort thermique d'hiver

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
Ø

EXTERNALITES POSITIVES
Ø

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<p><u>Points de vigilance :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Création d'un réseau de gaines pour alimenter chaque sorbonne avec de l'air extérieur - Contrôle des débits d'extraction des hottes : l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) recommande de ne pas compenser l'extraction des sorbonnes avec plus du tiers de volume d'air extrait. - Les laboratoires sont considérés comme des locaux à pollution spécifique et doivent répondre à la réglementation en vigueur. Une attention doit notamment portée à l'implantation des prises d'air neuf par rapport aux sorties d'air vicié.



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>Ø CONSOS DE CHALEUR</p>	
 <p>Ø CONSOS DE FROID</p>	 <p>10 jours Service achat</p>
 <p>-3% CONSOS D'ELECTRICITE</p>	

ILLUSTRATIONS



Le Label Energy Star est un programme américain d'économies d'énergie qui vise à promouvoir les appareils (ordinateurs fixes et portables, écrans, serveurs, systèmes informatiques intégrés, stations de travail, et appareil de traitement de l'image) avec le meilleur rendement énergétique.

DESCRIPTION DE L'ACTION

En termes d'équipements informatiques, il existe un important choix d'appareils plus ou moins consommateurs en énergie. Lors du remplacement des ordinateurs, écrans, photocopieurs, imprimantes... il est donc important de comparer les critères de consommation énergétique afin d'opérer le meilleur choix.

Les ordinateurs portables consomment 50 % à 80 % d'énergie en moins que les postes fixes, car ils ont été optimisés de manière à prolonger au maximum l'autonomie des batteries. Néanmoins, leur impact environnemental est négatif à cause de ces mêmes batteries.

Les écrans cathodiques ont été pratiquement tous remplacés dans les entreprises, par des écrans plats à cristaux liquides. Les premiers écrans plats étaient rétroéclairés par des lampes fluocompactes, ils le sont maintenant par LED, qui consomment moins d'énergie et ne contiennent pas de mercure.

Les paramètres qui influencent le plus la consommation d'un ordinateur sont la taille et la technologie de l'écran, la puissance des composants (processeur, carte graphique, mémoire vive) et la qualité de l'alimentation. Il est possible de réduire facilement la consommation d'énergie en privilégiant un équipement labellisé et économe, en utilisant et en optimisant les modes de veille, et en responsabilisant les utilisateurs.

Un photocopieur consomme 80 % de son énergie en mode attente. Les imprimantes à jet d'encre consomment 5 à 10 Wh en fonctionnement et n'ont pas besoin de préchauffage, alors que les imprimantes laser consomment 200 à 300 Wh. Ces dernières sont néanmoins mieux adaptées dans les grandes entreprises et les administrations. Enfin, les équipements multifonctions consomment bien moins que la somme des appareils qu'ils remplacent.

Pour comparer les équipements entre eux suivant leur performance énergétique :

- www.ademe.fr
- Le Label Energy Star est un programme américain d'économies d'énergie qui vise à promouvoir les appareils (ordinateurs fixes et portables, écrans, serveurs, systèmes informatiques intégrés, stations de travail, et appareil de traitement de l'image) avec le meilleur rendement énergétique.
- <http://www.eu-energystar.org/fr/index.html>
- L'écolabel nordique est l'équivalent scandinave du label Energy Star.

- <http://www.guidetopten.fr>
- Directive européenne ErP - Energy related Product.

La gestion et l'optimisation du parc informatique passe également par l'optimisation du ratio de matériel informatique par utilisateur. Cela nécessite une connaissance précise du parc informatique du site ainsi qu'une identification des besoins de chaque collaborateur. Une fois cette cartographie réalisée (comptage du nombre d'ordinateurs fixes et portables et du nombre d'imprimantes par occupant), les postes excédentaires peuvent être supprimés ou simplement non remplacés quand leur nécessité ne se fait pas sentir. De même, il pourra être préféré la mutualisation des imprimantes et scanners à l'installation d'imprimantes individuelles.

La mutualisation ou diminution du nombre d'équipements permettra une diminution des consommations énergétiques globales du site. De plus, la réduction du nombre d'équipements implique une réduction des apports de chaleurs internes, ce qui permet de réduire les besoins en refroidissement si les locaux sont climatisés.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction significative des consommations électriques sur la durée • Réduction des coûts de renouvellement par ajustement de la quantité d'équipements aux besoins 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessité d'une veille technologique régulière sur la performance des équipements informatiques

IMPACTS CONFORT

- Amélioration légère du confort d'été par limitation des apports internes

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Possibilité de mise en place d'une base de donnée collective recensant les équipements les plus performants

EXTERNALITES POSITIVES

- Limitation de l'impact environnemental du renouvellement des équipements

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Cette action est à mettre en place sur la durée, et doit être appliquée dès qu'un renouvellement d'équipement est prévu, dans une perspective de réduction de consommation d'énergie continue.



CHIFFRES CLES

Consommations



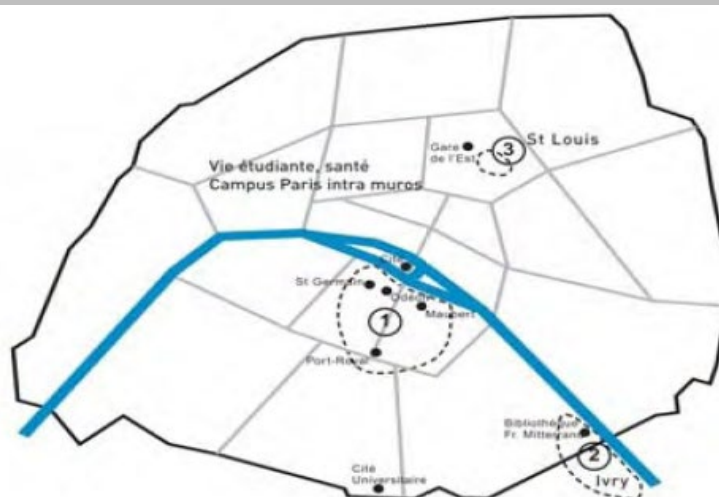
Spécifique

Coûts



Spécifique

ILLUSTRATIONS



PRES UNIVERSITE PARIS CITE

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à mettre en place une démarche de mutualisation des espaces et des équipements. Pour une quantité de services rendus, la surface utilisée et la quantité d'équipements sont réduits, ce qui se traduit directement par des économies d'énergies et une réduction des coûts d'investissement dans les équipements.

Par exemple, le projet « Paris Université Cité » lancé en 2010 avait pour objectif d'articuler un programme de formation et de recherche commun à plusieurs établissements d'enseignement supérieur et de recherche, une conception intégrée de la vie et des parcours des étudiants et enseignants. Le but était de construire au centre de Paris un tel campus universitaire animé par un Pôle de Recherche et d'Enseignement Supérieur (PRES) répondant à ces objectifs. 5 établissements se sont associés : les universités Paris Descartes et Paris Diderot, Sciences Po, l'Institut des langues et Civilisations Orientales (INALCO) et l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP). Le projet avait pour objectif d'avancer le plus loin possible sur la voie de la mutualisation avec des projets concrets et ainsi constituer un pôle universitaire structurant et ouvert.

Mutualisation des missions de support et des services

Les supports des activités de formation et de recherche, les aspects de la vie étudiante, les systèmes d'information seront mutualisés au niveau du PRES.

- Mutualisation des politiques d'achats afin d'obtenir les meilleurs contrats
- Partenariat avec les entreprises et la levée de fonds
- Gestion mutualisée du planning de certains espaces communs

Projets pédagogiques et scientifiques du PRES universitaire PARIS CITE

- Projet de mutualisation laboratoire en biologie-médecine
- Projet de campus parisien des sciences pharmaceutiques : institut du médicament toxicologie chimie environnement
- Projets de formations communes : mutualisation accrue des enseignements
- Favoriser l'essor de l'enseignement à distance (EAD) autour de plateformes d'enseignements et de en-cours communs

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'espace utilisé pour un usage équivalent • Réduction globale des consommations d'énergie • Développement de synergies et collaborations • Limitation des déplacements – optimisation fonctionnelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre complexe • Réticences des utilisateurs au changement d'organisation • Augmentation de la pression sur les locaux

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

- Pole structurant et ouvert d'envergure mondiale
- Projet fondé sur une réelle logique de territoire avec l'amélioration des infrastructures et des services existants dans un esprit de mutualisation et de meilleure coordination.
- Innovation : mise en commun de ressources en matière de recherche et de formation afin d'initier des projets moteurs de recherche et de formation
- Susciter et initier des rapprochements nouveaux dans une dynamique de création de formations communes
- Amélioration de la qualité de vie et d'étude de étudiants

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Un retour d'expérience de mutualisation d'espaces en milieu hospitalier a permis d'identifier certains éléments clés de mise en œuvre.

Lors des phases de conception, il est nécessaire d'étudier avec précision l'état existant afin d'identifier les potentialités d'évolution ou d'optimisation:

- Dans le cas des hôpitaux, le regroupement de deux établissements sur un site permettait de rassembler des compétences complémentaires, augmentant la qualité des soins, tout en évitant le déplacement des médecins d'un site à un autre lorsque leurs compétences étaient requises ;
- L'étude approfondie des déplacements sur site (personnels, médecins, patients « permanents », patients temporaires) a permis de choisir l'emplacement optimal des équipements médicaux, dans un bâtiment central accessible aisément depuis le bâtiment accueillant les patients (ouvert sur la rue), et depuis les bâtiments en retrait de la rue où séjournent les patients. Le site se prêtait particulièrement bien à une optimisation structurelle de ce type, mais c'est bien l'étude des déplacements et le retour d'expérience des occupants qui ont permis d'imaginer cette solution de restructuration.

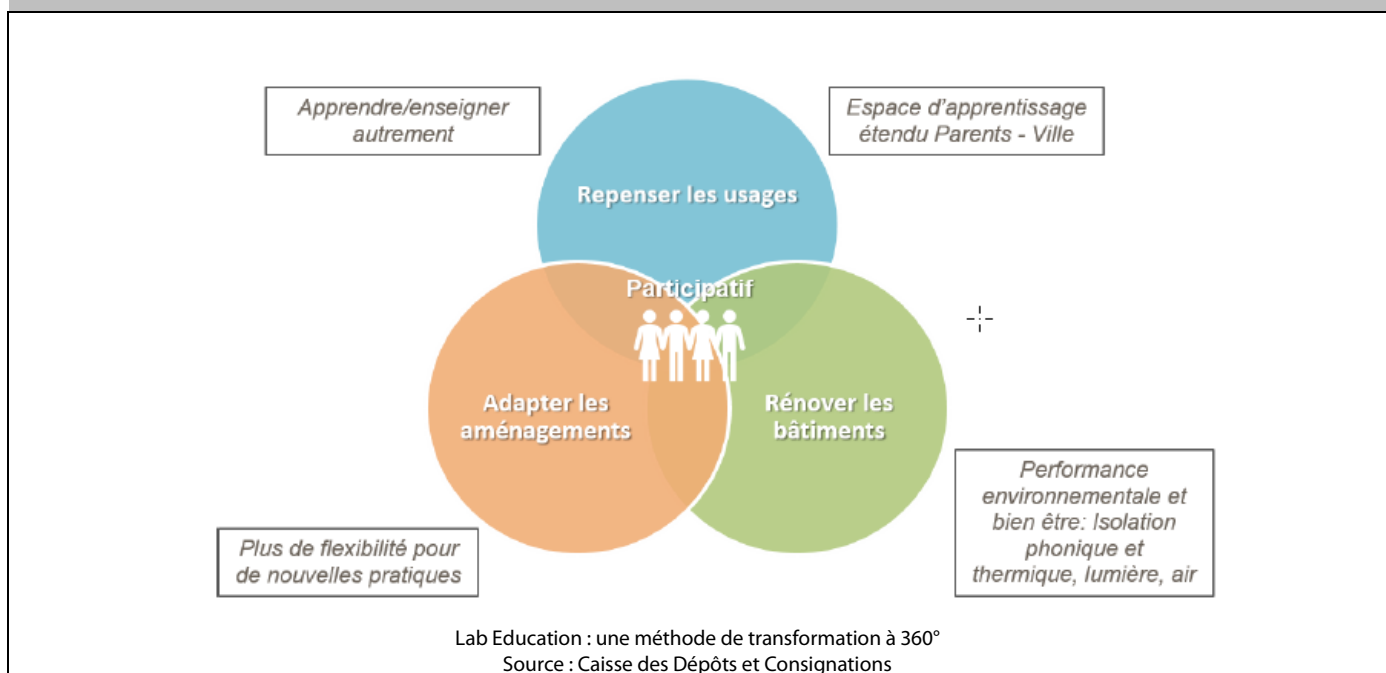
En toute phase du projet, les différents types d'usagers doivent être impliqués et informés, éventuellement par le biais de représentants afin de garder un nombre restreint de participants aux réunions. Il est apparu lors du projet de regroupement hospitalier que certaines demandes étaient soumises trop tôt dans le projet, ce qui pouvait ralentir l'avancement de celui-ci. La priorisation et la planification du traitement des demandes par le coordinateur du projet ont permis de garantir l'avancement du projet dans les délais tout en intégrant l'ensemble des problématiques perçues.



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>Spécifique</p>	 <p>Spécifique</p>

ILLUSTRATIONS



DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à repenser l'organisation des espaces d'enseignement pour les rendre modulables, évolutifs et fonctionnels. L'organisation actuelle des lieux d'apprentissage ne répond pas toujours aux besoins et usages d'aujourd'hui. Dans le cadre d'une rénovation de grande ampleur, une réorganisation de l'espace éducatif centrée sur l'utilisateur et adaptée à la part grandissante des usages du numérique permettrait d'améliorer les conditions d'apprentissage.

Une expérimentation a été lancée par la Caisse des Dépôts et Consignations en 2016 sur la transformation des espaces d'enseignement dans les écoles (Projet *Lab Education*). La réflexion s'est structurée autour de 5 thèmes :

- Accompagner l'autonomie
- Espace déclassé
- Décloisonner les savoirs
- Laisser place au vivant
- Créer de la porosité

La conclusion de l'expérimentation met en avant la nécessité d'adopter une démarche itérative mettant à contribution l'ensemble des types d'acteurs concernés (co-construction). Cette action peut donc faire l'objet d'un projet scolaire afin que les étudiants s'approprient la problématique et prennent part au débat.

En cas d'ouverture des espaces d'enseignement à des tiers extérieurs (cf fiche #20), les usages possibles sont multipliés et doivent être intégrés au processus de réorganisation.

En rationalisant l'espace, la quantité de services rendus ramenée au m² sera plus élevée qu'initialement, ce qui se traduit par une augmentation de la valeur du bâtiment et une diminution du coût global de fonctionnement des universités.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Adaptation des espaces aux usages et rationalisation de l'espace • Augmentation du potentiel d'évolution • Implication des étudiants • Augmentation de l'attractivité 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite un engagement important des acteurs • Processus expérimental – cadre à définir

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Gain de confort par l'amélioration de la fonctionnalité

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
<ul style="list-style-type: none"> • Démarche innovante • Processus ouvert et favorisant l'innovation

EXTERNALITES POSITIVES
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<ul style="list-style-type: none"> • Projet à mener en co-construction avec les utilisateurs (étudiants, professeurs et membres du personnel)



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 ∅ CONSOS D'ENERGIE  Variable EMISSIONS DE CO ₂ EVITEES	 Variable COUT

ILLUSTRATIONS



Principe de l'enseignement à distance

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à développer le télétravail et l'enseignement à distance au sein des universités. Les bénéfices des dispositifs hybrides d'enseignements sont nombreux aussi bien sur l'efficacité qu'en termes économiques, à la fois pour l'étudiant et pour l'institution éducative. Ces dispositifs renforcent l'autonomie de l'étudiant, sa maîtrise du parcours d'apprentissage puisqu'il a la possibilité de moduler le temps qu'il consacre aux différents points. Ces nouveaux dispositifs d'enseignement encouragent également le travail collaboratif et la communication entre les étudiants et les enseignants. En termes économiques, l'enseignement à distance permet une pression moindre sur les locaux d'enseignement (espaces et consommations d'énergie) et des amphithéâtres moins chargés. Il permet également un suivi plus simple des présences des étudiants et des frais moins importants pour l'université. L'étudiant, pour sa part, apprécie de moins se déplacer ce qui lui permet de réaliser un gain de temps et d'argent, de mieux concilier ses temps d'étude, de travail et personnel.

Pour assurer une formation à distance de qualité, il faut parvenir à engager l'étudiant et à l'accompagner dans sa formation. Il faut pour cela mettre en place une nouvelle organisation du travail. Cela passe par de nouveaux outils tels que les forums, les foires à question, et la mise à disposition des documents en ligne, etc.

ATOUTS

- Efficacité d'apprentissage
- Réduction des consommations d'énergie liées à la mobilité
- Réduction des émissions de GES et de la pollution de l'air liées à la mobilité
- Absorption de la hausse du nombre d'étudiants

CONTRAINTES

- Mise en place d'une nouvelle organisation du travail

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort d'usage

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Développement de processus pédagogiques innovants

EXTERNALITES POSITIVES

- Possibilité de partage de contenus d'enseignements entre les différentes universités

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

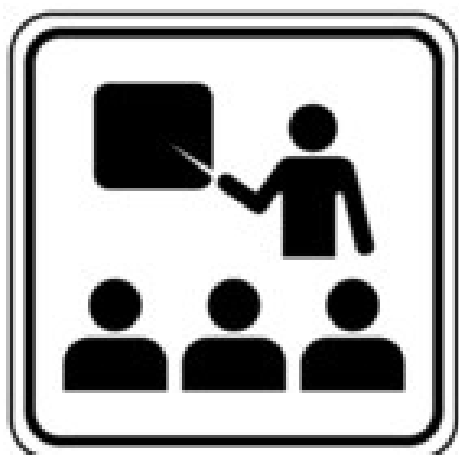
/



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>Spécifique</p>	 <p>Spécifique</p>

ILLUSTRATIONS



DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à densifier l'utilisation du bâtiment en proposant un service de location ou de partage des espaces universitaires à des tiers extérieurs.

L'ouverture des espaces permet des bénéfices, financiers ou non, tels que :

- La réduction des coûts énergétiques pour une quantité de service donné (via l'utilisation des locaux lors des périodes d'inoccupation)
- La participation au financement et à la maintenance des espaces ou équipements par la perception d'un loyer en cas de location
- La mise en place de synergies par la collaboration des étudiants avec des tiers extérieurs
- Le développement de nouveaux usages, liés à la mixité des publics
- La création de lien social

L'ouverture des espaces doit cependant s'accompagner d'un cadre strict permettant aux étudiants de profiter pleinement des espaces qui leurs sont dédiés et assurer leur sécurité à tout moment.

Le couplage de cette action avec la modification des gabarits des espaces d'enseignement (cf fiche #18) permettrait d'intégrer au mieux les nouveaux usages permis par l'ouverture à des tiers.

ATOUTS

- Rationalisation de l'espace
- Mutualisation des coûts d'exploitation, de maintenance ou d'investissement
- Image positive du campus

CONTRAINTES

- Locaux souvent sous pression
- Risques de dégradation

IMPACTS CONFORT

- Possibilité d'une meilleure maintenance ou montée en gamme des équipements grâce à la mutualisation des coûts

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

- Amélioration de l'intégration de l'université dans la ville
- Accessibilité aux équipements (sportifs par exemple)

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE



CHIFFRES CLES

Consommations



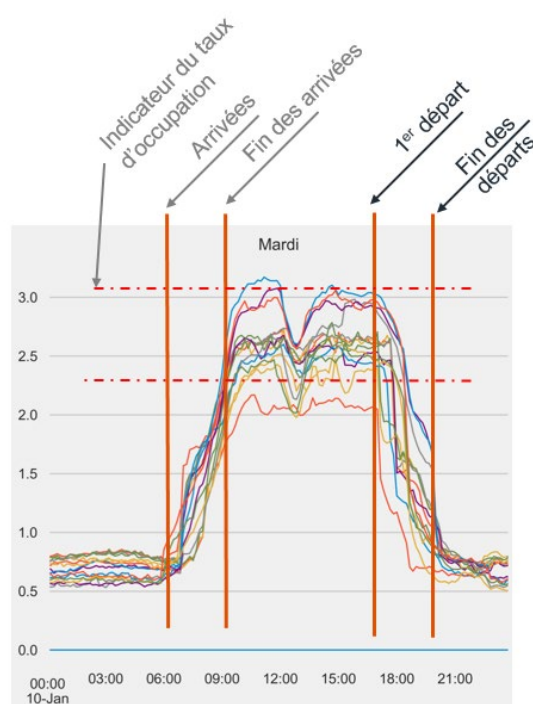
Gains générés par des actions complémentaires (fiches #16,17,18,19,20,25)

Coûts



Variable

ILLUSTRATIONS



Exemple d'analyse de suivi affiné des taux d'occupations pour le siège d'Egis à Montreuil (Source : Egis Conseil)

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste en la mise en place d'une campagne de suivi des taux d'occupation. Concrètement, elle doit permettre d'établir une estimation du nombre d'occupants dans une ou plusieurs zones données au cours du temps. Les étapes de mise en œuvre sont :

- La définition du périmètre et des objectifs de la campagne de mesure
- La mise en place d'indicateurs pertinents pour l'étude
- Le choix du mode de mesure (comptage manuel, sonde CO₂, courbe de charge des ordinateurs, capteur optique, etc.) et de collecte des données
- La pose des capteurs et leur étalonnage le cas échéant
- Le relevé et l'étude des données collectées

Le suivi affiné des taux d'occupation réels constitue une phase préalable à la mise en place d'actions permettant d'optimiser le pilotage des installations (cf fiche #25 : adaptation des réglages des équipements à l'occupation) ou la gestion des espaces (cf fiches #16, #17, #18, #19, #20 : mutualisation des espaces, modification des gabarits d'enseignement, développement de l'enseignement à distance, location/partage d'espaces à des tiers). Afin d'obtenir des données exploitables, les phases de préparation de la campagne sont essentielles.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Meilleure connaissance de l'utilisation du bâtiment • Possibilité d'affiner le pilotage • Possibilité de densifier l'utilisation des espaces 	<ul style="list-style-type: none"> • Choix d'une méthode de comptage adaptée et fiable • Réticences quant à l'utilisation des données

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort thermique en fonction de l'utilisation (ajustement des plages de consigne de réduit ou des débits de ventilation)






INNOVATION / INDUSTRIALISATION
<ul style="list-style-type: none"> • Méthode de mesure à mettre en place

EXTERNALITES POSITIVES
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
/

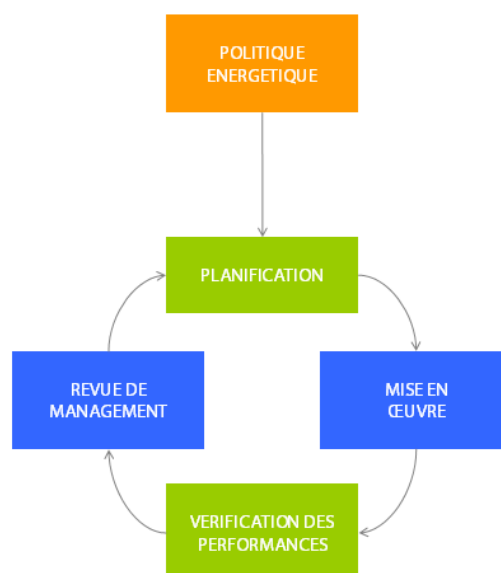


CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 -15%* CONSOS DE CHALEUR	 20 k€TTC Certification
 -15%* CONSOS DE FROID	 1 400 k€TTC* Plan d'actions énergétiques liés à la certification
 -15%* CONSOS D'ELECTRICITE	

* D'après REX Université Haute Alsace

ILLUSTRATIONS



Principe de fonctionnement de la norme ISO 50 001 (Source : EGIS Conseil Bâtiment)

DESCRIPTION DE L'ACTION

La norme ISO 50 0001 propose un cadre précis pour mettre en place un système de management de l'énergie (SME) opérationnel et pérenne. C'est une approche concrète pour maîtriser ses consommations d'énergie et améliorer de façon continue sa performance énergétique. Elle permet de faire un meilleur usage de l'énergie.

5 leviers d'actions :

- Réglementation : veille réglementaire et évaluation de conformité
- Management des ressources humaines : gestion des compétences, amélioration des comportements et implication du personnel dans une démarche de développement durable.
- Maintenance des installations
- Conception : choix de nouveaux équipements de production plus performants, veille technologique
- Achat : Intégration de la performance énergétique dans la politique d'achats

La mise en place d'un Système de Management de l'Energie appuyé sur une démarche ISO 50 001 permet de structurer, de déployer et de fiabiliser la démarche d'amélioration continue initiée dans un couplage entre solutions techniques et mesures organisationnelles.

Les étapes clés de la mise en place d'un Système de Management de l'Energie, conforme à la norme ISO 50001 sont les suivantes :

Etape	Tâches
0. Diagnostic énergétique	<ul style="list-style-type: none"> Identifier les postes significatifs de consommations et les gisements d'économie d'énergie.
1. Politique énergétique	<ul style="list-style-type: none"> Mobilisation des acteurs clefs Définition du domaine et du périmètre d'action Elaboration d'une politique énergétique.
2. Planification énergétique	<ul style="list-style-type: none"> Définition du plan d'amélioration continue Définition d'un plan d'action qui comprend des objectifs et indicateurs de performance.
3. Mise en œuvre et fonctionnement	<ul style="list-style-type: none"> Déploiement et animation des éléments planifiés Implication, sensibilisation et formation des acteurs Maîtrise des achats en lien avec la performance énergétique
4. Vérification, surveillance, mesure, analyse	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place d'une solution de surveillance des consommations Redevance logiciel Suivi des consommations Propositions d'actions correctives/préventives
5. Revue énergétique	
6. Revue de management	
7. Certification	<ul style="list-style-type: none"> Préparation, documentation et audit blanc Audit ISO 50 001

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> Amélioration la performance énergétique Amélioration de la gouvernance énergétique Réduction de la facture énergétique 	<ul style="list-style-type: none"> Mise en œuvre d'un dispositif de suivi et de management adéquat

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort thermique grâce au suivi

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Généralisation du cadre méthodologique après validation d'un pilote

EXTERNALITES POSITIVES

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE






Montage opérationnel / Conditions de suivi et de réplcation

Cout : La mise en place de la norme repose avant tout sur un suivi des performances énergétique et sur un suivi des consommations de fluides. L'installation de comptage sur les bâtiments identifiés dans le périmètre fait partie d'un chiffrage qui, indépendamment de la norme ISO 50 001, doit être pris en compte. Le budget lié aux frais de certification est compris entre 15 000 et 20 000 €HT pour le cycle de certification à savoir :

- Audit d'évaluation préalable
- Visite de certification
- Audit de suivi annuel



CHIFFRES CLES

Impact	Coûts
 <p>Ø CONSOS DE CHALEUR</p>	 <p>10 jours de travail Energy Manager</p>
 <p>Ø CONSOS DE FROID</p>	 <p>-20 %* Sur la facture d'énergie</p>
 <p>Ø CONSOS D'ELECTRICITE</p>	

* D'après REX Université de Nanterre

ILLUSTRATIONS

DESCRIPTION DE L'ACTION

Depuis l'ouverture des marchés de l'énergie au sein de l'Union Européenne et notamment la disparition des tarifs réglementés de l'électricité (loi n° 2010-1488 du 7 décembre 2010, dite loi NOME) et du gaz (loi n°2014-344 du 17 mars 2014), les universités – entres autres – doivent souscrire à une offre dite de marché. Les fournisseurs fixent leurs prix par l'établissement de devis pour les moyens et gros professionnels, ce qui ouvre la possibilité de renégocier les contrats de fourniture d'énergie.

Afin de limiter les coûts d'approvisionnement en énergie, il est important de renégocier les contrats de type P1 après :

- Étude des besoins de puissance afin de souscrire à une offre adaptée à l'usage réel de l'énergie
- Recensement des options d'utilisation à conserver ou résilier

Par ailleurs, la mutualisation des achats à l'échelle d'un territoire pourrait générer des économies supplémentaires. Afin d'obtenir le meilleur contrat auprès de fournisseurs d'énergie de plus en plus nombreux, il peut être pertinent de faire appel à une société spécialisée. En cas de mutualisation des contrats d'acheminements d'énergie pour plusieurs universités, l'internalisation de ce service est envisageable.

Les économies générées par la mutualisation peuvent motiver la souscription à une offre « verte », éventuellement locale, afin de réduire l'impact environnemental de la consommation d'énergie.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des coûts énergétiques • Adaptation des contrats aux besoins • Réduction de l'impact environnemental en cas de souscription à une offre « verte » et/ou « locale » 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexité des négociations : expertise nécessaire en interne ou sollicitation d'un agent externe

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Possibilité d'internalisation du service de négociation des contrats, à travers une cellule dédiée (composée d'un Energy Manager)
- Participation à l'émergence de modes de production alternatifs (biogaz, électricité d'origine renouvelable) par le choix du fournisseur d'énergie

EXTERNALITES POSITIVES

- Soutien à l'économie locale en cas de souscription à un fournisseur d'« électricité locale »

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Nécessité d'une expertise en achat d'énergie, interne ou externe.

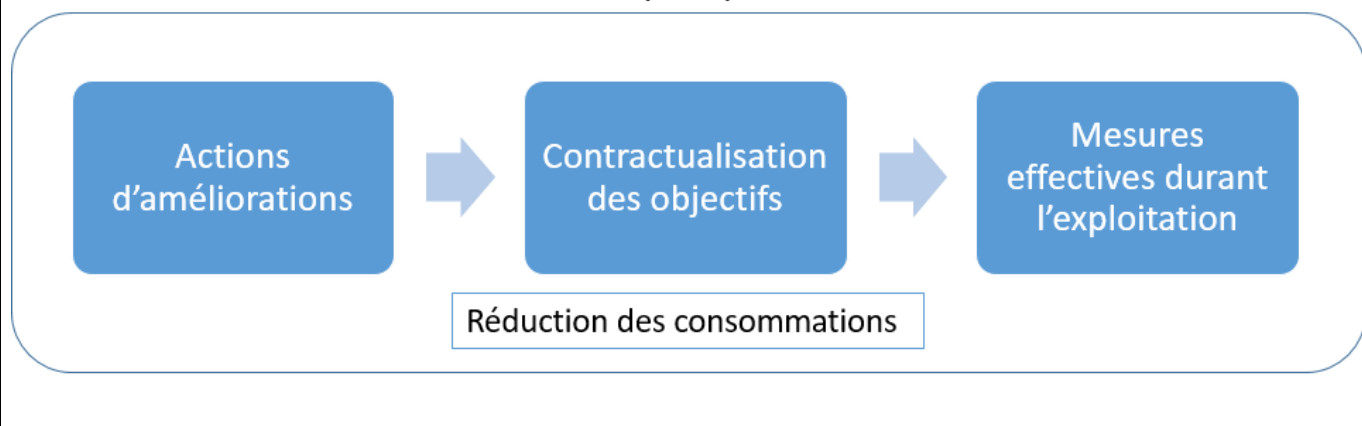


CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>-15% CONSOS D'ENERGIE</p>	 <p>Variable</p>
	 <p>Variable</p>

ILLUSTRATIONS

Contrat de Performance Energétique (CPE)



DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à renégocier les contrats d'exploitation-maintenance (type P2 et P3) auprès des sociétés concernées. Dans le cadre d'une rénovation du bâtiment ou des équipements, les besoins d'exploitation ou de maintenance sont susceptibles d'évoluer sensiblement (automatisation des réglages, accès à une plateforme centralisée, etc), ce qui peut justifier une révision des coûts.

En fin de contrat d'exploitation-maintenance, la mise en place d'un CPE (Contrat de Performance Énergétique) est à envisager. Par définition, ce contrat conclu entre un pouvoir adjudicateur et l'exploitant (souvent une « société de service d'efficacité énergétique ») vise la diminution des consommations énergétiques par rapport à une situation de référence contractualisée.

Un CPE implique un investissement matériel et immatériel dans des travaux, fournitures ou services pour améliorer les performances énergétiques du bâtiment. L'entreprise retenue s'appuie sur ces actions pour « garantir » un niveau de performances contractualisé.

Durant l'exploitation, la mesure effective des performances du bâtiment permet de vérifier que les objectifs sont atteints : en cas de non-atteinte, des pénalités sont réclamées à l'entreprise ; en cas de dépassement des objectifs, un intéressement peut être mis en place. La mesure des performances donne également la possibilité d'ajuster le niveau des objectifs ou d'entreprendre d'autres actions d'amélioration.

Dans le cadre de cette action, on parle de CPE « Fournitures et Services ». Ce type de CPE intègre un investissement faible, qui peut s'autofinancer par les économies générées. Les investissements portent sur la gestion énergétique de l'immeuble (gestion centralisée, dispositifs de régulation et réglages associés, pose de capteurs) ou sur les équipements de production,

distribution et consommation d'énergie (chaudières, pompes, dispositifs d'équilibrage). La fourniture des équipements est alors assurée par l'entreprise en charge de l'exploitation et la maintenance.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none">• Réduction des consommations d'énergies• Optimisation de la maintenance et réduction des coûts	<ul style="list-style-type: none">• Nécessite une expertise technique, juridique et financière

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort thermique

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Pour les Universités, un CPE peut être conclu sous la forme :

- D'un contrat de partenariat de performance énergétique (« CPPE ») soumis à l'ordonnance n°2004-559 du 17 juin sur les contrats de partenariats
- D'un marché public de performance énergétique (« MPPE ») en application du Code des marchés publics

Afin d'assurer la mise en place d'un CPE adapté, il est souvent nécessaire de mettre en place par un marché unique ou des marchés séparés :

- Une mission d'études préalables (diagnostics thermiques, techniques, études de faisabilité, etc.)
- Une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la conception, le lancement, la conduite et le suivi du CPE



CHIFFRES CLES

Consommations



-10%
CONSOS DE CHALEUR



Ø
CONSOS DE FROID



-10%
CONSOS D'ELECTRICITE

Coûts



10 jours de travail
Pour Energy Manager

ILLUSTRATIONS

Salle	Places	Cours	Formations	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h
A1	38	2	M2CGAOApp IAE Interne	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A2	30	2	M1 MPC	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A20	15	1	DISTRISUP	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A3	30	2	M1RH	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A4	38	2	M2 RH	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A5	38	1	M2 RH	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
A8	12	2	METO M FIN	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Exemple de planning d'occupation des salles sur une journée (Source : Université Paris 1)

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à ajuster les réglages des équipements qui consomment de l'énergie pour limiter leur utilisation lorsque les locaux ne sont pas occupés.

Les étapes de mise en œuvre sont les suivantes :

- Découpage du bâtiment par zones d'usage (amphithéâtre, salle de TD, laboratoires de recherches, cafétéria, etc.)
- Collecte des horaires d'occupation pour chacune des zones (ou mise en place d'un suivi des taux d'occupation réels, cf fiche #21)
- Confrontation des données collectées aux réglages des équipements
- Définition de réglages optimisés pour les différents équipements : horaires de réduit pour la température de consigne et la ventilation, horaires d'extinction automatique des postes informatiques ou des équipements d'éclairage, etc.
- Mise en œuvre de ces réglages par l'exploitant ou le gestionnaire technique du bâtiment

Après une période de test, il sera nécessaire d'affiner les réglages horaires du réduit en fonction du ressenti des occupants (relance matinale à assurer plus tôt et possibilité de lancer le réduit plus tôt selon l'inertie du bâtiment).

Cette action peut amener à des économies de consommation variables selon le degré d'optimisation du pilotage horaire.

ATOUS

- Réduction des consommations de chaleur et d'électricité
- Adaptation de la consommation aux besoins

CONTRAINTES

- Phase expérimentale qui peut nuire au confort
- Nécessité d'adapter les réglages en cas d'utilisation horaire élargie

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort thermique

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Possibilité de lier les plannings d'occupations à la gestion des températures de consignes

EXTERNALITES POSITIVES

/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Nécessite une phase de diagnostic/audit, pouvant être réalisé en interne ou par une mission d'expertise externe dédiée
- Les réglages sont ensuite à réaliser par la société de maintenance, et un suivi doit être effectué pour vérifier l'adéquation par rapport à l'audit



CHIFFRES CLES

Consommations



10%
CONSOS D'ENERGIE

Coûts



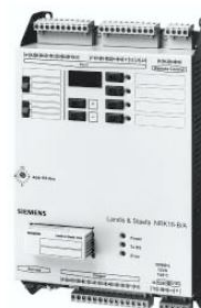
15 €TTC/m2
COUT

ILLUSTRATIONS



Logiciel de supervision

(Source : PCVue)



Automate

(Source : NRK16 - Siemens)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Le système de GTC à mettre en œuvre s'articulera autour d'un système de supervision dont le but est de contrôler et de rapatrier l'ensemble des informations des différents équipements techniques tels que :

- Chauffage, Ventilation, Climatisation,
- Electricité Courants Forts et Courants faibles,
- Plomberie.

Il aura pour objectif de :

- Garantir le caractère opérationnel du site et de chaque équipement terminal adressé en veillant au confort des occupants
- Suivre en temps réel le fonctionnement de certaines installations
- Offrir aux équipes d'exploitation un outil efficace et ergonomique leur permettant d'assurer au mieux leurs missions en facilitant les interventions depuis les écrans informatiques de supervision
- Offrir tous les outils et utilitaires nécessaires à la réalisation de modifications sur le système, présentant des qualités d'ergonomie et d'évolutivité adaptées.

Les fonctionnalités suivantes seront mises en œuvre :

- Reprise, centralisation et exploitation des informations sur le fonctionnement des installations techniques
- Suivi en temps réel des consommations et des paramètres de confort hygrothermique
- Pilotage de certains équipements techniques
- Programmation horaire des équipements techniques
- Détection de défauts et alerte des services de maintenance

Différents niveaux de suivi d'un bâtiment (CETE Méditerranée)

	1 ^{ER} NIVEAU	2 ^{EME} NIVEAU	3 ^{EME} NIVEAU
	Suivi des consommations	Suivi thermique global	Suivi analytique
Objectifs	Identifier les consommations par usage de l'énergie et par partie de bâtiment et repérer les dérives par rapport à une consommation de base ⁽¹⁾	Niveau 1 + Identifier les besoins thermiques réels et l'efficacité moyenne des systèmes et leur évolution dans le temps	Niveau 2 + Identifier les causes des dérives des consommations par le suivi du fonctionnement réel des systèmes énergétiques et du comportement des usagers ⁽³⁾
Mesures	S/compteurs	Niveau 1 + compteurs thermiques + capteurs autonomes (intégration horaire) ⁽²⁾	Niveau 2 + capteurs des états des systèmes (températures, marche, pression, ...) + gestion des automates
Pas de temps des mesures	Année/mois	Semaine/jour	Heure/minute
Outillage de suivi	Tableau de bord (analyse par ratio)	Tableau de bord	GTB (ou suivi externe par télérelevé des points de mesure)
Coûts ⁽⁴⁾	Environ 3€/m ²	Environ 5 €/m ²	Environ 15 €/m ² ⁽⁵⁾

Fonctionnalités spécifiques

POSTES	FONCTIONNALITES
Chauffage	Chaudières gaz : Régulation de la température de sortie de la chaudière en fonction des besoins Circuits eau chaude : Régulation du débit des pompes de distribution en fonction des besoins Bureaux : régulation locale par pièce au moyen de vannes thermostatiques et communication avec la GTB.
Ventilation	Amphithéâtres : Régulation du débit d'air en fonction des besoins CTA : régulation automatique du débit en fonction des besoins de tous les consommateurs raccordés VMC : Régulation par programmation horaire.
Eclairage	Locaux à occupation prolongée : Interrupteur manuel M/A + régulation par programmation horaire. Locaux à occupation intermittente : Commande automatique par détection de présence. Grandes salles de lecture et consultation : Régulation avec capteur de luminosité + régulation par programmation horaire.

Stratégie de suivi énergétique

POSTES	EQUIPEMENTS A PREVOIR
Chauffage	1 compteur de calories par sous-station secondaire / chaufferie 1 capteur T°ext pour le suivi des besoins thermiques 1 capteur T°int par local témoin
Ventilation	1 mesure du temps de fonctionnement par CTA
Eclairage	1 compteur d'énergie électrique par départ sur TD si distinct.
ECS	1 compteur de calories/d'énergie électrique pour les usages très consommateurs (gymnases/ cuisines).
Froid	1 compteur d'énergie électrique au niveau de l'alimentation du groupe froid. 1 compteur de calories pour chaque réseau froid.
Electricité globale	1 compteur d'énergie électrique par TGBT
Eau	1 compteur d'eau par bâtiment

Un plan de comptage à plusieurs niveaux doit être établi pour un suivi fin des consommations par zone, usage, poste.

Pour les usages ou activités ayant été identifiées comme « énergivores » : data center, production de froid, process de laboratoire, informatique, des compteurs mobiles pourront être installés temporairement sur une période suffisamment longue et représentative. Les données collectées permettront de déceler des leviers d'action pour la réduction des consommations d'énergie. Par exemple : réduire les durées d'utilisation en période nocturne, activer des modes de veille, vérifier la cohérence des moyens de production et des besoins.

ATOÛTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Centralisation des informations au sein d'un seul outil • Interopérabilité • Mise en œuvre d'un système ouvert, programmable et évolutif. • Réduction des consommations d'énergie • Réduction des coûts de maintenance (détection des pannes facilitée, maintenance ciblée) 	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacement d'équipements existants et fonctionnels • Complexité de programmation des automates.

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort d'hiver
- Amélioration du confort d'été

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

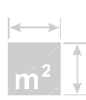
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Le coût de cette action peut varier significativement d'un bâtiment à l'autre et selon les objectifs visés.

À titre d'exemple, pour un bâtiment de 1700 m², le coût d'investissement estimé à 25 000 € comprend :

- 1 compteur de calorie
- 1 compteur d'eau communiquant
- 1 compteur électrique
- 6 automates
- Capteurs divers
- Centrale météo
- Programmation de points GTB



CHIFFRES CLES

Consommations



Variable
CONSOS D'ENERGIE

Coûts



500 k€ - 5M€ travaux
MONTANT PRET

ILLUSTRATIONS

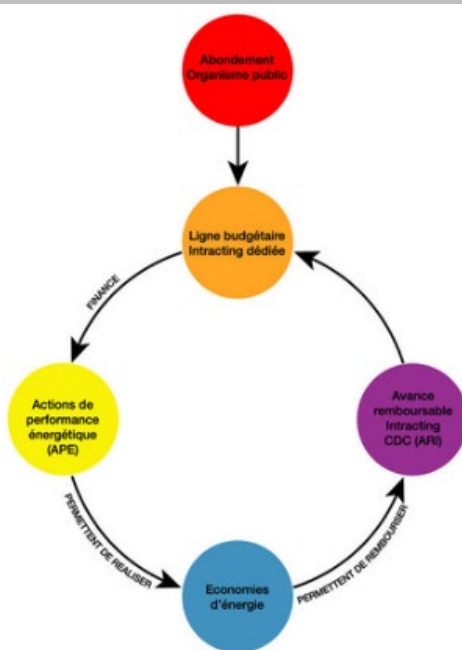


Schéma de principe Intracting
Source : Caisse des Dépôts

DESCRIPTION DE L'ACTION

La convention Intracting ou convention de performance interne est un outil de financement innovant utilisé pour la mise en place de mesures d'efficacité énergétique. Ce dispositif finance des actions de performance énergétique portant sur les équipements qui engendrent des économies d'énergie. Il repose sur l'idée d'un cercle vertueux : les économies générées par le financement d'actions de performance énergétique à petite et moyenne échelle sont réinjectées dans de nouveaux projets.

Le dispositif comporte un volet méthodologique qui permet de mobiliser autour du projet tous les participants concernés. Le pilotage est assuré par un « économe de flux ». L'intracting vise les travaux portant essentiellement sur des équipements (chauffage, production d'eau chaude, ventilation, éclairage ou régulation, ...) et qui génèrent des économies d'énergie avec un temps de retour inférieur à 10 ans. Dans un second temps, les économies servent à préparer des rénovations plus lourdes des bâtiments.

C'est un outil de financement simple qui nécessite la mise en place d'un outil de comptabilité analytique où les flux se reportent sur une ligne budgétaire intracting dédiée. Cette dernière est initialement alimentée par des dotations qui financent les investissements. Elle est renouvelée par les économies d'énergie réalisées chaque année. À terme, celles-ci couvrent l'intégralité des remboursements, ce qui constitue pour la collectivité une charge « neutre » dans son budget. Les montants types de l'intracting vont de 500 k€ à 5 M€ de travaux.

La mise en œuvre du dispositif intracting permet d'engager les différents acteurs dans la maîtrise de la transition écologique et énergétique et les prépare à des opérations de plus grande ampleur.

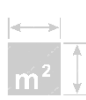
ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Economies d'énergie significatives • Mobilisation des acteurs • Préparation à des actions d'économies d'énergie de plus grande ampleur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Accès au financement initial

IMPACTS CONFORT
/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
<ul style="list-style-type: none"> • Mode de financement innovant

EXTERNALITES POSITIVES
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
/



CHIFFRES CLES

Consommations

	<p>-5% CONSOS D'ENERGIE</p>
---	--

Coûts

	<p>3500 €TTC/unité</p>
	<p>1jour/semaine Energy Manager</p>

ILLUSTRATIONS



Compteur communicant électricité Linky par ENEDIS



Compteur communicant Gaz Gazpar par GRDF

DESCRIPTION DE L'ACTION

La supervision et le suivi des consommations est le premier maillon d'un système de pilotage dynamique performant de l'énergie. Comprendre et maîtriser ses consommations permet une réduction des consommations d'énergie. L'action consiste ainsi à installer des systèmes de comptage et de sous-comptage lorsqu'ils ne sont pas déjà en place ou de remplacer les compteurs existants afin de les mettre aux normes ou de rendre plus performante la chaîne de comptage.

Un compteur communicant est un compteur d'énergie qui dispose d'une technologies dite AMR (Automated Meter Reading) qui mesure de manière détaillée, précise et en temps réel une consommation d'énergie. La transmission des données de consommation d'énergie s'effectue par ondes radio ou par courants porteurs en ligne (CPL) au gestionnaire du réseau de distribution chargé du comptage. Un compteur communicant permet de centraliser, consulter et mettre en forme les données de consommation électriques et de chaleur. Ils permettent ainsi de repérer des gaspillages d'énergie, des pertes en lignes ou les postes de consommation énergétique les plus énergivores.

	1 ^{ER} NIVEAU	2 ^{EME} NIVEAU	3 ^{EME} NIVEAU
	Suivi des consommations	Suivi thermique global	Suivi analytique
Objectifs	Identifier les consommations par usage de l'énergie et par partie de bâtiment et repérer les dérives par rapport à une consommation de base ⁽¹⁾	Niveau 1 + Identifier les besoins thermiques réels et l'efficacité moyenne des systèmes et leur évolution dans le temps	Niveau 2 + Identifier les causes des dérives des consommations par le suivi du fonctionnement réel des systèmes énergétiques et du comportement des usagers ⁽³⁾
Mesures	S/compteurs	Niveau 1 + compteurs thermiques + capteurs autonomes (intégration horaire) ⁽²⁾	Niveau 2 + capteurs des états des systèmes (températures, marche, pression, ...) + gestion des automates
Pas de temps des mesures	Année/mois	Semaine/jour	Heure/minute
Outillage de suivi	Tableau de bord (analyse par ratio)	Tableau de bord	GTB (ou suivi externe par télérelevé des points de mesure)
Coûts ⁽⁴⁾	Environ 3€/m²	Environ 5 €/m²	Environ 15 €/m² ⁽⁵⁾

Niveaux de supervision des consommations des bâtiments

(Source : CETE Méditerranée)

Un pilotage de qualité influe sur :

- La diminution des consommations d'énergie et d'eau

- La durée de vie des équipements
- Le coût des prestations (ajustement tarifaire des contrats de fourniture d'énergies...)
- Les habitudes des occupants
- La quantité de polluants émis

Le pilotage de ses consommations permet également de connaître l'impact des autres actions engagées et d'avoir une meilleure réactivité en cas de dérive de consommation.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Supervision et maîtrise fine des consommations • Mise en œuvre de technologies ouvertes et évolutives. • Réduction des consommations d'énergie 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour certains bâtiments, besoin de remplacement d'équipements existants et fonctionnels, mais de technologie propriétaire / fermée.

IMPACTS CONFORT

- Améliore le confort d'été et le confort d'hiver

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

- Faible impact environnemental

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Montage opérationnel / Conditions de suivi et de réplication

En termes de coûts, sont considérées les hypothèses suivantes (coût des équipements seuls) :

Type de compteur communicant	Prix [en €/unité]
Compteur thermique de sous-station	8000 €/U
Compteur thermique	3000 €/U
Compteur électrique	1500 €/U
Compteur d'eau	1500 €/U

Ces prix comprennent les raccordements, les compteurs, sondes, ainsi que les reprises et calorifugeages associés, pour les compteurs thermiques ; le câblage, la modification du tableau électrique, le convertisseur, l'interface de communication vers l'automate pour les compteurs électriques ; les vannes, clapets pour les compteurs d'eau.

Le coût moyen retenu (fourniture et pose) est de 3500 €TTC/U.



CHIFFRES CLES

Consommations



-15%
CONSOS D'ENERGIE

Coûts



60 k€/an
COUT avec les charges

ILLUSTRATIONS



Energy manager – Référent énergie (Source : Actu-environnement)

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'Energy Manager a pour rôle d'optimiser les quantités d'énergie consommées sur un site tout en maintenant le niveau de service et le confort des occupants. Il est chargé de suivre l'avancement en continu de l'amélioration des performances énergétiques. Il est le relais de la politique énergétique définie par la direction et joue le rôle de facilitateur de la communication entre les principaux acteurs de l'amélioration des performances énergétiques.

Il doit mettre en place et piloter un véritable système de management de l'énergie qui prend en compte tous les paramètres ayant une influence sur la performance énergétique d'un organisme :

- Recensement des
- Mise en place d'un système de comptage performant
- Détection des surconsommations
- Pilotage des GTC
- Reporting énergétique, prévision des consommations et évaluation des potentiels d'économies
- Définition de scénarii techniques et économiques pour les exploiter
- Actions continues d'amélioration énergétique
- Conseil et accompagnement pour l'optimisation des achats d'énergies et abonnements
- Achats des équipements sur des critères énergétiques
- Actions de sensibilisation des usagers, sensibilisation et accompagnement des équipes de maintenance

Ses compétences centrales :

- Techniques : connaissances dans le domaine de l'efficacité énergétique du bâtiment (thermique, équipements, régulation) et sur les outils informatiques associés (GTC, GMAO, comptage, ...)
- Management de projet : conduite du changement, fédération des acteurs
- Communication : adaptation aux différents acteurs (vulgarisation si nécessaire), diplomatie, motivation.

Des outils de supervisions des consommations énergétiques (électricité, chaleur, frigorie) sont essentiels au contrôle de performances des actions d'améliorations mises en place.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Suivi des consommations par usage et par énergie • Améliorations des performances énergétiques sur tous les postes de consommations 	<ul style="list-style-type: none"> • Nécessite un engagement fort de la direction et une organisation interne adaptée • Nécessite des outils de suivi des consommations d'énergie et des outils de pilotage des installations techniques

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort thermique

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
/

EXTERNALITES POSITIVES
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
/



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>-10% CONSOS D'ENERGIE</p>	 <p>45 k€/an COUT avec les charges</p>

ILLUSTRATIONS



DESCRIPTION DE L'ACTION

Toute amélioration technique d'un bâtiment n'est pleinement efficace que si elle est doublée d'un travail d'accompagnement des usagers sur les comportements à adopter en matière d'économies d'énergie.

L'action consiste à engager un animateur énergie pour sensibiliser les usagers sur l'utilisation optimale de l'énergie au sens large.

Sa mission est d'organiser et d'animer des formations sur la sobriété énergétique et d'accompagner la transformation des pratiques et comportements en vue d'une réduction des consommations d'énergie.

L'animateur énergie est chargé de sensibiliser le public présent sur les actions à mettre en œuvre au quotidien pour réduire les consommations énergétiques d'un site. L'objectif est de placer l'utilisateur au cœur de la démarche en le rendant conscient de son impact énergétique et environnemental. L'animateur énergie définit et met en œuvre également des actions de communication avec la direction de la communication de l'établissement.

Parmi ces actions, on trouve notamment : les campagnes de communication, la participation à des concours-challenge énergie, la mise en place de nudges, ou encore l'organisation de workshops étudiants (cf fiches #31, #32, #33, #34).

Les gains associés à ce type d'actions visant des évolutions comportementales peuvent être très variables et difficilement mesurables selon le degré de sensibilisation du public : en cumulant plusieurs des actions, on estime qu'il est possible d'atteindre une réduction de 10% de la consommation totale d'énergie.

A noter : le rôle d'Animateur Énergie peut être assuré par un Energy Manager (cf fiche #29), qui possède cependant une compétence technique plus poussée. En général, on choisira un seul des deux postes, en fonction notamment du budget disponible. Si on emploie un Energy Manager et un Animateur Énergie, l'Animateur pourra faire remonter les ressentis des usagers à l'Energy Manager afin qu'il affine son plan d'action.

ATOUTS

- Implication des usagers
- Réduction des consommations d'énergie

CONTRAINTES

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort thermique par adaptation des comportements

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

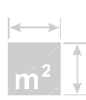
- Mutualisation des méthodes de communication et des idées d'ateliers entre les différentes Universités.

EXTERNALITES POSITIVES

- Reproduction des bonnes pratiques apprises en dehors du bâtiment universitaire, transferts université vers domicile.

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

/



CHIFFRES CLES

Consommations

	<p>-5% CONSOS D'ENERGIE</p>
--	--

Coûts

	<p>3 000 € COUT Matériel TTC</p>
	<p>20 jours/an Animateur énergie</p>

ILLUSTRATIONS



Source : Campagne « Un mois, un éco-geste », Université de Bordeaux

DESCRIPTION DE L'ACTION

La réussite d'un projet global de réduction des consommations énergétiques nécessite une démarche de communication sur la mise en place d'actions de performance énergétique, en amont ou en aval de leur réalisation, auprès des usagers. De cette manière, ceux-ci sont impliqués dans la vie du bâtiment. En parallèle, il est nécessaire de réaliser des actions de sensibilisation pour faire prendre conscience aux usagers de leur possibilité d'agir sur la réduction des consommations énergétiques.

Les actions de communication et de sensibilisation peuvent être réalisées via :

- Des événements: il s'agit de mettre à profit des journées à thème telles que la journée du développement durable, la journée sans ascenseurs, etc. Il est aussi possible d'impliquer les étudiants en filière spécialisée sur l'énergie ou des thèmes de gestion environnementale à réaliser eux même des actions de communication au sein des promotions ;
- Des relais et supports digitaux : utilisation des médias de masse tels que Facebook, supports vidéos ;
- Des supports papiers : il s'agit principalement de réaliser des affiches de sensibilisation sur l'éclairage, les équipements informatiques, l'eau ou des éléments techniques tels que les robinets thermostatiques par des étudiants. Par exemple, mise en place d'affiches pour sensibiliser les étudiants à l'extinction des radiateurs lorsque les pièces ne sont pas occupées, pour éteindre les ordinateurs la nuit, etc.

ATOUS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Plan d'action réalisable en interne • Réduction des consommations nocturnes • Réduction des consommations d'énergie • Implication des usagers 	<ul style="list-style-type: none"> • Récurrence nécessaire des actions pour sensibiliser les nouveaux occupants et pérenniser les bonnes pratiques

IMPACTS CONFORT
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort thermique d'hiver et d'été




INNOVATION / INDUSTRIALISATION
<ul style="list-style-type: none"> • Mutualisation des supports de communication créés

EXTERNALITES POSITIVES
<ul style="list-style-type: none"> • Reproduction des bonnes pratiques apprises en dehors du bâtiment universitaire, transferts université vers domicile.

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<p><u>Cout</u> : les coûts sont majoritairement liés à un investissement humain. Pour la mise en place, cet investissement est estimé à 10 jours de travail et pour le maintien, environ 1j/mois. Cependant, selon l'ambition et l'implication de l'université, ces chiffres pourront être revus à la hausse. Les coûts de matériel associés ou liés à la réalisation des supports de communication ont été estimés à 3000 €TTC mais peuvent varier significativement également, notamment en cas de développement d'un support vidéo.</p>



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>- 10%</p> <p>CONSOS D'ENERGIE</p>	<p>  1020 €TTC/bâtiment Frais d'inscription au concours </p> <p>  1 jour/semaine animateur Énergie ou Énergie Manager </p>

ILLUSTRATIONS



Partenaires du concours CUBE2020

DESCRIPTION DE L'ACTION

Le Concours Usages Bâtiment Efficace 2020 (CUBE 2020) est une action d'intérêt général visant à aider les utilisateurs de bâtiments tertiaires à diminuer efficacement leurs consommations en agissant sur les leviers de l'usage, un meilleur pilotage de l'exploitation en mettant en œuvre une compétition ludique entre les candidats. Les universités peuvent s'inscrire à CUBE 2020 dans la catégorie enseignement. Il existe également un concours spécifique aux établissements d'enseignement, appelé CUBE.S, réservé aux écoles, collèges et lycées.

Les utilisateurs des bâtiments candidats devront réaliser des économies d'énergie par rapport à une consommation antérieure de référence. Pour cela, ils devront améliorer leur exploitation, engager des actions techniques légères (i.e. sans investissement financier important) et se mobiliser sur les éco gestes.

Les économies d'énergie donneront lieu à un classement mensuel puis à un classement final et à des prix. Les bâtiments en compétition se verront également attribuer des médailles (bronze, argent, or ou platine) en fonction de l'atteinte de seuils absolus d'économies d'énergie (indépendamment de leur classement). A titre d'exemple, les bâtiments ayant fait le plus d'économies d'énergies et les résultats sont :

% FINAL	Organisation	Nom du bâtiment	Ville
39,26	POSTE IMMO	Laxou Champs le Boeuf	Laxou
33,55	BNP PARIBAS	Merignac Kennedy	Mérignac
32,05	LE FONDS BELVAL	Bâtiment Administratif Luxembourgeois	Esch sur Alzette

Une animation et une communication importantes accompagnent le concours afin de mettre en valeur les acteurs engagés et les meilleurs résultats.

ATOUTS		CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Retour sur investissement rapide ou immédiat des actions mises en œuvre • Mobilisation des usagers qui deviennent acteurs • Meilleure compréhension du fonctionnement du bâtiment par les usagers • Exposition médiatique et résultats valorisables • Incitation à réaliser des économies d'énergie en travaillant les usages et le pilotage technique • Identification des actions nécessitant un investissement financier plus important 		<ul style="list-style-type: none"> • Récurrence des actions et suivi sur l'année du concours > ingénierie d'animation importante • Nécessité que le bâtiment offre un certain confort d'usage. En effet, il est inenvisageable de demander aux usagers de faire des efforts pour réaliser des économies d'énergie si le bâtiment n'est pas confortable.
IMPACTS CONFORT		
/		
INNOVATION / INDUSTRIALISATION		
/		
EXTERNALITES POSITIVES		
<ul style="list-style-type: none"> • Participation à la prise d'ampleur du concours, permettant d'inciter d'autres acteurs à concourir 		
PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE		
/		



CHIFFRES CLES

Consommations



Spécifique
CONSOS D'ENERGIE

Coûts



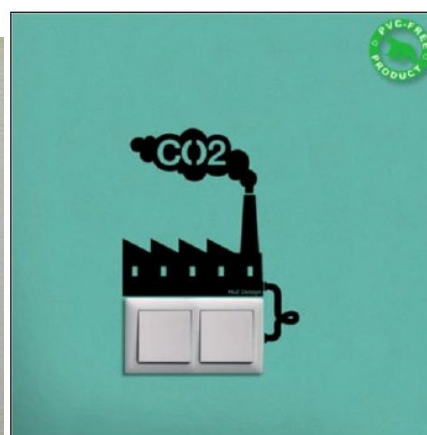
env 3000 €TTC*
COUT Matériel



20 jours de travail
Animateur énergie

* D'après un REX de l'INSA de Lyon, pour une campagne déployée sur 3 bâtiments avec des affiches, des stickers collés au mur, et des stickers collés au sol (les plus coûteux).

ILLUSTRATIONS



Exemples de nudges

DESCRIPTION DE L'ACTION

Un nudge est une incitation douce, un coup de pouce donné à un individu pour modifier son comportement. Le concept de nudge s'appuie sur l'économie comportementale. L'action consiste à expérimenter des nudges pour renforcer les actions en faveur d'économies de l'énergie. Elle vise à créer un environnement de choix qui favorise l'adoption d'un comportement écoresponsable, sans contrainte. Les nudges peuvent en effet s'inscrire dans la volonté d'influencer les comportements en matière d'énergie et d'environnement. Les nudges constituent l'un des leviers possibles de ces changements car il s'agit de dispositifs non contraignants, non culpabilisants, non économiques et peu onéreux.

Les nudges recouvrent des réalités variées qui posent des questions d'efficacité et d'éthique :

- Certains nudges agissent sur l'environnement physique : par exemple si des notes de musique résonnent lorsque les individus montent ou descendent les marches d'un escalier. Mais ces dispositifs ont une efficacité limitée dans le temps et sont peu généralisables.
Au contraire, certains nudges jouent sur les choix par défaut, par exemple si les imprimantes sont configurées par défaut en mode recto verso.
- D'autres nudges jouent sur l'information : il s'agit de retours envoyés en miroir à l'individu sur son action soit de dispositifs jouant sur le conformisme social. Ainsi, par exemple, afficher à chaque marche un nombre de calories perdues peut motiver les individus à prendre l'escalier. Une comparaison de ses consommations d'énergie avec celles des voisins peut également favoriser les économies d'énergie. L'efficacité de ce dispositif dépend en partie des attitudes des individus envers le comportement souhaité. Il faut aussi qu'ils considèrent la comparaison comme valide. Utiliser le conformisme social comporte également une limite éthique mais aussi d'efficacité à terme, en cas de chiffres mensongers.

Exemple d'expérimentation de nudges à l'université de Roskilde au Danemark : L'université a placé à côté des interrupteurs le message suivant « Plus de 85% des étudiants de l'université pensant à éteindre la lumière en sortant. Et vous ? » Ce nudge vise à influencer les comportements en jouant sur l'importance de la norme sociale. Le nombre de lumières restées allumées a diminué de 26% une fois cette initiative lancée.

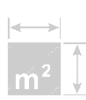
ATOUS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des consommations d'énergie • Mobilisation de l'ensemble des acteurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Peu d'informations sur l'efficacité réelle des techniques de nudges • Limite éthique

IMPACTS CONFORT
/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION
<ul style="list-style-type: none"> • Mise en place d'une campagne de mesure d'un panel de nudge sur une université puis sélection des plus efficaces et « acceptables » pour déploiement sur d'autres universités.

EXTERNALITES POSITIVES
/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE
<p>Le retour d'expérience de l'INSA de Lyon a mis en évidence certaines clés de mise en œuvre :</p> <p>1 - La co-construction d'une campagne de nudges avec un groupe d'utilisateurs est un levier d'efficacité, car il permet de développer des nudges qui attirent plus facilement l'attention du public visé. De manière générale, il permet d'adapter le « ton » et les objectifs de la campagne au profil des utilisateurs.</p> <p>2 - Le processus étant expérimental, il est important de mettre en place un système de mesures des résultats robuste, qui permette d'avancer des résultats fiables. Parmi les obstacles ou biais à éviter, on note:</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'absence de comptage des consommations par usage, avec des postes très consommateurs gommant les efforts sur les postes touchés par les nudges ; - La réalisation de mesures « avant-après » à des périodes de l'année non comparables : différence de luminosité, nombre d'élèves présents dans les salles (périodes de cours vs périodes de révision). <p>A noter, le milieu de l'enseignement supérieur est propice à des expérimentations car il présente régulièrement des bâtiments d'usages semblables, qui peuvent se prêter à des analyses comparatives.</p> <p>3 - Le coût d'une campagne de nudges peut varier sensiblement selon la nature des nudges déployés, de l'affichage à la réalisation d'un « escalier-piano ».</p> <p>4 - Les expériences autour des nudges intéressent les sociologues et psychologues, qui peuvent apporter des ressources financières ou humaines sur ce type de projets.</p>



CHIFFRES CLES

Consommations



-8%
CONSOS D'ENERGIE

Coûts



500 €TTC

COUT Matériel

20 jours de travail

Animateur énergie

ILLUSTRATIONS



Source : IAUR
Exemple de workshop étudiant

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action consiste à organiser des ateliers par les étudiants pour engager la réflexion et sensibiliser aux économies d'énergie. Les workshops doivent s'inscrire dans une démarche plus globale de développement durable et de transition énergétique de l'université.

Les missions du workshop sont :

- Engager une réflexion autour des différents thèmes de l'énergie
- Proposer des pistes de solutions pour réduire les consommations d'énergie
- Informer/Sensibiliser/Communiquer autour des économies d'énergie.
- Modifier les comportements en matière de maîtrise de l'énergie.

Exemple : Workshops IAUR

Depuis 2012, l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de Rennes (IAUR) organise chaque année avec le concours de l'ensemble des formations qu'il fédère mais aussi des enseignants chercheurs et des professionnels de l'aménagement et d'urbanisme, un workshop sur un thème au cœur des préoccupations de la ville d'aujourd'hui. Pendant une semaine, une centaine d'étudiants réunis et répartis en équipes pluridisciplinaires abordent un sujet d'étude de manière globale en mettant en commun leur savoir-faire et leur conception de la ville de demain. Chaque workshop est rythmé par des conférences et des débats avec des professionnels, des visites sur site et des échanges.

En 2015, le workshop portait sur le thème des éco-campus. Les participants ont imaginé et créé des pistes de réflexion concrètes pour que les campus de demain soient de véritables éco-campus. Ils ont imaginé des scénarios de réhabilitation énergétique du patrimoine en intégrant différents enjeux tels que les mobilités, la biodiversité, les matériaux, l'intelligence des bâtiments et des réseaux, les usages des constructions et les usagers, l'écologie urbaine...

L'édition 2017 portait sur la transition énergétique en lien avec les usages et les pratiques numériques et collaboratives en apportant des réponses stratégiques et techniques aux demandes sociales.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des consommations d'énergie • Mobilisation des étudiants • Emergence d'éco-comportements • Sensibilisation d'un public large • Propositions spécifiques aux problématiques locales 	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation importante et temps dédié pour une équipe organisatrice

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Projets étudiants innovants autour de la transition énergétique et du développement durable.
- Workshop IAUR : innovation articulant une ingénierie stratégique, technique et une ingénierie sociale.

EXTERNALITES POSITIVES

- Reproduction des bonnes pratiques en dehors du bâtiment universitaire

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Le coût de l'action majoritairement lié à un investissement humain. Il est estimé à 10 jours de préparation auxquels s'ajoutent 10 jours d'atelier. Un coût matériel de 500€ a été comptabilisé.



CHIFFRES CLES

Consommations



-105 MWh/an*
CONSOS DE FROID



-101 MWh/an**
CONSOS DE CHALEUR



Ø
CONSOS D'ELECTRICITE

Coûts

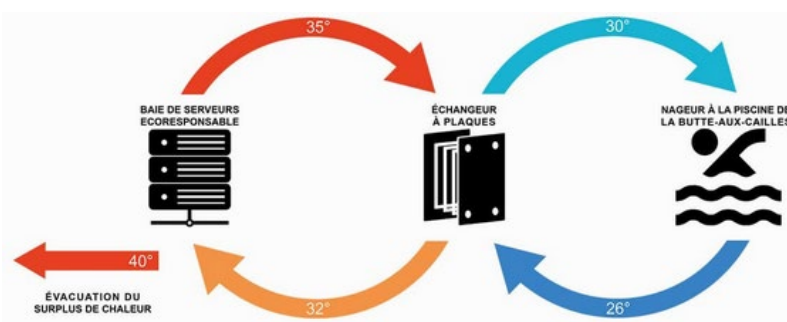
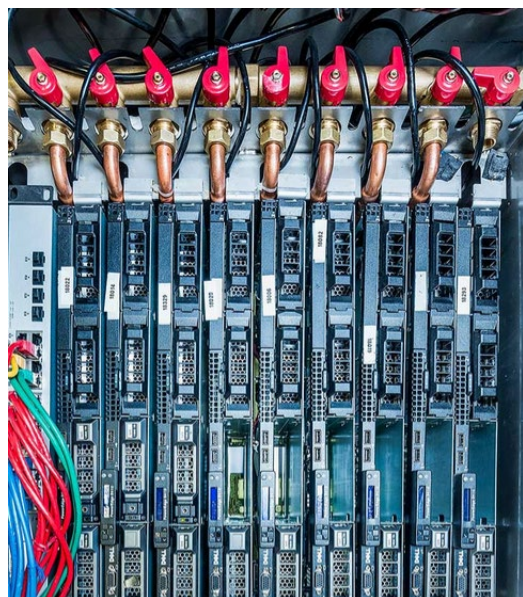


90 k€TTC
INSTALLATION de 20 kW

* Pour un taux de charge des serveurs de 60%, installation de 20 kW

** Le dispositif de récupération de chaleur dispose d'un rendement de 96%

ILLUSTRATIONS



Chaudière numérique (Source : Stimergy)

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'importante consommation énergétique des datacenters est un enjeu écologique important. L'action consiste à récupérer la chaleur issue des datacenters pour chauffer l'eau chaude sanitaire. Il s'agit d'utiliser la puissance informatique comme énergie renouvelable pour ainsi aller vers une transition numérique durable.

La société Stimergy a développé un système de récupération de chaleur liquide sur serveurs informatiques qui permet d'installer les salles serveurs dans la chaufferie des bâtiments. Cette chaleur, qui constitue habituellement un besoin en climatisation, est ensuite valorisée pour la production d'ECS. L'effet d'économie est donc double car les besoins de froid du datacenter

La chaudière numérique est un Datacenter doté d'un système de valorisation de la chaleur produite par ce Datacenter. La chaleur produite par les salles serveurs sert à préchauffer l'ECS des bâtiments dans lesquels la chaudière numérique est installée, ce qui permet de réduire la facture énergétique pour la production d'ECS. De plus, la chaleur produite par les serveurs est réutilisée et il n'y a ainsi plus besoin de système de climatisation. Cela entraîne un gain d'énergie très important sachant que la climatisation des salles serveurs représente de 40% à 50% de l'énergie totale consommée dans les datacenters. Cela permet de diviser par 2 l'énergie consommée par les infrastructures numériques.

Stimergy prend en charge la fourniture d'électricité, la maintenance (intégrée au prix de la chaleur), la sécurisation, la vidéo surveillance et l'accès par badge.

Prérequis d'installation

- Local technique conforme à la réglementation chaufferie avec 7 m2 d'espace au sol disponible
- Système de ventilation permettant d'extraire 80% de la puissance thermique du local
- Résistance au sol supérieure à 600kg/m²
- Arrivée hydraulique pour connecter l'échangeur
- Arrivée électrique depuis un point de livraison dédié à la salle serveurs.

ATOUTS

- Contrat de fourniture de chaleur à un prix stable et compétitif
- Réduction immédiate de la facture énergétique
- Equipement de production d'énergie renouvelable selon la loi de transition énergétique
- Solutions « clé en main » avec exploitation et maintenance par l'installateur
- Amélioration du rendement des équipements informatiques bénéficiant d'un refroidissement adéquat

CONTRAINTES

- Prérequis d'installation
- Gestion de la charge du serveur : un serveur fonctionnant peu génère peu de chaleur et fait chuter la rentabilité économique de l'installation

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort thermique dans la salle des serveurs

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Datacenters écologiques et innovants
- Possibilité de réplique pour les installations Stimergy, à petite ou moyenne échelle
- Possibilité de réplique sur les datacenters avec études de faisabilité amont associée à une réflexion sur la mutualisation des serveurs informatiques. Projets globaux à mener en amont avec l'ensemble des parties concernées.

EXTERNALITES POSITIVES

/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

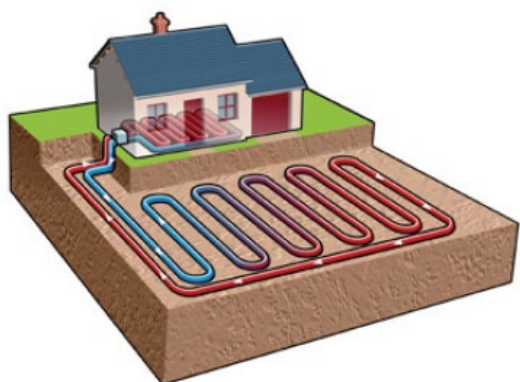
Attention, la gestion de la charge des serveurs est un procédé complexe qu'il est nécessaire d'inclure dans la mise en place de ce type d'installations. Les gains calculés correspondent à une utilisation des serveurs à puissance maximale à 60% du temps, ce qui n'est pas acquis. Le dimensionnement de l'installation est déterminant pour assurer la rentabilité économique de la chaudière numérique : il doit tenir compte des besoins informatiques de l'Université.



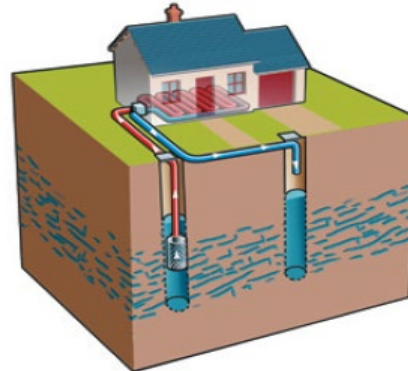
CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 Variable CONSOS DE CHALEUR	
 Variable CONSOS DE FROID	 350 – 600 €TTC/kW COÛT
 Ø CONSOS D'ELECTRICITE	

ILLUSTRATIONS



Géothermie à très basse température – Capteurs horizontaux
Source : ADEME / BRGM



Géothermie à très basse température – PAC sur nappes ou aquifères
Source : ADEME / BRGM

DESCRIPTION DE L'ACTION

La géothermie est l'exploitation de la chaleur contenue dans le sous-sol.

La géothermie à très basse température ($T < 30^{\circ}\text{C}$) ne permet pas l'utilisation directe de la chaleur par simple échange et nécessite la mise en œuvre de pompes à chaleur (PAC). Elle est utilisée notamment pour le chauffage et le rafraîchissement des bâtiments.

La chaleur est puisée dans le sol par des capteurs qui peuvent être enterrés verticalement ou horizontalement dans l'eau des nappes.

- Capteurs horizontaux : Ils doivent être enterrés à faible profondeur (0,6 à 1,2 m). Selon la technologie employée, de l'eau glycolée ou le fluide frigorigène de la PAC circule en circuit fermé à l'intérieur de ces capteurs. La surface de capteurs nécessaires représente environ 1,5 à 2 fois la surface à chauffer.
- Sondes verticales : Elles sont installées dans un forage et scellées par du ciment. La profondeur peut atteindre plusieurs centaines de mètres.
- PAC sur nappes ou sur aquifères : Elles puisent la chaleur contenue dans l'eau (T comprise entre 7 et 12°C). Elles nécessitent deux forages pouvant atteindre chacun plusieurs dizaines ou centaines de mètres de profondeur. Ce type d'installation permet de fournir le chauffage et rafraîchissement aux bâtiments collectifs ou tertiaires.
- Les champs de sondes : Il est possible d'installer plusieurs sondes géothermiques sur le même site pour obtenir un plus grand potentiel de chaleur terrestre. Les sondes sont alors installées à intervalle régulier à des profondeurs variant de 30m à plusieurs centaines de mètres et sont raccordés à une ou plusieurs PAC.
- Le geocooling : le sous-sol dont la température de profondeur est d'environ 10 à 12°C peut également permettre le rafraîchissement des bâtiments. Le principe est d'utiliser directement la fraîcheur de ce milieu naturel pour assurer le refroidissement des bâtiments en été via des émetteurs à rayonnement comme des planchers rafraîchissants ou plafonds réversibles.

La géothermie basse température (30 à 150°C) utilise directement la chaleur de l'eau chaude contenue dans les aquifères profonds (de 200 à 2000 m) dont la température est comprise entre 30 et 150°C. Dans ce cas, aucune machine thermodynamique n'est nécessaire, les consommations se limitent alors aux pompages dans la nappe.

Les installations géothermiques sont soumises à différentes réglementations : déclaration ou autorisation en fonction du type de forage, respect des lois sur l'eau, code de l'environnement et code minier.

Les gains dépendent directement de la taille de l'installation et donc de la puissance installée.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none">• Source d'énergie renouvelable• Pas de dépendance aux conditions atmosphériques• Excellent rendement des machines de type Pompe à Chaleur	<ul style="list-style-type: none">• Application conditionnée par la nature de la ressource, son accessibilité en profondeur et sur site, et le type de bâtiment• Délais administratifs pour les installations de pompage sur nappe (Code minier)• Nécessité d'études du potentiel géothermiques pour valider la faisabilité et l'absence de risque de réchauffage de la nappe sur la durée

IMPACTS CONFORT

- Amélioration du confort d'hiver
- Amélioration du confort d'été

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Le coût d'investissement annoncé de 300 à 600 €/kW est un coût moyen qui dépend de la nature de l'échangeur géothermique (sonde ou nappe d'eau) et des caractéristiques du sous-sol. Pour les sondes géothermiques, les coûts d'investissement varient entre 40 et 80 €/ml de sonde. Pour les captages sur nappe aquifère, les coûts de forage sont plus importants rapportés au mètre, mais il ne faut que deux puits (un pompage et un réinjection).



CHIFFRES CLES

Consommations



Ø
CONSOS DE CHALEUR



Ø
CONSOS DE FROID



-150 kWh/m² de capteur
CONSOS D'ELECTRICITE

Coûts



500 €/m² de capteurs
€ TTC

ILLUSTRATIONS

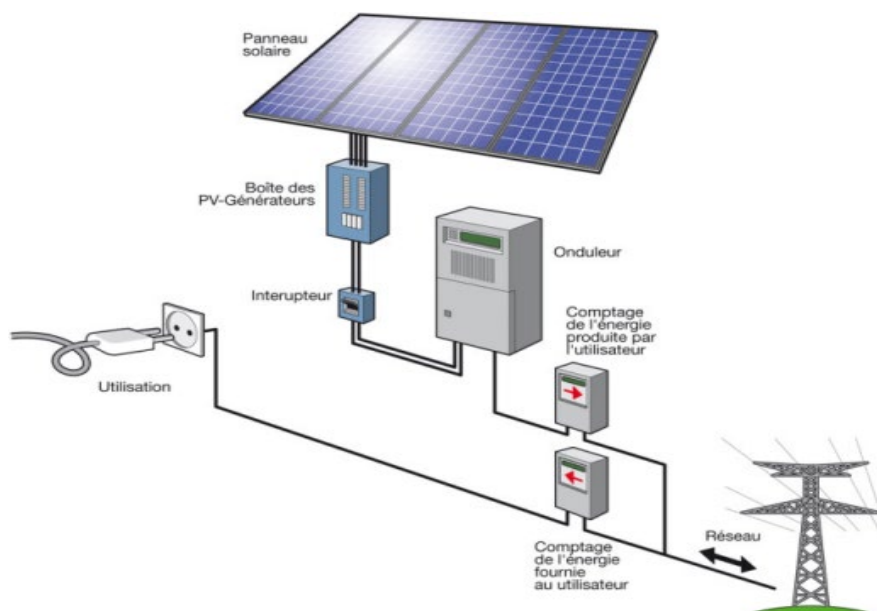


Schéma d'une installation photovoltaïque permettant l'autoconsommation et la réinjection

DESCRIPTION DE L'ACTION

Les panneaux photovoltaïques sont constitués de cellules photovoltaïques qui permettent de convertir le rayonnement solaire en électricité. Une cellule photovoltaïque est constituée d'une ou deux couches de matériau semi-conducteur et utilise l'effet photoélectrique pour convertir en électricité les ondes électromagnétiques émises par le soleil (transfert de chaleur par rayonnement). Plus la lumière est intense, plus le flux électrique est important.

Cette électricité peut être totalement ou partiellement revendue à un fournisseur d'électricité mais elle peut également être consommée immédiatement sur place. L'autoconsommation photovoltaïque est la consommation de sa propre production d'électricité solaire. Elle permet d'utiliser une énergie locale et abondante et de réduire sa dépendance vis-à-vis du réseau électrique.

L'autoconsommation peut aussi être collective, c'est-à-dire qu'il est possible de partager l'énergie électrique produite par les panneaux solaires photovoltaïques installés sur le toit « d'à côté » sans avoir de panneaux sur son propre toit. Le programme « place au soleil » du Ministère de la Transition écologique élargit l'autoconsommation aux projets dont l'ensemble des consommateurs et producteurs sont situés dans un rayon d'un kilomètre. Cela permet ainsi de développer les éco-quartiers et d'optimiser l'autoconsommation en regroupant des bâtiments ayant des moments de consommation différents.

En autoconsommation, les taxes ne s'appliquent pas : Pas de CSPE pour les centrales de taille inférieure à 1MWc, pas de taxe pour l'utilisation du réseau électrique. En autoconsommation collective, certaines taxes s'appliquent. Pour étendre une opération d'autoconsommation, il faut que le prix du kWh produit par la centrale soit faible < 80€/MWh pour que le coût final reste raisonnable.

La connexion au réseau local d'électricité de l'installation permet d'injecter et de revendre le surplus d'électricité produite. En cas d'ensoleillement insuffisant, l'électricité est importée du réseau (consommations résiduelles). Un onduleur est utilisé pour transformer le courant continu produit par le système photovoltaïque en courant alternatif afin d'alimenter les équipements électriques standards. S'ajoute également un compteur de production qui décompte la quantité d'énergie produite.

Pour s'inscrire dans une démarche d'autoconsommation, il faut dimensionner au plus juste son installation photovoltaïque car si la production PV est mal dimensionnée par rapport à la consommation du site, une grande partie de l'électricité produite sera injectée sur le réseau et le taux d'autoconsommation sera faible. Le dimensionnement en autoconsommation nécessite ainsi le profil prévisionnel de production de l'installation photovoltaïque ainsi que le profil de consommations électrique du site (à partir des courbes de charge). Le profil de production dépendra de la technologie de capteurs photovoltaïques choisie, de la puissance de l'installation, de son inclinaison, de son orientation et des éventuels ombrages. Le profil de consommation dépendra de l'activité du bâtiment et du comportement de ses occupants. Une fois ces profils identifiés, leur superposition permet de définir la part d'électricité autoconsommée et donc le taux d'autoconsommation.

ATOUS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'une énergie renouvelable et produite localement Economies notables sur la facture électrique Eviter la hausse constante du prix de l'électricité Indépendance vis-à-vis des fournisseurs d'électricité Faible impact environnemental 	<ul style="list-style-type: none"> Source d'énergie intermittente Contraintes architecturales ou urbanistiques Nécessité de connaître les profils de consommation du ou des sites pour permettre le dimensionnement en autoconsommation

IMPACTS CONFORT

Ø

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Réponse à appel à projets d'autoconsommation collective
- Tiers investissement pour l'autoconsommation individuelle ou collective

EXTERNALITES POSITIVES

Ø

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Etudes faisabilité en amont
- Le coût d'investissement de 500€/m² de capteurs comprend le coût des modules photovoltaïques, du système d'intégration des modules à la toiture, des onduleurs, du système de raccordement au réseau électrique, de la maintenance et de la serrurerie. Cependant, ce coût est susceptible de varier sensiblement selon les contraintes qui peuvent être imposées par les ABF ou les PLU, et l'ajout de batteries de stockage.



CHIFFRES CLES

Consommations



Ø
CONSOS DE CHALEUR



Ø
CONSOS DE FROID



Variable
CONSOS D'ELECTRICITE

Coûts



Variable

ILLUSTRATIONS



Principe du microgrid (Source : Berkeley lab)

DESCRIPTION DE L'ACTION

Les microgrids sont des réseaux électriques intelligents de petite taille, conçus pour fournir un approvisionnement électrique fiable et de meilleure qualité à un petit groupe de consommateurs.

Ils agrègent :

- Multiples installations de productions locales : panneaux photovoltaïques, micro-turbines...
- Installations de consommation
- Installations de stockage
- Outils de supervision et de gestion de la demande électrique

Ils peuvent être raccordés directement au réseau électrique ou fonctionner en mode îlot. Le nombre de projets de microgrids ne cesse d'augmenter partout dans le monde car il y a une réelle volonté de rapprocher la production d'électricité de sa consommation, de limiter les investissements dans les réseaux de transport et de distribution et de réduire les pertes.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Facilitation et optimisation de l'intégration des énergies renouvelables • Allègement du trafic sur le réseau électrique et des pertes de distribution • Réduction des coûts de fourniture par déplacement de charge grâce au stockage • Augmentation de la fiabilité et de la sécurité énergétique • Economies de coûts de réseaux • Réduction de l'impact environnemental 	<ul style="list-style-type: none"> • Complexité de la gestion des microgrids et de leur raccordement au réseau public de distribution • Prix élevé des technologies actuelles de stockage

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Développement de modes de production et gestion adaptés à la charge d'une université

EXTERNALITES POSITIVES

- Favorise la création d'initiatives et de nouveaux partenariats entre les acteurs locaux
- Joue un rôle moteur dans les déploiements des réseaux intelligents

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

/



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 -400 kWh/m² de capteurs CONSOS DE CHALEUR POUR LE POSTE ECS	 1200 €TTC/m² de capteurs
 Ø CONSOS DE FROID	
 Ø CONSOS D'ELECTRICITE	

ILLUSTRATIONS

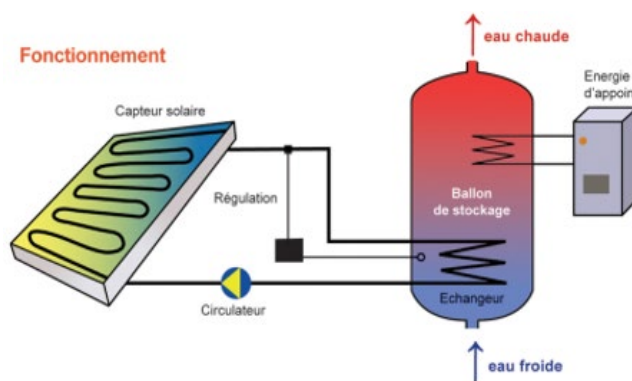


Schéma de principe d'un chauffe-eau solaire

DESCRIPTION DE L'ACTION

Un système solaire thermique est un dispositif qui capte l'énergie solaire transmise par rayonnement. Cette énergie peut ensuite être utilisée pour le chauffage de bâtiments ou pour la production d'eau chaude sanitaire (chauffe-eau solaire).

Les capteurs solaires transforment l'énergie électromagnétique du rayonnement solaire en énergie thermique puis transmettent cette chaleur à un fluide caloporteur. Le rayonnement solaire est absorbé par un corps, l'absorbeur au contact duquel circule le fluide à échauffer (le plus souvent de l'eau) et son rôle est ensuite de transmettre cette dernière à un fluide caloporteur. Ce fluide chauffé va ensuite transmettre sa chaleur au réseau d'eau alimentant le ballon de stockage via un échangeur de chaleur.

L'installation se compose ainsi :

- Capteurs solaires thermiques constituant un panneau solaire thermique
- Un (ou plusieurs) ballon de stockage pour adapter l'offre et la demande
- Une production d'appoint pour pallier l'intermittence de la disponibilité de la ressource (solaire)
- Une régulation qui gère le système de façon à ce qu'il fournisse le maximum d'énergie utile possible.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'une énergie renouvelable et produite localement • Economies notables sur la facture de chaleur • Frais de maintenance faibles • Réduction significative des émissions de carbone. 	<ul style="list-style-type: none"> • Source d'énergie intermittente • Positionnement devant éviter les masques solaires • Un mauvais dimensionnement peut entraîner des risques de surchauffes dangereuses pour la durée de vie de l'installation • Nécessité d'un chauffage complémentaire

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Montage opérationnel / Conditions de suivi et de réplcation

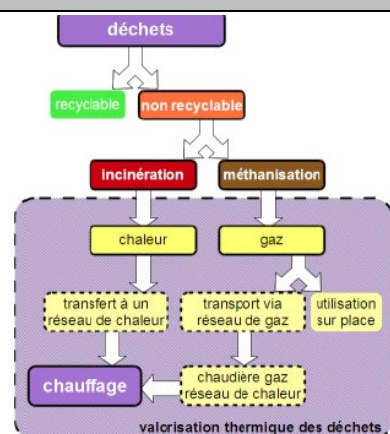
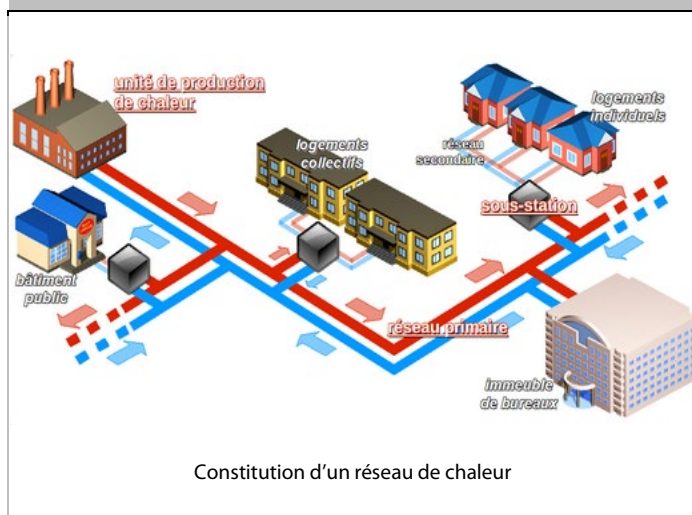
- Le coût d'investissement de 1200€/m2 de capteurs comprend le coût des capteurs solaires thermiques, du stockage, du raccordement de l'appoint et de la main d'œuvre.
- Le dimensionnement doit permettre de limiter le risque de surchauffe, particulièrement élevé dans les bâtiments pas ou peu utilisés pendant l'été. L'installation est généralement dimensionné de manière à ce que l'installation solaire couvre 40 à 50% des besoins en eau chaude (en France métropolitaine) et qu'une production d'appoint (chaudière à gaz, électrique, réseau chaleur, etc.) assure le complément.



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 \emptyset CONSOS DE CHALEUR	 Variable
 \emptyset CONSOS DE FROID	
 \emptyset CONSOS D'ELECTRICITE	

ILLUSTRATIONS



DESCRIPTION DE L'ACTION

Un réseau de chaleur est un système de distribution de chaleur produite de façon centralisée et permettant de desservir plusieurs usagers. Il comprend :

- Une ou plusieurs unités de production de chaleur qui peut être une usine d'incinération des ordures ménagères, une chaufferie alimentée par un combustible (gaz, bois...), une centrale de géothermie profonde...
- Un réseau de distribution primaire dans lequel la chaleur est transportée par un fluide caloporteur
- Des sous stations d'échange qui permettent le transfert de chaleur par le biais d'un échangeur entre le réseau de distribution primaire et le réseau de distribution secondaire.

L'action concerne le raccordement à un réseau de chaleur alimenté soit par de la biomasse (bois, résidus agricoles, cultures énergétiques) qui produit de la chaleur par combustion dans une chaufferie spécifique soit par de l'énergie de récupération. L'énergie de récupération désigne la chaleur fatale dégagée lors de l'incinération des déchets dans les UIOM ou celle issue des sites industriels. Le développement des réseaux de chaleur utilisant des énergies renouvelables ou récupérant l'énergie fatale des usines d'incinération permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre générées par le chauffage des bâtiments et de mutualiser les coûts pour produire et distribuer l'énergie et ainsi de faire des économies significatives.

Les réseaux de chaleur sont très majoritairement gérés au niveau communal ou intercommunal soit directement par la collectivité soit par une entreprise qui exploite le réseau pour le compte de la collectivité dans le cadre d'une concession de service public.

En moyenne nationale, le prix du chauffage par réseau de chaleur est d'environ 75 €/MWh HT (Source : SNCU, Syndicat National du Chauffage Urbain et de la Climatisation Urbaine, données 2016).

Le raccordement au réseau de chaleur peut se traduire par une réduction des consommations énergétiques grâce à l'amélioration des rendements de production/distribution.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none">• Stabilité des prix de l'énergie• Flexibilité et sécurité d'approvisionnement• Source d'énergie renouvelable• Production locale• Mutualisation des coûts de production de chaleur	<ul style="list-style-type: none">• Frais de raccordement au réseau de chaleur• Travaux VRD potentiellement importants

IMPACTS CONFORT

- Service assuré en continu grâce à des dizaines de kilomètres de réseau et le recours à plusieurs sources d'énergie

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES






/

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Le coût du raccordement d'un bâtiment à un réseau de chaleur dépend de la nature du terrain, de l'éloignement du bâtiment au réseau primaire de distribution et de la puissance installée nécessaire. Ce coût peut être assez conséquent et variable d'un site à un autre.



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
   <p>Spécifique CONSOS D'ÉNERGIE</p>	 <p>Env. 20 000 €TTC*</p>
 <p>Très variable ÉMISSIONS DE CO₂ EVITÉES</p>	

*Réalisation bilan GES Scope 1, 2 & 3 par un bureau d'études externe, cout variable selon la complexité de la structure

ILLUSTRATIONS



Les 6 étapes d'un bilan GES

- 1 : Se préparer pour bien évaluer l'exercice
 2 : Collecter les données
 3 : Calculer le bilan GES de son entité
 4 : Présenter son bilan GES
 5 : Planifier ses actions de réduction
 6 : Publier son bilan

DESCRIPTION DE L'ACTION

Un bilan GES est une évaluation de la quantité de GES émise dans l'atmosphère sur une année par les activités d'une organisation ou d'un territoire. Les émissions sont ordonnées selon des catégories appelées « postes d'émissions ». Ce classement permet d'identifier les postes d'émissions où la contrainte carbone est la plus forte et donc sur lesquels des stratégies énergétiques et environnementales doivent porter.

Pour réaliser un bilan GES, il est nécessaire de rassembler les données d'activités de l'organisation étudiée (informations déjà disponibles dans l'organisation + données externes à recueillir). Ces données seront ensuite associées à un facteur d'émission permettant de calculer son équivalent carbone. Ces facteurs d'émission sont disponibles dans la Base Carbone proposée par l'ADEME.

Le périmètre opérationnel du bilan GES définit 3 catégories d'émissions :

- Emissions directes de GES (Scope 1) : Emissions directes provenant des installations fixes ou mobiles situées à l'intérieur du périmètre organisationnel
- Emissions à énergie indirectes (Scope 2) : Emissions indirectes associées à la production d'énergie importée
- Autres émissions indirectes (Scope 3) : Autres émissions indirectement produites par les activités de l'organisation

La réalisation d'un bilan GES permet d'appréhender deux enjeux forts :

- La participation « citoyenne » à l'effort national contre le réchauffement climatique
- La maîtrise des postes de coûts promis à une forte augmentation dans les années à venir

Le bilan GES s'inscrit généralement dans une dynamique de projet et d'actions de réduction. Il permet d'évaluer la dépendance et la vulnérabilité d'une organisation et permet une réflexion sur sa stratégie de développement.

Réglementation : Le bilan GES est rendu obligatoire par la loi portant Engagement National pour l'environnement du 12 juillet 2010 pour les entreprises de plus de 500 salariés, les collectivités de plus de 50 000 habitants, les établissements publics de plus de 250 agents et les services de l'état.

La loi de Transition Énergétique pour la Croissance verte rend la réalisation de ce bilan obligatoire tous les 4 ans. Ils doivent être transmis et publiés via la plateforme informatique des bilans d'émissions de GES administrée par l'ADEME. Tout manquement peut être sanctionné d'une amende de 1 500€. Le bilan réglementaire rend obligatoire la prise en compte des émissions directes et indirectes (scope 1 & 2) mais laisse le scope 3 optionnel. Il est toutefois fortement recommandé d'aller au-delà de la réglementation en prenant en compte l'ensemble des scopes car seule la prise en compte de l'ensemble des émissions permet d'obtenir une vision complète de son activité.

Le bilan GES permet un aperçu clair des plus gros postes d'émission. Les mesures mises en place pour réduire ces postes ont des impacts très variés selon leur nature et leur ampleur. Dans certains cas, la réduction de l'impact carbone amène une réduction de la facture énergétique.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none">• Structuration de sa politique environnementale• Identification des actions permettant de réduire sa facture énergétique• Evaluation de sa vulnérabilité• Possibilité de mettre en place une démarche d'amélioration continue• Implication des différents acteurs à travers cet exercice• Image positive	<ul style="list-style-type: none">• Accessibilité et fiabilité des données d'activités• La réduction de l'impact carbone ne correspond pas nécessairement à une réduction de la facture énergétique.

IMPACTS CONFORT

/

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

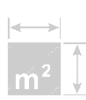
- Recensement des postes d'émission de GES usuels des Universités, à vérifier systématiquement
- Recensement des facteurs d'émissions associés et constitution d'une base de données commune

EXTERNALITES POSITIVES

- Dynamisation de l'activité locale en cas d'action de relocalisation des achats

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- Le résultat des actions planifiées doit être mesuré et suivi pour permettre une amélioration significative de l'impact carbone.



CHIFFRES CLES

Consommations		Coûts	
	Négligeable CONSOS D'ENERGIE		1 200 €TTC/VAE
	200 gCO₂/km EMISSIONS DE CO ₂ EVITEES		

ILLUSTRATIONS



Vélo à Assistance électrique (VAE)

DESCRIPTION DE L'ACTION

La batterie électrique d'un Vélo à Assistance Electrique (VAE) stimule le pédalier et permet ainsi d'accélérer le mouvement. Le VAE est moins cher, plus pratique et plus écologique que beaucoup d'autres moyens de transport, et notamment la voiture individuelle.

L'action consiste ici à acheter et à mettre à disposition des vélos à assistance électrique pour les déplacements professionnels de courte distance (réunions, déplacements intersites...) et d'aménager un parking pour VAE. Cela doit également s'accompagner d'une communication pour promouvoir l'utilisation des VAE et ainsi sensibiliser à l'usage du vélo, notamment en faisant découvrir les itinéraires cyclables aux potentiels utilisateurs.

Le déplacement en VAE permet d'agir pour l'environnement en diminuant les émissions carbone et la pollution de l'air. Le VAE reste légèrement plus pollueur que le vélo classique de par la présence de son moteur mais reste négligeable comparé aux automobiles. Un VAE consomme l'équivalent d'un litre d'essence pour 100 km. Le taux de CO₂ émis dans l'air est ainsi très faible. Il demande également peu d'électricité pour être rechargé.

ATOUTS

- Moyen de transport écologique
- Diminution des émissions carbone
- Diminution de la pollution de l'air
- Permet d'éviter les embouteillages
- Bénéfique pour la santé
- Faible effort à fournir

CONTRAINTES

- La recharge de la batterie peut montrer des signes de faiblesse
- Poids important du VAE
- Difficultés pour l'entretien et les pannes éventuelles

IMPACTS CONFORT

- Confort optimal

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Mutualisation des achats de VAE

EXTERNALITES POSITIVES

- Réduction de la congestion du trafic en dehors de l'espace universitaire

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

A noter : L'achat de vélos « classiques » (sans assistance électrique) est également possible, à un prix inférieur et un risque de vol moins important. Il répond aux mêmes objectifs avec des coûts de maintenance moins élevés.

L'efficacité de cette action peut être améliorée significativement par la mise en place d'une offre de subventions pour l'achat de vélos (à assistance ou non), afin d'encourager l'usage du vélo en dehors du cadre universitaire.

Création d'une plateforme spécifique co-voiturage de l'université, #43 places réservées au covoiturage



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
   <p>Ø CONSOS D'ENERGIE</p>	 <p>Spécifique</p>
 <p>Variable</p>	

ILLUSTRATIONS



Principe du co-voiturage (Sources : L'énergie tout compris et Actu-environnement)

DESCRIPTION DE L'ACTION

La pratique du covoiturage commence en moyenne à partir de 20 km à parcourir. Une faible part des personnels et étudiants des universités choisissent le co-voiturage comme mode de transport. Toutefois, de plus en plus de personnes sont attirées par ce mode de transport compte tenu des enjeux écologiques et des enjeux de stationnement de plus en plus importants. L'action consiste en la mise en place d'un accès à une plateforme d'accès spécifique à l'université sur un site de co-voiturage. Pour favoriser le co-voiturage, il faut également réserver des places de parking au sein de l'université pour le co-voiturage pour les personnels et étudiants. La mise en place de ces services doit s'accompagner d'un travail majeur d'animation du dispositif à partir de partenaires relais pour contourner les freins psychologiques. Proposer des places réservées aux co-voitureurs constitue un levier majeur pour développer la part modale du covoiturage surtout dans des cas d'offre de stationnement contrainte. La difficulté pour mettre en œuvre cette offre est de pouvoir en garantir le respect et donc d'arriver à en « contrôler » l'accès, même si certaines solutions basées sur la géolocalisation existent (exemple : certification proposée par Covivo). De toute façon, il est impossible de garantir complètement l'accès à des places pour les co-voitureurs car les places de covoiturage n'ont aucune valeur réglementaire.

Il est important d'accompagner le changement modal par la diffusion régulière d'information et par de l'animation. En effet, la mise en place de services ne suffit pas à faire évoluer les pratiques, il faut trouver des relais présents dans les différentes structures et des personnes sensibilisées aux questions de mobilité et de développement durable susceptibles d'aider à la diffusion d'information. Un des axes de communication à privilégier : les économies réalisables par le passage au covoiturage. Des témoignages chiffrés seraient pertinents.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction des frais de déplacement pour les utilisateurs • Réduction des émissions carbone • Favorise la convivialité, le partage et les échanges entre personnels et étudiants 	<ul style="list-style-type: none"> • Fiabilité : risque d'annulations dernière minute/retards • Stabilité de la plateforme et maintenance du site sur la durée

IMPACTS CONFORT

- Réduction des pollutions atmosphérique et sonore
- Amélioration de l'accessibilité au campus

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

- Mutualisation des ressources pour le recours à une plateforme, rendue ensuite spécifique à chaque université

EXTERNALITES POSITIVES

- Réduction de la congestion du trafic en dehors de l'espace universitaire

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

- La plateforme de co-voiturage peut être développée en interne ou bien l'université peut souscrire à une offre de covoiturage chez une entreprise spécialisée type *La Roue Verte*.



CHIFFRES CLES

Consommations

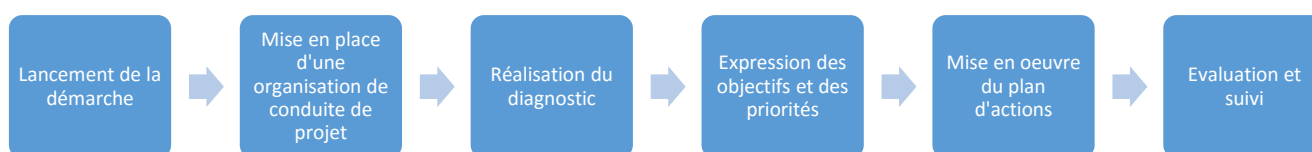
	Ø CONSOS D'ENERGIE
	Variable EMISSIONS DE CO ₂ EVITEES

Coûts



10 à 20 k€TTC

ILLUSTRATIONS



Etapes d'élaboration d'un PDA

DESCRIPTION DE L'ACTION

Contexte réglementaire :

La loi LAURE impose aux agglomérations de plus de 100 000 habitants de mettre en place un Plan de Déplacement Urbain pour apporter une alternative au choix de la voiture individuelle pour les déplacements urbains. D'autres mesures ont également été mises en place en parallèle comme le Plan de Déplacements des Entreprises (PDE) pour les entreprises de plus de 100 salariés.

Le décret n° 2006-1663 de 2006 a posé désormais l'obligation pour les administrations de mettre en place un Plan de Déplacement des Administrations (PDA).

La loi sur la transition énergétique impose aux entreprises implantées en zones soumises aux Plan de déplacements Urbains d'élaborer un Plan de Mobilité (PDM) pour améliorer les déplacements de leur personnel à compter du 1er janvier 2018.

L'action consiste à mettre en place un Plan De Déplacement des Administrations (PDA) pour favoriser la mobilité durable au sein de l'université. Il s'agit d'une étude qui consiste à réaliser un diagnostic des déplacements liés à l'activité d'une administration et à mettre en œuvre ensuite des actions favorisant des modes de transports alternatifs à la voiture individuelle.

Il vise à optimiser l'efficacité des déplacements liés à l'activité dans une perspective de diminution des gaz à effet de serre et des polluants atmosphériques et de réduction de la congestion des infrastructures et des moyens de transport. Pour cela, il évalue l'offre de transport existante et projetée, analyse les déplacements domicile-travail et les déplacements professionnels et établit un plan d'action adapté. Le programme d'actions peut comporter des mesures relatives à la promotion des moyens et usages de transports alternatifs, à l'utilisation des transports en commun, au covoiturage, à l'usage du vélo, à l'organisation du travail, au télétravail, etc. Afin de pérenniser les usages encouragés, la communication autour du projet et le recueil de la perception des utilisateurs sont essentiels.

Objectifs du PDA :

- Promouvoir les moyens de transport alternatifs (transports en commun, co-voiturage, vélo...)
- Sensibiliser sur les problématiques de mobilité durable
- Maîtriser les difficultés de stationnement
- Améliorer l'accessibilité d'un site
- Gérer l'éloignement des transports publics et le maillage par la mise en place de liaisons entre le site et les transports publics
- Améliorer la sécurité des déplacements
- Promouvoir une image citoyenne de l'université

Les étapes de réalisation d'un PDA sont résumées dans l'illustration. A noter, la phase de diagnostic peut inclure une enquête de mobilité. Les données recueillies renforcent la crédibilité du meneur de projet, notamment auprès des collectivités ou transporteurs, tout en impliquant les utilisateurs.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Approche transversale • Réduction des émissions de GES • Réduction des congestions urbaines et de l'augmentation de la pollution • Réduction des frais de transport et optimisation des temps de transport 	<ul style="list-style-type: none"> • Mener la démarche jusqu'au plan d'action, ne pas se contenter du diagnostic

IMPACTS CONFORT

- Amélioration de la qualité de l'air
- Amélioration de l'accessibilité
- Augmentation de la qualité de vie

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

- Réduction de la consommation d'espaces publics dédiés au stationnement au profit d'autres aménagements
- Amélioration de la santé et de la sécurité
- Réduction des frais pour la collectivité dus aux aménagements
- Construction d'un projet fédérateur
- Amélioration de l'accès aux services
- Changement d'image de la collectivité auprès des agents, des partenaires et des habitants
- Amélioration de l'accès à l'emploi pour les personnes non motorisées




PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

L'Ademe distingue quatre grandes étapes dans la réalisation d'un plan de mobilité :

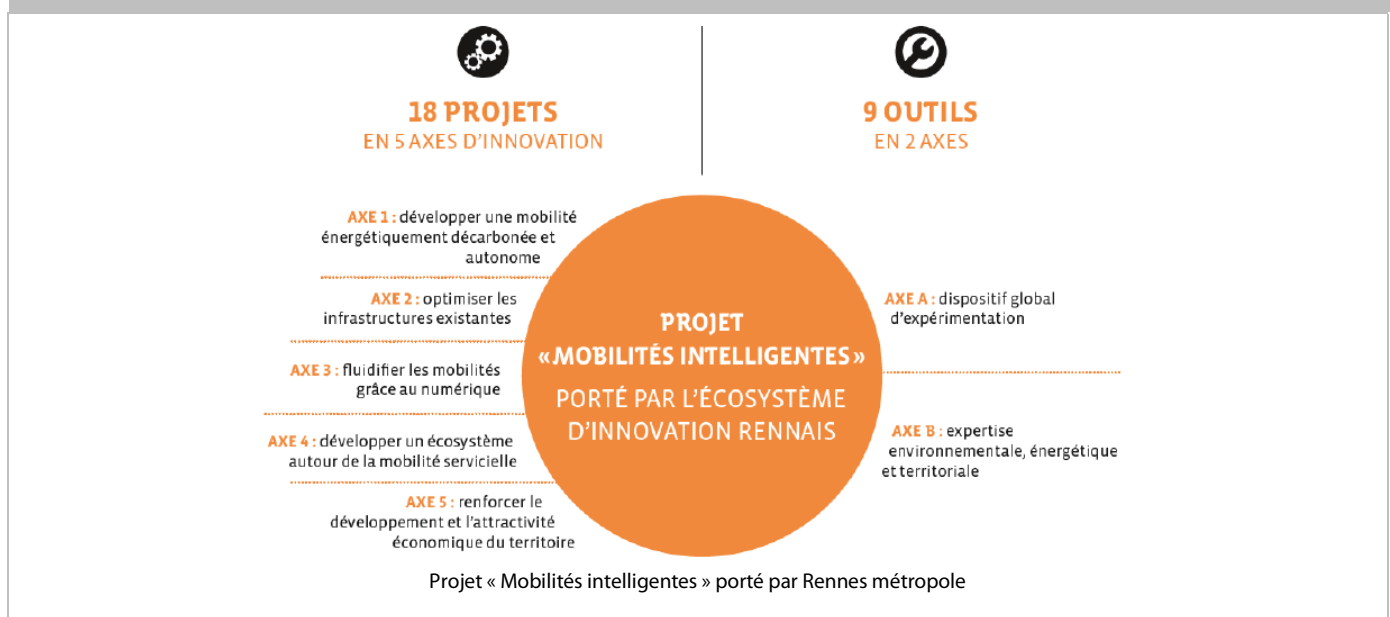
- Évaluer l'intérêt des différents partenaires à s'engager dans cette démarche et leur capacité à s'investir dans le projet.
- Réaliser un bilan de l'existant et, sur cette base, concevoir les méthodes et moyens nécessaires à l'optimisation qualitative des déplacements liés à l'activité de l'entreprise en particulier ceux de son personnel. Le PDM passe par l'élaboration d'un catalogue d'actions et de mesures, assorti d'un budget et d'un calendrier.
- Accompagner la mise en œuvre du PDM, d'une communication et d'une concertation volontaristes en interne (autour d'une personne coordonnant le projet), afin de convaincre chacun de l'intérêt de la démarche, et ainsi pérenniser les actions dans un processus d'évolution continue.
- Évaluer la perception qu'ont les salariés de la mise en œuvre du plan mobilité, afin de cerner les besoins d'ajustement éventuels et les possibilités d'extension de certaines actions



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 \emptyset CONSOS D'ENERGIE	 Variable
 Variable EMISSIONS DE CO ₂ EVITEES	

ILLUSTRATIONS



DESCRIPTION DE L'ACTION

La mobilité intelligente désigne l'usage des technologies de l'information et du numérique dans le domaine des transports, appelées aussi Systèmes de Transport Intelligents (ITS). Elle favorise au quotidien la qualité de service et le confort des usagers, la sécurité, le paiement sans contact, la connaissance de l'offre multimodale, la régulation des trafics et des transports collectifs pour une mobilité plus sûre, plus connectée, plus économe et plus écologique.

Les solutions de mobilité intelligente modifient la manière de se déplacer ; il est désormais possible de connaître en temps réel son environnement et d'interagir avec lui. Les technologies utilisées permettent de gérer des équipements (afficheurs dynamiques, radars...), de communiquer sans fil, de localiser des produits ou des voyageurs ou encore d'enregistrer des données.

Les ITS permettent également de réduire l'impact de la mobilité sur l'environnement en accompagnant le déploiement du véhicule propre, en réduisant la congestion et la pollution, en développant l'intermodalité et en facilitant l'accès aux modes doux. Ce sont ainsi des outils susceptibles de réduire la consommation d'énergie, la pollution et les émissions de GES dus au déplacement des personnes et des marchandises via différentes stratégies :

- Les stratégies qui ont pour but de modifier la demande de transport
- Les stratégies qui ont pour but de mieux utiliser le réseau de transport et d'optimiser les déplacements
- Les stratégies qui encouragent les conducteurs à adopter un comportement plus écologique

Exemple du projet « Mobilités Intelligentes » porté par Rennes Métropole

Le projet « Mobilités Intelligentes » porté par Rennes Métropole et l'écosystème d'innovation rennais fait partie des candidatures retenues dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêts « Territoires d'innovation de grande ambition » (TIGA). Ce projet favorise l'innovation au service des mobilités intelligentes pour :

- Développer une mobilité décarbonée (ex : transition des bus en mode électrique)
- Optimiser les infrastructures existantes (ex : co-voiturage sur voies réservées)
- Fluidifier les mobilités grâce au numérique (ex : application KorriGo sur téléphone mobile, paiement sans contact, véhicules autonomes)




ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Moyens de transport plus fiables et accessibles • Réduction des risques liés à la mobilité • Réduction de l'impact de la mobilité sur l'environnement (réduction des émissions GES et des polluants atmosphériques) • Réduction des frais liés au transport 	
IMPACTS CONFORT	
<ul style="list-style-type: none"> • Amélioration du confort du voyageur qui bénéficie d'informations en temps réel lui permettant d'évaluer ses options, de valider et/ou payer avec une billetterie sans contact 	
INNOVATION / INDUSTRIALISATION	
<ul style="list-style-type: none"> • La mobilité intelligente est porteuse d'innovation. 	
EXTERNALITES POSITIVES	
<ul style="list-style-type: none"> • Création de nouveaux modèles économiques et usages grâce à un nouveau partage des rôles entre collectivités publiques locales et opérateurs privés et à l'économie collaborative (co-voiturage, autopartage). • Les solutions technologiques viennent résoudre le problème de difficulté de construction de nouvelles infrastructures de transport pour des raisons économiques, environnementales et spatiales. • La mobilité intelligente est porteuse d'emplois et de création de nouvelles entreprises. 	
PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE	
/	

Proposer l'utilisation gratuite des transports en commun pendant une semaine - Sensibilisation

#46



CHIFFRES CLES

Consommations	Coûts
 <p>Ø CONSOS D'ENERGIE</p>	 <p>Variable</p>
 <p>50% à 98%* EMISSIONS DE CO₂ EVITEES</p>	

*En remplaçant un trajet en voiture par un trajet en transport en commun, du plus polluant (bus moyen) au moins polluant (tramway). Source : ADEME

ILLUSTRATIONS



Opération « Autopatch, stop à l'auto dépendance » de sensibilisation aux transports en commun

DESCRIPTION DE L'ACTION

L'action vise à organiser une animation : une semaine d'accès gratuit à un réseau de transport pour inciter à l'utilisation des transports en commun. Il s'agit ici de distribution de tickets et de plans de transports en commun gratuits avec possibilité de les utiliser pendant une semaine. Un retour d'utilisation sur le temps de parcours et les horaires devra être demandé en retour d'utilisation. Cette initiative permet à une majorité d'utilisateurs d'évoluer dans leur comportement et de changer de mode de transport. Il est important d'accompagner cette initiative par la diffusion régulière d'informations et par l'organisation d'animations. La mise en place d'offres ne suffit pas à faire évoluer les pratiques, il s'agit ainsi de trouver des relais présents dans les différentes structures, des personnes sensibilisées aux questions de mobilité durable pour aider à la diffusion de l'information. Par exemple, la contribution obligatoire de l'employeur à l'abonnement aux transports en commun constitue un levier important mais méconnu d'une part significative du personnel.

L'objectif est de sensibiliser les automobilistes à l'utilisation des transports en commun en améliorant la connaissance du réseau et des alternatives qu'il offre. L'utilité de cette action dans la conversion d'utilisateur est largement augmentée si elle s'accompagne d'autres mesures importantes sur la mobilité comme la densification de l'offre de transport ou la mise en place d'une offre « décarbonée », avec la mise à disposition de vélos en libre-service.

ATOUTS	CONTRAINTES
<ul style="list-style-type: none"> • Réduction de l'impact environnemental : réduction des émissions de GES et des polluants atmosphériques • Meilleure compréhension des habitudes de transport, offrant la possibilité de développer une offre plus adaptée • Report modal des utilisateurs de la voiture individuelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Concurrence avec le vélo et la marche • Baisse des recettes sur la période, même si l'opération peut être financée par les collectivités ou établissements • Saturation du réseau sur la période

IMPACTS CONFORT

- Limitation de la congestion à l'intérieur de l'espace universitaire

INNOVATION / INDUSTRIALISATION

/

EXTERNALITES POSITIVES

- Limitation de la congestion en dehors de l'espace universitaire

PILOTAGE ET MISE EN ŒUVRE

Le coût de la gratuité des transports est très variable d'une agglomération à une autre. À titre indicatif, il avait été estimé à environ 3,5 M€/jour lors des pics de pollution de 2015 en Ile-de-France.