

liten
cea tech

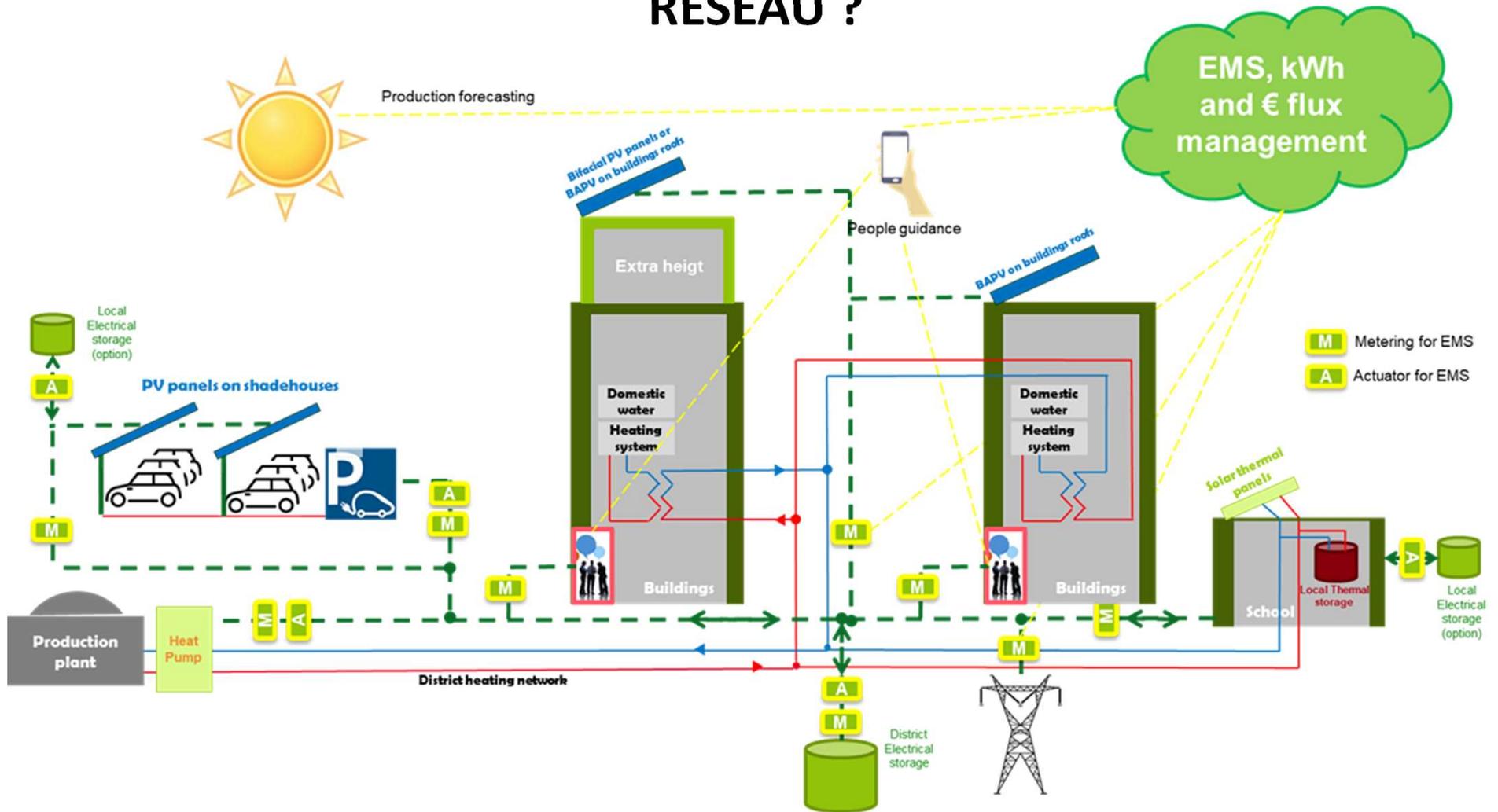
LES BÂTIMENTS DANS LE MIX ÉNERGÉTIQUE

Etienne Wurtz

Directeur scientifique du Département des technologies solaires
Institut National de l'Énergie Solaire



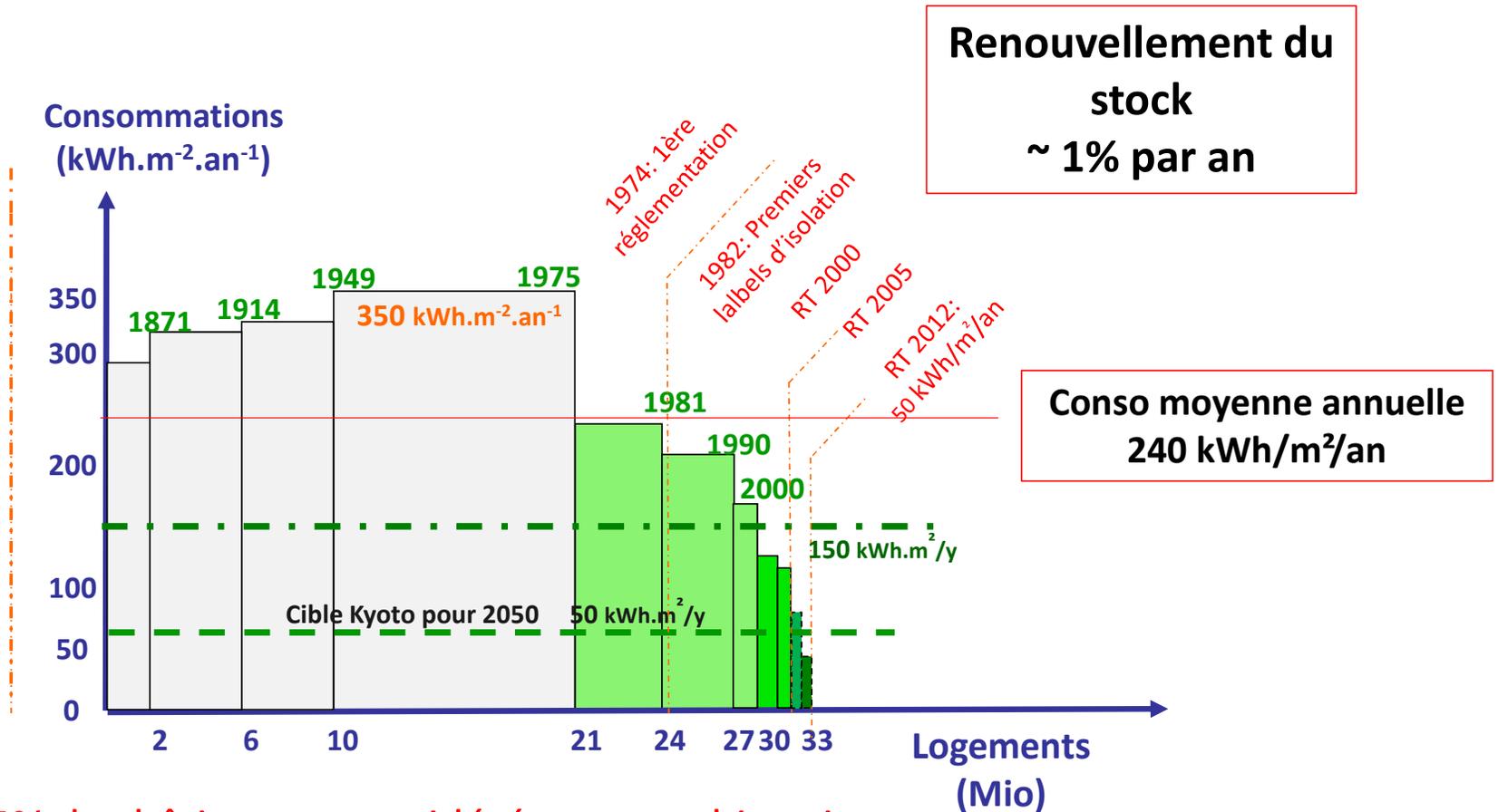
SOLAIRE ET BATIMENT UN ATOUT POUR DECARBONER LE RESEAU ?



ENERGÉTIQUE DU BÂTIMENT : HISTOIRE D'UN TATONNEMENT

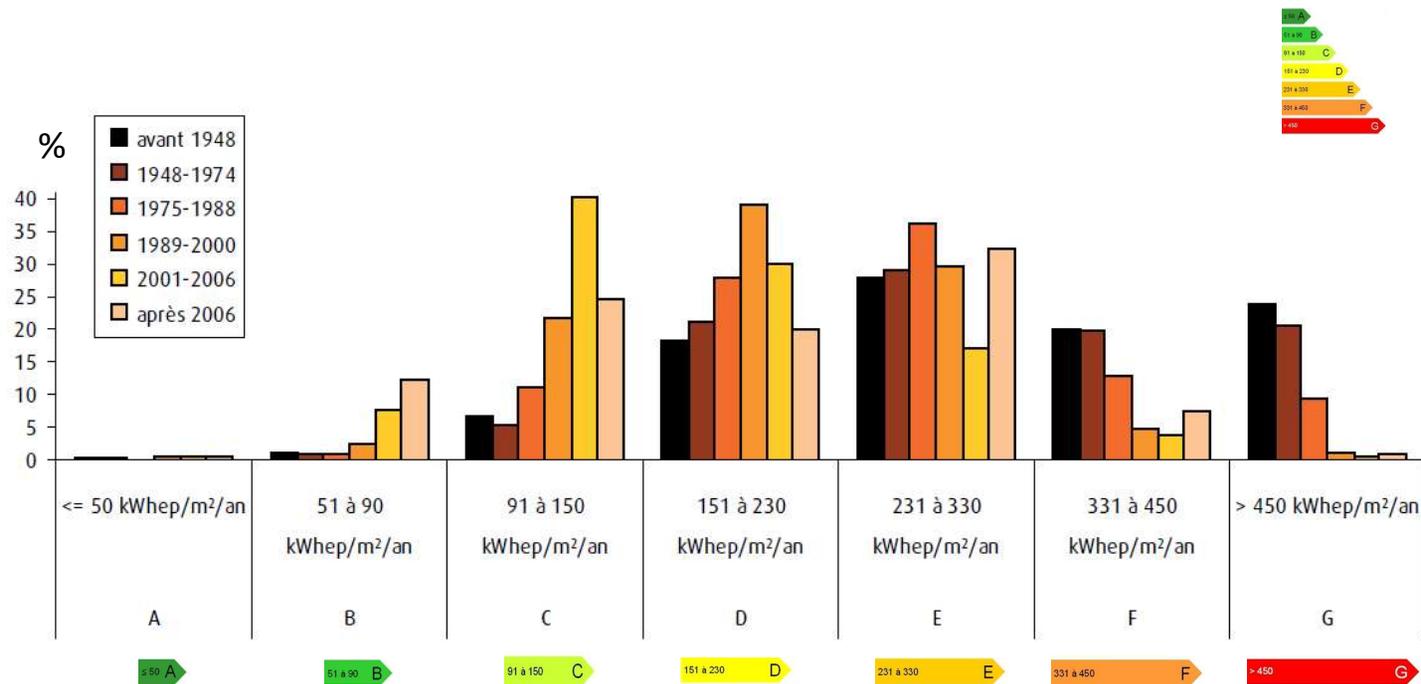
- **Contexte**
- **Isolation des Bâtiments**
- **Bâtiments passifs**
- **Bâtiments bioclimatiques**
- **Bâtiments solaires**
- **Bâtiments bas carbone**
- **Flexibilité et sobriété des Bâtiments solaires bas carbone pour le réseau électrique**

PRESENTATION DU CONTEXTE



25% des bâtiments considérés comme historiques

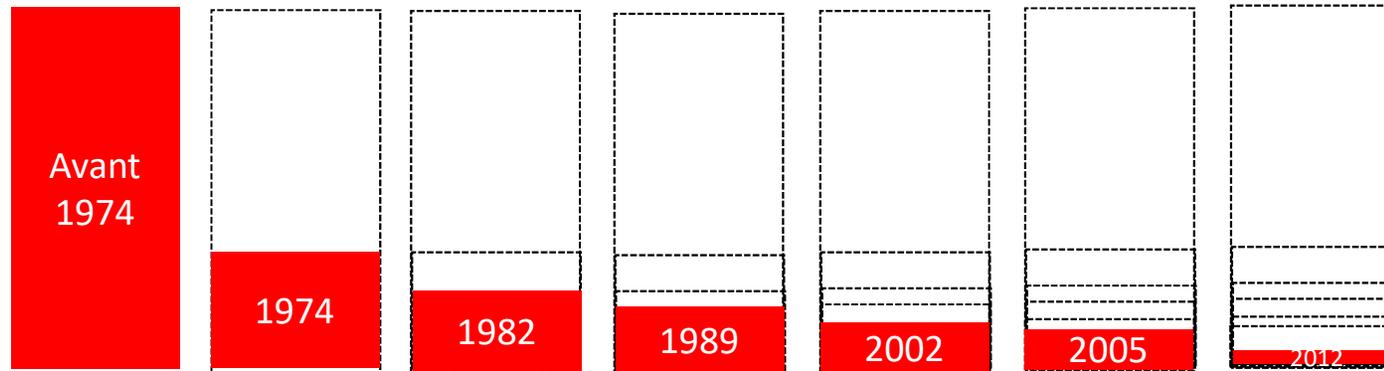
UN PARC DE BATIMENT PEU PERFORMANT



Les bâtiments réellement performants sont quasiment inexistants

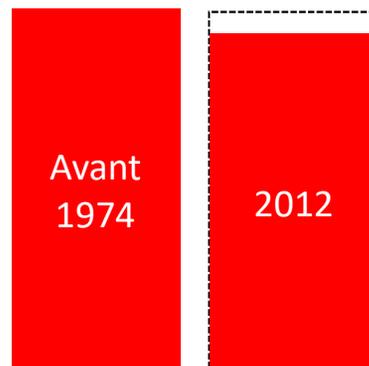
L' EFFICACITE ENERGETIQUE DU BÂTIMENT : UNE ACTIVITÉ DEVENUE BIPOLAIRE

Déperditions en construction neuve

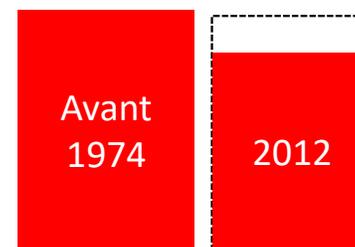


Concevoir, construire et faire durer des bâtiments qui ne consomment presque plus rien.

Déperdition en maison individuelle



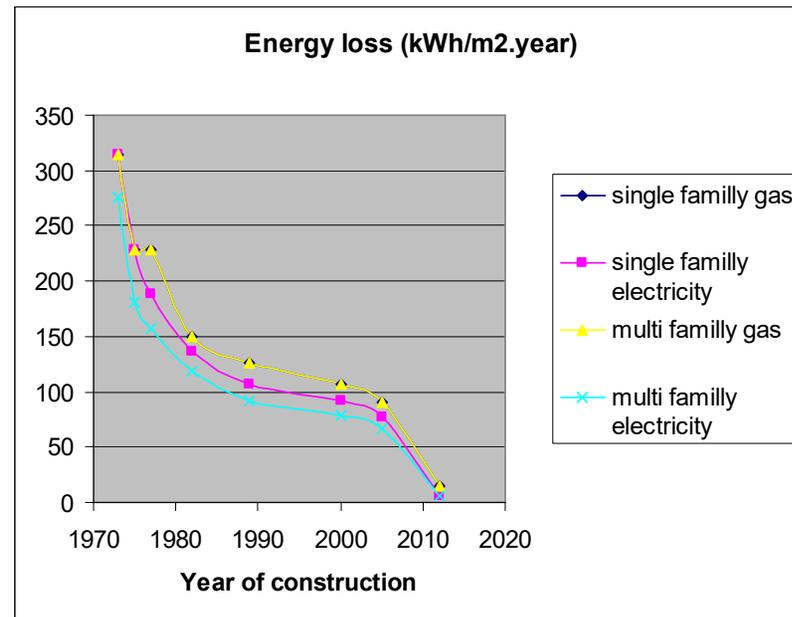
Déperdition en logement collectif



Trouver les technologies, les méthodes et les métiers adaptés pour rénover les bâtiments les plus énergivores du parc.

ENJEUX NEUF/REHABILITATION

- La performance gagnée par le neuf en 2 ans est gagnée par le parc en 30 ans.
- A ce rythme là, il faudra plus de 4 siècles pour amener le parc de bâtiments au niveau de performance des bâtiments neufs de 2005.
- Sans politique d'amélioration de la performance thermique de l'enveloppe des bâtiments existants, les objectifs de 2020 à 2050 sont inatteignables.



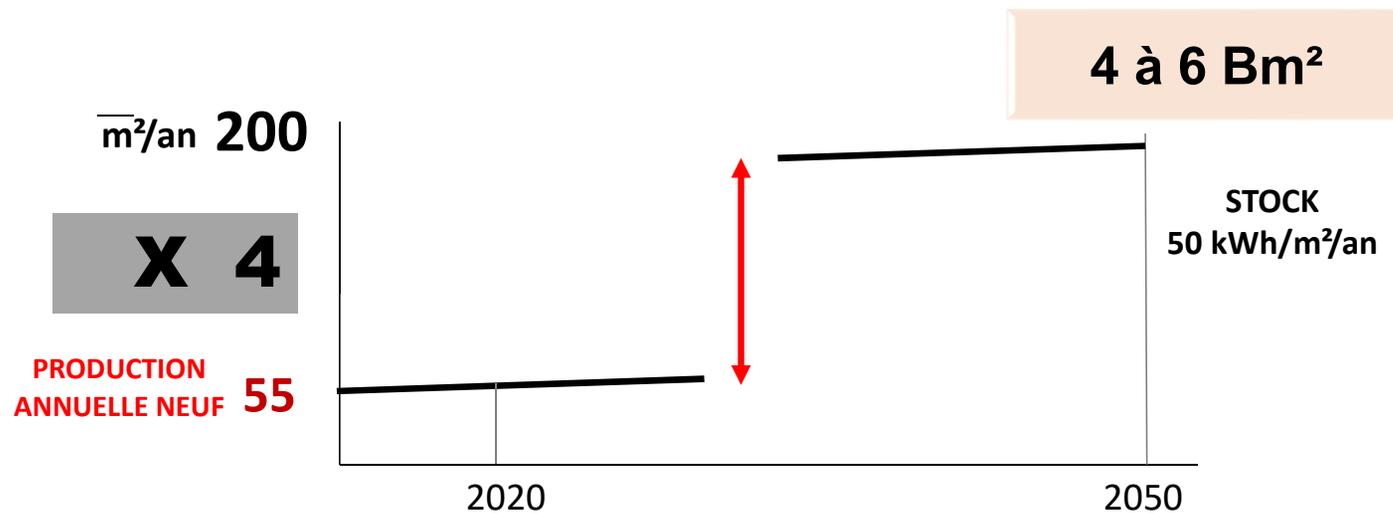
EVOLUTION STOCK / CONSTRUCTION

FRANCE 2020	STOCK	CONSTRUCTION ANNUELLE	
LOGEMENT	3 Mdm²	30 Mm²	
TERTIAIRE	1 Mdm²	25 Mm²	
STOCK	4 Mdm²	55 Mm²	NEUF

Source : FFB 2014

REVE D'UN PARC 100% RENOVE EN 2050

3 x plus de besoins de rénovation à 50 kWh/m²/an nécessaires que de neufs pour un parc performant en 2050

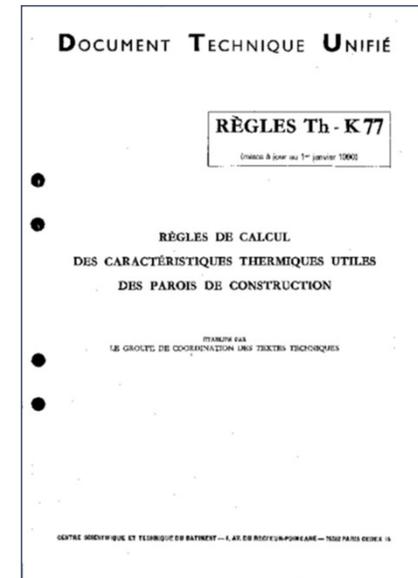
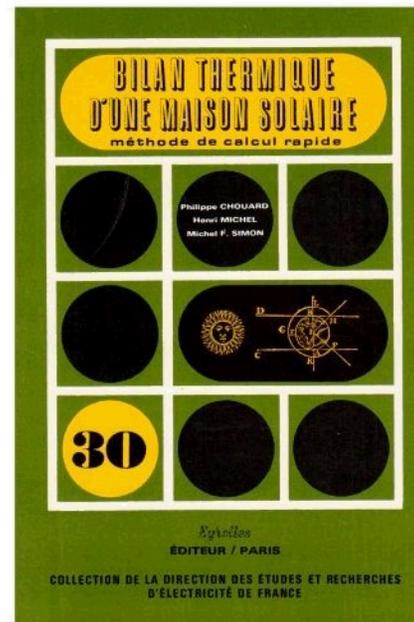


ENERGÉTIQUE DU BÂTIMENT : HISTOIRE D'UN TATONNEMENT

- Contexte
- **Isolation des Bâtiments**
- Bâtiments passifs
- Bâtiments bioclimatiques
- Bâtiments solaires
- Bâtiments bas carbone
- Flexibilité et sobriété des Bâtiments solaires bas carbone pour le réseau électrique

OPTIMISATION DE L'ENVELOPPE

- Aux origines de l'énergétique du bâtiment, les deux concepts ont coexisté :
 - La voie de l'isolation
 - La voie du bioclimatique
- L'isolation l'a largement emporté
 - Simplicité de conception
 - Sollicitations bien connues
 - Mêmes performances des produits dans toutes les régions, pour toutes les orientations



POTENTIEL DE LA RENOVATION DES PAROIS

- Le bâtiment est responsable de **44%** des consommations en énergie finale.

Source: ADEME, EDF R&D

58% de ce total est dû au chauffage.

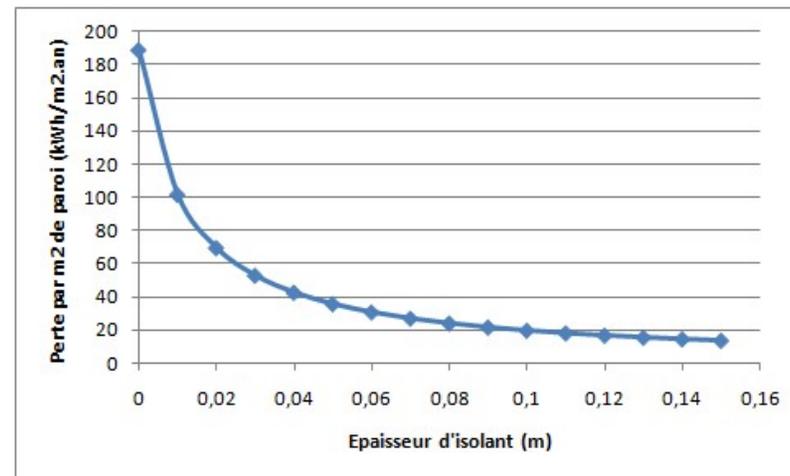


82% des consommations de cet usage sont dues aux déperditions à travers l'enveloppe du bâtiment (dont 73% vient des parois opaques).

L'enjeu énergétique de l'isolation des parois opaques représente **1/6** des consommations totales de la France

EFFICACITE ECONOMIQUE DE L'ISOLATION DES PAROIS

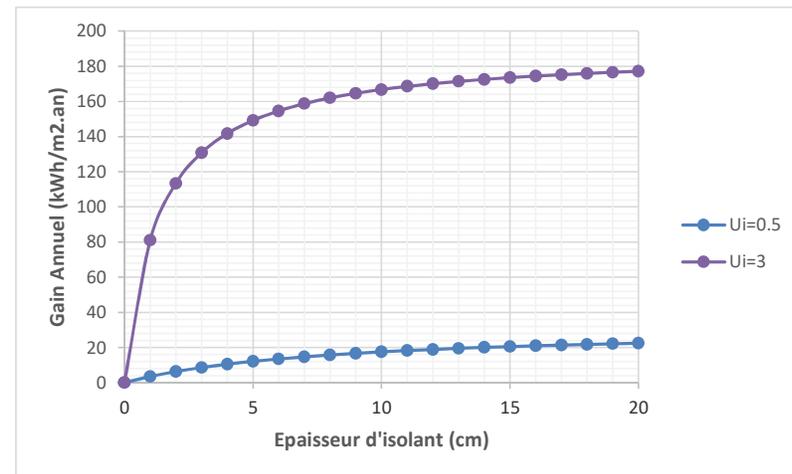
- Pour une quarantaine d'euro d'investissement, on peut diviser par 10 les pertes thermiques au travers d'un mètre carré de paroi.
- Aucun autre geste de rénovation ne permet un tel gain.



Geste de rénovation	€/kWh-évité
Remplacement vieille chaudière par condensation	1,66
Remplacement fenêtre SV par fenêtre DV-PE	2,94
Isolation de paroi non isolée	0,24

INUTILITE DE L'ISOLATION D'UN BATIMENT ISOLE

Il vaut mieux isoler avec 1cm d'isolant une paroi non isolée que d'isoler avec 20 cm d'isolant une paroi déjà isolée

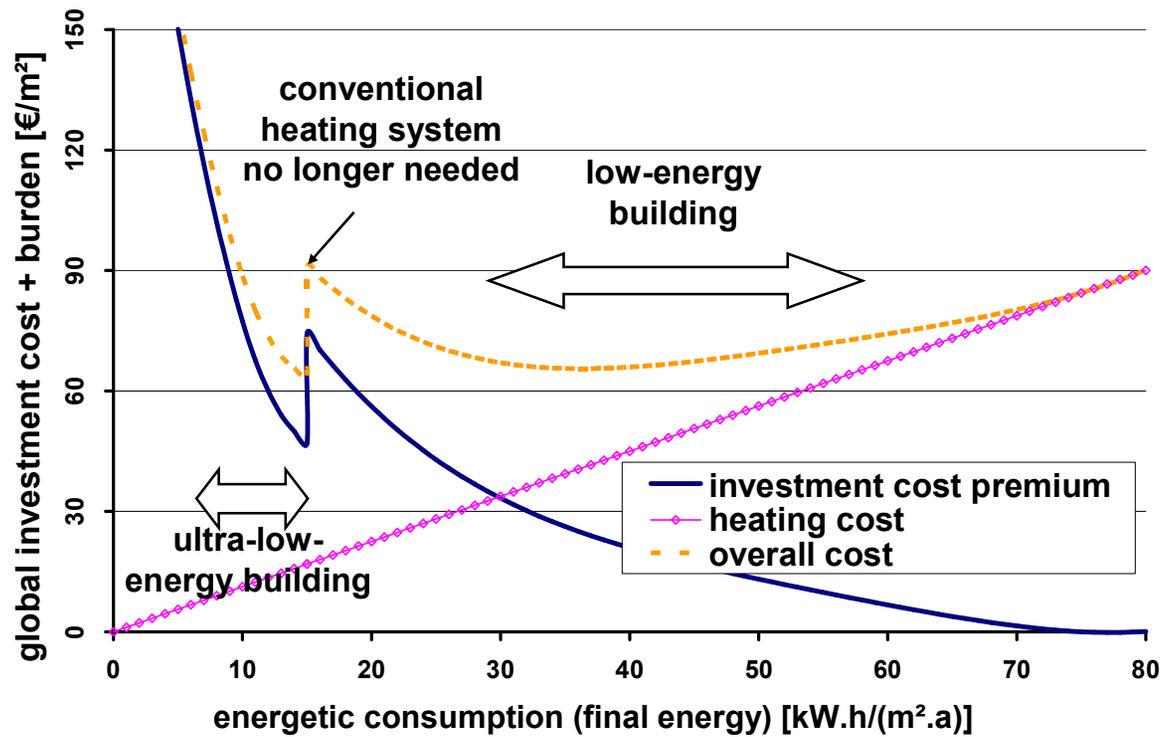


→ Pour prioriser les mesures dans l'existant, il faudrait baser les règlements, aides et exigences sur les gains attendus et non sur les épaisseurs à poser ou les niveaux à atteindre.

ENERGÉTIQUE DU BÂTIMENT : HISTOIRE D'UN TATONNEMENT

- Contexte
- Isolation des Bâtiments
- **Bâtiments passifs**
- Bâtiments bioclimatiques
- Bâtiments solaires
- Bâtiments bas carbone
- Flexibilité et sobriété des Bâtiments solaires bas carbone pour le réseau électrique

LA MAISON 0-ÉNERGIE

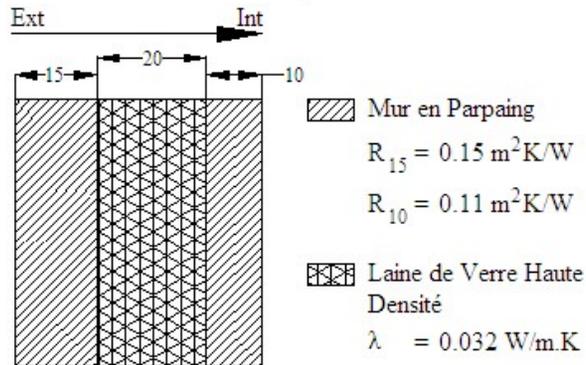
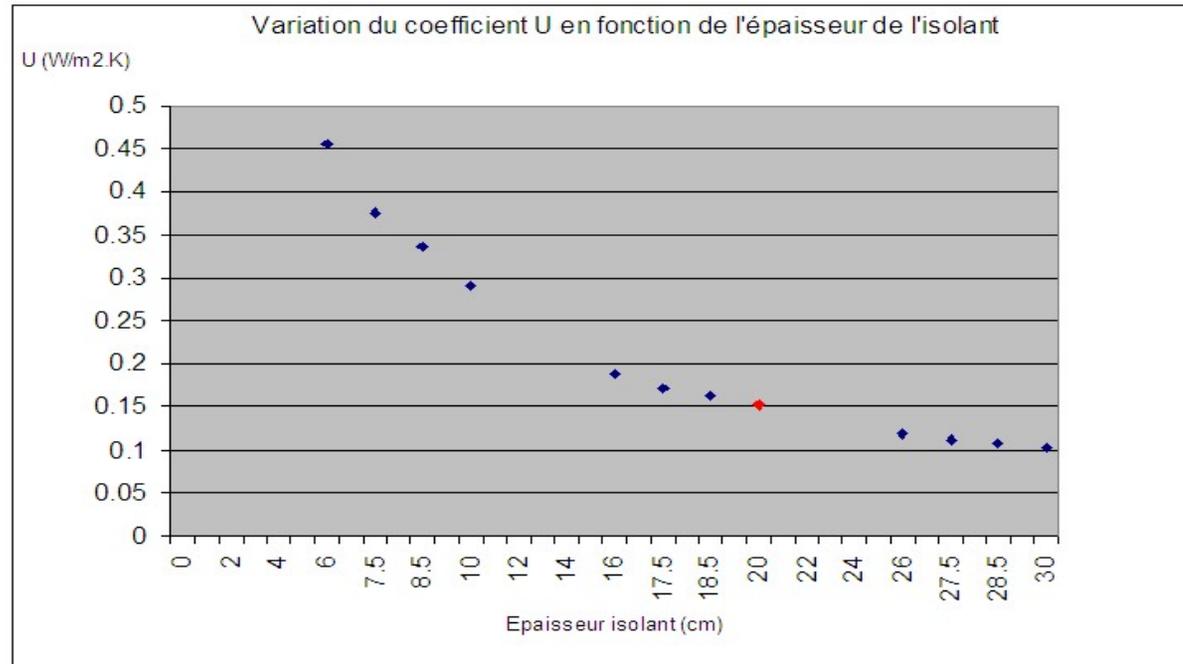


LE CONCEPT DU TOUJOURS PLUS

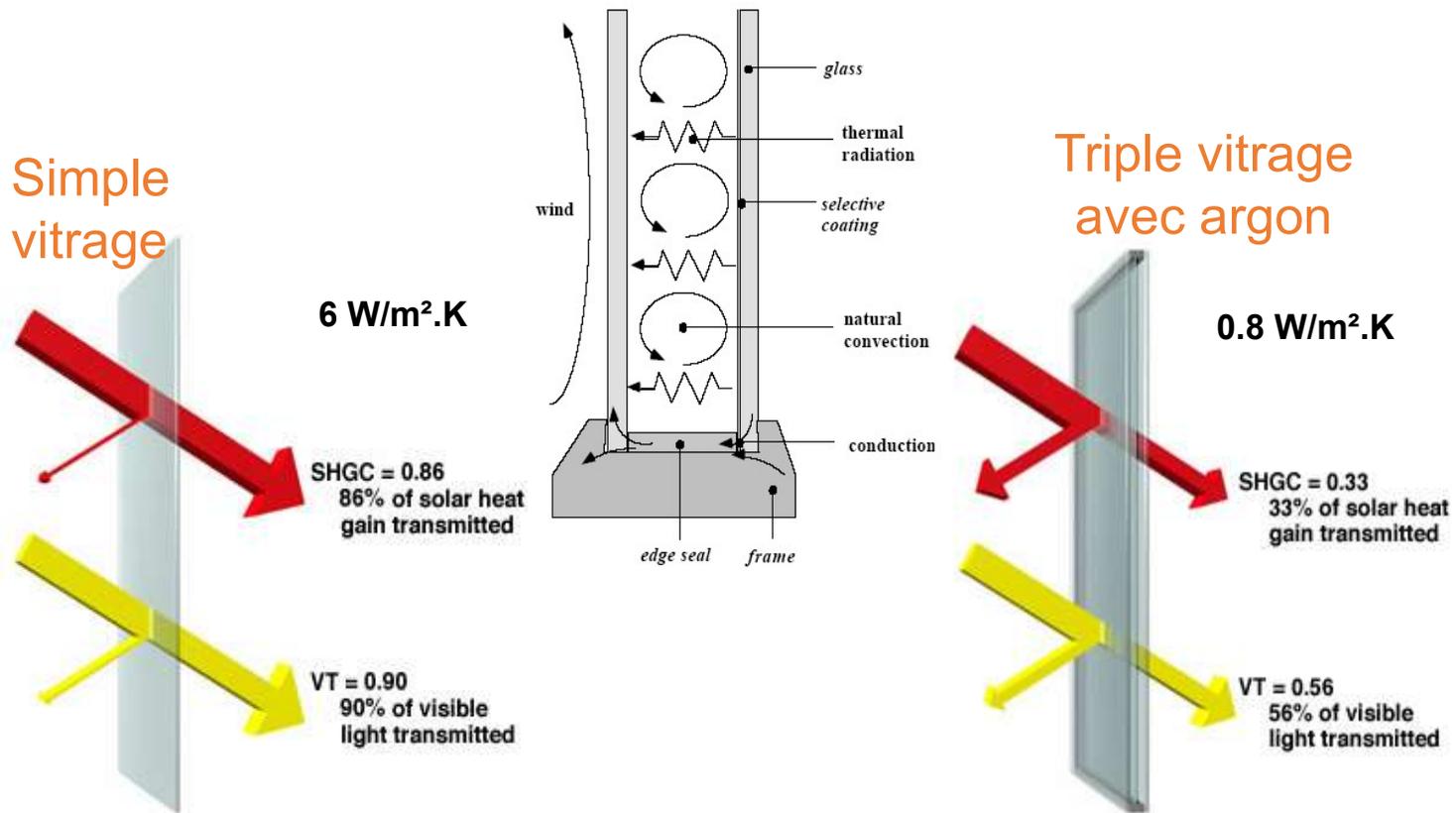
Demande énergétique	kWh/m²a 300-250	kWh/m²a 150-100	kWh/m²a 50-40	kWh/m²a ≤ 15
	Conductance et épaisseur de l'isolant			
Mur extérieur (25 cm)	1.30 W/m²K 0 cm	0.40 W/m²K 6 cm	0.20 W/m²K 16 cm	0.10 W/m²K 34 cm
Plafond	0.90 W/m²K 4 cm	0.22 W/m²K 22 cm	0.15 W/m²K 30 cm	0.10 W/m²K 40 cm
Plancher bas	1.0 W/m²K 2 cm	0.40 W/m²K 7 cm	0.25 W/m²K 20 cm	0.12 W/m²K 30 cm
Fenêtres	2.60 W/m²K Simple vitrage	1.70 W/m²K Double vitrage	1.10 W/m²K Double vitrage avec argon	0.80 W/m²K Triple vitrage

ET PARFOIS TROP ...

La capacité thermique spécifique est :
29.2 (W.h/m².K)



SANS MODELE ECONOMIQUE



Source : www.efficientwindows.org

ET IL N'Y A PAS DE LIMITES !



65 cm d'épaisseur d'isolant ça suffit?

PREMIERES PROPOSITIONS DES MAISONS INCAS SUR LE SITE DE L'INES



Proposition de l'architecte

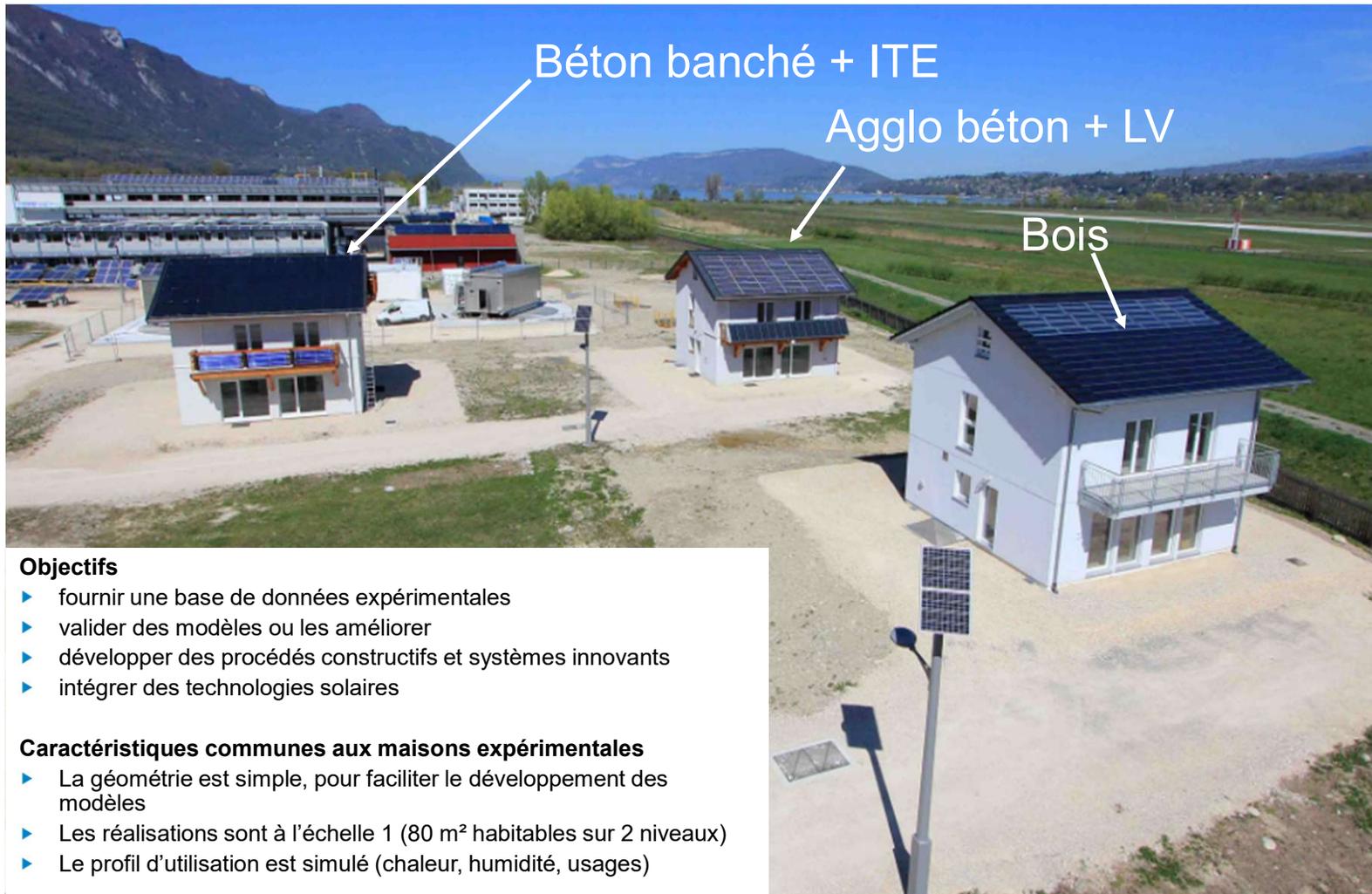


Modèle retenu

REALISATION DE LA PLATEFORME D'EXPÉRIMENTATION DE L'INES



CARACTERISTIQUES ET OBJECTIFS



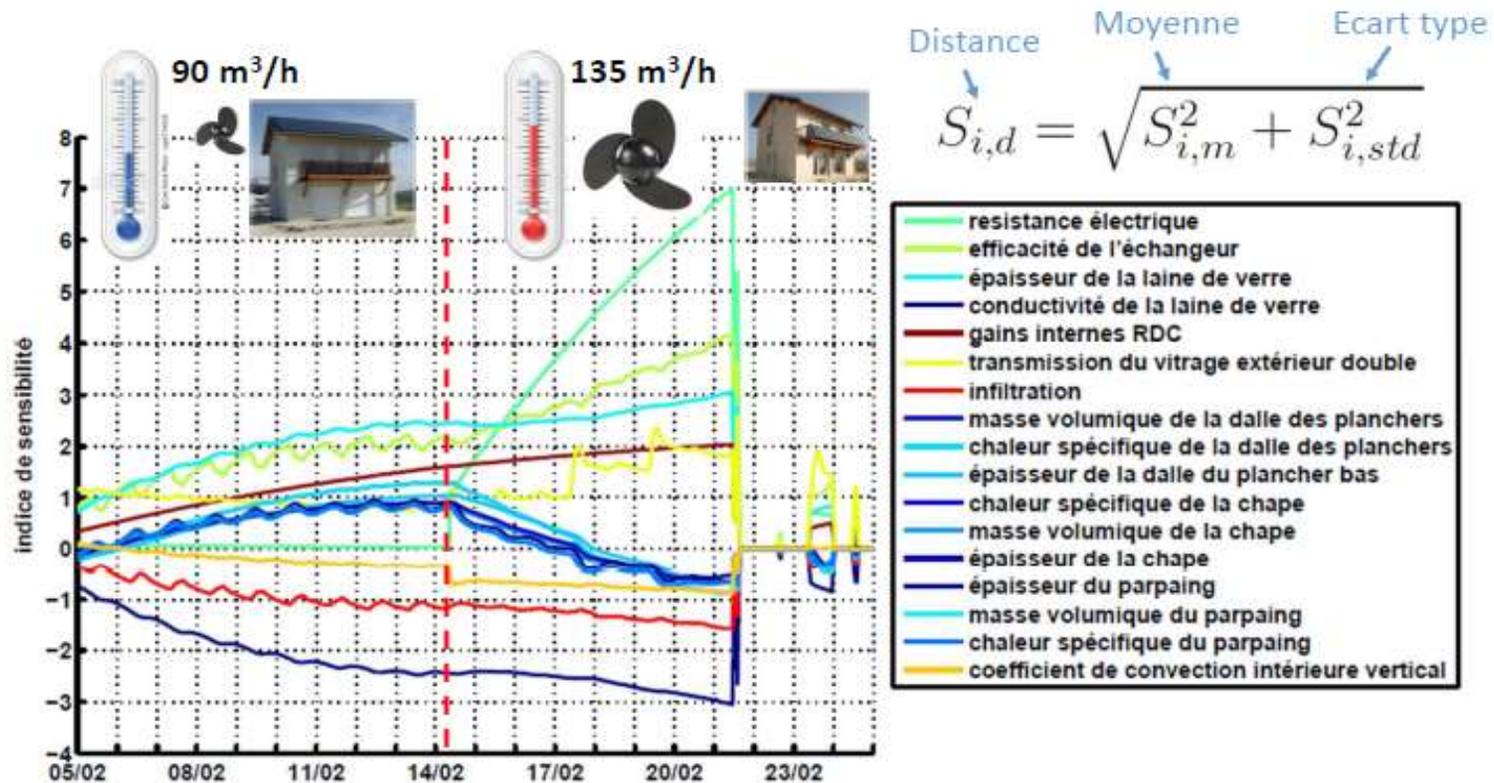
Objectifs

- ▶ fournir une base de données expérimentales
- ▶ valider des modèles ou les améliorer
- ▶ développer des procédés constructifs et systèmes innovants
- ▶ intégrer des technologies solaires

Caractéristiques communes aux maisons expérimentales

- ▶ La géométrie est simple, pour faciliter le développement des modèles
- ▶ Les réalisations sont à l'échelle 1 (80 m² habitables sur 2 niveaux)
- ▶ Le profil d'utilisation est simulé (chaleur, humidité, usages)

ANALYSES DE SENSIBILITÉ SUR LES PARAMÈTRES DE SIMULATION



Résultats de l'analyse de sensibilité locale pour la température d'air RDC
maison I-DM du 5 au 25 février 2011

139 paramètres



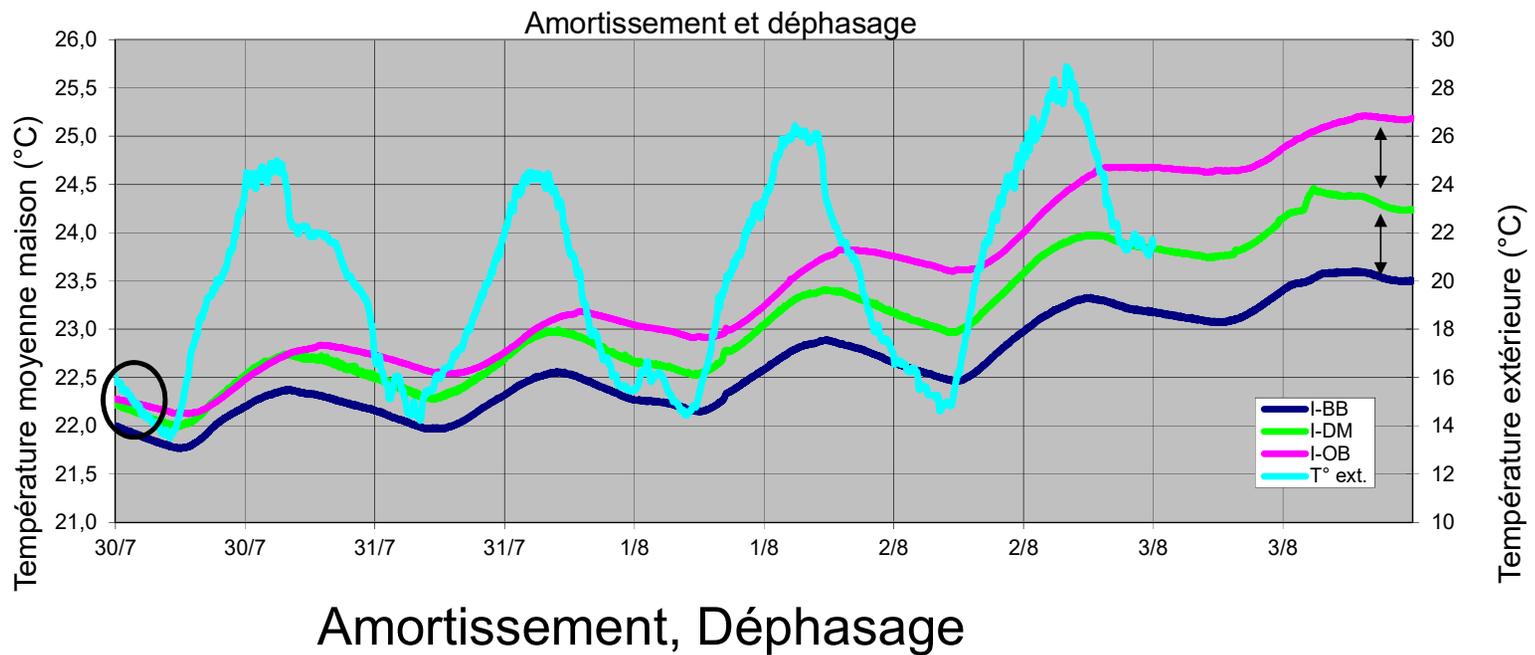
Sélection de 18 paramètres

CONFORT D'ETE

- Réponse aux sollicitations ext. similaires entre I-DM et I-OB

- Mauvaise capacité de I-OB à déstocker (bonne isolation)

	Température extérieure		Maison I-DM		Maison I-BB		Maison I-OB	
	Delta +	Delta -	Delta +	Delta -	Delta +	Delta -	Delta +	Delta -
Jour 1	11,1	10,4	0,7	0,4	0,6	0,4	0,7	0,2
Jour 2	10,0	9,7	0,7	0,4	0,6	0,4	0,6	0,3
Jour 3	11,6	11,4	0,9	0,4	0,7	0,4	1,0	0,2
Jour 4	14,0	--	1,0	0,2	0,8	0,2	1,0	0,1

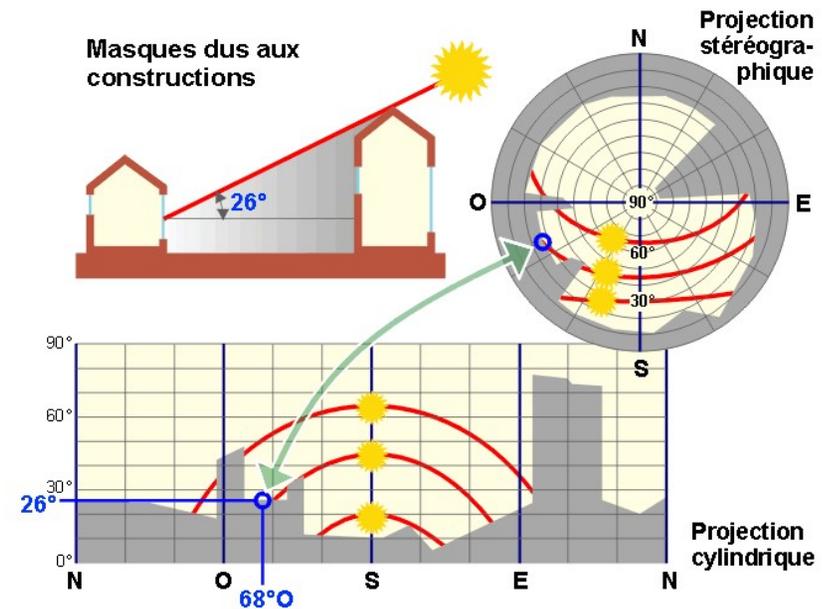


ENERGÉTIQUE DU BÂTIMENT : HISTOIRE D'UN TATONNEMENT

- Contexte
- Isolation des Bâtiments
- Bâtiments passifs
- **Bâtiments bioclimatiques**
- Bâtiments solaires
- Bâtiments bas carbone
- Flexibilité et sobriété des Bâtiments solaires bas carbone pour le réseau électrique

NAISSANCE DU BIOCLIMATISME

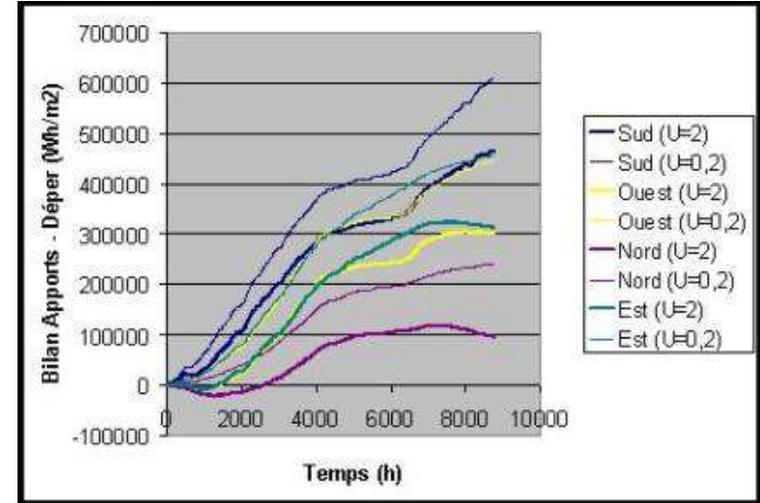
- Pourquoi s'isoler de cet environnement?
- Ne peut-on pas plus gagner d'énergie plutôt que de moins en perdre?
- Pourquoi ne l'a-t-on pas fait plus tôt?
- Comment mieux exploiter les ressources?



Source : www-energie2.arch.ucl.ac.be

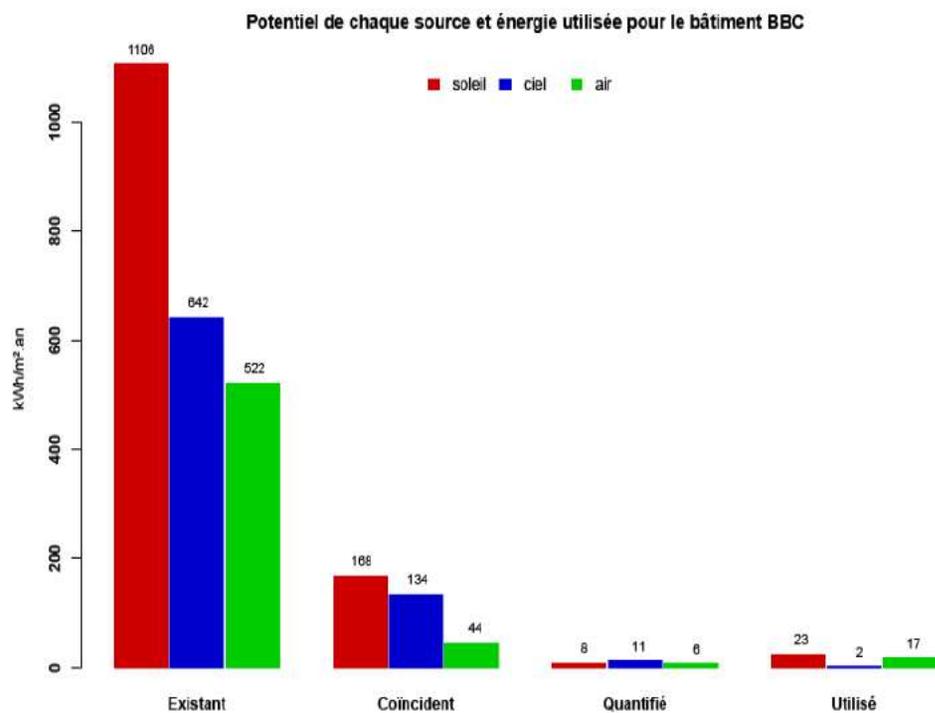
COMPROMIS ENTRE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE ET EXPLOITATION DES RESSOURCES RENOUVELABLES

- Le coefficient de déperdition d'une paroi, varie de 0,2 (bien isolée) à 2 (non isolée) $W/m^2.K$
- L'écart moyen de température entre l'intérieur et l'extérieur durant la période de chauffage est de l'ordre de $12^{\circ}C$
- Une paroi perd donc en moyenne sur la période de chauffage entre 2,4 et $24 W/m^2$
- Dès qu'il fait jour, une paroi reçoit entre 200 et $1000 W/m^2$ d'apports solaires
- Le bilan apports – pertes est positif pourtant, globalement, les parois perdent de l'énergie



Recherche d'un optimum

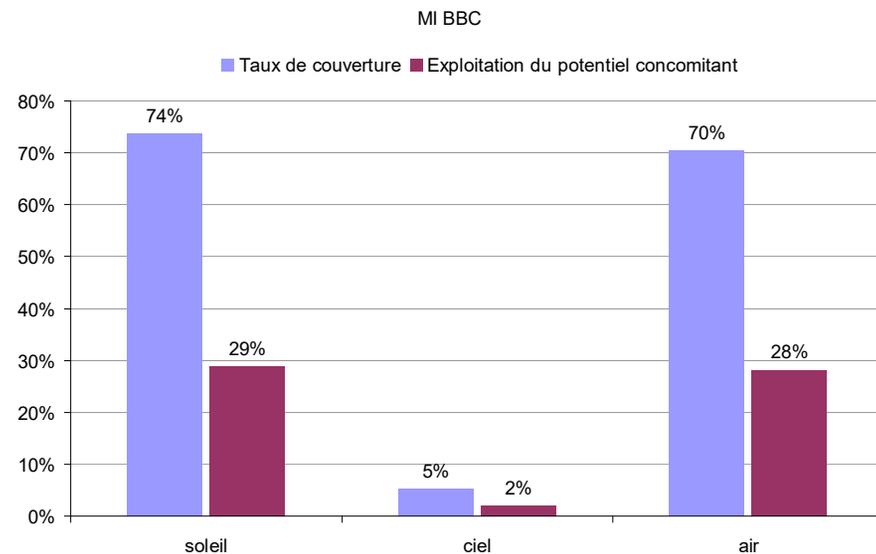
RÉPARTITION ANNUELLE DES DIFFÉRENTES SOURCES D'ÉNERGIE



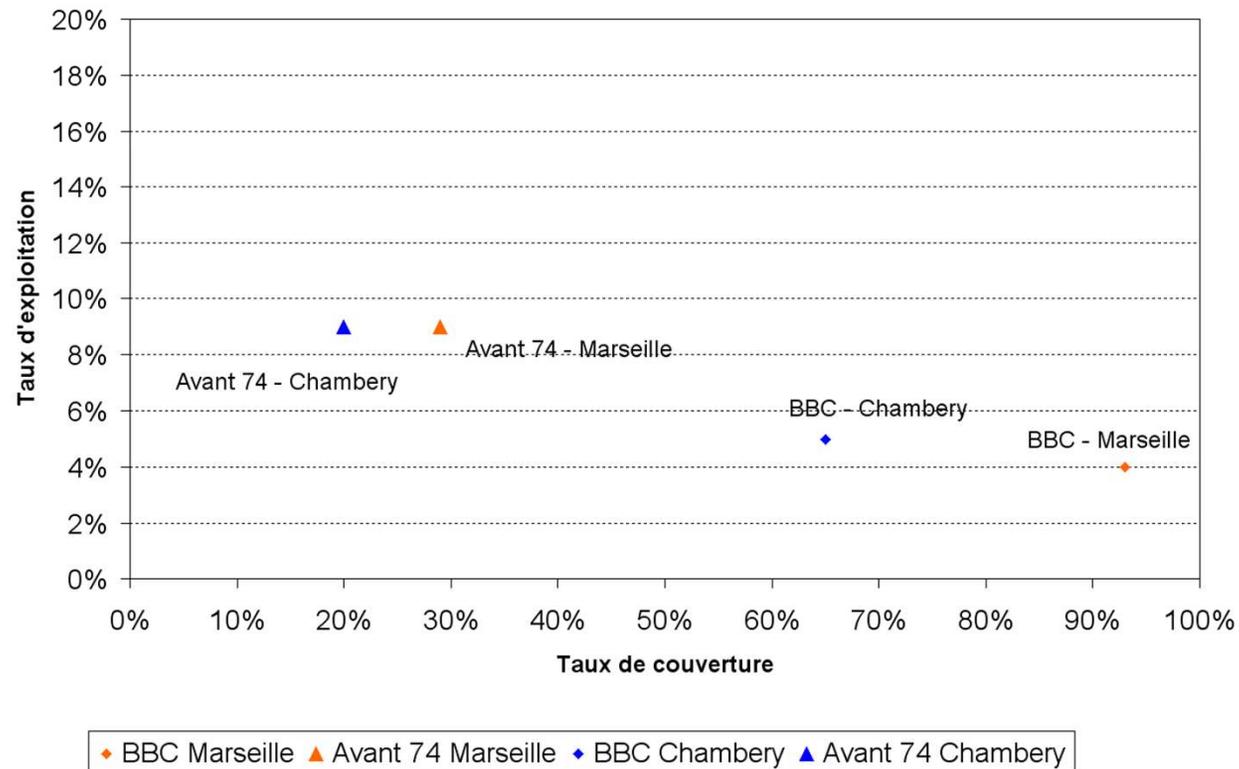
Les apports ne correspondent pas forcément aux besoins

EXEMPLE DES RESSOURCES NATURELLES DISPONIBLES EN HIVER

- **Le soleil :**
 - Couvre 74% des besoins de chauffage
 - C'est une exploitation de 29% du soleil « utile »
- **Le ciel :**
 - Couvre 5% des besoins de rafraîchissement
 - C'est une exploitation de 2% du ciel « utile »
- **L'air extérieur :**
 - Couvre 70% des besoins de rafraîchissement
 - C'est une exploitation de 28% de l'air « utile »



POTENTIEL DES RESSOURCES NATURELLES À COUVRIR LES BESOINS DES BÂTIMENTS

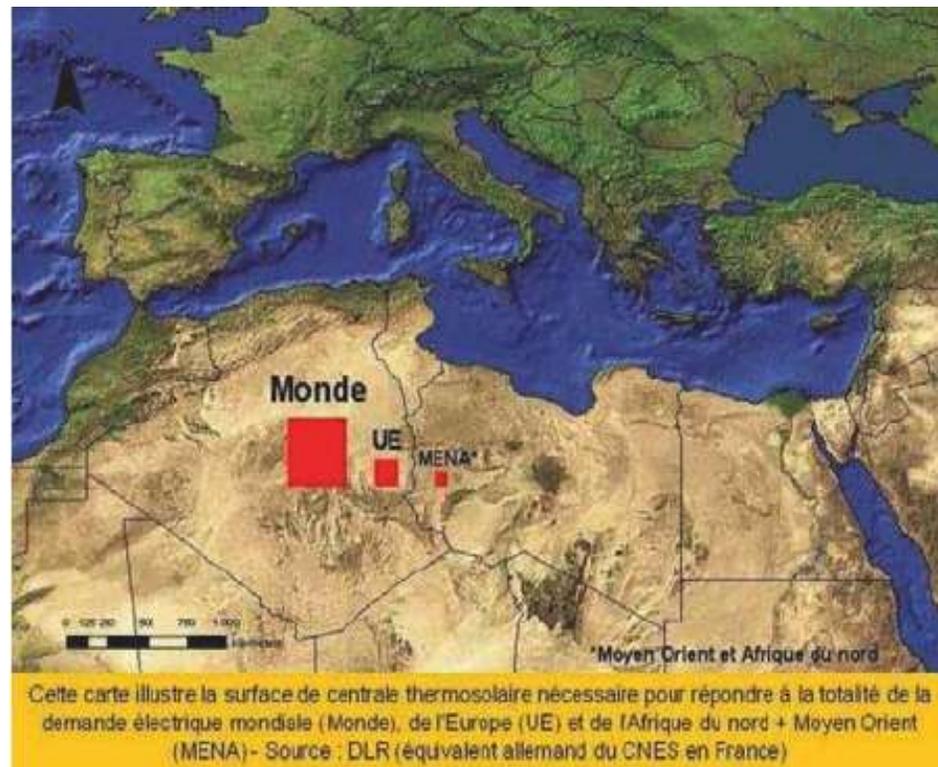


Comment faire croître l'adéquation apports/besoins?

ENERGÉTIQUE DU BÂTIMENT : HISTOIRE D'UN TATONNEMENT

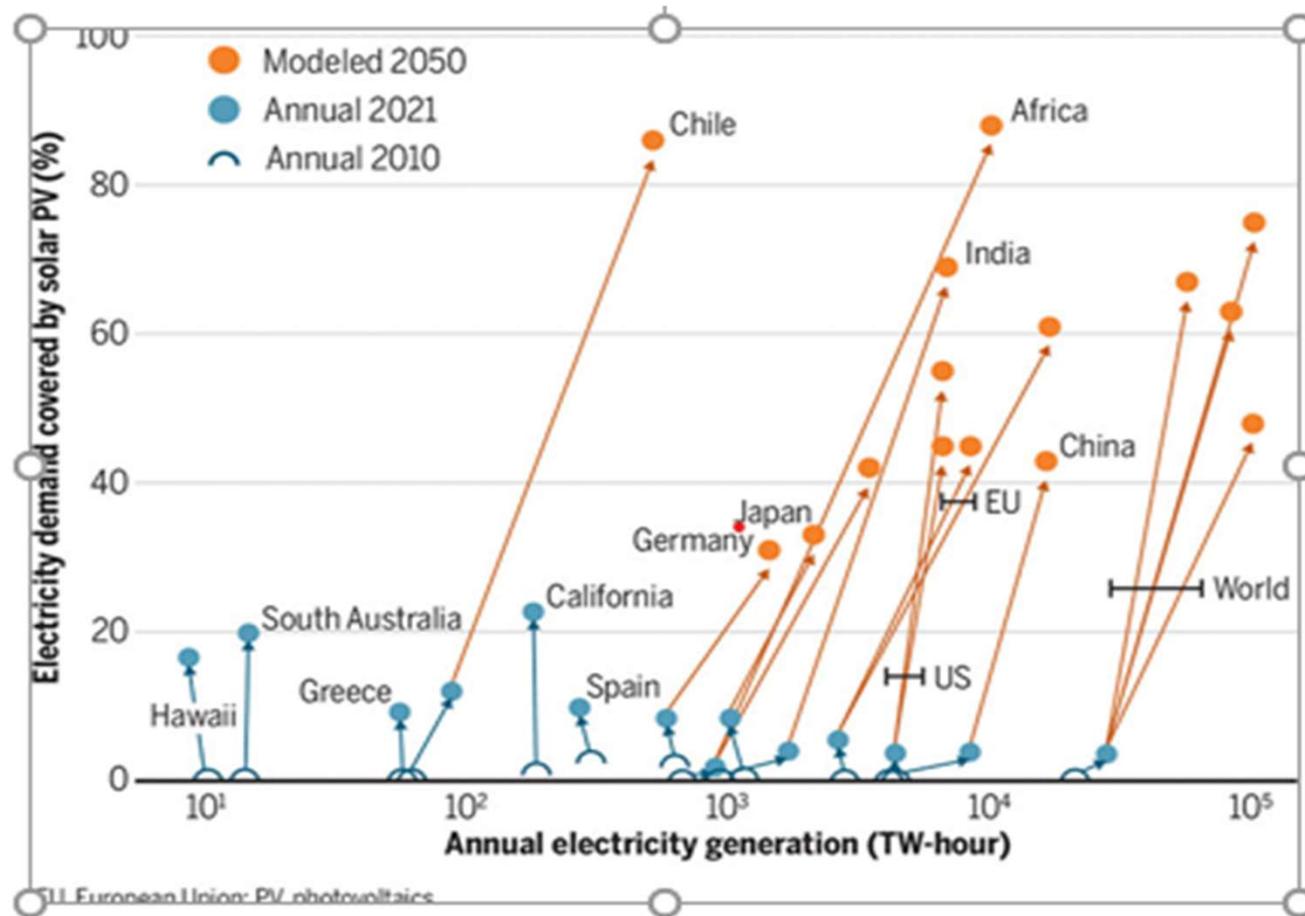
- Contexte
- Isolation des Bâtiments
- Bâtiments passifs
- Bâtiments bioclimatiques
- **Bâtiments solaires**
- Bâtiments bas carbone
- Flexibilité et sobriété des Bâtiments solaires bas carbone pour le réseau électrique

SURFACE SOLAIRE NECESSAIRE POUR RÉPONDRE À LA DEMANDE MONDIALE



En france on a dépassé le million de producteurs d'électricité
En 2013 1 GWc/an x5 en 2024 5 GWc/an

AVEC DE FORTES PERSPECTIVES DE CROISSANCE

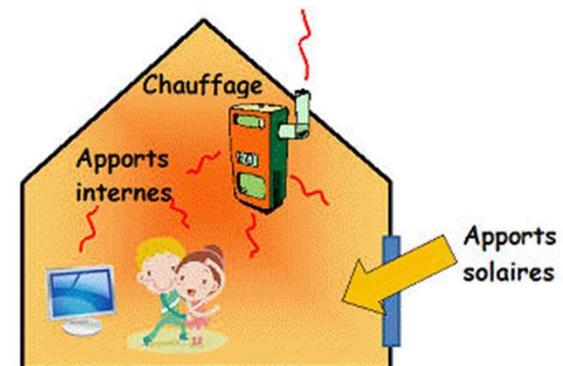
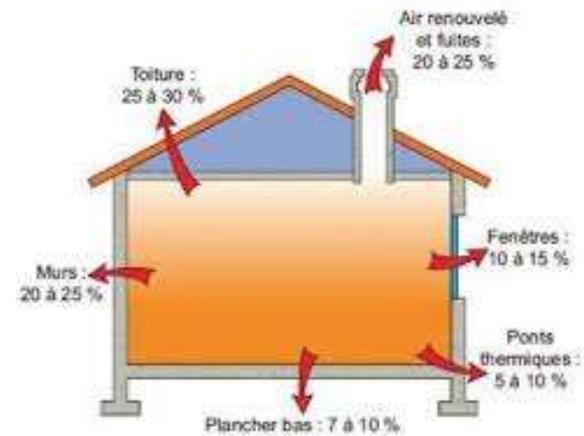


Tournées tout particulièrement vers les pays du Sud très ensoleillés

CONSENSUS SUR LA HIERARCHIE DES INTERVENTIONS

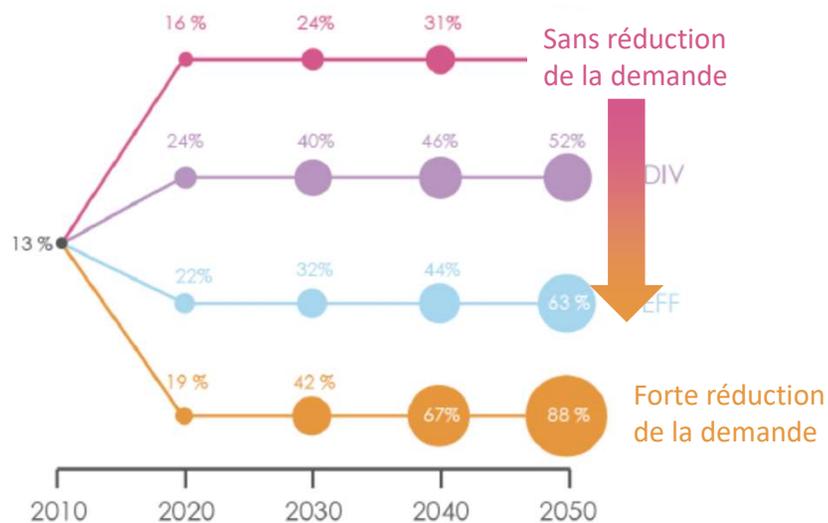
- **Diminuer les besoins :**
 - Diminuer les déperditions des parois
 - Augmenter les apports gratuits
- **Augmenter le rendement des équipements :**
 - Rendement intrinsèque des appareils
 - Gestion
- **Intégrer les renouvelables.**
 - Avec une conception des usages (consommation / effacement) compatible avec les exigences de fonctionnement des réseaux.

Rq : les durées de vie sont très différentes



TRAJECTOIRE DU BATIMENT A ENERGIE POSITIVE

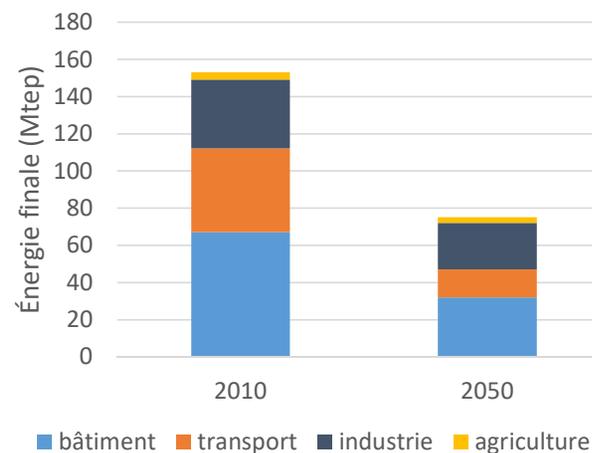
Part d'énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie*
part (%)



Source: DNTE

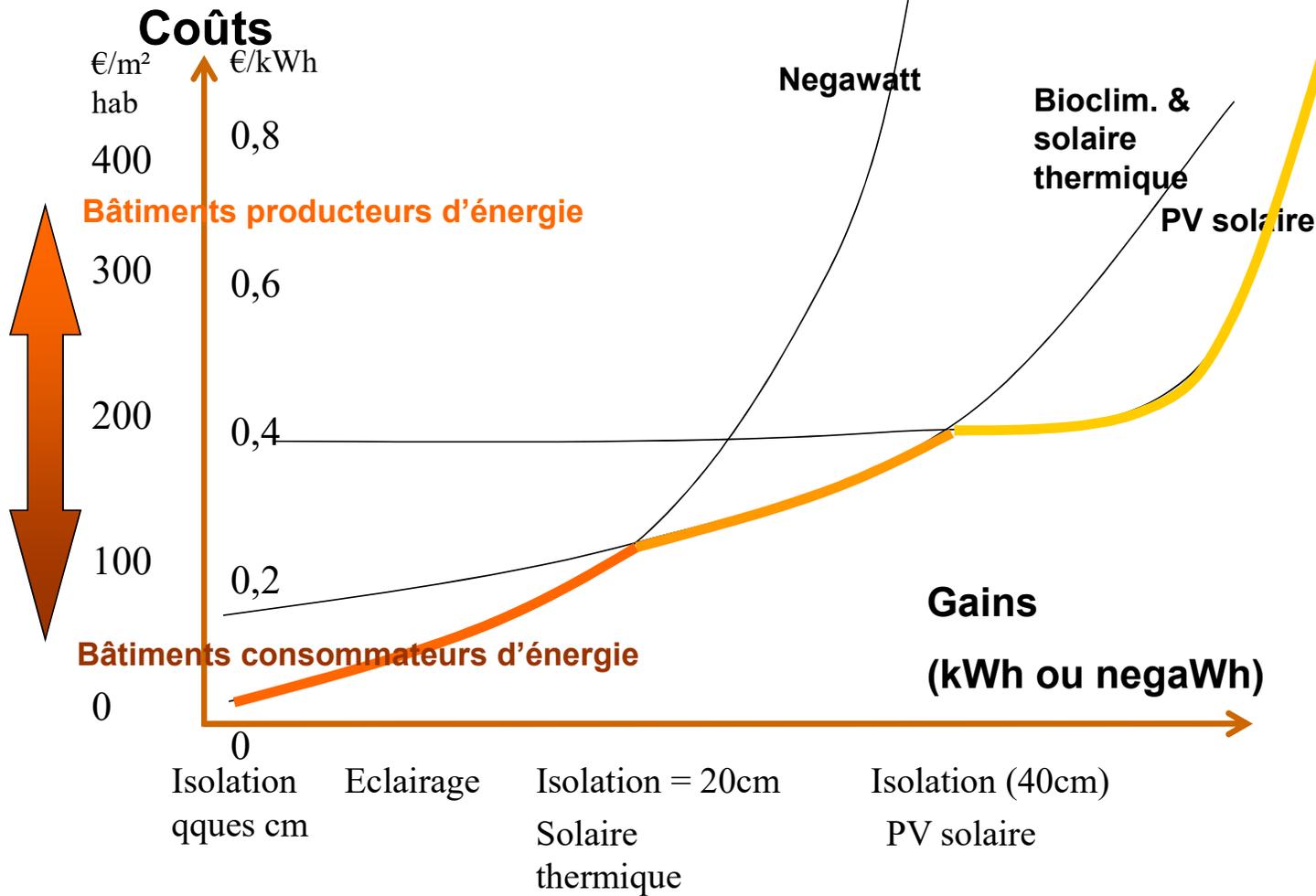
- **Cette réduction permet:**
 - 90% de renouvelable dans la production d'énergie
 - Diminution des émissions de CO₂
- **Enjeux socio-économiques de la rénovation:**
 - Création de 200 000 emplois directs d'ici 2050
 - 900 milliards d'€ d'investissements d'ici 2050

Transition énergétique

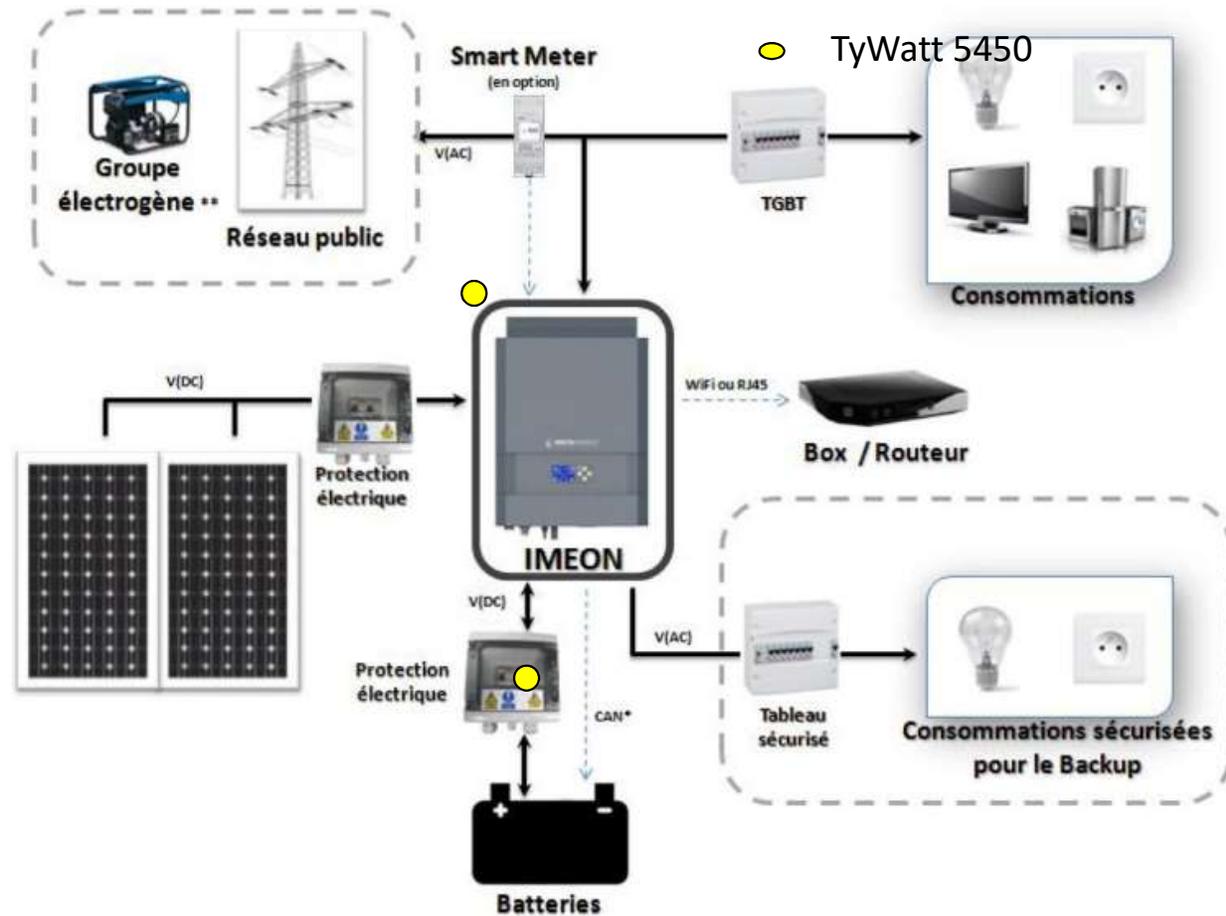


Le bâtiment représente près de la moitié des consommations et vise à les diminuer de moitié

Un optimum entre gain énergétique et coût financier



PERTINENCE D'UN CONCEPT DE BÂTIMENT À ÉNERGIE POSITIVE ?



Quel bilan carbone pour le bâtiment sur sa durée de vie?

LE RÉSULTAT EN UNE SEULE IMAGE

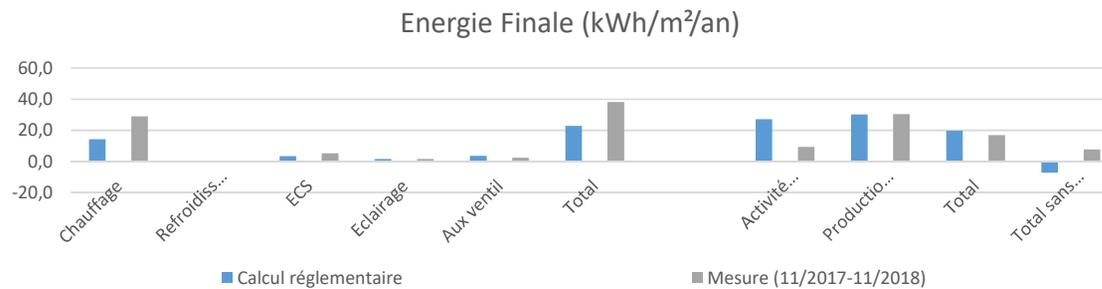
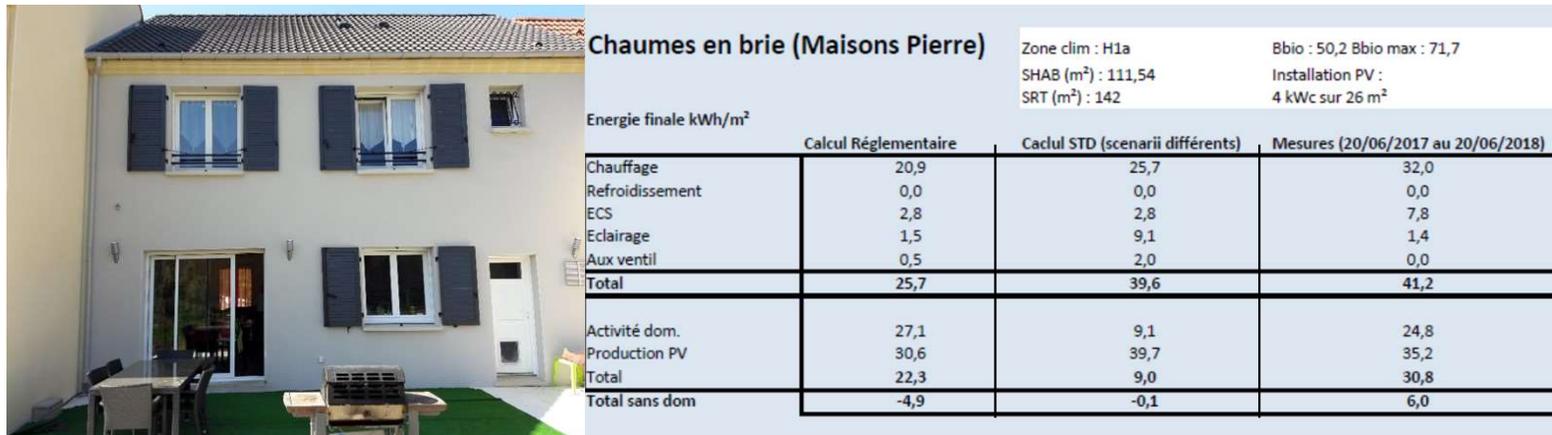
COMEPOS Les Démonstrateurs



LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE PERMET LA PRODUCTION D'ELECTRICITE ... QUAND IL Y A DU SOLEIL



DÉFICIT DE PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE



LE CAS D'UN BILAN ÉNERGÉTIQUE ANNUEL ÉQUILIBRÉ



Ozoir (Maisons Pierre)

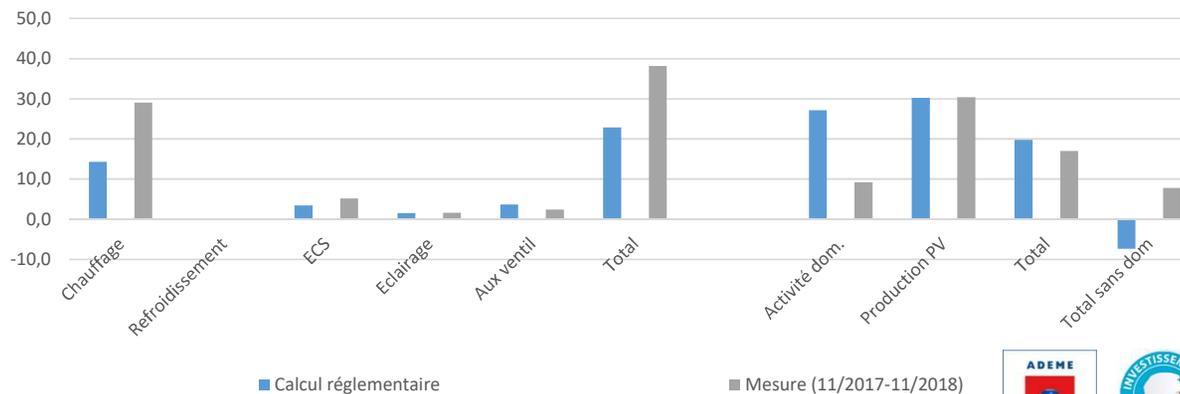
Zone clim : H2
 SHAB (m²) : 89,2
 SRT (m²) : 106,9

Bbio : 51 Bbio max : 57,3
 Installation PV :
 3,9 kWc sur 25 m²

Energie finale kWh/m²

	Calcul Réglementaire	Caclul STD (scenarii différents)	Mesures (20/11/2017 au 20/11/2018)
Chauffage	14,3	11,0	29,0
Refroidissement	0,0	0,0	0,0
ECS	3,4	3,4	5,2
Eclairage	1,5	1,6	1,6
Aux ventil	3,6	2,0	2,4
Total	22,8	17,9	38,1
Activité dom.	27,1	14,7	9,2
Production PV	30,2	36,7	30,4
Total	19,8	-4,1	17,0
Total sans dom	-7,4	-18,8	7,7

Energie Finale (kWh/m²/an)



CAS D'UN LARGE EXCÉDENT DE PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE



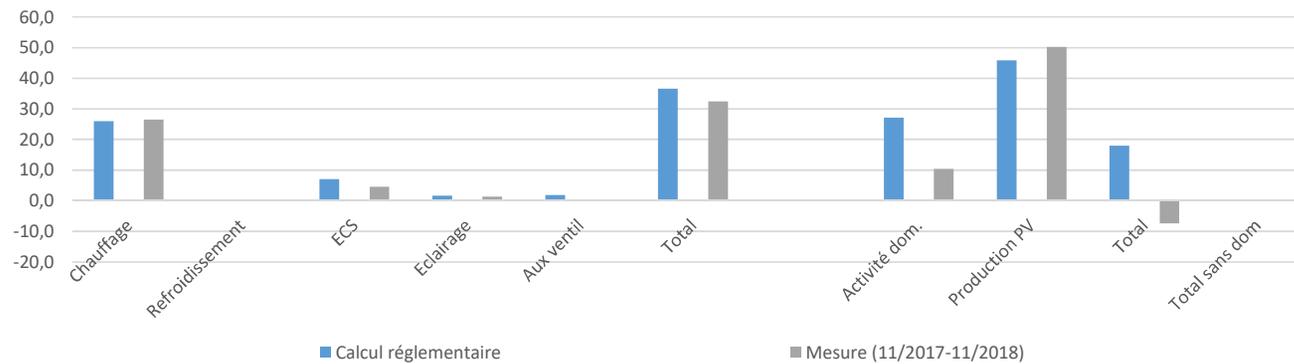
Ostwald (Maisons Hanau)

Zone clim : H1b
 SHAB (m²) : 137,13
 SRT (m²) : 163,07
 Bbio : 53,1 Bbio max : 80,2
 Installation PV :
 8 kWc sur 52 m²

Energie finale kWh/m²

	Calcul Réglementaire	Caclul STD (scenarii différents)	Mesures (02/01/2017 au 02/01/2018)
Chauffage	26,0	29,5	26,5
Refroidissement	0,0	0,0	0,0
ECS	7,1	4,9	4,6
Eclairage	1,6	0,0	1,4
Aux ventil	1,9	0,8	0,0
Total	36,6	35,2	32,4
Activité dom.	27,1	10,9	10,4
Production PV	45,8	53,4	50,2
Total	17,9	-7,2	-7,4
Total sans dom	-9,2	-18,1	-17,8

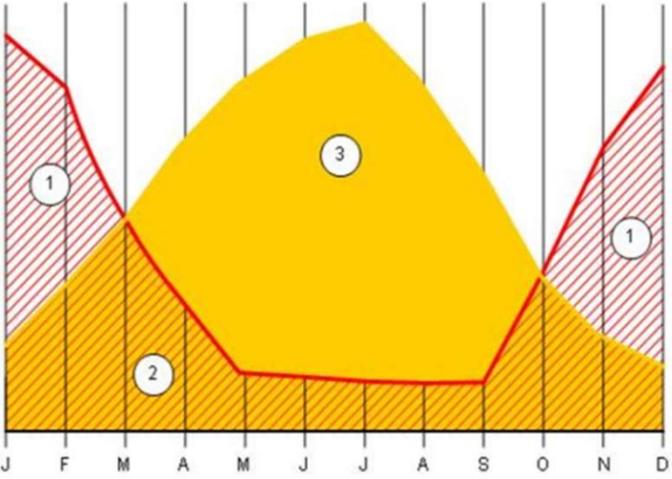
Energie Finale (kWh/m²/an)



PAS D'ADÉQUATION ENTRE PRODUCTION ET CONSOMMATION

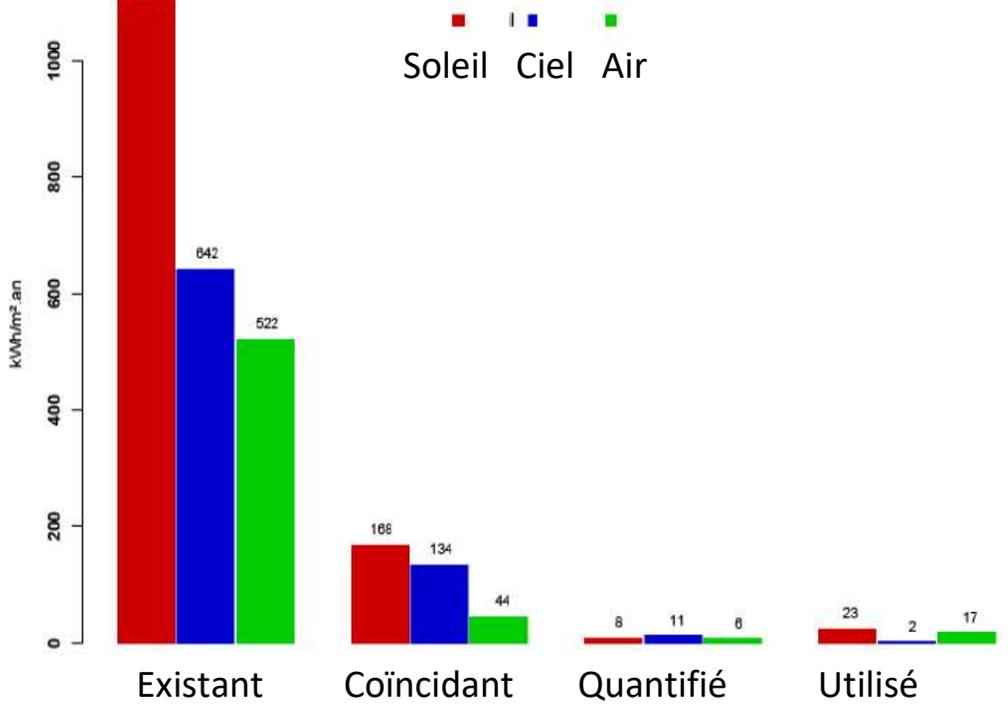
PAS DE MODÈLE ÉCONOMIQUE POUR LE STOCKAGE INTERSAISONNIER

Adéquation production solaire et consommation des bâtiments

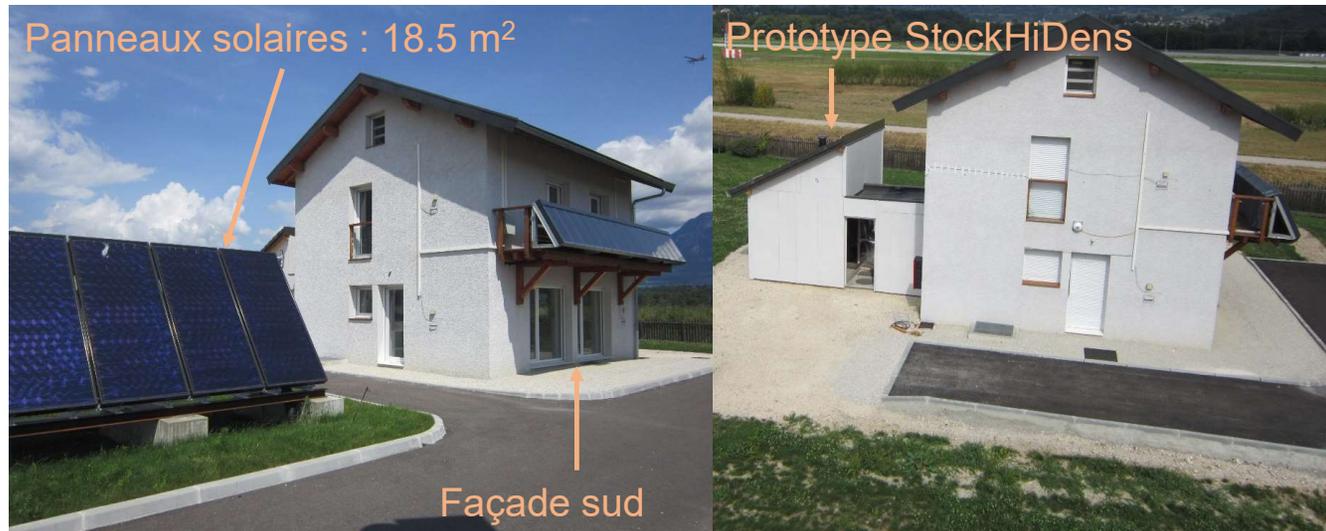


- Excès d'ensoleillement
- Energie consommée
- Energie non exploitée
- Consommations
- Ensoleillement

Potentiel des sources d'énergie sur un bâtiment



STOCKAGE INTERSAISONNIER

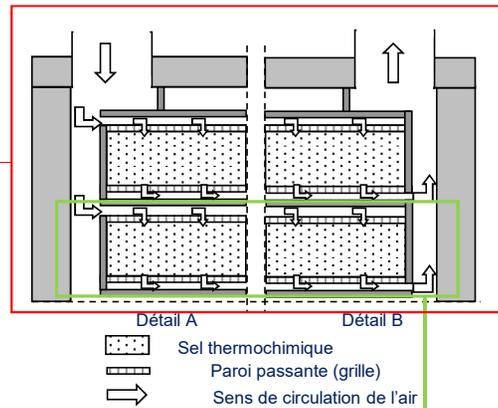


5 RÉACTEURS INTÉGRÉS FORMÉS PAR PLUSIEURS COMPARTIMENTS SUPERPOSÉS

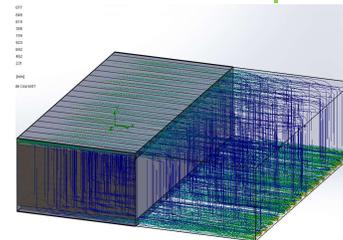
Un des 5 réacteurs



Circulation de l'air



Un compartiment de réacteur

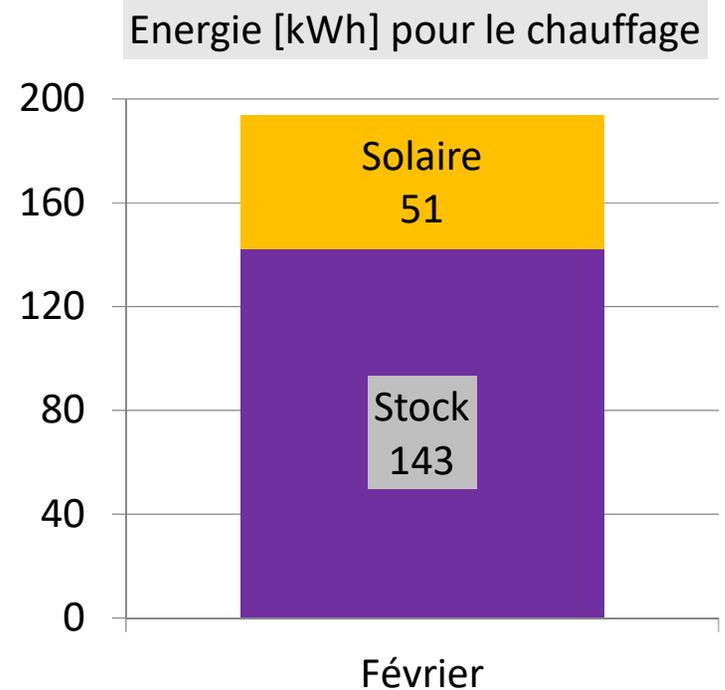
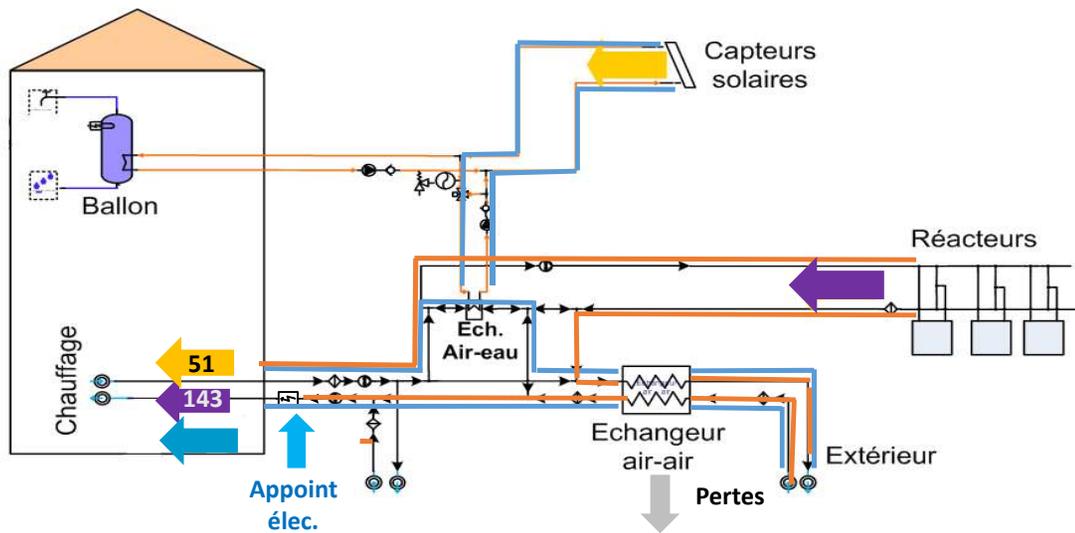


Simulation CFD pour valider la géométrie des canaux

Un beau potentiel

FONCTIONNEMENT DU STOCKAGE INTERSAISONNIER

Le chauffage de la maison est issu de 3 sources : solaire direct, stock et appoint.
en plein hiver, près de 200 kWh renouvelables par mois ont servi à chauffer la maison



Mais toujours pas de modèle économique

NECESSITE DE REPARTIR D'UNE APPROCHE GLOBALE

PV

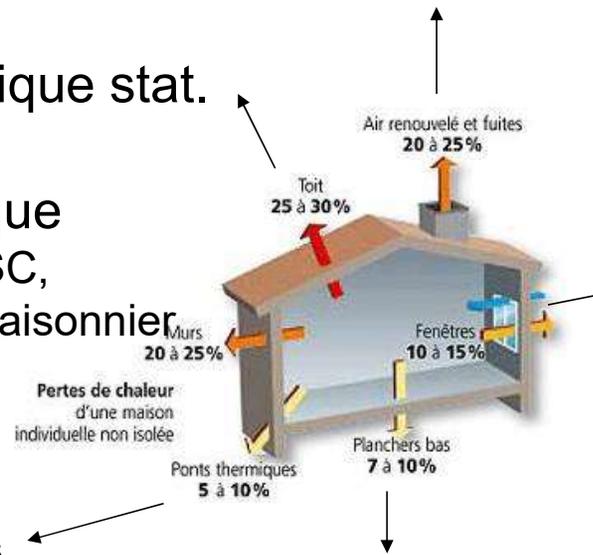
Intégration PV (façade, toiture)
Stockage électrique stat.

Solaire Thermique
CESI, CESCAI, SSC,
Stockage Th intersaisonnier
Froid solaire

Isolants

Transferts thermiques
Transferts hydriques
ACV

Ventilation – QEI/QAI
Étanchéité à l'air



Surfaces vitrées
Couplage PV, Th, confort visuel, apports passifs
Volets Roulants
Stratégie contrôle, autonomie, intégration

Structures

Inertie thermique

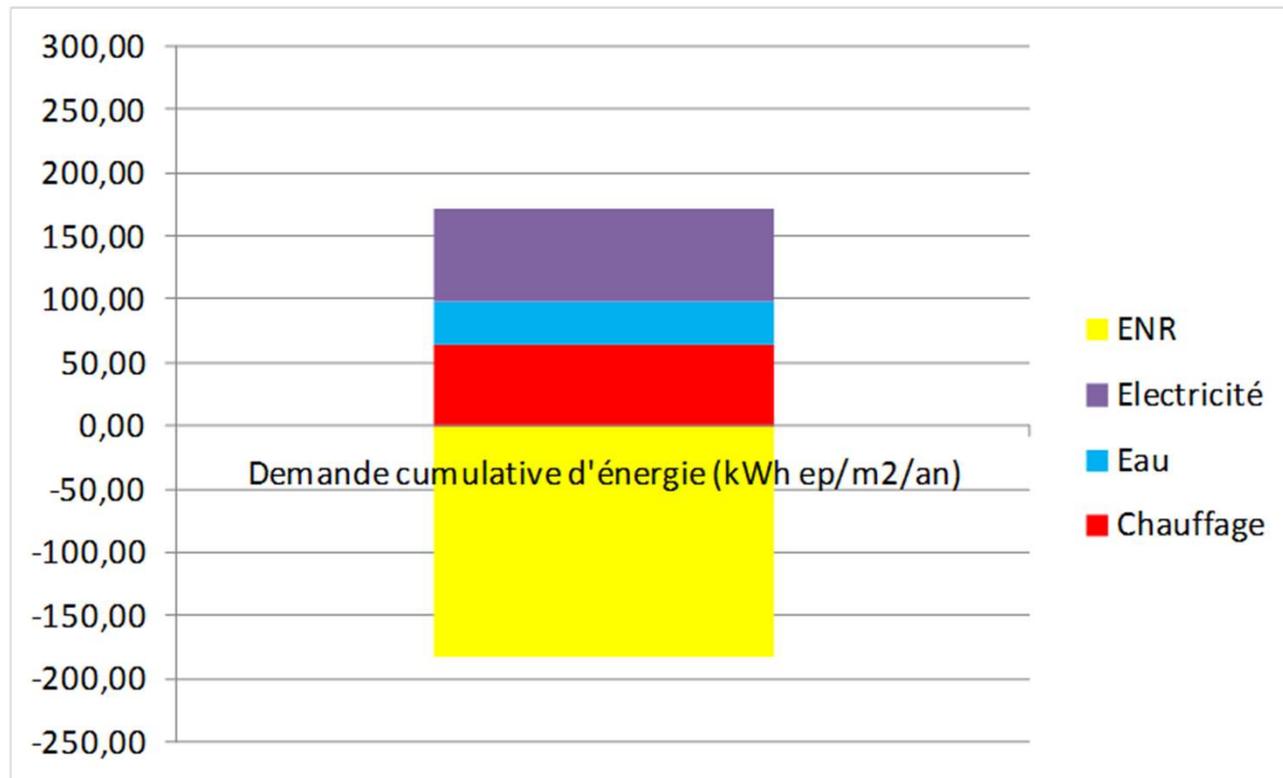
ENERGÉTIQUE DU BÂTIMENT : HISTOIRE D'UN TATONNEMENT

- Contexte
- Isolation des Bâtiments
- Bâtiments passifs
- Bâtiments bioclimatiques
- Bâtiments solaires
- **Bâtiments bas carbone**
- Flexibilité et sobriété des Bâtiments solaires bas carbone pour le réseau électrique

AVEC DES CONTRAINTES BAS CARBONE

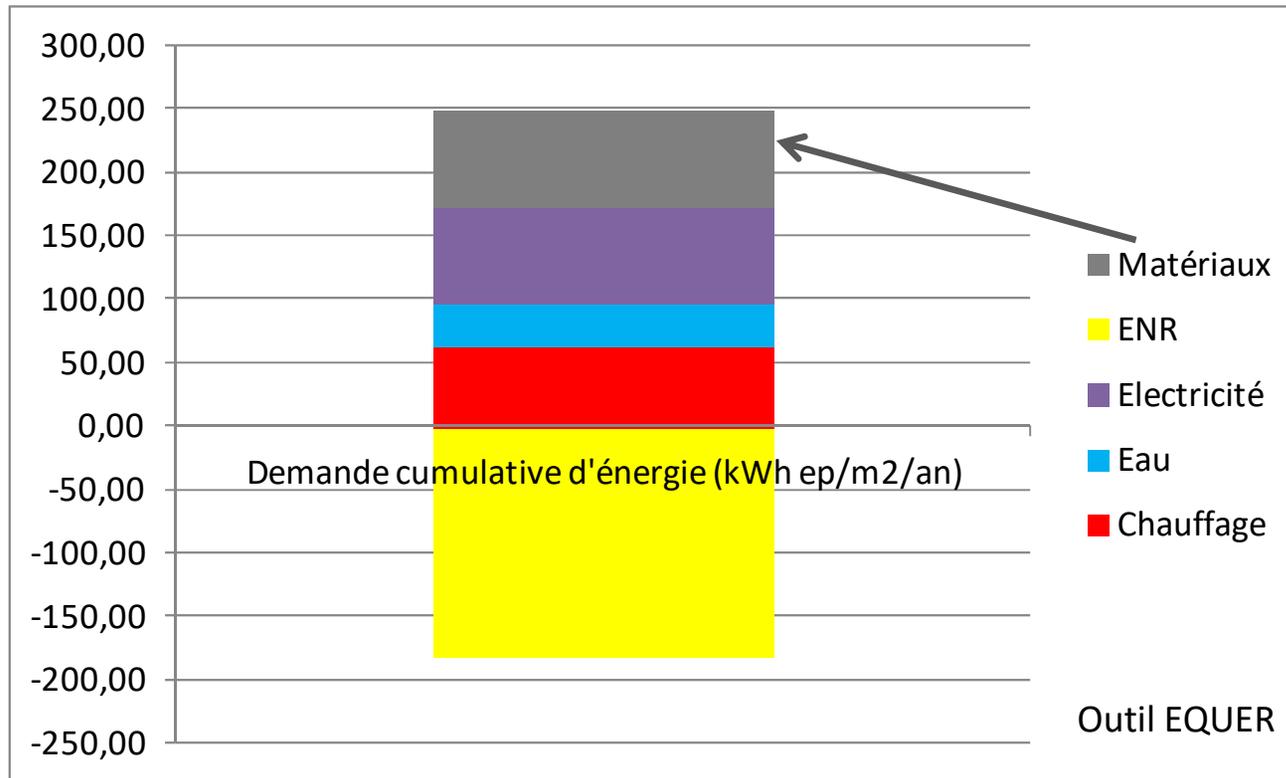


BILAN ENERGETIQUE D'UN BATIMENT NEUF



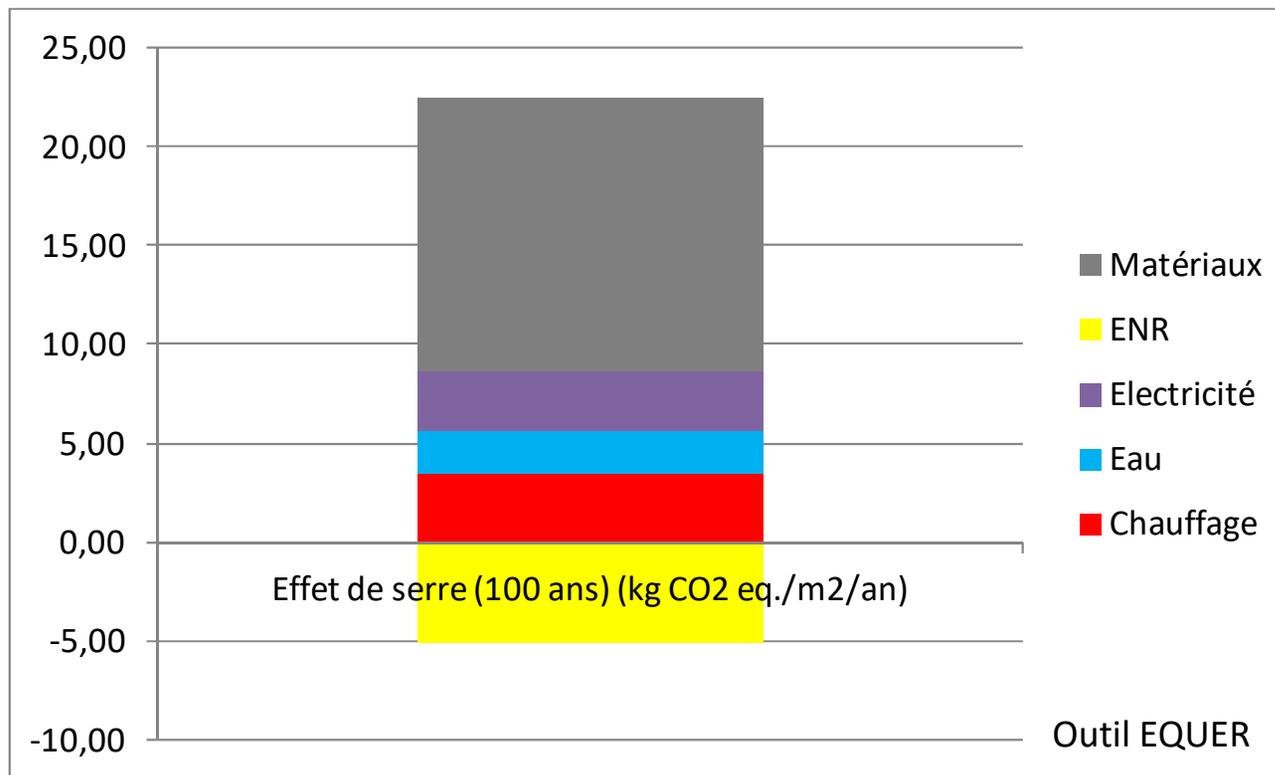
Maison à énergie positive sur la phase d'utilisation

INTEGRATION DES BESOINS EN ENERGIE POUR LA CONSTRUCTION



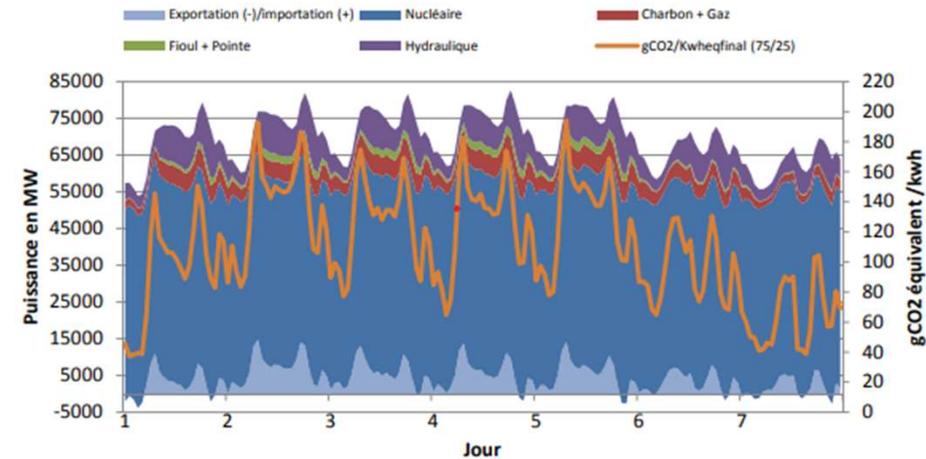
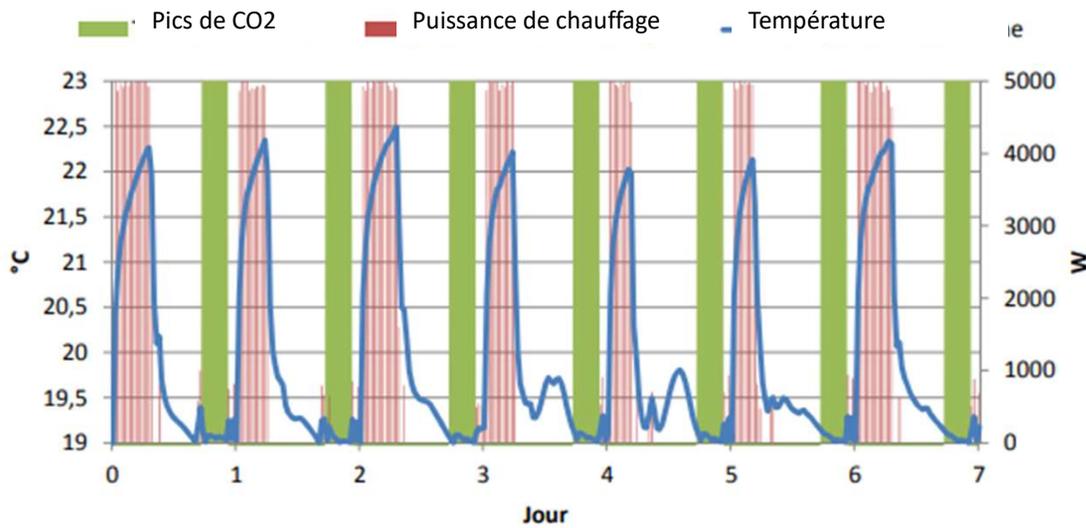
L'énergie « grise » liée à la fabrication des matériaux déséquilibre le bilan

INTEGRATION DES EMISSIONS CO2



**Le bilan carbone reste très déséquilibré pour la construction neuve
Intérêt de la réhabilitation**

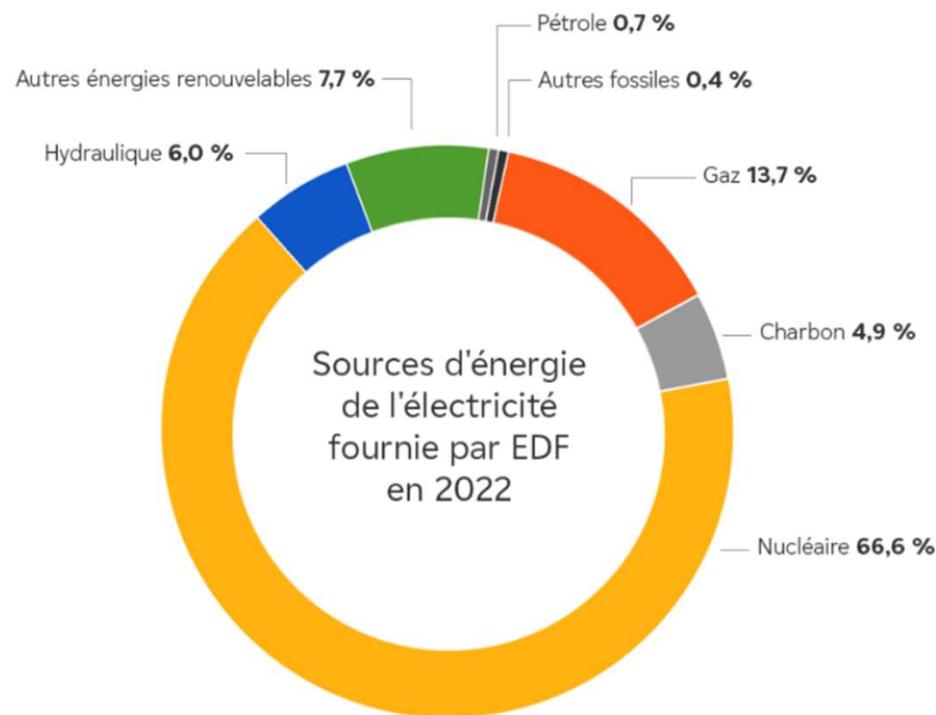
EVOLUTION DU CONCEPT : OPTIMISATION DU PILOTAGE DU BÂTIMENT EN FONCTION DU COMPORTEMENT DU RÉSEAU



Forte variation journalière du contenu CO2
du réseau électrique national

Effacement des bâtiments aux heures de pointe:
Capacité à stocker 30 kWh dans la journée

RÉPARTITION DES SOURCES D'ÉNERGIE DANS LE RESEAU



Le réseau est très carboné au moment des PICS en période de chauffage en raison des bâtiments à chauffage électrique

POIDS CARBONE DES ÉNERGIES PAR RAPPORT AU SOLAIRE PV

Charbon : 1,06 Kg CO₂eq./kWh

Fioul : 0,73 Kg CO₂eq./kWh

Gaz naturel : 0,418 Kg CO₂eq./kWh

Biomasse : 0,230 Kg CO₂eq./kWh

Géothermie : 0,045 Kg CO₂eq./kWh

Solaire PV : 0,043 Kg CO₂eq./kWh

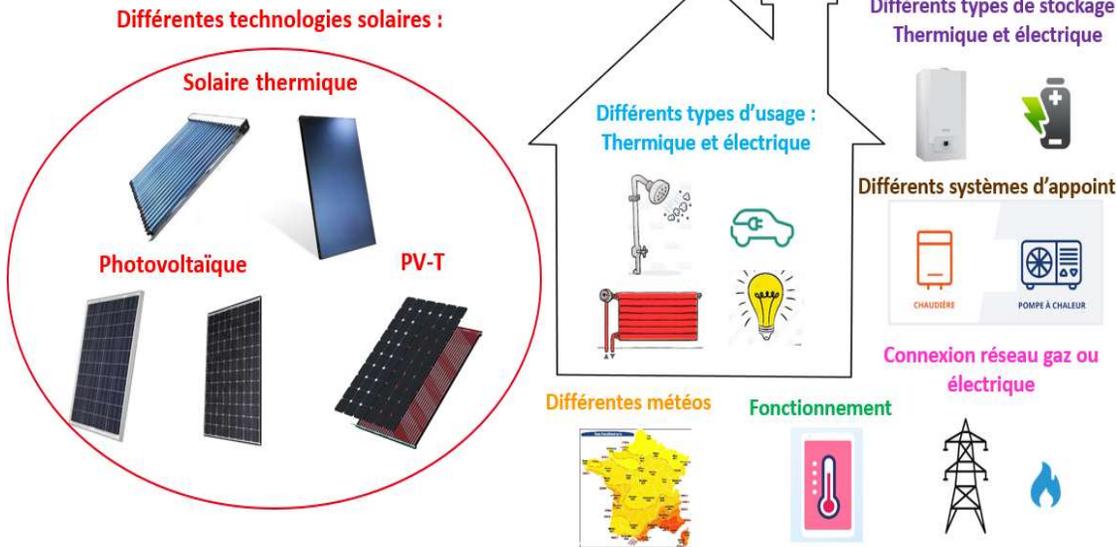
Eolien : 0,015 Kg CO₂eq./kWh

Hydraulique : 0,006 Kg CO₂eq./kWh

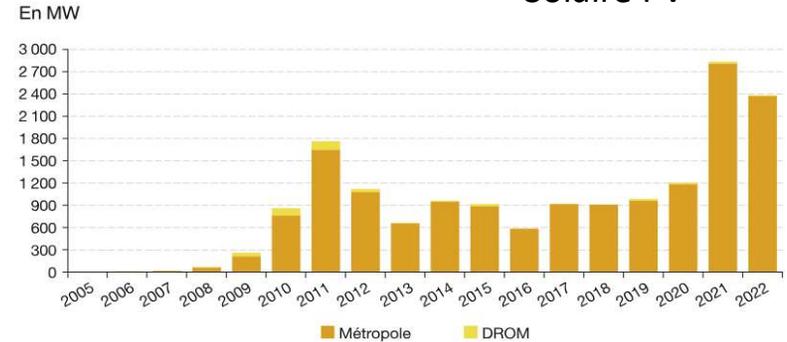
Nucléaire : 0,006 Kg CO₂eq./kWh

Intérêt de piloter le bâtiment par rapport au mix énergétique

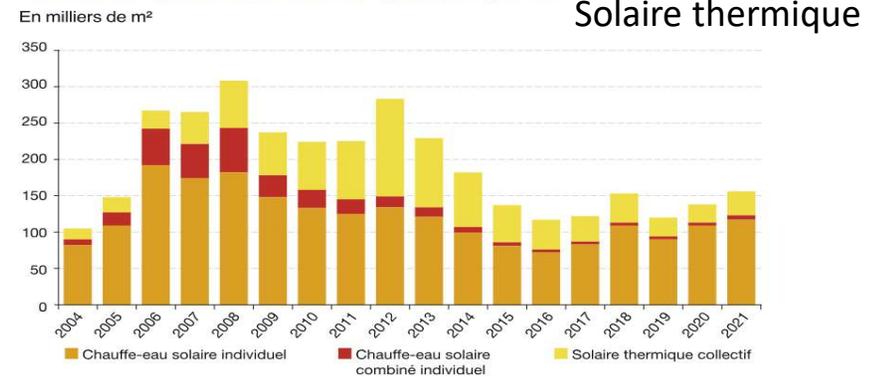
SOLAIRE THERMIQUE, PHOTOVOLTAÏQUE OU PVT?



PUISSANCE INSTALLÉE PAR ANNÉE DE MISE EN SERVICE Solaire PV



SURFACE INSTALLÉE DANS L'ANNÉE PAR TYPE D'INSTALLATION Solaire thermique



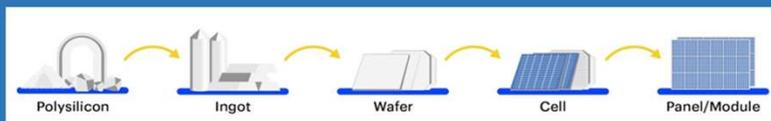
Le meilleur capteur solaire c'est la fenêtre

Emergence des champs PVT, avec **598 157 m²** de surface de capteurs cumulée totale installée en France en 2022

IMPORTANCE D'UNE ÉTUDE CARBONE GLOBALE : EN FRANCE IMPACT POSITIF, EN NORVÈGE UNIQUEMENT SI PV PRODUIT EN EUROPE

Are photovoltaic panels relevant for a building application in low carbon countries ?

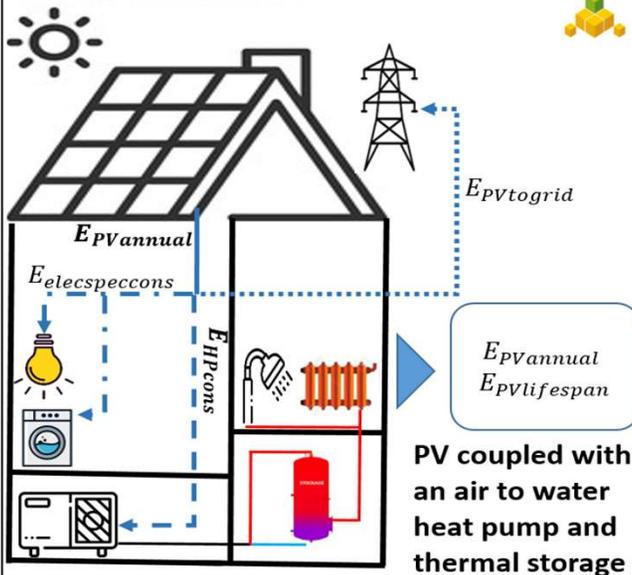
Context : "The study assesses the impact of building installed PV panels in France and Norway, focusing on local vs. imported production."



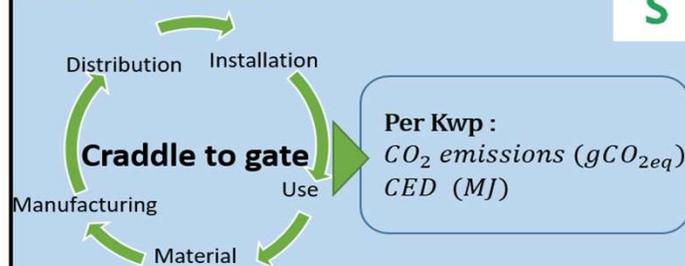
- Manufacturing scenarios :**
- 1) 100% Chinese
 - 2) Mixed European and Chinese
 - 3) 100% European

Main Findings : "In France, PV has a positive impact. In Norway, it's beneficial only if produced 100% in Europe."

Energy simulation :

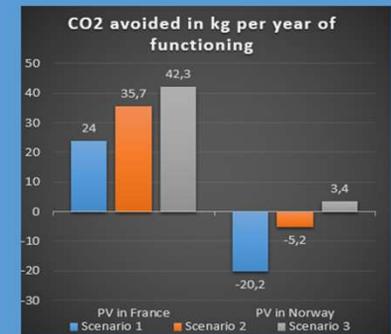
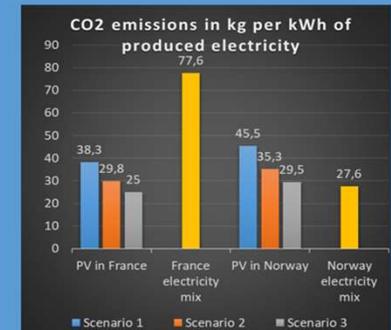


LCA assessment :

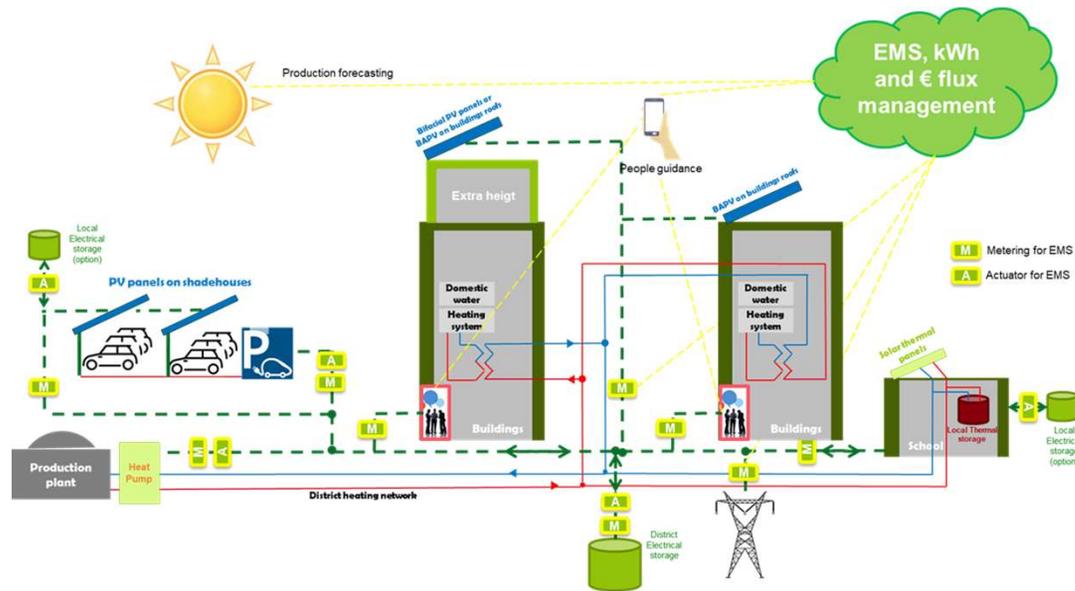


Environmental Key Performance indicators :

- Per kWh :**
- CO_2 emissions (gCO_{2eq})
 - Cumulative energy demand (MJ)
 - CO_2 avoided ($kgCO_2$)
 - Energy payback time (years)
 - Energy return on energy invested (-)



LE SOLAIRE COMME UN ATOUT POUR DECARBONER LE RESEAU ?



Tous les producteurs croient être vertueux : Le particulier qui fait de l'autoconsommation
Les communautés d'énergie qui proposent d'accroître leur indépendance
Les maires qui militent pour l'adéquation production / consommation dans leur commune
Besoin individuel de retour sur investissement ou acte citoyen pour la décarbonation ?
Tout est une question d'échelle et de position!!!

ENERGÉTIQUE DU BÂTIMENT : HISTOIRE D'UN TATONNEMENT

- Contexte
- Isolation des Bâtiments
- Bâtiments passifs
- Bâtiments bioclimatiques
- Bâtiments solaires
- Bâtiments bas carbone
- **Flexibilité et sobriété des bâtiments solaires bas carbone pour le réseau électrique**

LE BATIMENT COMME UN ELEMENT DE FLEXIBILITE



Lissage de la courbe de charge

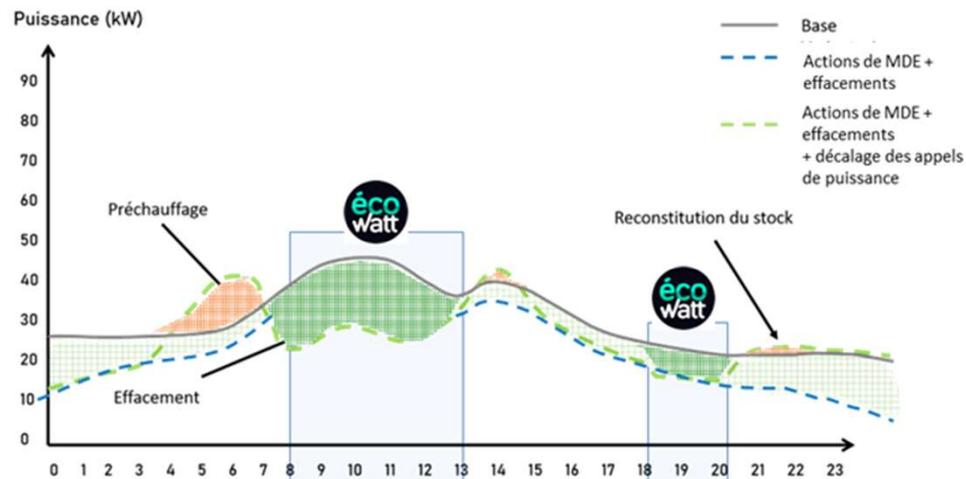
- En mode rafraichissement : Relance post week-end
Consigne Ventilo-Convecteur fixée à 26°C (+/- 2°C)

25/07/2022 : relance à 6h (passage en heures de pointe)

08/08/2022 : relance à 3h (pendant les heures creuses)

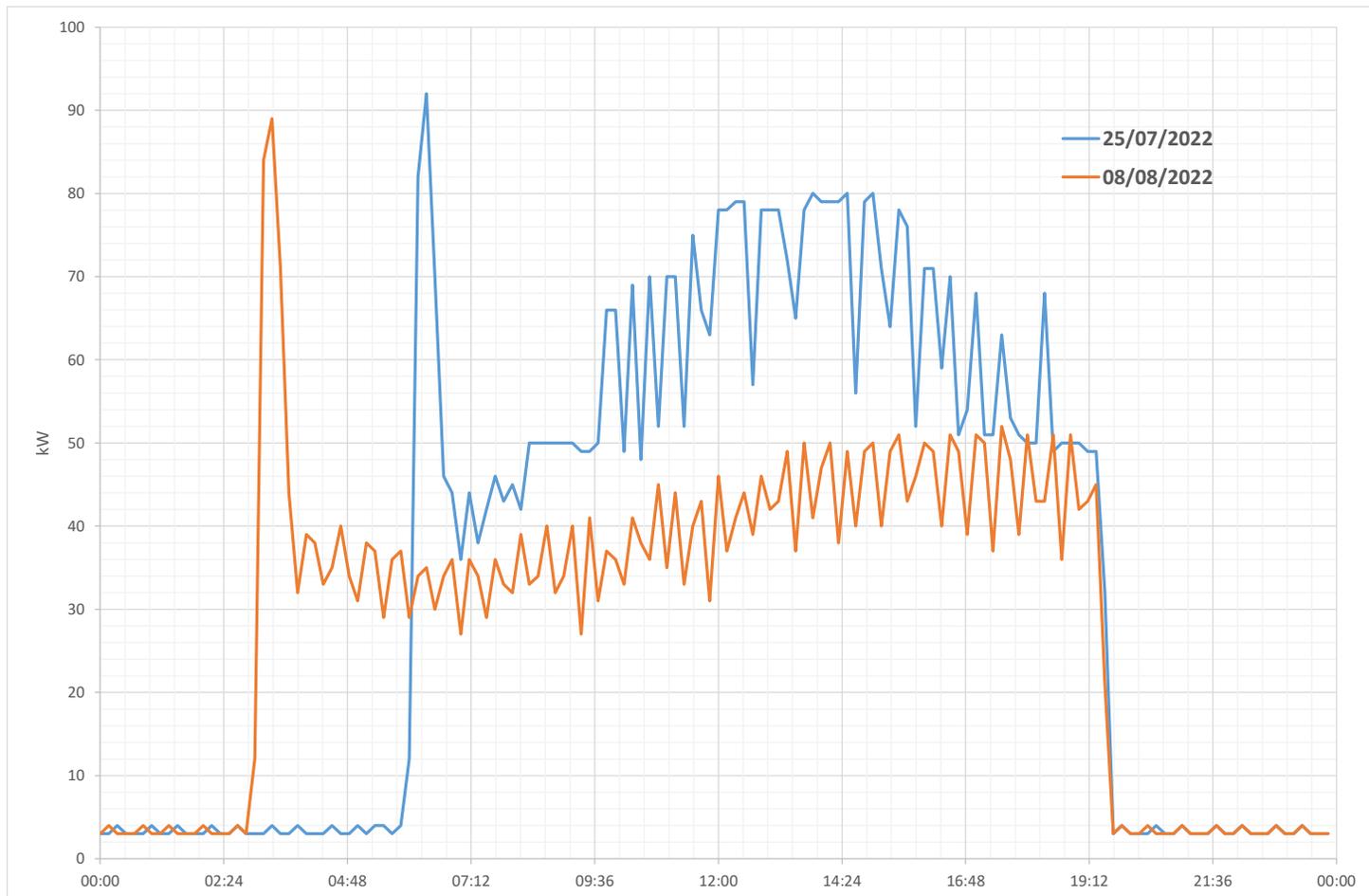
PRINCIPE DE LISSAGE

- Essai de lissage de la courbe de charge via une relance anticipée



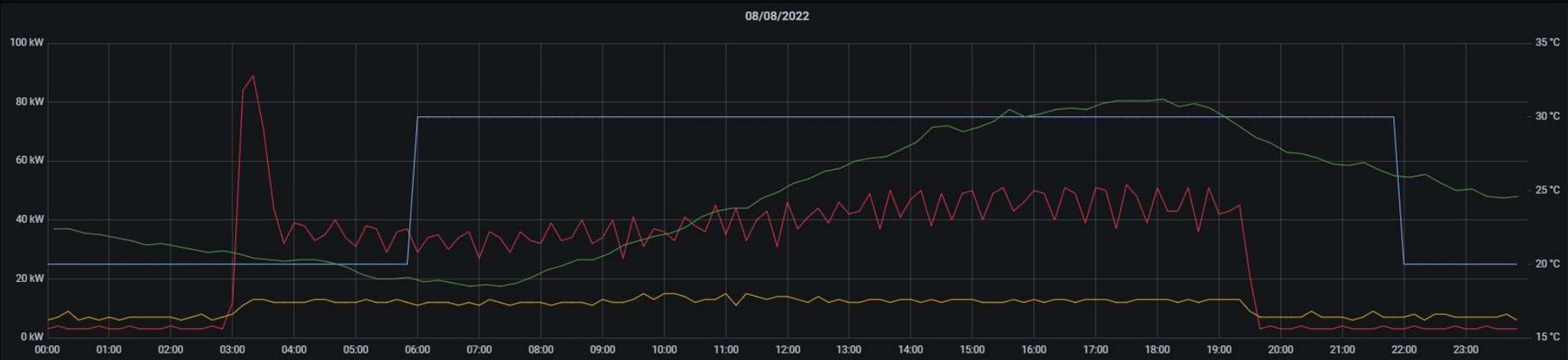
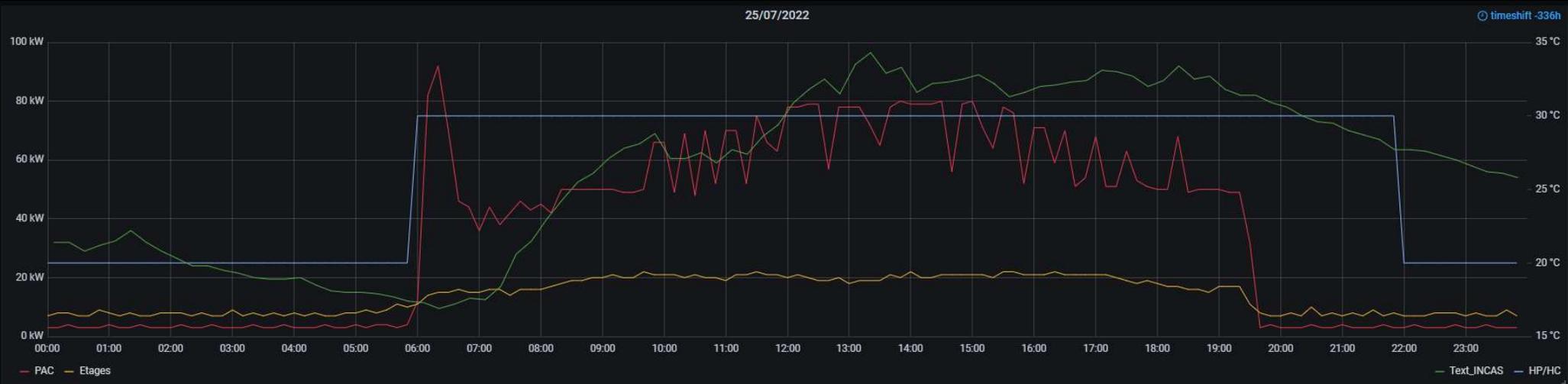
- La PAC est en mode rafraîchissement
- Relance lundi matin suite à l'inoccupation du week-end. Les besoins en froid sont plus importants
- Scénario de référence -> 25/07/2022 : relance à 6h (au moment du passage en HPE)
 - Démarrage de la PAC
 - Consigne VC fixée à 26°C (+/- 2°C)
- 08/08/2022 : relance à 3h (HCE)

EVOLUTION DES PUISSANCES EN FONCTION DU DÉCLENCEMENT DE LA CLIMATISATION



Lissage de la courbe de charge en août

COURBES DE CHARGE, CONSIGNE ET TEMPÉRATURE EXTÉRIURE

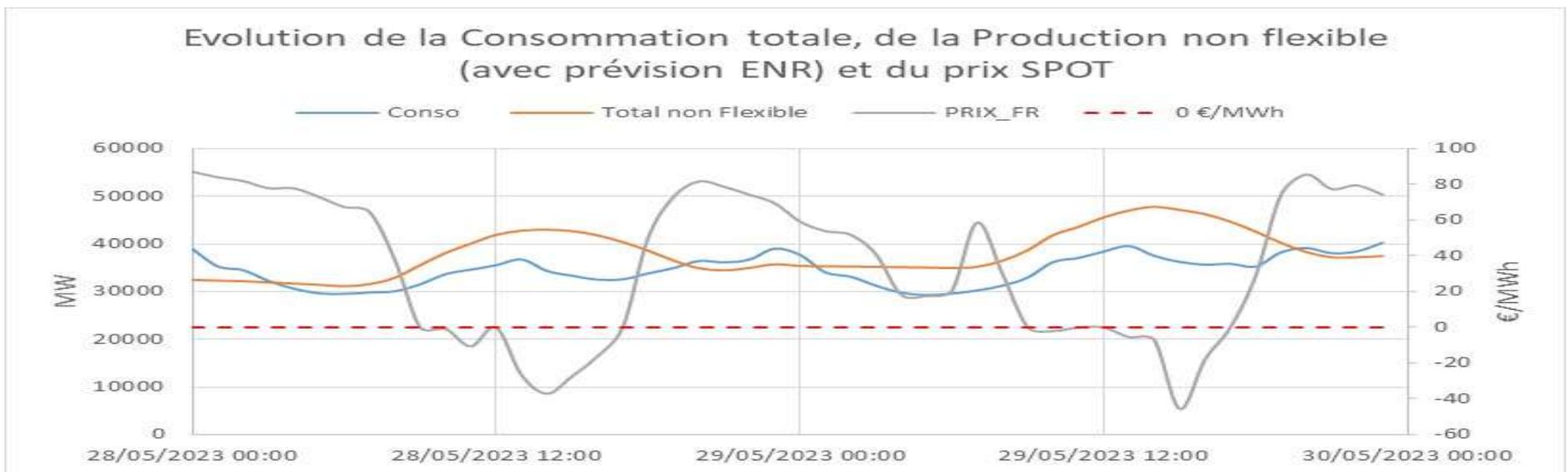


CONTRAINTE DES TEMPERATURES INTERIEURES



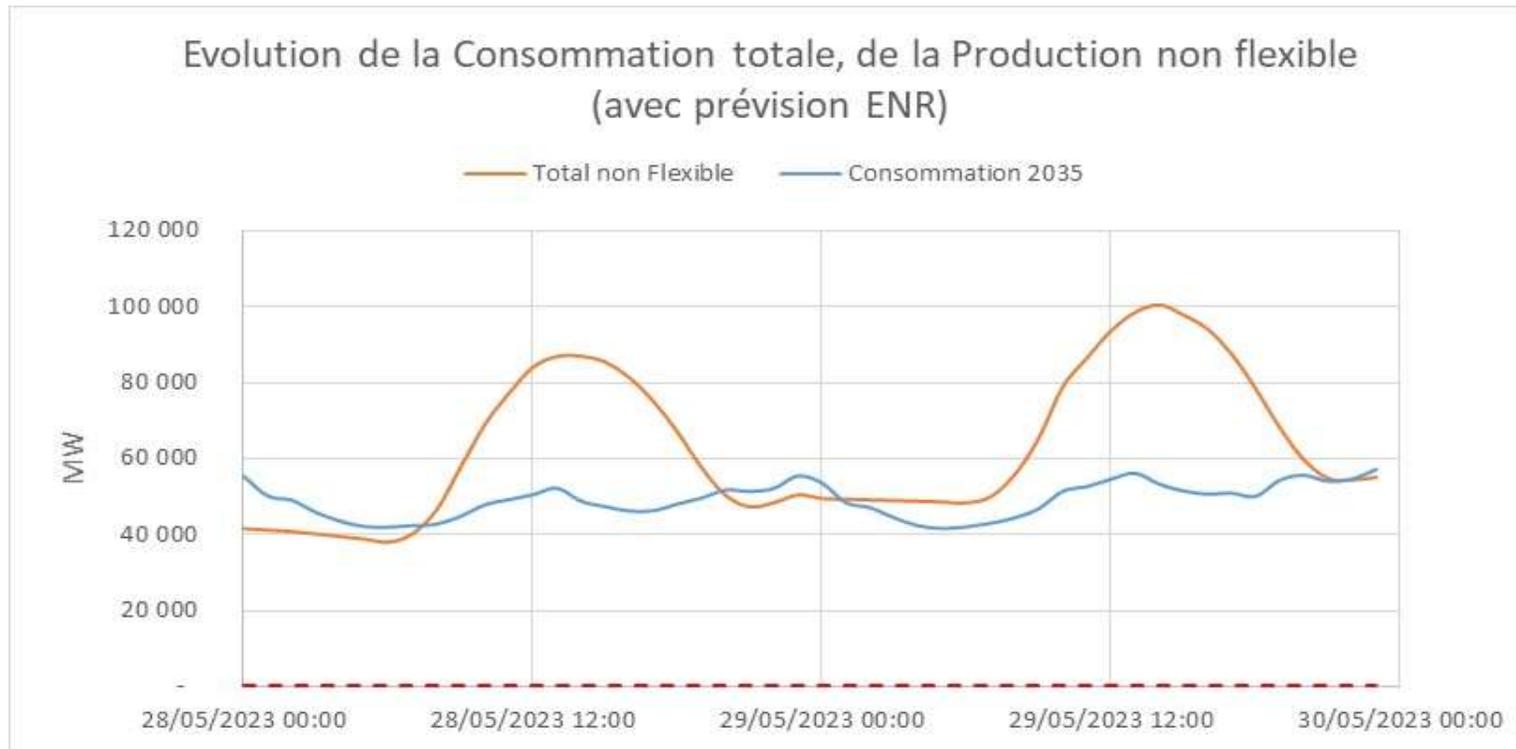
LE SOLAIRE PEUT DEVENIR UNE CONTRAINTE

Consommation « nettée » = consommation – éolien et solaire flexible – ENR inflexible – nucléaire inflexible à la Pentecôte 2024



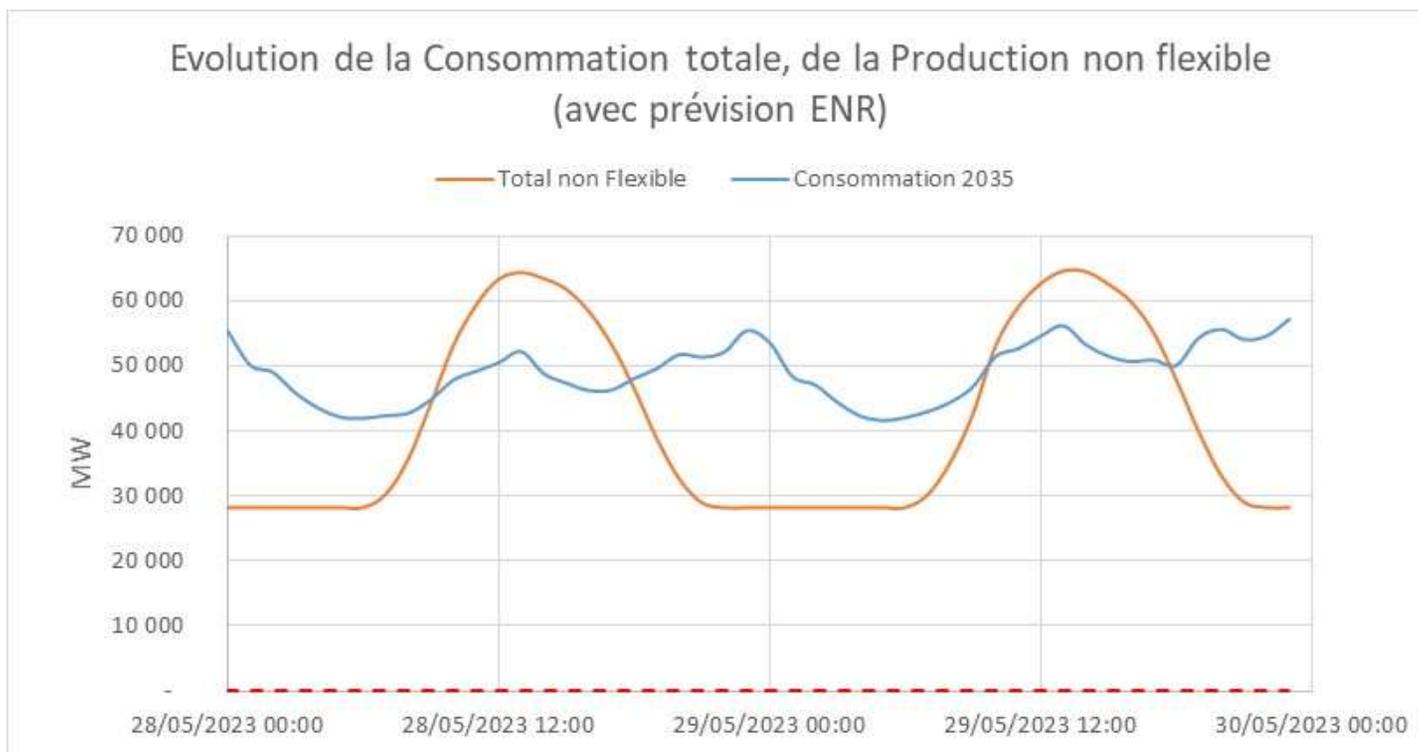
La production devient supérieure à la consommation
avec des prix de l'électricité négatifs

PREVISION EXTRAPOLEE A 2035 PAR RTE



La production correspond au double de la consommation et le réseau ne fonctionne plus

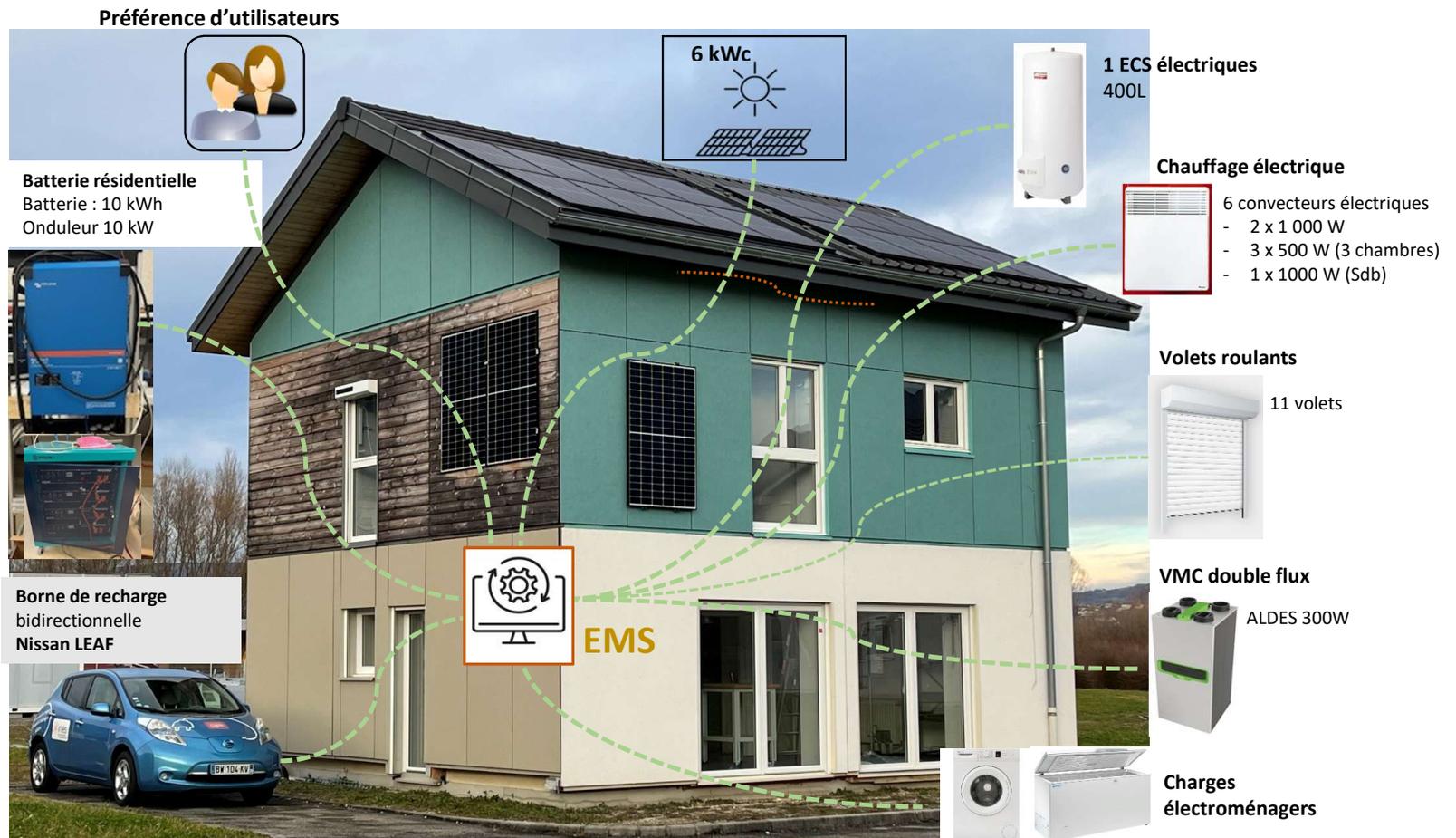
EFFACEMENT DES CENTRALES PV AU SOL ET DES EOLIENNES



**Besoin de flexibilité en 2035
restant à couvrir : 15 GW**

Il faudra intégrer le solaire non flexible (intégré aux bâtiments) dans le pilotage et la tarification

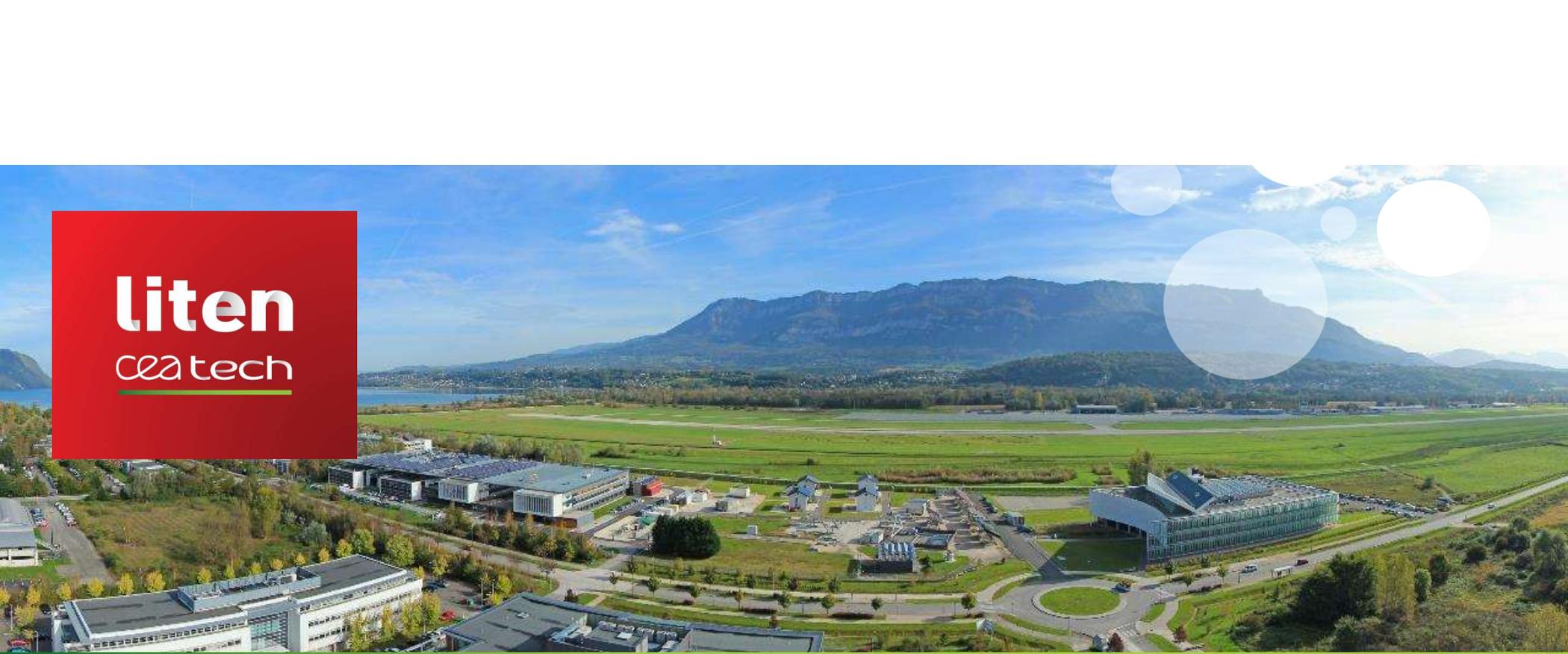
FLEXIBILITE DU BATIMENT AU SERVICE DU RESEAU



Le bâtiment est une des solutions de mix énergétique

CONCLUSION

- Le bâtiment est le principal consommateur d'énergie
- Le parc se transforme trop lentement
- Les concepts évoluent rapidement
- Isolation, passif, bioclimatique, solaire, bas carbone, flexible
- Le bâtiment est le plus important gisement de stockage
- On ajoute intégration PV et véhicules électriques bidirectionnels
- Le bâtiment devient consom'acteur au sein du réseau électrique
- Un atout majeur pour le mix énergétique
- Encore beaucoup de challenges R&D à relever



liten
cea tech

Merci pour votre attention