



Massification réhabilitation

Atelier 19 septembre 2025

*AMO Technique : Hors Site Conseil
projet UE GRF : Ressorts*

Le Club Entreprises Bretagne



4 structures porteuses

BATY.LVB



Avec l'appui de



Objectif

Mobiliser les acteurs régionaux et les aider à se structurer pour répondre aux marchés à venir



Le Club Entreprises Bretagne



Ateliers & webinaires

ateliers - REX - webinaires

Club Energie Sprong Bretagne - PARTIE 1 : Echanges avec les bailleurs bretons & retours d'expériences des Pays de la Loire

31 janvier 2023, Rennes

Regarder sur YouTube

HORS SITE Conseil
Sourcing rénovation énergétique.
31/01/2023

Mission d'AMO sourcing portée par l'ARO Hlm Bretagne
Pierric MARTIN, Hors Site Conseil

Format : PDF
Poids : 993 Ko

TÉLÉCHARGER LE DOCUMENT

EnergieSprong en Pays de la Loire.
Jérémy ROBIN, USH Pays de la Loire

Format : PDF
Poids : 835 Ko

TÉLÉCHARGER LE DOCUMENT

Annuaire & cartographie

36 structures référencées

Recherche par mots-clés | Compétences | Territoire (Pays) | LÉGENDE

32 résultats

Liste | Carte

EGIS BATIMENTS CENTRE OUEST
Compétences en ingénierie tous corps d'état, simulations, pilotage de la performance, éner...
egis

EMENDA
EMENDA est un bureau d'études techniques spécialisé dans les domaines de la thermique...
EMENDA

FLUDITEC - 7ECO
Expertise et conception énergétique de bâtiment.
FLUDITEC

+ Demande d'ajout de fiche | Source(s)

www.batylab.bzh/action-collective/energiesprong-bretagne

9h30 – point d'actualité sur la démarche

10h – Référentiel hors site sur les systèmes énergétiques

10h15 – Solaire et décarbonation

11h – Atelier exploitation-maintenance

12h - Clôture

Introduction (RAPPEL)



Contexte régional

- Les organismes hlm se mobilisent pour lancer un marché massifié de la réhabilitation en réponses aux objectifs ambitieux de la SNBC & décence énergétique

Objectifs

- Acheter en commun des « kit travaux standardisés » qui permettent une rénovation en site occupé
➔ Conception de solutions « duplicables et réutilisables » pour un volume important d'opérations

Principes

Au-delà d'une recherche de performance ➔ s'aligner sur un programme commun et méthode pour accélérer le rythme des réhabilitations

3 SCENARIOS sur une seule catégorie de patrimoine



TRAVAUX enveloppe/système UNIQUEMENT

Ambition DPE A



Ambition DPE B



Ambition DPE C

Périmètre du programme régional



7 bailleurs engagés

- Morbihan Habitat
- Terres d'Armor Habitat
- Neotoa
- Aiguillon Construction
- BSB Les Foyers
- Brest Métropole Habitat
- Douarnenez Habitat

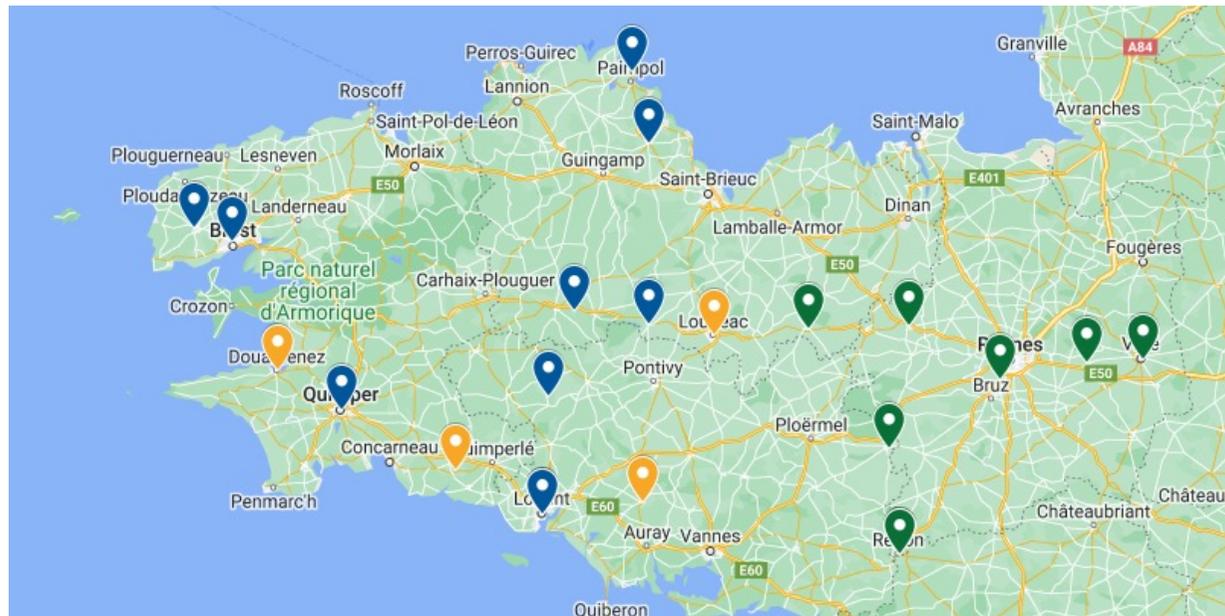
- **2 500 logements petits collectifs** étudiés
- **63 Résidences** catégorisées

Premier marché préfigurateur

→ 21 résidences 609 logements



Résidences réparties sur les 4 départements bretons





Des fondamentaux... au lancement opérationnel

Mission AMO PROGRAMMATIQUE démarrée depuis septembre



Après consultation, une mission confiée au groupement EMENDA / REPAIRE pour :

- **Analyse technique du Patrimoine** (Diagnostics, visites de sites)
→ *Démarrage octobre*
- **Rédaction du programme commun** (allotissement, budget, ordonnancement des résidences, travaux...)
- **Préparation du 1^{er} marché (consultation dès 2026)**
→ *Prestation pilotée dans le cadre d'un groupement de commandes inter-bailleurs*
→ *Accord- cadre*

Présentation de l'AMO



Mathieu GARCIA

Président EMENDA / ISOME / REPAIRE



Guillaume BAUMGARTNER

Directeur de Mission



Mandataire
ATMO



Cotraitant
Stratégie d'achat,
procédure



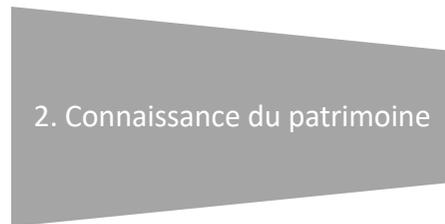
Sous-traitant
MOE TCE

Notre mission



1. processus & prise en main

- Mise en place outil de communication
- Etat des lieux des pratiques



2. Connaissance du patrimoine

- Collecte des données
- Identification des études à mener
- Visites de site et diagnostic



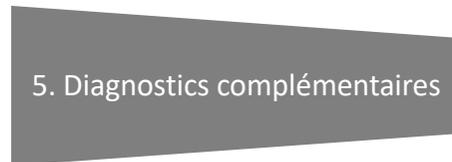
3. Programmation

- Programmation par résidence
- Programmation globale de la démarche



4. Stratégie MOD

- Proposition d'une stratégie d'achat pérenne et dynamique
- Etablissement DCE critères de sélection MOD



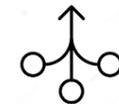
5. Diagnostics complémentaires

- Amiante, plomb, structure, acoustique, état des réseaux

Nos objectifs



- Lien entre « l'**offre** » et la « **demande** »
- **Sécurisation** de la commande des MOA
- **Simplification** du montage
- **Rationalisation** des consultations



Quelques repères complémentaires...



- **Typologies travaux**



- **Objectifs énergétiques**



- **Coûts objectifs**



Spécificités de la démarche bretonne



- **Réplicabilité**
- **Engagement de performance ?**
- **Exploitation maintenance ?**
- **Dévolution des travaux ?**



Spécificités de la démarche bretonne



- **Hors-site ?**
- **Maitrise d'Ouvrage Déléguée (MOD)**

Calendrier

- **Désignation du MOD : mai 2026**



9h30 – point d'actualité sur la démarche

10h – Référentiel hors site sur les systèmes énergétiques

10h15 – Solaire et décarbonation

11h – Atelier exploitation-maintenance

12h - Clôture

Ce référentiel a une ambition :
développer une terminologie partagée
et des classifications de solutions pour
stimuler une réflexion collective sur
l'acte de rénovation hors-site.

Vous y trouverez :

numéro
clicquable
01

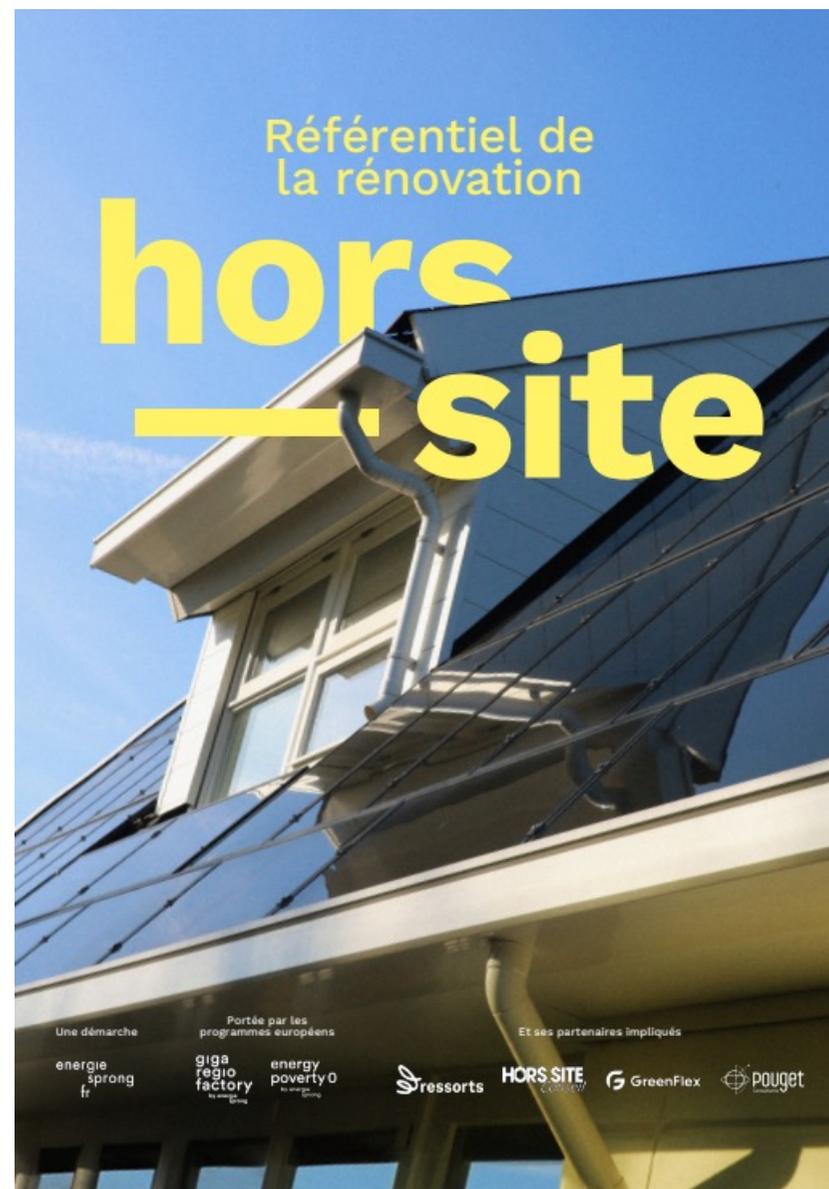
Un état des lieux des défis du secteur
du bâtiment et les (nombreuses)
réponses apportées par le hors-site.

02

Un argumentaire solide destiné aux
maîtres d'ouvrage pour comprendre,
sélectionner et présenter des approches
concrètes aux parties prenantes.

03

Des fiches synthétiques (et pratiques)
présentant les typologies de solutions
de rénovation actuelles et à venir.



Livret – solutions techniques

Parler un langage commun : la nécessité d'un référentiel de la rénovation hors-site

Le développement d'un référentiel de la rénovation hors-site est essentiel pour standardiser les pratiques, garantir des niveaux élevés de qualité et de durabilité, et répondre aux défis environnementaux et économiques actuels en intégrant les dernières avancées technologiques et industrielles. Disposer d'un référentiel des typologies de solutions existantes

en rénovation hors-site permet aux bailleurs sociaux de répondre de manière efficace et durable aux défis actuels du secteur du bâtiment. Cela les aide à choisir les meilleures pratiques pour améliorer la qualité de vie des résidents, tout en contribuant activement à la transition environnementale et à la réduction de l'empreinte carbone du parc immobilier.

Comprendre

La modification des pratiques du secteur de la rénovation, au bénéfice de la fabrication hors-site et de la massification, est une évolution majeure. Son déploiement doit nécessairement s'accompagner d'une montée en compétence progressive de l'ensemble des acteurs, afin de garantir une compréhension collective des enjeux et des solutions disponibles, et d'assurer des échanges riches et constructifs lors des phases d'élaboration des projets.

Choisir

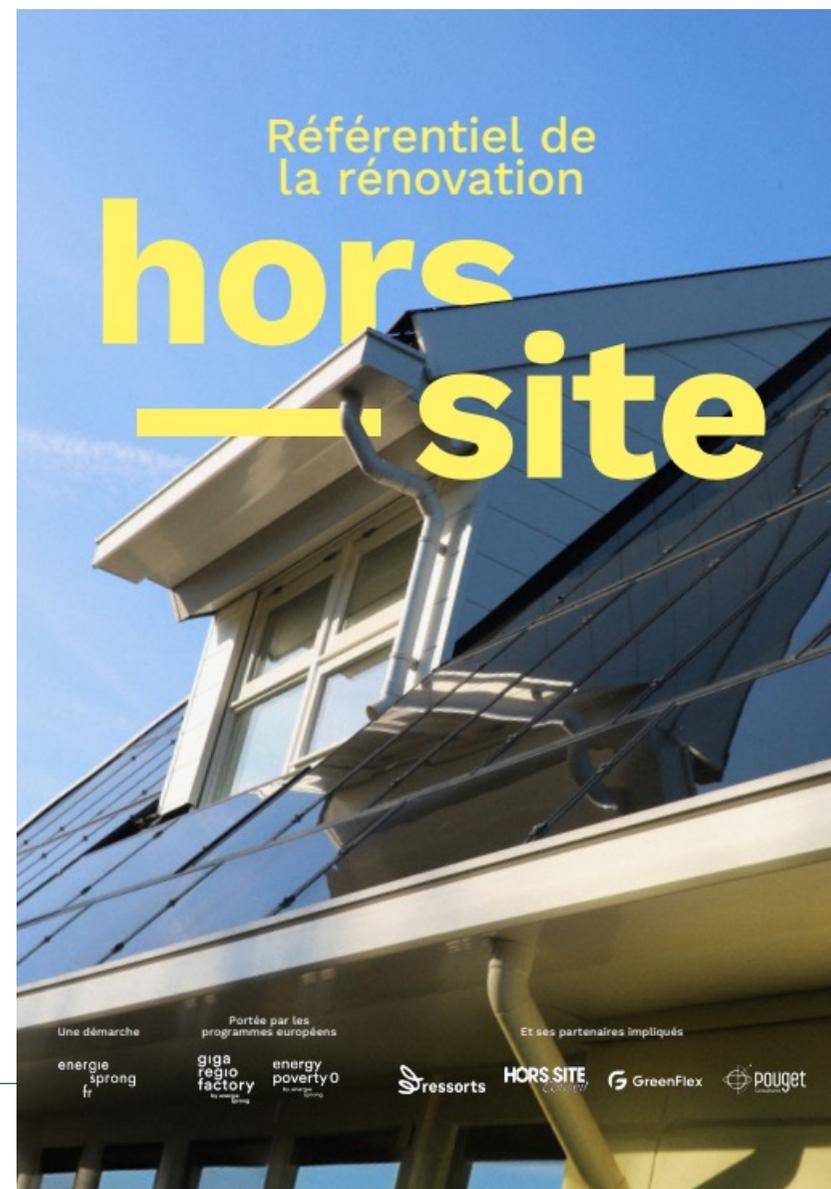
Les maîtres d'ouvrage gèrent souvent un grand nombre de bâtiments avec des typologies variées. Un référentiel de solutions permet de standardiser les approches et de simplifier les décisions en offrant une vue claire des options disponibles pour différents types de bâtiments et de situations de rénovation. Cela facilite le choix des solutions les plus adaptées à chaque contexte spécifique, tout en garantissant une mise en œuvre plus rapide et plus efficace.

Concevoir

La conception joue un rôle central dans la réussite d'un véritable passage à l'échelle. Cela implique, d'une part, que les fournisseurs de solutions garantissent la reproductibilité et l'adaptabilité de leurs produits pour répondre aux exigences architecturales, et, d'autre part, que les concepteurs intègrent des solutions standardisées déjà existantes. Seule une collaboration étroite inter-acteurs permettra d'améliorer durablement la qualité et la performance des catalogues de solutions.

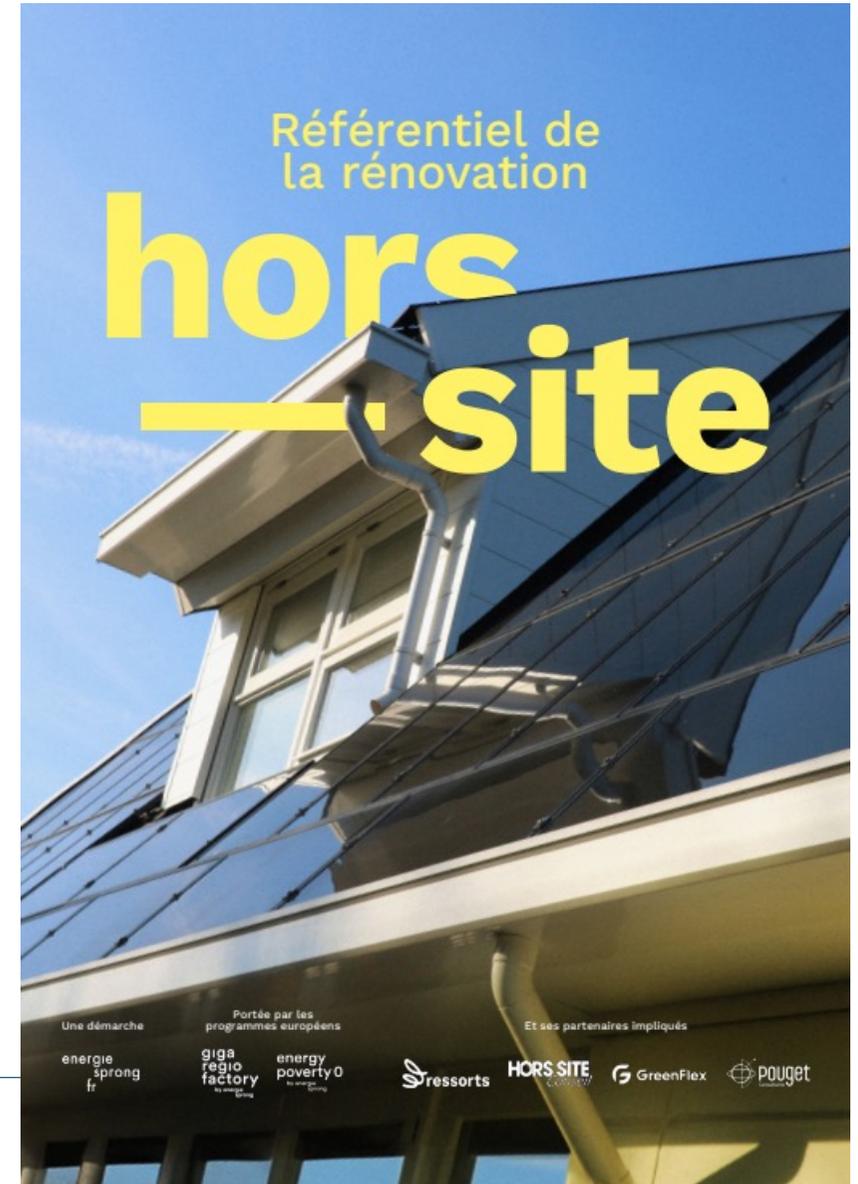
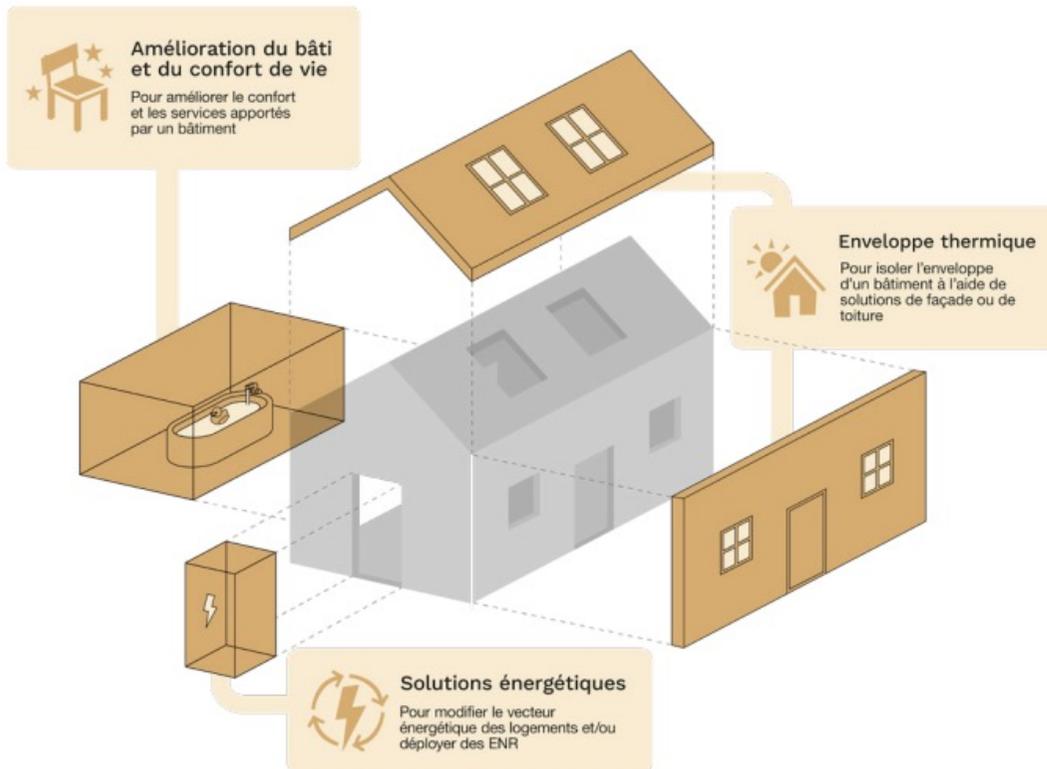
Mettre en œuvre

La mise en œuvre de solutions hors-site, au-delà des étapes de diagnostic de l'existant, nécessite une attention particulière à la logistique. Elle implique également de réintégrer les solutions, pensées comme des assemblages, dans un processus continu d'amélioration basé sur les retours d'expérience, tant des acteurs les mettant en œuvre que des utilisateurs qui en feront un usage quotidien.



Choisir

En tant que maître d'ouvrage, les solutions hors-site dédiées à la rénovation peuvent se distinguer en trois grandes catégories :



03

Les solutions existantes

Fiches solutions détaillées cliquables

Solutions existantes traditionnelles



Enveloppe thermique

Je souhaite isoler l'enveloppe de mon bâtiment à l'aide de solutions de façade ou de toiture.

Façades



Panneaux de façade 2D simple

Panneaux de façade 2D complexe

Éléments de façade en kit/manuportables

Toiture



Caissons de toiture isolants

Plancher bas

Solutions traditionnelles uniquement



Solutions énergétiques

Je souhaite rénover les systèmes énergétiques de mes logements et/ou déployer des ENR.

Solutions pré-fabriquées



Module énergie individuel extérieur

Module énergie individuel intérieur

Module énergie collectif

Systèmes techniques en kit

Solutions traditionnelles (PAC, double flux)



Amélioration du bâti et du confort de vie

Je souhaite améliorer le confort intérieur et/ou extérieur de mon bâtiment.

Accessibilité



Ascenseurs et escaliers extérieurs

Amélioration du confort et sécurité



Loggias et balcons

Salles de bain préfabriquées

Mise aux normes (électriques, ...)

Création d'espace



Surélévation/extension

Livrable GRF : Référentiel de la rénovation

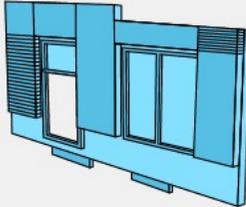
Composition des fiches :

- Description de la solution
- Caractéristiques techniques majeures
- Avantages et points de vigilances de la solution

Guide accessible [ici](#)

Enveloppe thermique

Panneaux de façade 2D complexe



Description de la solution

- Solution de façade isolante 2D préfabriquée agissant comme Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE)
- Produit intégré, c'est-à-dire composé de plusieurs éléments – les mêmes que les panneaux de façade 2D simple mais en ajoutant :
 - Menuiseries
 - Protections solaires
 - Éléments techniques potentiels (ventilation, chauffage...)
- Comprend un système d'accroche permettant la mise en œuvre sur la façade du bâtiment à rénover
- Intègre généralement un complément d'étanchéité à l'air nécessaire à l'amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment
- Peut comporter en amont les réserves et percements pour les éléments sortants et/ou décrochés de l'existant

Caractéristiques techniques majeures

Indicateurs-clés de la solution

- Dimensions maximales fixées par les gabarits routiers : 3,00m de haut x 11,90m de long
- Poids de la solution pouvant varier de 45 à 150kg/m² – fortement dépendant du matériau employé pour l'ossature (métal ou bois), du revêtement extérieur, de l'isolation et des menuiseries

Compatibilité de morphologie du bâti

- Solution favorable pour les grandes surfaces de façades linéaires
- Façades existantes en béton plein facilitant la fixation des éléments, ou bien structures poteaux-poutres en ciblant les poteaux et les nez de dalle en béton pour les accroches
- Solution difficilement compatible avec des façades existantes légères (panneaux sandwichs...) – ou alors nécessitant leur dépose au préalable
- Possibilité d'avoir des panneaux verticaux en fonction du bâti existant : panneaux englobant plusieurs étages en cas de trames régulières comme sur les bâtiments tertiaires

Prérequis à l'intégration de la solution dans un projet : MOA

- Prévoir un diagnostic structural précis afin de garantir la capacité du bâtiment à supporter cette « seconde peau »
- Conception & allotissement : sourcer les produits existants et prévoir un lot façade isolante intégrée et industrialisée, intégrant bien menuiseries & protections solaires
- Point de vigilance sur l'interfaçage avec les autres solutions (toiture, équipements techniques), les autres corps d'état (gros-œuvre, couverture/étanchéité, etc.) et les autres éléments structuraux (balcons/dalles) : intégrer un bureau d'étude bois/métal dès la conception
- Anticiper la jonction entre le produit de façade isolante hors-site et l'ITE traditionnelle si nécessaire

Les avantages

- Possibilité d'intégration de matériaux biosourcés (sous réserve ATEX/ATEC) et de mixité de matériaux : ossature en bois ou métal et isolation biosourcée (fibre / laine végétale ou animale / etc.)
- Nombreuses finitions extérieures possibles, permettant une personnalisation des projets selon les exigences des PLU
- L'industrialisation permet de faciliter l'intervention en présence d'amiante

Les points de vigilance

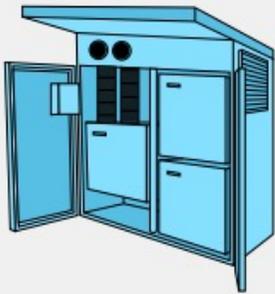
- Selon les produits, des travaux de finition peuvent rester à faire sur site et peuvent nécessiter l'utilisation de nacelle/échafaudage
- Importance à porter sur la jonction des panneaux entre eux au moment de la pose ainsi que sur la jonction avec le mur existant – Besoin de formation spécifique des équipes de pose
- Le calepinage des systèmes d'attaches est déterminant pour la reprise de la charge
- Logistique d'acheminement (protection des menuiseries pendant le transport) et de pose des façades à la grue mobile
- Capacité structurelle de la façade du bâti existant

Sommaire

ZOOM sur les systèmes énergétiques

Solutions énergétiques

Module énergie individuel extérieur



Sommaire

Description de la solution

- Module technique compact intégrant plusieurs systèmes comme :
 - Le système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (souvent, par pompe à chaleur)
 - Le stockage de l'eau chaude sanitaire
 - La ventilation mécanique
 - Les équipements de régulation
 - Parfois, une batterie électrique et un onduleur
- Module isolé thermiquement et phoniquement, préassemblé hors-site et positionné à l'extérieur du logement
- Différentes options & services supplémentaires sont possibles : borne de recharge électrique, panneaux photovoltaïques, boîte à lettres/colis

Caractéristiques techniques majeures

- Dimensions standards d'une solution de ce type : 2,5m de haut x 2m de long x 1m de profondeur
- Poids : de 200 à 500 kg*
- Solution permettant d'intégrer des équipements compatibles avec une ambition d'étiquette A : pompes à chaleur haute performance, ventilation double flux avec récupération d'énergie, systèmes à énergies renouvelables, etc

Indicateurs-clés de la solution

Compatibilité de morphologie du bâti

Prérequis à l'intégration de la solution dans un projet : MOA

- Système de chauffage à eau chaude (radiateurs, plancher chauffant...)
- Sur la parcelle : emplacement disponible en pied de mur ou de façade
- Avoir la capacité de se raccorder simplement aux réseaux de chauffage et de ventilation existants pour maximiser la dimension plug & play de cette solution

- Anticiper les raccordements de la solution aux réseaux fluides (chauffage, eau chaude, ventilation) et électriques intérieurs
- Anticiper les percements dans les murs avant la pose du module (passage des réseaux)
- Le niveau d'isolation du bâtiment doit être performant pour être équipé d'une pompe à chaleur
- Il est possible de l'envisager en logement collectif : solution modulable à disposer en intérieur ou extérieur des logements (loggia/façade)

*d'après les retours d'expérience des fournisseurs et projets en rénovation hors-site

Les avantages de la solution

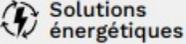
- Gain de place intérieur libéré par l'ancienne chaudière
- Attractivité : possibilité d'être positionné en porche d'entrée et d'intégrer du design
- Moins bruyant comparé à un groupe extérieur seul
- Facilitation de l'accessibilité des équipements pour les travaux de maintenance depuis l'extérieur du bâtiment
- Possibilité d'empilement de modules énergie individuels pour des bâtiments de type petits collectifs/intermédiaires (chauffage/ECS distribué sur chaque étage)
- Solutions souvent compatibles avec des ambitions fortes en rénovation Energie avec étiquette A ou B
- Peut intégrer un système de récupération de l'eau de pluie

Les avantages

Les points de vigilance

- Pour la pose : besoin d'installateurs multi compétences : plomberie-chauffage, électricité, ventilation et travaux de maçonnerie à prévoir en amont
- Dimensionnement des équipements : nécessité des logements performants ou déjà isolés

ZOOM sur les systèmes énergétiques



Module énergie individuel intérieur



[Sommaire](#)

Description de la solution

- Module technique compact pour logements individuels et collectifs, intégrant plusieurs systèmes comme :
 - Le système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (souvent, par pompe à chaleur sur air extrait)
 - Le stockage de l'eau chaude sanitaire
 - La ventilation mécanique
 - Les équipements de régulation associés
- Produit préassemblé en usine et positionné à l'intérieur du logement, sans unité extérieure

Caractéristiques techniques majeures

Indicateurs-clés de la solution

- Dimensions standards d'une solution de ce type : 2,2m de haut x 0,6m de large x 0,6m de profondeur
- Poids : de 200 à 300 kg*
- Solution proposant un coefficient de performance (COP) optimisé du fait de la récupération de calories sur l'air extrait

Compatibilité de morphologie du bâti

- Adapté pour du logement collectif ou individuel
- Système de chauffage à eau chaude (radiateurs, plancher chauffant...)
- A l'intérieur du logement : disposer d'un emplacement dédié, situé à proximité du réseau d'extraction d'air
- Avoir la capacité de se raccorder simplement au réseau de chauffage existant pour maximiser la dimension plug & play de cette solution

Prérequis à l'intégration de la solution dans un projet : MOA

- Anticiper les raccordements de la solution aux réseaux fluides (chauffage, eau chaude, ventilation) et électriques intérieurs
- Le niveau d'isolation du bâtiment doit être performant pour être équipé d'une pompe à chaleur

**d'après les retours d'expérience des fournisseurs et projets en rénovation hors-site*

Les avantages de la solution

Les avantages

- Moins bruyant pour le voisinage du fait de l'absence de groupe extérieur
- Adapté pour du logement individuel comme pour des immeubles de logements collectifs équipés de systèmes techniques individuels

Les points de vigilance

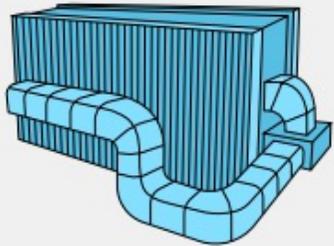
- Perte de place à l'intérieur du logement
- Opérations d'entretien/maintenance : plus complexes à planifier du fait de son positionnement à l'intérieur du logement
- Pour la pose : besoin d'installateurs multi-compétences : plomberie-chauffage, électricité et ventilation
- Dimensionnement des équipements : nécessite des logements performants ou déjà isolés
- Nécessite un raccordement au système de ventilation (extraction), ce qui est à étudier techniquement (choix de l'emplacement, raccordement au réseau, place disponible, etc.)

ZOOM sur les systèmes énergétiques

Sommaire

Solutions
énergétiques

Module énergie collectif



Description de la solution

- Bloc technique préfabriqué & intégré, destiné à desservir plusieurs logements et directement équipé de plusieurs systèmes énergétiques possibles : pompes à chaleur sur air extérieur ou géothermique, pompes à chaleur hybride gaz/électricité, équipements de ventilation simple ou double flux
- Module adapté à du logement collectif, avec la capacité de couvrir l'ensemble des besoins de chauffage, froid et ECS d'un bâtiment
- Plusieurs configurations sont possibles avec une ou plusieurs PAC par usage (chauffage et eau chaude sanitaire) ou un groupe de PAC pour les 2 usages
- Ces modules peuvent être positionnés à l'extérieur (sur le terrain ou en toiture) ou à l'intérieur (en local technique) lorsque l'accès est possible

Caractéristiques techniques majeures

Indicateurs-clés de la solution

- En terrasse ou au sol : Modules d'environ 2,5m par 6,5m*
- En intérieur : distance maximale entre PAC et extérieur comprise entre 2 et 3m
- PAC pouvant généralement fonctionner jusqu'à -20°C extérieur, 50°C / 55°C en température maximale de sortie

Compatibilité de morphologie du bâti

- Destiné à du logement collectif équipé de systèmes de chauffage et/ou d'ECS collectifs (chauffage et/ou eau chaude centrale)
- Besoin de place disponible, sur le terrain, en toiture ou en local technique
- En toiture ou en local technique : besoin d'une structure adaptée pour accueillir le système
- Compatibilité du système avec les normes d'urbanisme en vigueur : à vérifier

Prérequis à l'intégration de la solution dans un projet : MOA

- Destiné au remplacement des systèmes dans des chaufferies collectives, pour réutilisation des gaines existantes
- En conception, prévoir la place suffisante pour l'intégration du système

*d'après les retours d'expérience des fournisseurs et projets en rénovation hors-élite

Les avantages de la solution

Les avantages

- Rendu esthétique en cas de positionnement extérieur : système pouvant bénéficier d'une intégration architecturale adaptée au contexte urbain (parements en bois ou acier, par exemple)
- Système permettant d'intégrer d'autres services pour les habitants ou pour les maîtres d'ouvrage/propriétaires : autoconsommation d'électricité photovoltaïque produite sur site, batteries de stockage, services de mobilité électrique, etc.)
- Module intégralement équipé : pose rapide et plug & play
- Offre la possibilité de mettre en œuvre de la ventilation double flux avec récupération d'énergie dans du logement collectif (sous réserve du passage des réseaux de soufflage d'air, en façade ou à l'intérieur)
- Peut intégrer un système de récupération de l'eau de pluie

Les points de vigilance

- Anticipation de la conception selon les méthodes de DfMA (Conception pour l'Industrialisation et l'Assemblage)
- Bien estimer les besoins de chauffage existants pour dimensionner les systèmes à installer (chauffage, ventilation)
- Solutions n'ayant pas encore atteint un niveau de maturité / prix attractif
- A ce jour, peu de fournisseurs sur le marché

Sourcing – solutions techniques

Outil de sourcing pour référencer les acteurs de la rénovation



Catégories

Fournisseur de solutions numériques

Industriels catégorie 1 - ossatures 1D

Industriels catégorie 2C - Panneaux 2D Complexes

Industriels catégorie 2S - Panneaux 2D simples

Industriels catégorie 3 - Modulaires 3D

Industriels catégorie 4 - Composants non structurels

Promoteurs



9h30 – point d'actualité sur la démarche

10h – Référentiel hors site sur les systèmes énergétiques

10h15 – Solaire et décarbonation

11h00 – Atelier exploitation-maintenance

12h - Clôture

Solaire & décarbonation



Mission d'Atlansun :

Développer la part de l'énergie solaire photovoltaïque & thermique dans le mix énergétique du Grand Ouest

321 adhérents en 2025 :

Entreprises, collectivités, organismes de formation, consulaires, organismes professionnels, réseaux partenaires, bailleurs sociaux...

Nos financements :

Fonds Européens, ADEME, Région Bretagne, membres (publics/privés)

COFINANCÉ PAR
UNION EUROPÉENNE



L'Europe s'engage
en Bretagne /

Financé par





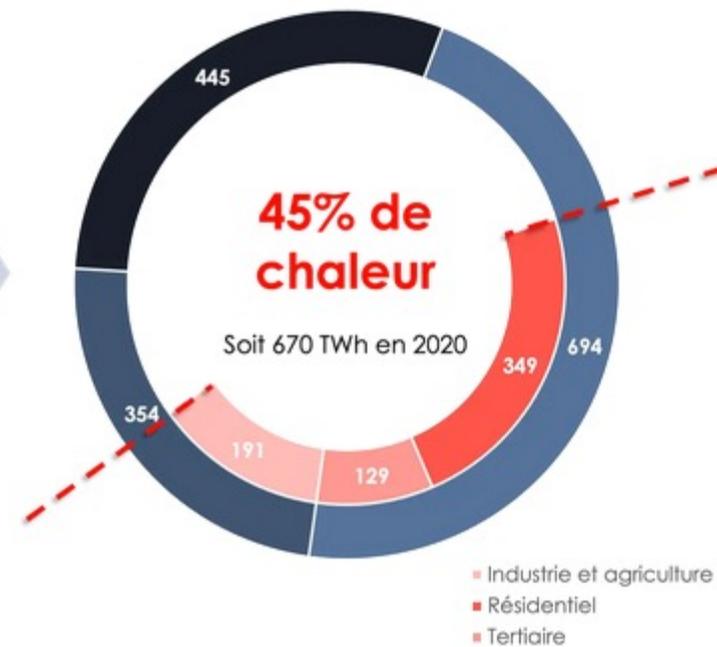
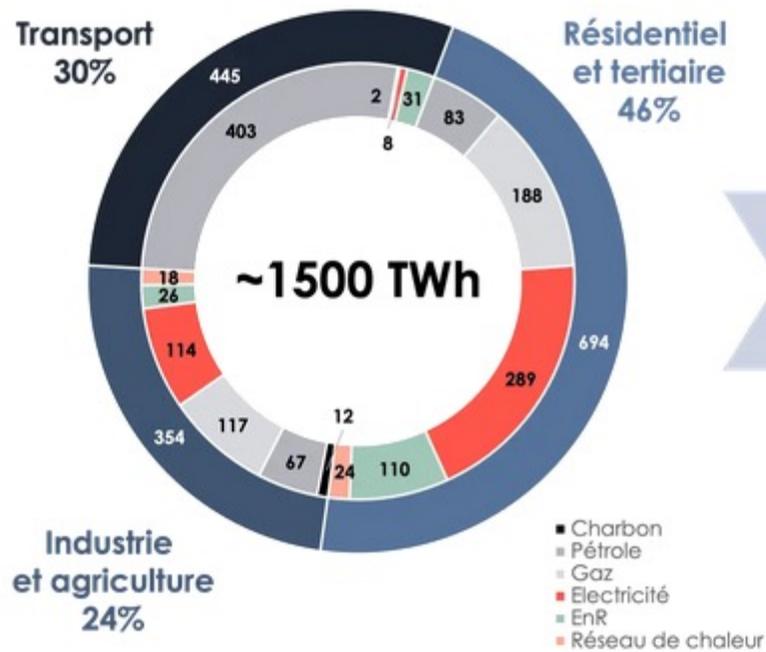
Introduction

Décarboner l'énergie



Consommation d'énergie finale en France par secteur et par source (2020)

Part des usages chaleur dans la consommation d'énergie finale en France (2020)



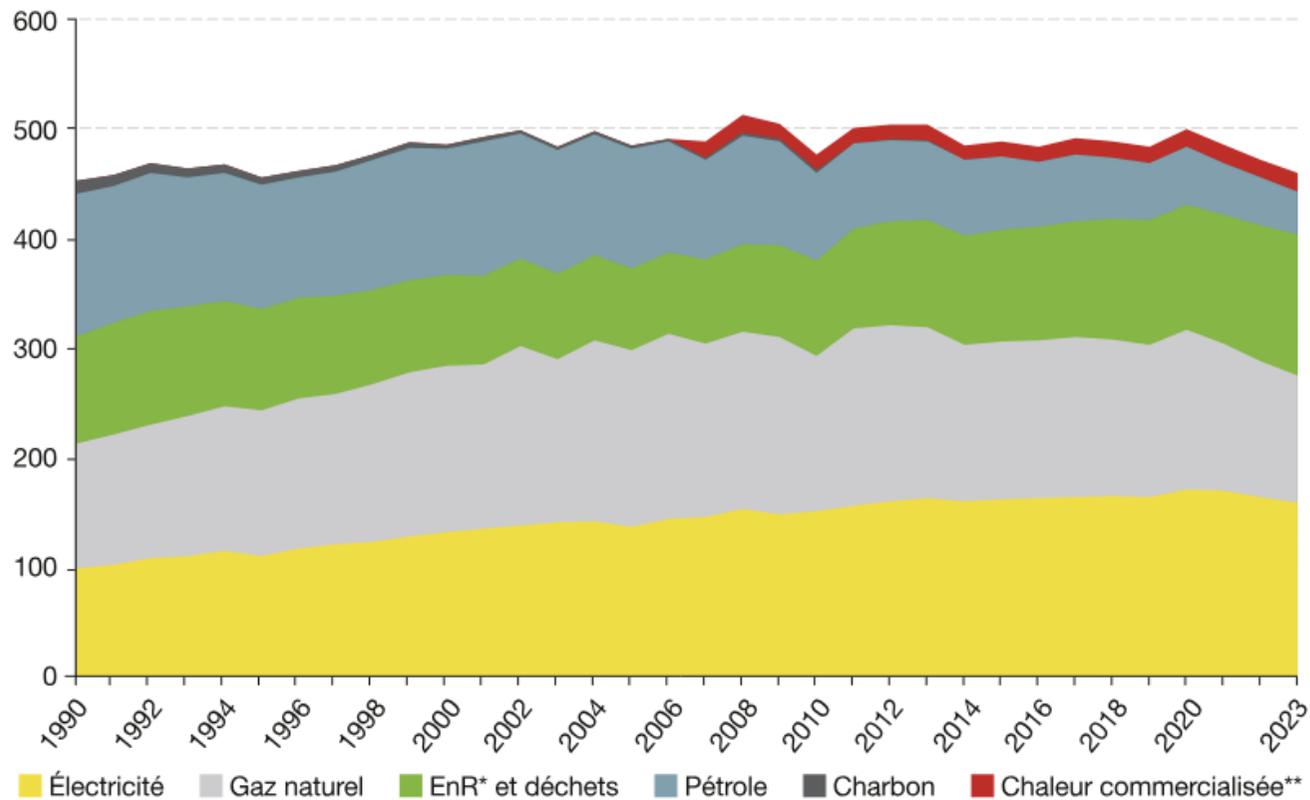
Notes : Corrigées des variations climatiques ; EnR – énergies renouvelables thermiques, déchets et biocarburants
 Source : Bilan énergétique de la France pour 2020 (Janvier 2022) DataLab MTE, SDES, Transition(s) 50 ADEME, analyse Carbone 4

Décarboner l'énergie

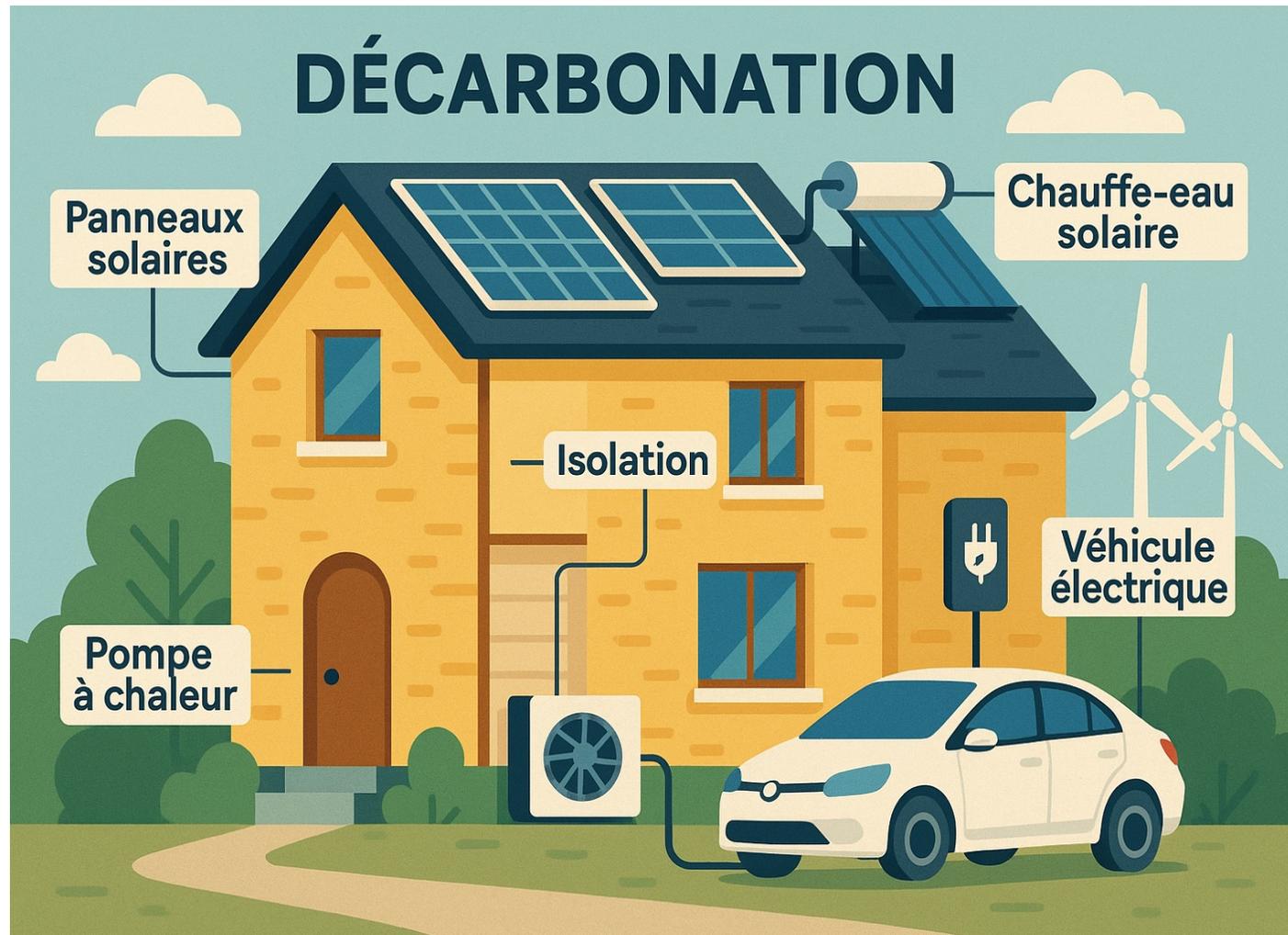


RÉSIDENTIEL : 460 TWh EN 2023 (DONNÉE CORRIGÉE DES VARIATIONS CLIMATIQUES)

En TWh (données corrigées des variations climatiques)



Décarboner l'énergie dans le logement : quelles solutions ?



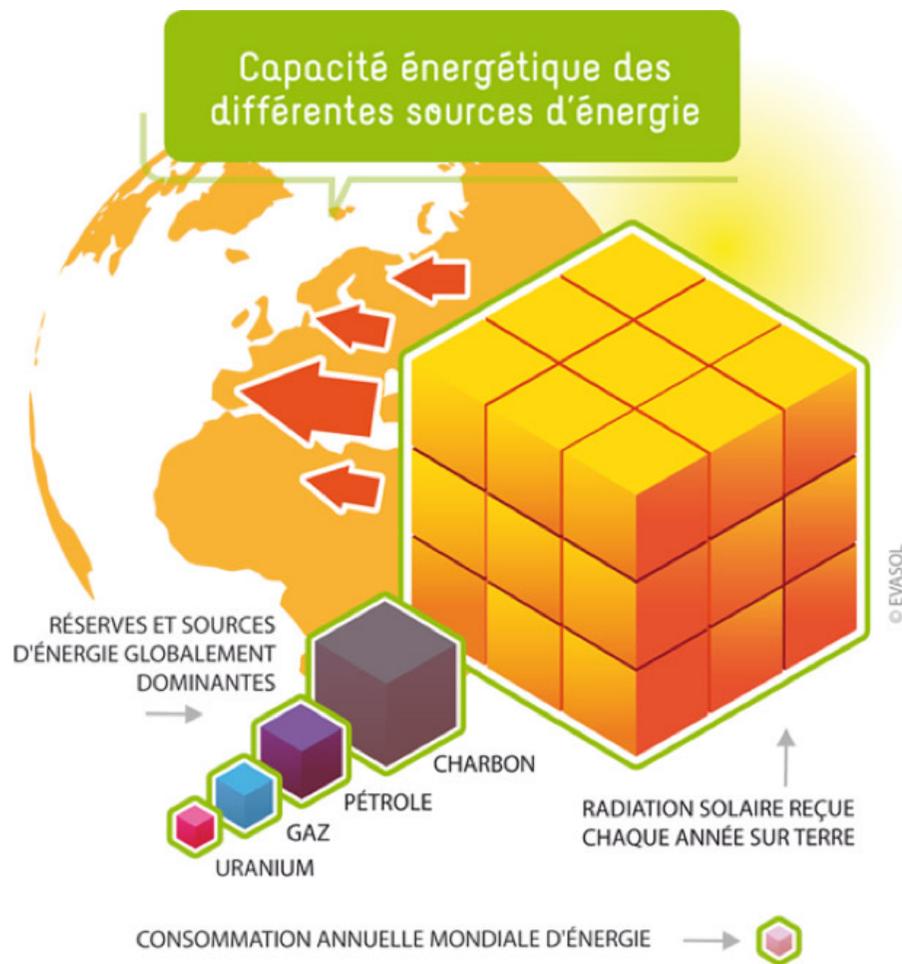


Le solaire est-il un levier puissant de décarbonation dans la réhabilitation du parc social* ?

**Et accessoirement partout, par et pour toutes & tous¹*

¹*Mais bien entendu pas le seul levier*

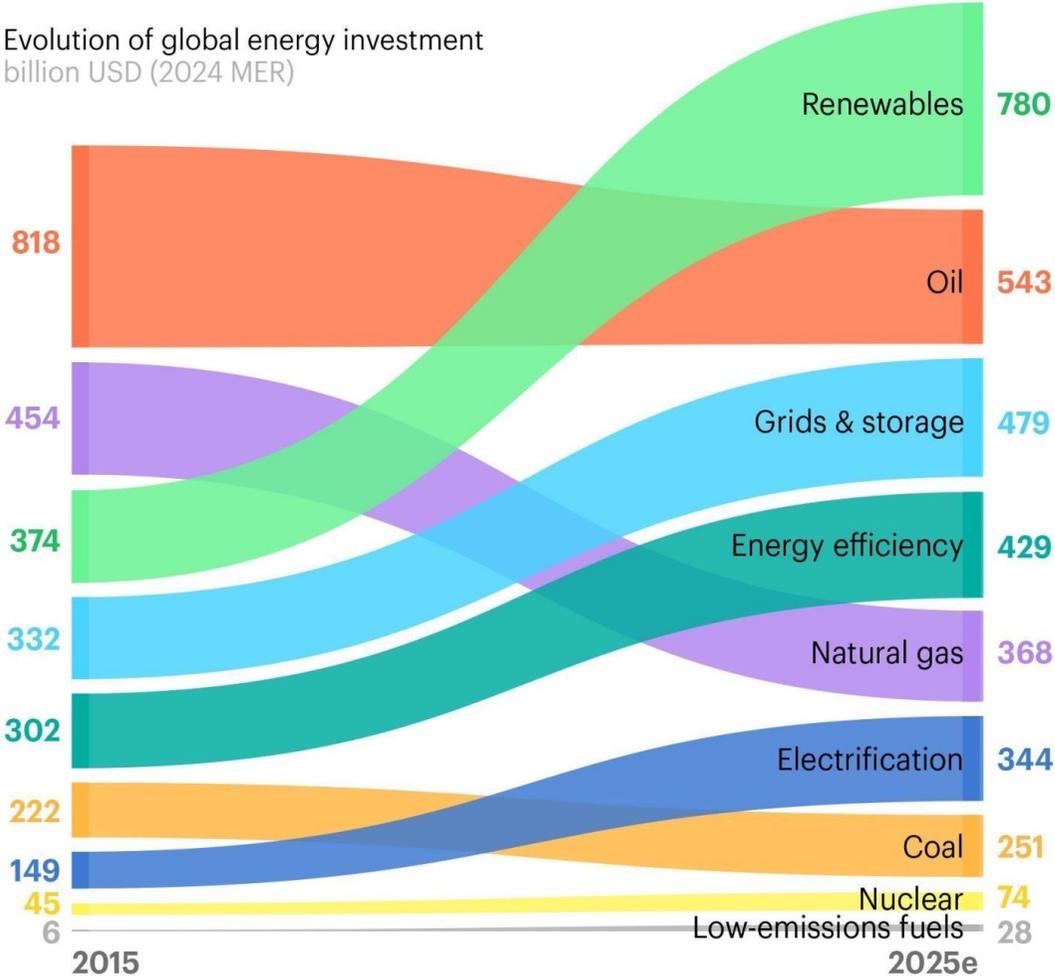
Une énergie abondante



The world's energy investment landscape is changing

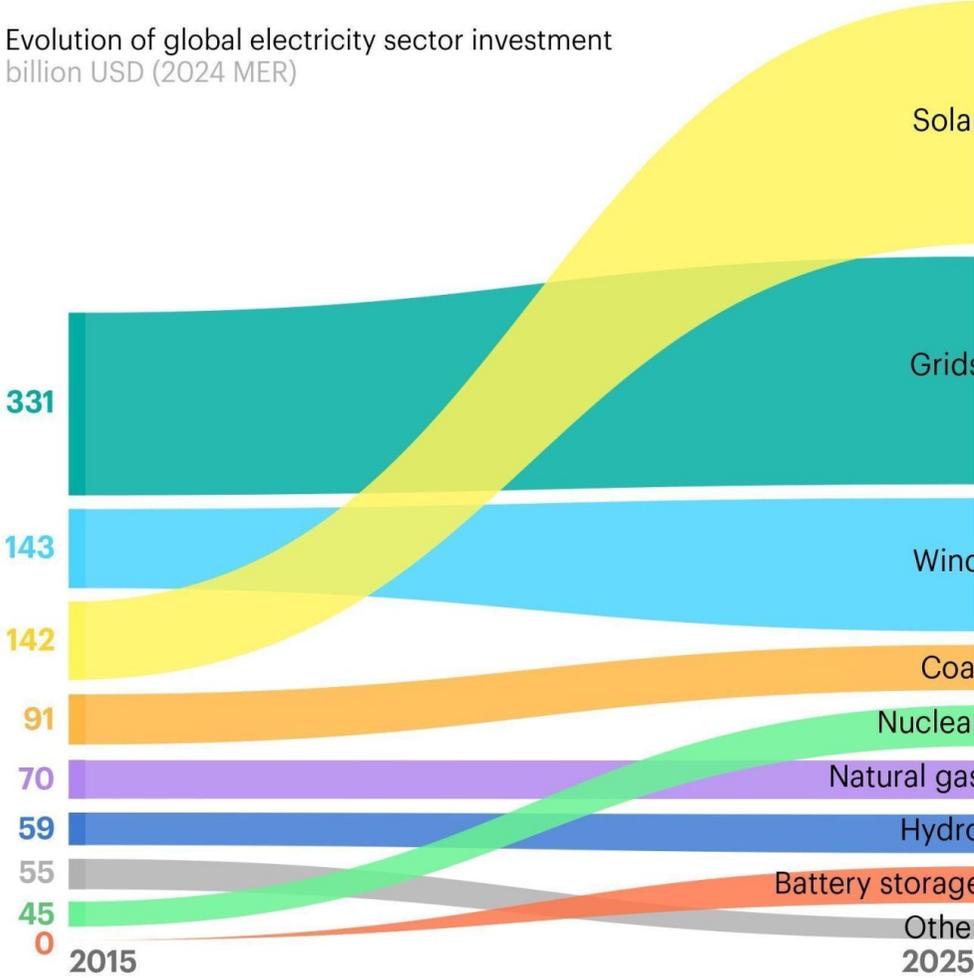


Evolution of global energy investment
billion USD (2024 MER)



Global spending on electricity continues to evolve

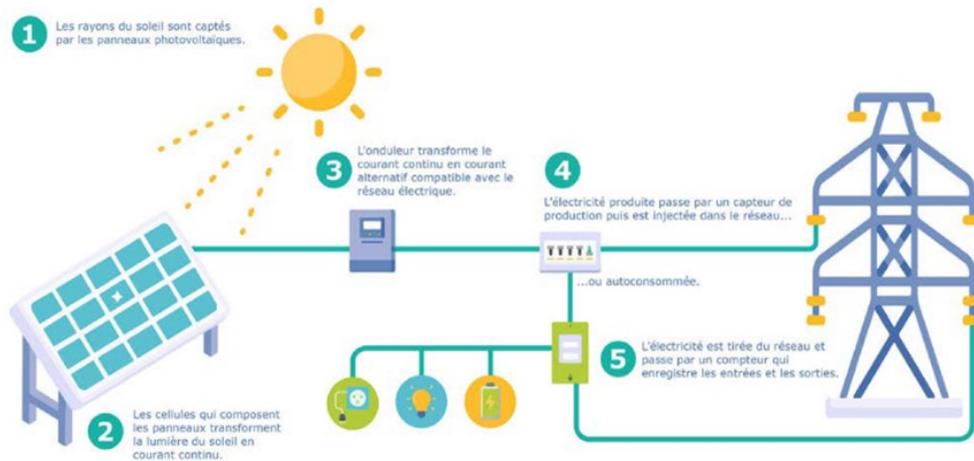
Evolution of global electricity sector investment
billion USD (2024 MER)



Solaire : de quoi parle-t-on ?

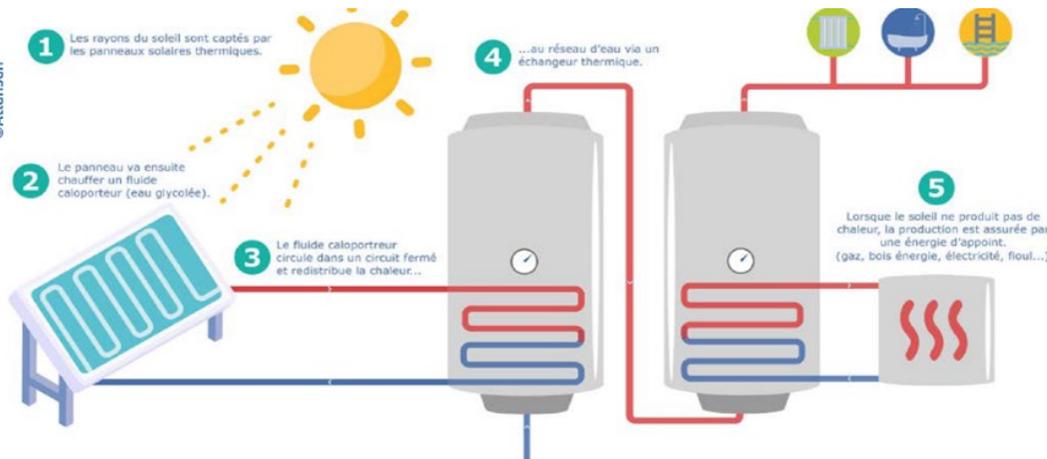


©Atiansun



Solaire photovoltaïque : le rayonnement solaire est converti en électricité qui pourra être stockée ou consommée immédiatement, injectée sur un réseau.

©Atiansun

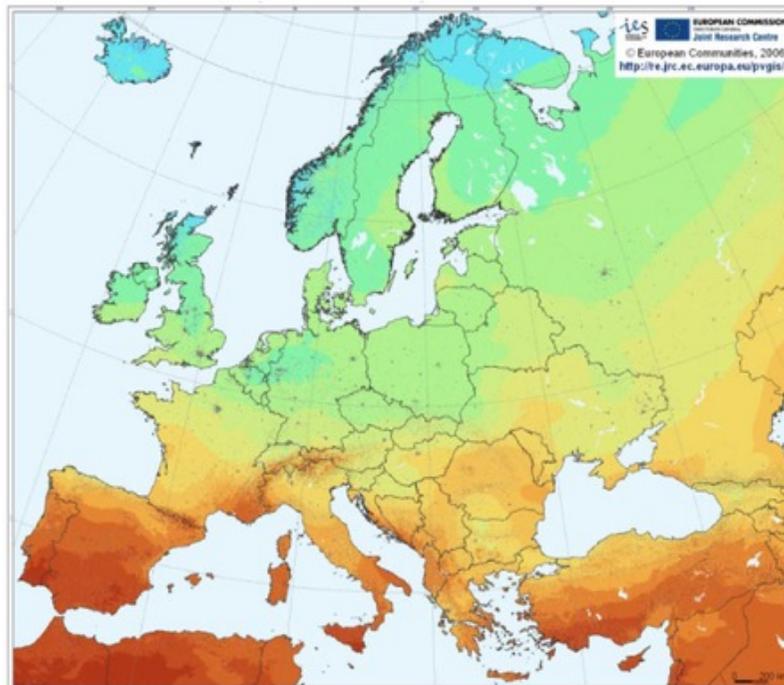


Solaire thermique : Le rayonnement solaire est converti en chaleur qui est ensuite utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire ou de chauffage

Idée reçue n°1 : il n'y a pas assez de soleil en Bretagne (ou pas toute la journée)



Temps de retour énergétique - Système PV silicium monocristallin fabriqué en Chine – Comparaison géographique



Irradiation solaire sur une
surface inclinée à 30° en
kWh/(m².an)

Temps de Retour
Énergétique
(TRE)

<600

800

1000

1200

1400

1600

1800

2000

>2200

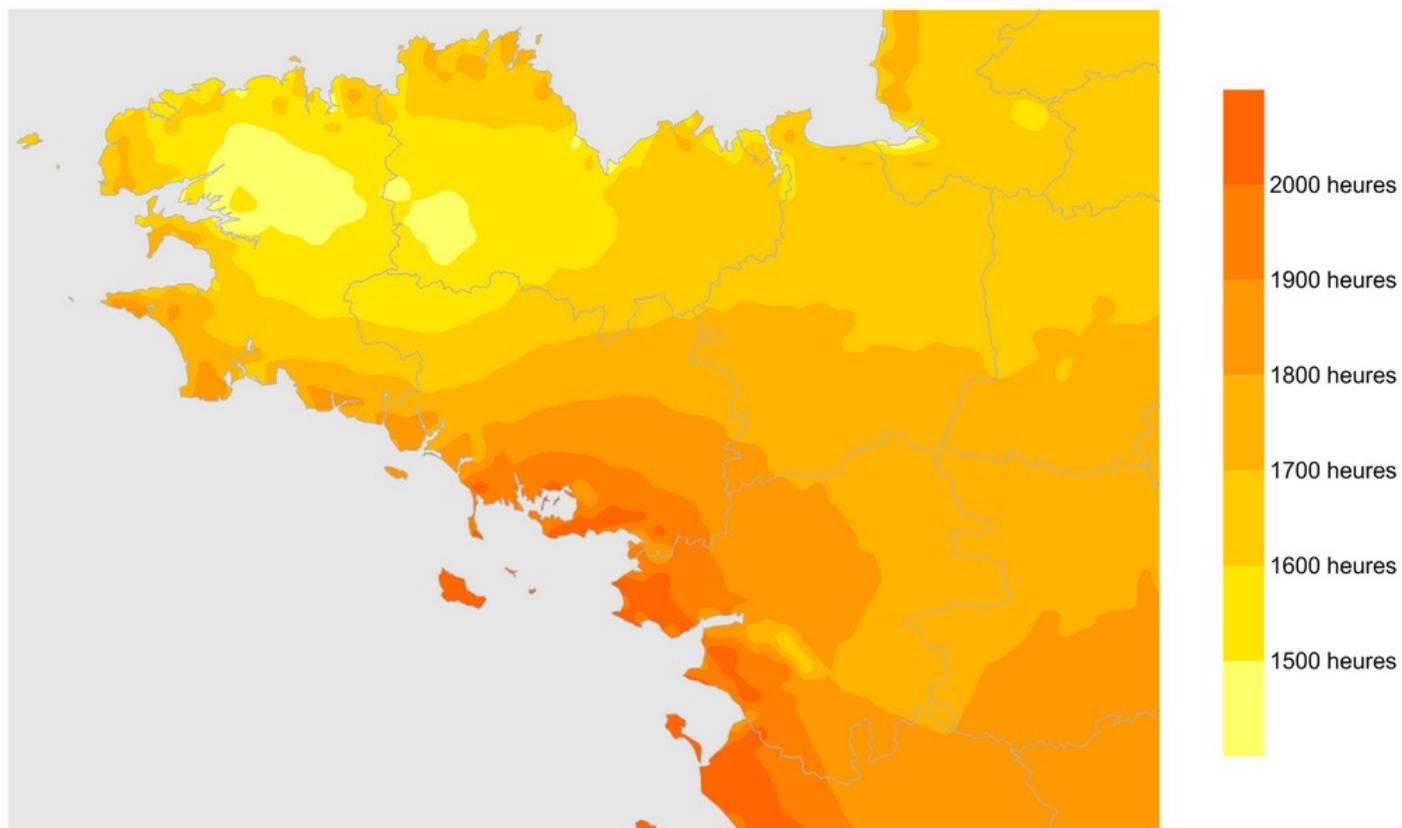
1,3 ans

1,0 an

Idée reçue n°1 : il n'y a pas assez de soleil en Bretagne (ou pas toute la journée)



Figure 2 – Insolation annuelle moyenne (en heures) calculée entre 1991 et 2010



Source : [DREAL Bretagne](#)

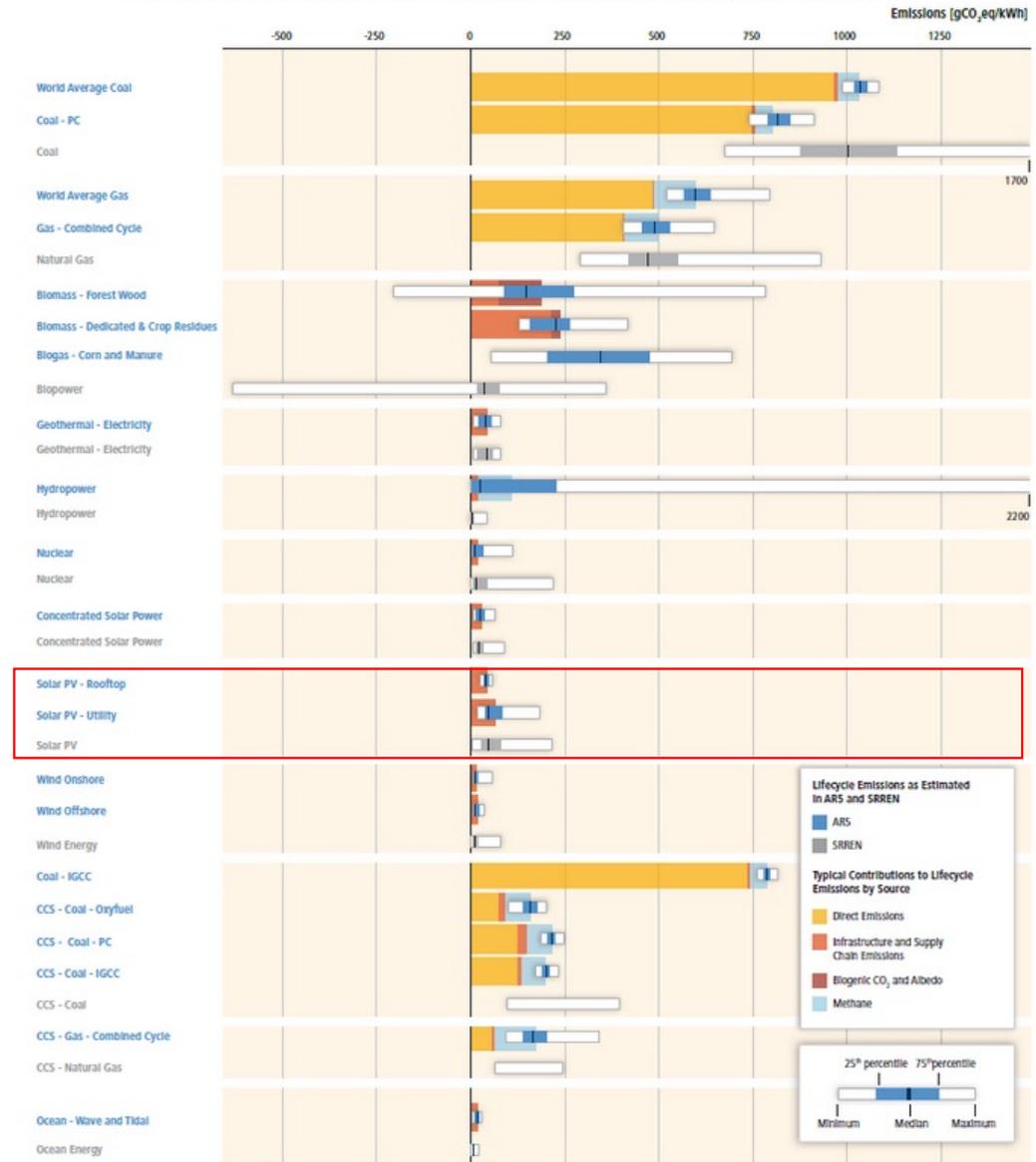
Idée reçue n°2 : le solaire a un mauvais bilan carbone (et une ACV pas terrible)

Empreinte carbone du photovoltaïque

Données [Base Empreinte](#) - ADEME

Fabrication Chine : **43,9 gCO_{2eq}/kWh**
 Fabrication Europe : 32,3 gCO_{2eq}/kWh
 Fabrication France : 25,2 gCO_{2eq}/kWh

Facteurs d'émissions des productions électriques issues du rapport AR5 du GIEC^[333]



Idée reçue n°2 : le solaire a un mauvais bilan carbone



Source : [Bilan électrique 2024](#) – RTE : Analyse historique

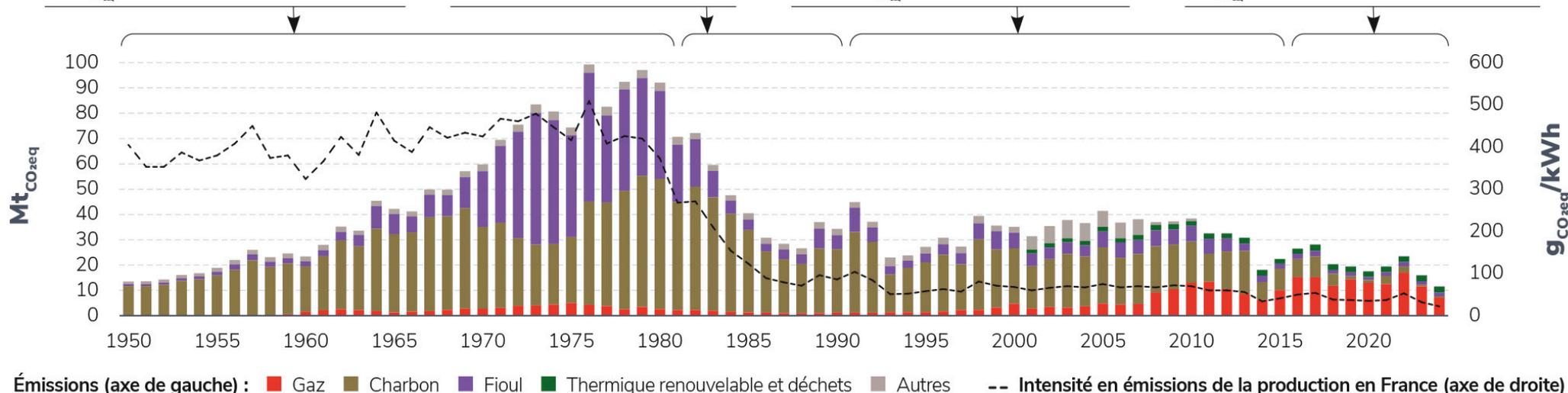
Émissions directes de gaz à effet de serre liées à la production d'électricité en France et intensité en émissions de la production d'électricité française entre 1950 et 2024

De l'après-guerre jusqu'à la fin des années 1970 :
La croissance de la consommation d'électricité est principalement couverte par des unités de production au charbon puis au fioul ; la production au gaz est marginale, l'intensité carbone de la production est stable et se situe entre 400 et 500 g_{CO₂eq}/kWh.

Années 1980 :
La mise en service à un rythme très rapide du parc nucléaire français fait baisser drastiquement l'intensité en émissions de la production nationale, qui passe en dessous de 100 g_{CO₂eq}/kWh en moins de 15 ans.

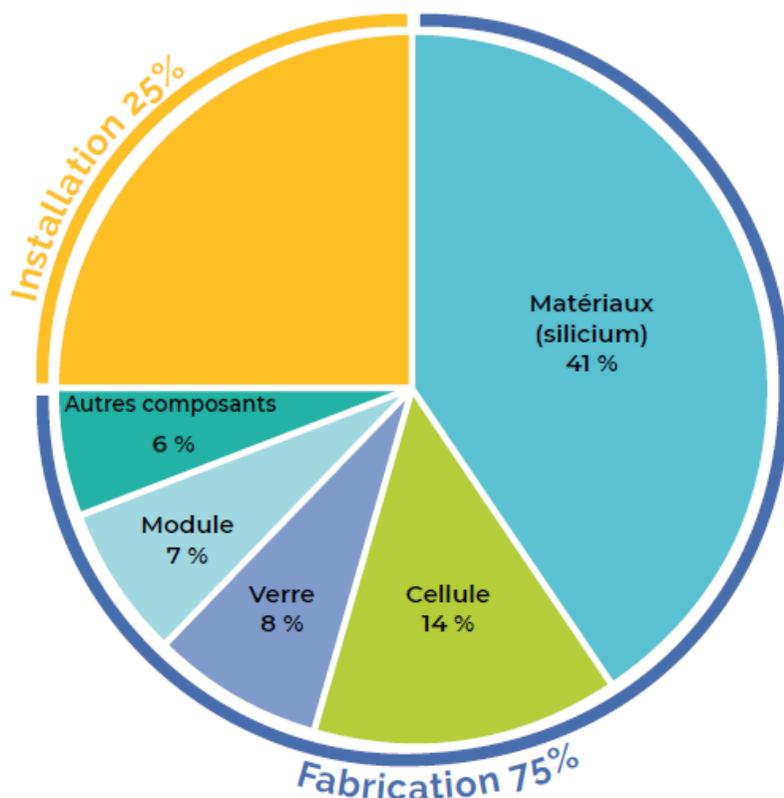
Période 1990-2010 :
Le mix électrique français est dominé par la production nucléaire, mais la production thermique fossile, essentiellement au charbon, représente encore un volume d'émissions entre 20 et 40 Mt_{CO₂eq}/an. L'intensité de la production est stable (76 g_{CO₂eq}/kWh en moyenne).

À partir du début des années 2010 :
Fermeture progressive des moyens de production les plus carbonés (charbon et fioul), remplacés en partie par des centrales au gaz ; montée en puissance de l'éolien et du solaire. L'intensité en émissions sur la période 2011-2023 est de 45 g_{CO₂eq}/kWh en moyenne.



Calculs réalisés en utilisant les hypothèses de facteurs d'émission des combustibles et de rendements des centrales actuels, ce qui peut amener à une légère sous-estimation des volumes d'émission sur l'historique.

Idée reçue n°2 : le solaire a un mauvais bilan carbone



Répartition des émissions carbone d'un panneau photovoltaïque (estimations)

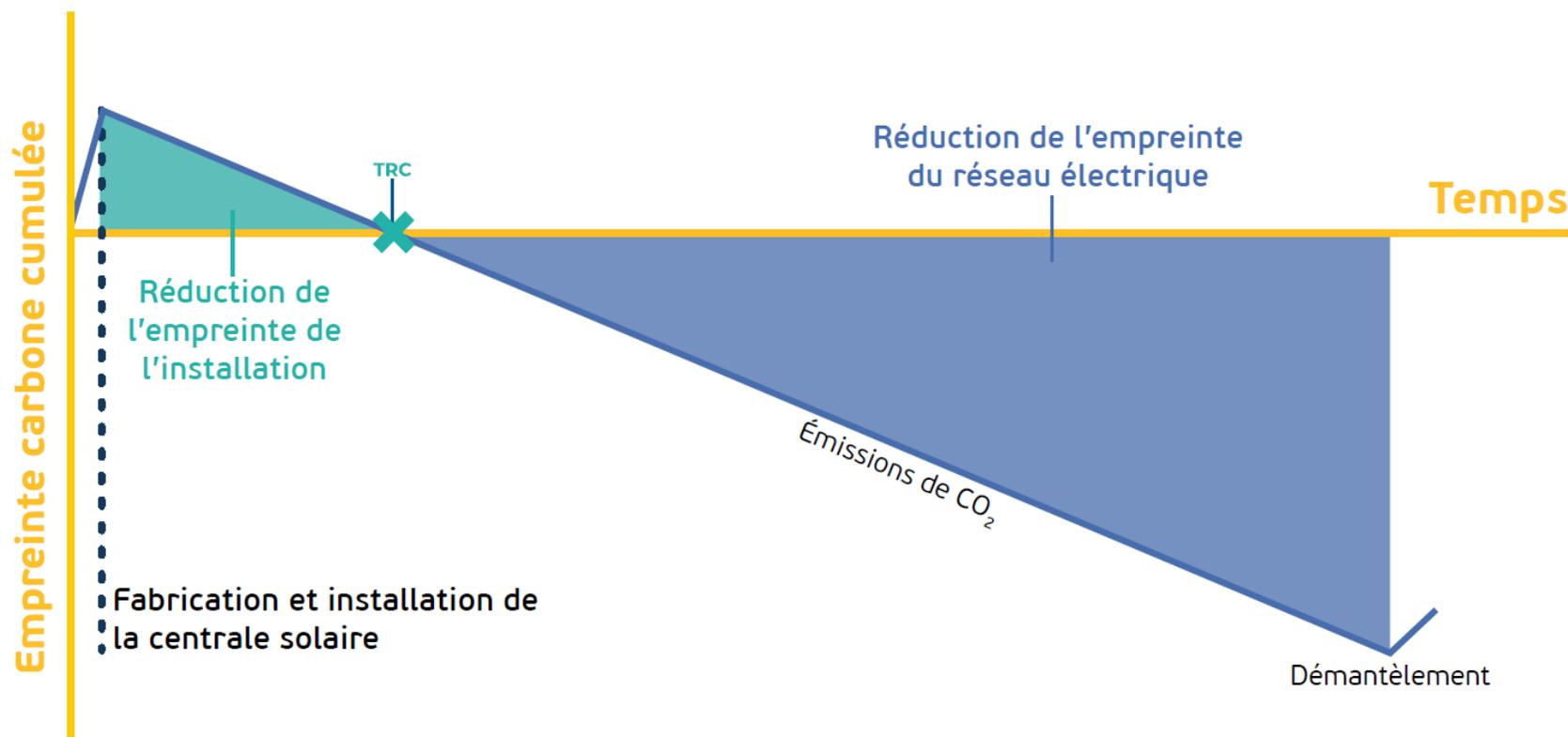
C'est l'étape de fabrication qui émet de le plus de CO₂. La purification du silicium, matériau principal d'un panneau photovoltaïque et sa cristallisation en lingots sont les étapes les plus consommatrices d'énergie. Elles représentent donc la part la plus importante des émissions de gaz à effet de serre d'un panneau.

Source : Le photovoltaïque : choix technologiques, enjeux matières et opportunités industrielles, Ministère de la Transition Ecologique, décembre 2020

Idée reçue n°2 : le solaire a un mauvais bilan carbone



Évolution de l'empreinte carbone d'un panneau durant son cycle de vie



Idée reçue n°2 : le solaire a un mauvais bilan carbone



Le calcul de l'empreinte carbone du photovoltaïque est en réalité complexe et dépend de nombreux paramètres !

- Le périmètre de l'analyse et sa durée
- La précision des données (données moyennes versus données réelles)
- Les technologies considérées pouvant fortement impacter l'unité fonctionnelle
- ...

Publication scientifique de juin 2021 :

-30 geqCO₂ eq / kWh

Solaire & RE 2020

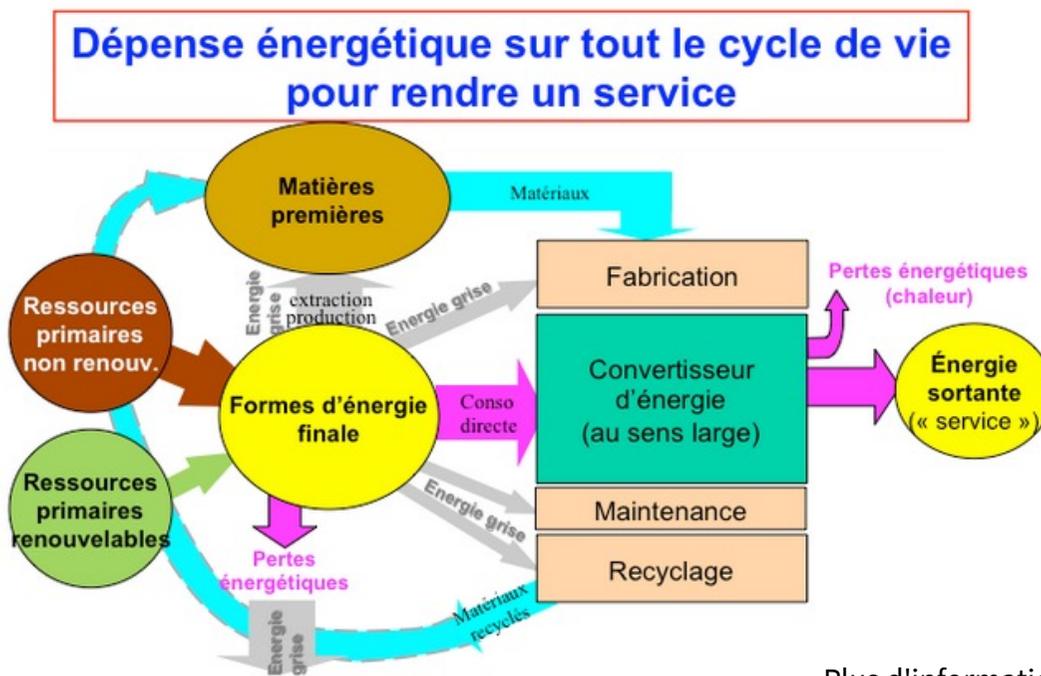
- Energie (CEP et CEp NR) :
- Carbone (Icconstruction) :



RE2020

On ne considère que la part autoconsommée de l'installation photovoltaïque pour le calcul des indicateurs

Idée reçue n°2 : le solaire a un mauvais bilan carbone



Plus d'information : <https://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/rendement-sur-cycle-vie.xml>

Figure 2. Dépense énergétique sur tout le cycle de vie d'un convertisseur et cycle (en bleu) des matières premières qui le constituent

Idée reçue n°2 : le solaire a un mauvais bilan carbone



Solaire & décarbonation : penser système et émissions évitées !

Quel est le Temps de Retour Carbone du photovoltaïque en France ?

20 ans

10 ans

3 ans

Empreinte carbone du PV selon la fourchette haute : 1,7 T eq CO₂ / kWc installé

Production annuelle en moyenne dans l'Ouest : 1 kWc = 1 100 kWh/an

Emissions évitées (calcul RTE, précisions bilan CO₂ 2019) : 1 kWh de photovoltaïque évite 480 gCO₂ eq / kWh

Temps de retour carbone (dette carbone) : 530 kg eq CO₂ évités par an, soit un peu plus de 3 ans

Y compris en France, le photovoltaïque se substitue exclusivement à une production électrique gaz ou charbon, soit sur place (autoconsommation et fonctionnement du marché de l'électricité selon le "merit order") **soit en export dans les pays voisins !**

Que retenir ?



Le solaire permet de décarboner rapidement et "immédiatement"

Solaire thermique : une augmentation par X de sa production permet de diminuer par X la consommation de gaz

Photovoltaïque : pendant plus de 90 % de la durée d'exploitation d'une centrale, zéro émission et surtout des émissions évitées !

Le solaire est un outil de résilience locale

Plus d'indépendance, pour une production locale répondant à des besoins locaux

Le solaire est une porte d'entrée pour décarboner

Plus on autoconsomme, plus on décarbone, au-delà même des usages du bâtiment

Electrification des usages (mais pas 100% électrique!)

On devient **acteur de la transition**

Performance = pilotage, maintenance préventive et exploitation



Partage en binôme



Pause

Les compétences à mobiliser



9h30 – point d'actualité sur la démarche

10h – Référentiel hors site sur les systèmes énergétiques

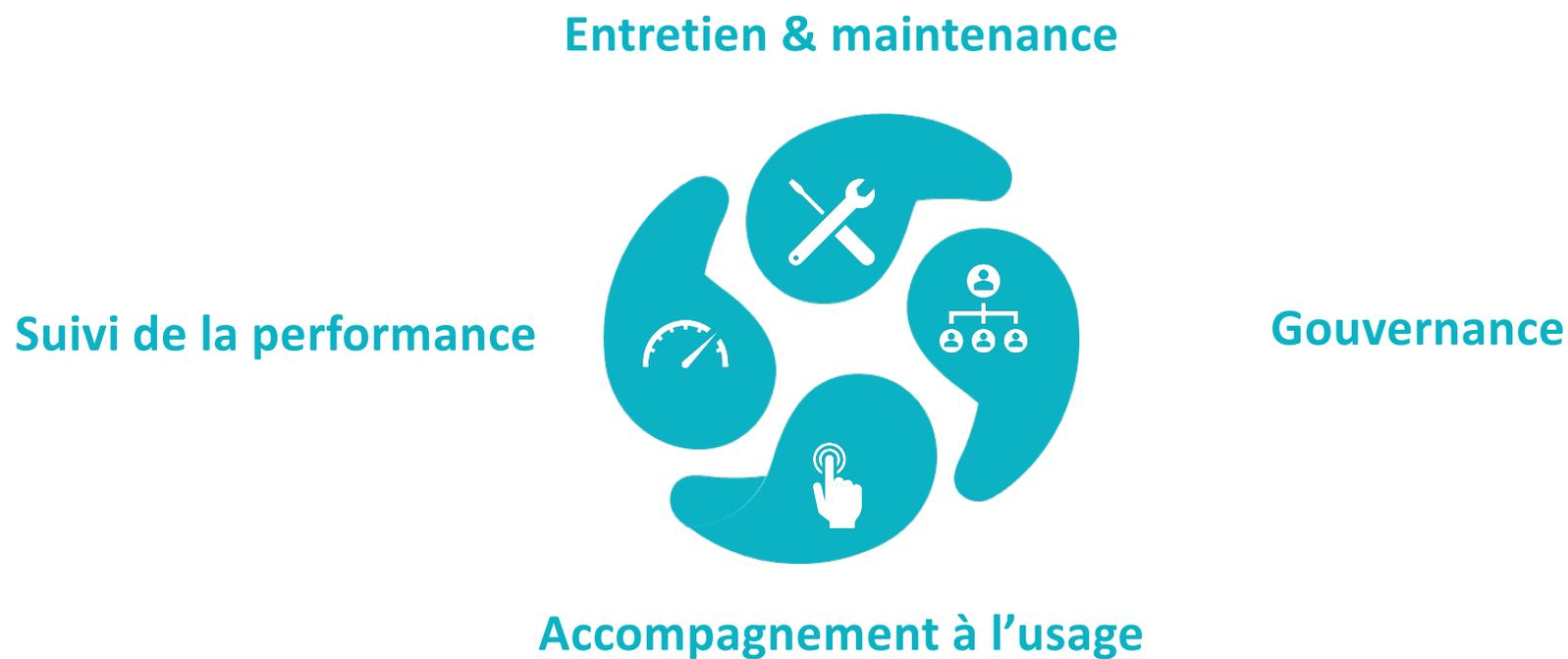
10h15 – Solaire et décarbonation

11h – Atelier exploitation-maintenance

12h - Clôture



Phase exploitation-maintenance, 4 enjeux à considérer





1. Entretien et maintenance 
2. Suivi de la performance 
3. Accompagnement à l'usage 
4. Gouvernance 



Réflexion en groupe – 10min



Quelques exemples d'opérations de maintenance :



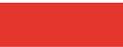
Façades isolantes



Toitures isolantes
+ production d'énergie



Module énergie



Durant la durée de vie du bâtiment, des opérations de maintenance sont à prévoir, pouvant aller du simple entretien au renouvellement



Quelques exemples d'opérations de maintenance :



Façades isolantes

- > Révision des menuiseries (mécanismes, joints...)
- > Entretien et maintenance des systèmes occultants
- > Prévention du développement bactérien...



Toitures isolantes + production d'énergie

- > Nettoyage des panneaux photovoltaïques (PV)
- > Entretien et maintenance des onduleurs
- > Remplacement des panneaux PV si nécessaire...



Module énergie

- > Nettoyage des bouches de ventilation, changement des filtres
- > Entretien et maintenance du matériel tournant
- > Remplacement des équipements si nécessaire
- > Maintenance des systèmes de monitoring (tablette, capteurs ...)



La maintenance doit être anticipée et optimisée dès la phase de conception

Exemples de questions

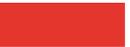
- > **Maintenance requise** : limitation des opérations, de la fréquence & durée des interventions ?
- > **Accessibilité des équipements, en sécurité** : présence nécessaire du locataire ? Espace requis pour effectuer l'opération de maintenance ou le remplacement d'un équipement ? Présence de crochets d'ancrage pour accéder à la toiture ? Nécessité de couper le courant ? ...
- > **Durée de vie et garantie des équipements** : besoin de renouveler des systèmes complets ou possibilité de ne changer que de simples composants (notion de *retrofit*) ? Disponibilité des pièces de rechange ? Baisse des performances/rendements attendus dans le temps ? ...
- > **Compétences et outils requis** pour les opérations de maintenance : simple opération de maintenance réalisable par le locataire ou opération complexe nécessitant un professionnel expert ? Besoins d'outils spécifiques ?
- > **Protocoles de communication des équipements** : sont-ils ouverts ? Permettent-ils de suivre l'état de l'équipement ?

Retour d'expérience des projets pilotes

Un module énergie intégré et positionné à l'extérieur du bâtiment permet au mainteneur d'y accéder sans avoir besoin de la présence du locataire : on gagne en rapidité, en efficacité et donc en coût.



1. Entretien et maintenance 
2. Suivi de la performance 
3. Accompagnement à l'usage 
4. Gouvernance 





Réflexion en groupe – 10min

Selon vous, quelles sont les données intéressantes en phase exploitation-maintenance pour :



Le bailleur ?



Le locataire ?



Le mainteneur ?

Quelles sont les solutions que vous pouvez mettre en place pour y parvenir?





Le monitoring, un outil de suivi de la performance, à adapter au juste niveau pour répondre aux besoins et à l'objectif

Le suivi des performances peut s'effectuer par le **monitoring** mis en place lors de la rénovation, et qui permet la **collecte**, **l'analyse** et **l'exploitation des données** :



Sur les **conditions** dans et en dehors du logement : températures intérieure et extérieure, taux de CO₂...



Sur l'**énergie** : consommation globale (gaz, électricité) avec sous-comptages par type d'usage et production d'énergie renouvelable



Sur le bon fonctionnement des **équipements**, au juste niveau de performance attendu.

Retours d'expérience des premiers projets pilotes

Réussites

- Capteurs alimentés en filaire (pas de pile à changer ni de risque d'absence de donnée)
- Utilisation du monitoring pour réaliser de la maintenance prédictive.

Frustrations

- La démultiplication des capteurs engendre des coûts supplémentaires ; les capteurs ne sont pas tous utilisés
- Les remontées de données sont parfois incomplètes ou peu fiables.

➔ **Nécessité de penser le monitoring de façon industrialisable et de trouver le juste niveau d'instrumentation pour répondre aux besoins et à l'objectif**



1. Entretien et maintenance 
2. Suivi de la performance 
3. Accompagnement à l'usage 
4. Gouvernance 



Réflexion en groupe – 10min

Comment accompagner le locataire à prendre en main le logement et à maîtriser ses consommations énergétiques?



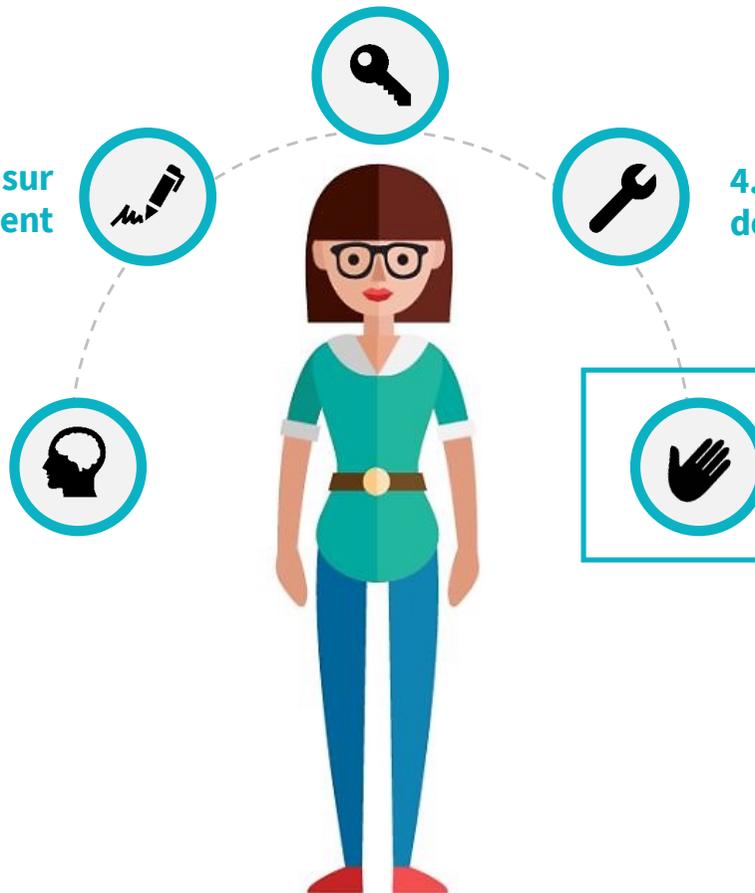
Quels enjeux d'intégration et d'accompagnement des locataires ?



3. S'assurer d'avoir des solutions « user friendly » pour un bon usage (User eXperience)

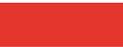
2. Obtenir la validation des locataires sur les points qui le nécessitent

1. Prendre en compte les besoins des locataires, motiver et dépasser la peur du changement



4. Bien gérer la phase travaux qui se déroule en site occupé

5. Coacher et accompagner les usages



Les enjeux majeurs de l'intégration des locataires

Accompagner les comportements et les usages



Dans la peau de l'occupant



L'occupant peut ne pas s'apercevoir que le logement ne s'utilise plus de la même manière (ex. aération) ou ne pas comprendre comment utiliser les nouveaux systèmes (ex. PAC)



Risque d'effet rebond : le logement mieux isolé permet de faire des économies d'énergie... sauf si le locataire augmente sa consommation au niveau des dépenses qu'il allouait avant les rénovations à sa facture énergétique.

Le rôle du groupement

(répartition à confirmer avec la MOA)

- **Accompagner à la prise en main des équipements à la livraison :**
 - Assurer une bonne utilisation des nouveaux équipements pour optimiser leur durée de vie (PAC, thermostat..)
 - Aider à changer les habitudes qui ne sont plus adaptées
 - Conjuguer accompagnement humain et outils (ex. guide nouveaux équipements, logement témoin)
- **Coaching énergétique sur la durée :**
 - Capitaliser sur des outils pédagogiques et incitatifs
 - Coacher les habitants sur les gestes/comportements vertueux à adopter, en fonction des saisons et des conditions climatiques
 - Aider les occupants volontaires à optimiser encore plus leurs consommations d'énergie pour maximiser leur « reste à vivre » et éviter l'effet rebond.

Recommandations à adapter au programme pour l'accompagnement à l'usage et le coaching énergétique

- ✓ Prévoir le coaching énergétique en amont de la livraison :
 - Logement témoin
 - Test de solutions avec un panel de locataires
 - Compréhension de la facture énergétique
- ✓ Expliquer le fonctionnement des équipements et le suivi des consommations :
 - Accompagnement humain : formations, il est nécessaire d'en faire plusieurs en amont et en aval de la livraison
 - Outils : Livrets Ecogestes, Carnet de vie du logement
- ✓ Pensez aux associations, qui peuvent aider

Isolation complète

Installer du matériel performant voire des énergies renouvelables pour le chauffage ont un intérêt limité si toute la chaleur produite s'échappe par les murs, le toit ou le plancher. L'isolation est donc la première étape indispensable d'une rénovation énergétique.

Chargeur branché à une station résiduelle même lorsqu'il n'y a aucun équipement.

ISOLATION DES MURS PAR L'EXTÉRIEUR

Les ++

- ✓ Pas de réduction de la surface
- ✓ Pas de gros travaux dans le logement
- ✓ Éviter les ponts thermiques*

* Point de la construction où la barrière isolante est rompue

Exemple avec isolation par l'extérieur

Exemple avec isolation par l'intérieur

MENUISERIES PERFORMANTES

Les ++

- ✓ Excellent isolant
- ✓ Moins de condensation et buée sur les vitres
- ✓ Moins de sensation de froid
- ✓ Moins de bruits, + de sécurité
- ✓ Volets roulants électriques
- ✓ Canne pour ouvrir les fenêtres de cuisine et de salle de bain.

8 | Guide du locataire

1. Tour Thermique
La porte extérieure

3. Chauffage

ré grâce à la Tour Thermique et d'une Pompe à Chaleur.

NE PAS obturer les bouches basse et haute situées sur la porte (Poubelles, pots de fleurs, vélo, etc...) !

Au risque d'entraîner un mauvais confort intérieur, un dysfonctionnement de la machine et ne plus avoir de chauffage, d'eau chaude ou de ventilation dans votre logement.

Accès :
Seul le prestataire dédié à l'entretien et la maintenance a la clé de ce local technique.

En aucun cas, le locataire ne doit essayer d'ouvrir cette porte !

A minima le prestataire interviendra 3 à 4 fois par an pour l'entretien de la Tour Thermique.

NE PAS obturer ces bouches !

Indispensables pour votre confort :

- Indispensable dans les pièces de séjour et de nuit.
- Indispensable en période de congélation : 17 °C.

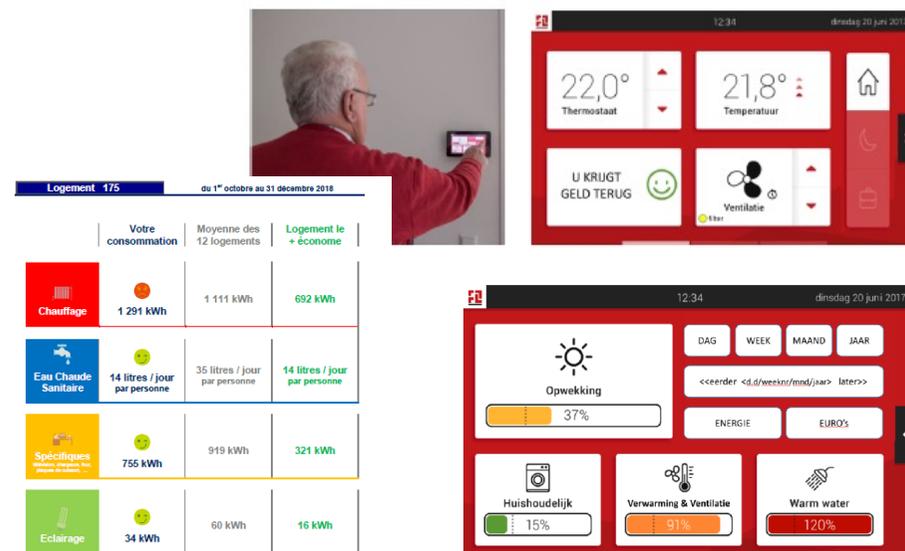
ER SA "BOX" INTERNET DES PÉRIODES ENCE

Je dors ou en périodes de congélation, si ma box ne me sert pas, elle ne tourne pas. Le fait de ne pas laisser tourner la box de cet équipement n'est pas une panne, mais en fonctionnement toute la nuit et toute l'année, les moteurs deviennent importantes.

Recommandations à adapter au programme pour l'accompagnement à l'usage et le coaching énergétique



- Mettre en place un process pour permettre aux occupants de poser leurs questions et des outils pour les futurs nouveaux arrivants
- Capitaliser sur les outils et méthodes qui doivent être **pédagogiques** et être **adaptés** aux différents locataires (personnes âgées, PMR, personnes ne parlant pas français...)
- Identifier des moyens simples pour **entretenir** la dynamique d'éco gestes

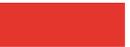


Retours d'expérience des projets pilotes

- > Un panneau de contrôle du monitoring intuitif permet aux locataires d'adapter leurs usages et de favoriser la réduction des consommations
- > Des moyens de suivi ludiques tels qu'un courrier envoyé aux locataires avec leurs informations de consommation et une comparaison avec leurs voisins permet d'entretenir la dynamique sur le temps long

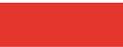


1. Entretien et maintenance 
2. Suivi de la performance 
3. Accompagnement à l'usage 
4. Gouvernance 

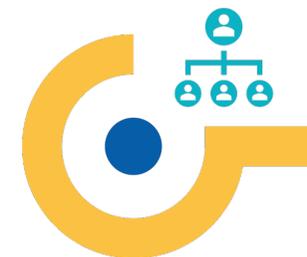


Réflexion en groupe – 10min

Comment s'organiser avec les différentes parties prenantes pour mettre en place les solutions auxquelles vous avez réfléchi?



Réflexions sur une gouvernance gagnante/gagnante à mettre en place

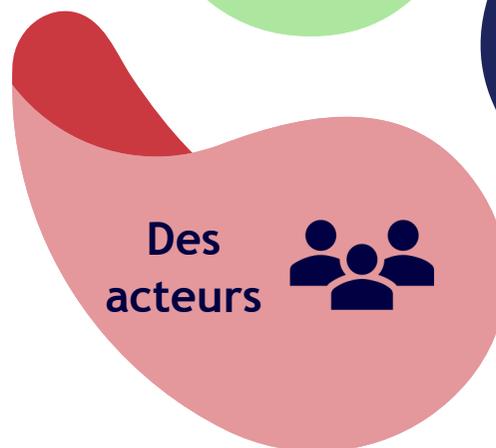
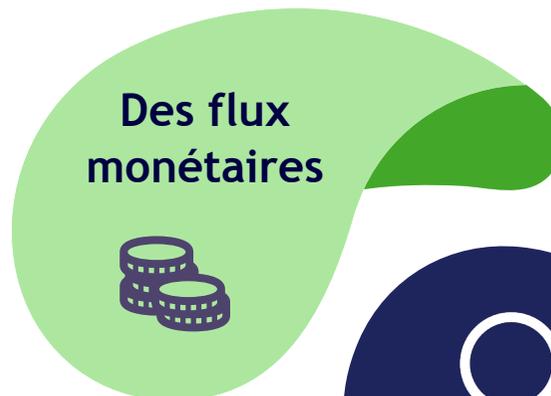


Des acteurs avec des intérêts diverses

Le **locataire** qui souhaite bénéficier d'un logement confortable avec un reste à vivre à minima identique

Le **bailleur** qui souhaite que ses locataires soient satisfaits et que son patrimoine soit en bon état

Le **groupement et le mainteneur** qui souhaitent garantir la performance de la rénovation et assurer la pérennité des entreprises



Des flux monétaires

Des rentrées d'argent provenant de la production d'énergie
Des dépenses relevant de la maintenance et du remplacement des équipements



Un contexte en constant changement

Des paramètres qui peuvent faire varier les prises de décision (changement climatique, avancée technologique, prix des ressources, réglementation...)

→ Une gouvernance à penser en amont pour prendre les décisions collégialement en fonction de différents paramètres

9h30 – point d'actualité sur la démarche

10h – Référentiel hors site sur les systèmes énergétiques

10h15 – Solaire et décarbonation

11h – Atelier exploitation-maintenance

12h - Clôture



Clotûre



Prochaine rencontre : webinaire le **mercredi 26 novembre** de 9h à 10h

Ressources

