

# RETOUR D'EXPÉRIENCE DE L'EXPÉRIMENTATION E+C-

24 septembre 2020

# SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION DU CEREMA
2. HISTORIQUE ET CONTEXTE
3. L'EXPÉRIMENTATION E+C-
4. L'EXPÉRIMENTATION EN CHIFFRES
5. LE PROGRAMME OBEC
6. LA FUTURE RE2020
7. EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV → RECONSTRUCTION DU COLLÈGE DE LONGVIC

# 1. LE CEREMA

**Cerema** (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement)

9 champs d'action :



Aménagement et cohésion des territoires



Ville et stratégies urbaines



Transition énergétique et climat



Environnement et ressources naturelles



Prévention des risques



Bien-être et réduction des nuisances



Mobilité et transport



Infrastructures de transport



Habitat et bâtiment

## Les directions du Cerema

- Cerema Eau, mer et fleuves
- Cerema Infrastructures de transport et matériaux
- Cerema Territoires et ville
- Cerema Centre-Est
- Cerema Est
- Cerema Ile-de-France
- Cerema Méditerranée
- Cerema Normandie-Centre
- Cerema Nord-Picardie
- Cerema Ouest
- Cerema Sud-Ouest
- Siège

→ Sous la tutelle des ministères chargés du développement durable, des transports et de l'urbanisme

# 2. HISTORIQUE ET CONTEXTE

# HISTORIQUE ET CONTEXTE

## Performance environnementale des bâtiments

- Des précurseurs
  - Travaux « HQE » : référentiels, opérations certifiées ou en démarche
  - Tests HQE performance (2010-2014) de l'Alliance HQE-GBC
    - **développement d'une expertise en QEB puis PEB dans les CETEs**
- Un défi mondial et des ambitions nationales



PARIS2015  
CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES  
SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES  
COP21·CMP11



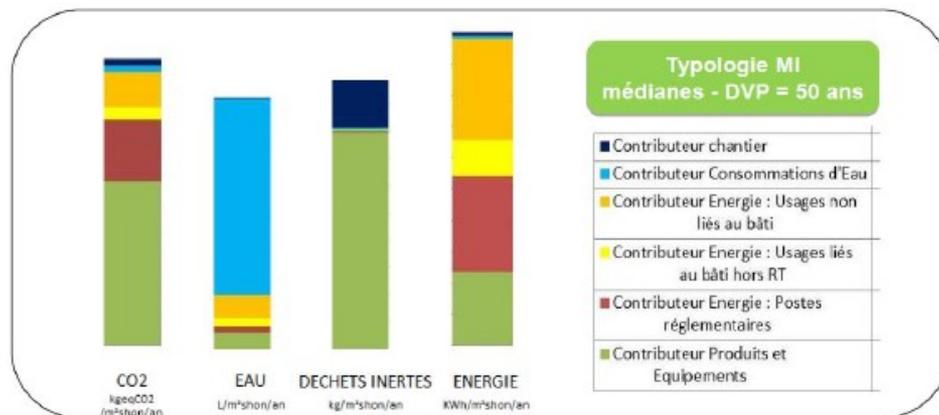
LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE pour la  
CROISSANCE VERTE



# HISTORIQUE ET CONTEXTE

## Performance environnementale des bâtiments

- Le bâtiment, une part importante des impacts environnementaux
  - À évaluer de manière objective et multicritère
  - Sur l'ensemble du cycle de vie



- ✓ Pour éviter les transferts d'impact
- ✓ Pour identifier les bons leviers de progrès

- Travaux Ministériels sur l'étiquette environnementale (2014 – 2016)  
→ **Lancement de l'expérimentation « Énergie-Carbone » fin 2016**

# 3. L'EXPÉRIMENTATION E+C-

# L'EXPÉRIMENTATION E+C-

## Objectifs

- Tester 2 nouveaux indicateurs
  - *Bilan*<sub>BEPOS</sub>
    - bilan énergétique du bâtiment sur tous les usages énergétiques
  - *Eges* (et *EgesPCE*)
    - émissions de gaz à effet de serre du bâtiment sur son cycle de vie pour 4 contributeurs (et pour le contributeur PCE)
- Expérimenter en grandeur réelle de manière volontaire
- Construire ensuite une réglementation sur une base partagée et pragmatique, pour des bâtiments performants à coûts maîtrisés

# L'EXPÉRIMENTATION E+C-

## Les indicateurs testés

- L'indicateur *Bilan*<sub>BEPOS</sub>



- Energie 1 } Sobriété et efficacité énergétique et/ou recours aux EnR notamment chaleur renouvelable
- Energie 2 }
- Energie 3 } Sobriété et efficacité énergétique et recours aux EnR pour les besoins du bâtiment
- Energie 4 } **Bâtiment producteur**  
Production EnR équivalente aux consommations NR sur tous les usages du bâtiment

$$\text{Bilan BEPOS} = \sum \text{Consommation d'énergie non renouvelable} - \sum \text{Exportation d'énergie renouvelable}$$

Réduire l'énergie  
Non Renouvelable

Renforcer l'énergie  
Renouvelable  
Autoconsommation

Encourager l'énergie  
Export



Source : [www.batiment-energiecarbone.fr](http://www.batiment-energiecarbone.fr)

## Méthode :

- calcul thermique conventionnel (pour les 5 usages)
- calcul forfaitaire (pour les autres usages)

# L'EXPÉRIMENTATION E+C-

## Les indicateurs testés

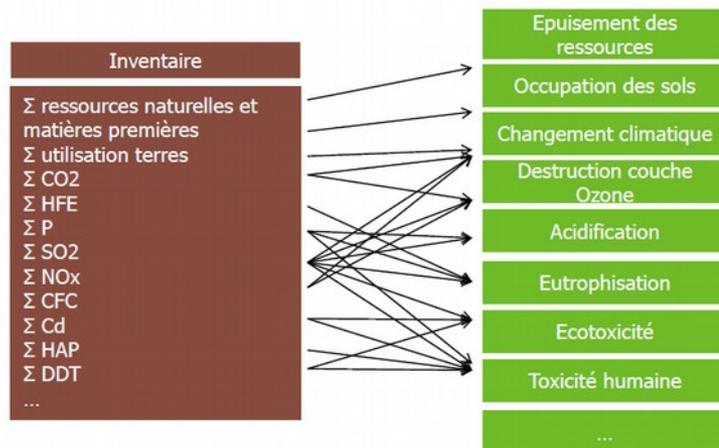
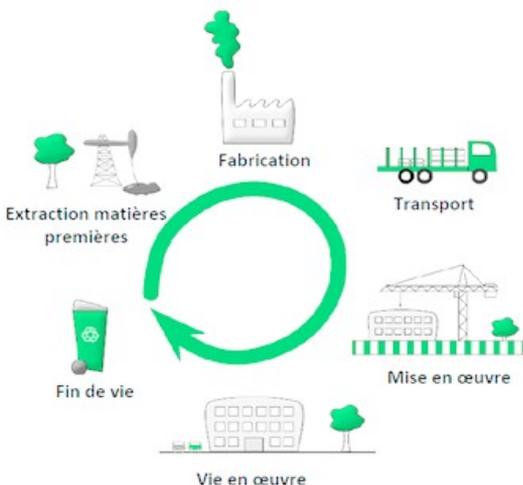
- L'indicateur *Eges* (et *Eges<sub>PCE</sub>*)

- Méthode de l'ACV

→ Quantités de matières, d'eau, d'énergie, nécessaires à la production, la fabrication, au transport, à l'utilisation, et au traitement de fin de vie, du système étudié, et émissions associées, agrégées ensuite en catégories d'impacts



- Carbone 1 } Réduction de l'empreinte carbone en travaillant sur les consommations d'énergie et le choix des matériaux  
→ aucun mode constructif ni vecteur énergétique n'est exclu
- Carbone 2 } **Ambition renforcée sur le CO<sub>2</sub>** avec le respect a minima du socle Energie  
→ amélioration des consommations énergétiques et choix des matériaux à travailler



## Références normatives :

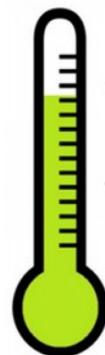
- NF EN ISO 14040 (2006)
- NF EN ISO 14025 (2010)
- NF EN 15804+A1 (2014)
- NF EN 15978 (2012)

# L'EXPÉRIMENTATION E+C-

## Les indicateurs testés

- L'indicateur *Eges* (et  $Eges_{PCE}$ )

- Méthode de l'ACV  
→ outil le plus abouti en matière d'évaluation globale et multicritères des impacts environnementaux (source : Ademe, dossier ACV, 2018)
- Calcul basé sur la norme NF EN 15978 (2012)
- Hypothèses précisées pour l'expérimentation  
→ périmètre,  
→ durée de l'étude,  
→ catégories d'impacts,  
→ contributeurs,  
→ renouvellement des produits,  
→ etc...



- Carbone 1 } Réduction de l'empreinte carbone en travaillant sur les consommations d'énergie et le choix des matériaux  
→ aucun mode constructif ni vecteur énergétique n'est exclu
- Carbone 2 } **Ambition renforcée sur le CO<sub>2</sub>** avec le respect a minima du socle Energie  
→ amélioration des consommations énergétiques et choix des matériaux à travailler



# L'EXPÉRIMENTATION E+C-

## Trois piliers

Le référentiel  
« Energie-Carbone »



**Evaluer** les projets  
sur une même base

Le label E+C-



**Valoriser**  
les projets pilotes

L'observatoire



**Capitaliser** & **Accompagner**  
les expériences les acteurs

# L'EXPÉRIMENTATION E+C-

## Le label

- Objectif :
  - Créer une dynamique d'entraînement (volontaire) et de qualité certifiée
- Principe :
  - Appliquer le référentiel « Énergie-Carbone »
  - Respecter des exigences Énergie ET Carbone
  - S'adresser à l'un des 5 organismes certificateurs

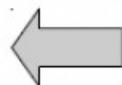
# L'EXPÉRIMENTATION E+C-

## L'observatoire



[www.batiment-energiecarbone.fr](http://www.batiment-energiecarbone.fr)

**Analyser les résultats**  
après anonymisation

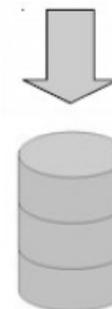


**Capitaliser** les expériences

Performances de l'opération et  
détail des calculs

Caractéristiques de l'opération

- techniques
- **économiques** (confidentiel)



**Faire évoluer**  
la méthode et les niveaux

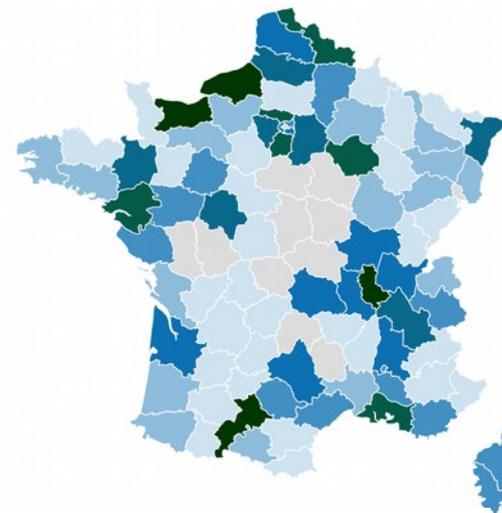
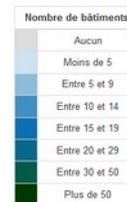
**Partager**  
les expériences

# 4. L'EXPÉRIMENTATION EN CHIFFRES

# L'EXPÉRIMENTATION EN CHIFFRES

## Contexte statistique

Opérations	<b>813</b>
Bâtiments	<b>1164</b>
Logements	<b>6829</b>
SDP total tertiaire	<b>447 126 m<sup>2</sup></b>



## Niveaux Énergie (E) et Carbone (C)

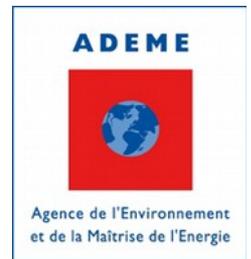
### Répartition des bâtiments

Bâtiments Tertiaire	<b>153</b>
Bâtiments de logements collectifs	<b>317</b>
Maisons individuelles ou accolées	<b>694</b>

	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
E <sub>0</sub>	<b>54</b>	<b>52</b>	-
E <sub>1</sub>	<b>55</b>	<b>64</b>	<b>4</b>
E <sub>2</sub>	<b>175</b>	<b>402</b>	<b>44</b>
E <sub>3</sub>	<b>42</b>	<b>186</b>	<b>78</b>
E <sub>4</sub>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

# 5. LE PROGRAMME OBEC

# LE PROGRAMME OBEC



## Contexte et présentation du programme

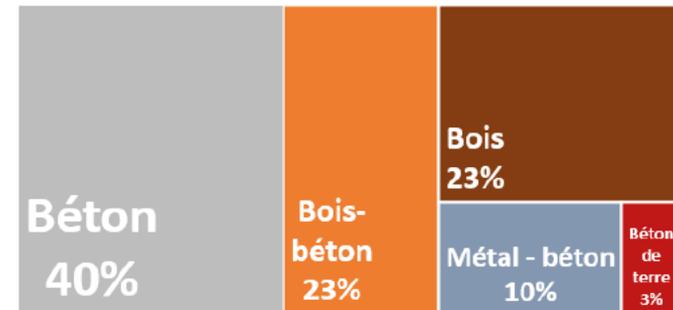
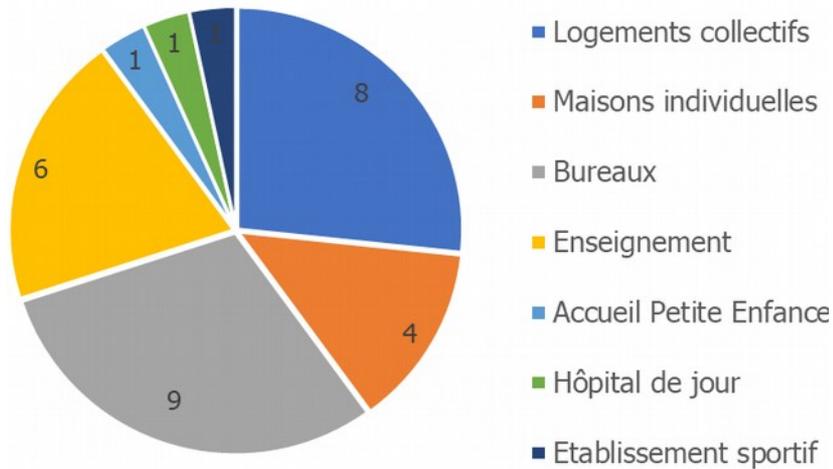
- Objectifs du programme OBEC
  - Expérimenter le référentiel E+C-
  - Capitaliser des résultats
  - Accompagner les acteurs du bâtiment vers la future réglementation
- Mode opératoire
  - Des appels à projets régionaux (2017) → sélectionner 30 projets par région
  - Un appel à candidatures national (2017) → sélectionner des prestataires dans chaque région
  - Mise en place de l'ingénierie d'études et d'accompagnement sur 2 ans
    - Modélisation des projets en phase réalisation
    - Accompagnement des modélisations en phase conception
    - Sensibilisations, formations, restitutions auprès des acteurs

# LE PROGRAMME OBEC



## Déclinaison en Auvergne Rhône-Alpes

- 30 bâtiments retenus
  - Typologies et modes constructifs



- Surfaces de plancher : de 100 à 9800 m<sup>2</sup>
- Surfaces de parcelles : de 880 à 12300 m<sup>2</sup>

# LE PROGRAMME OBEC



## Résultats de l'étude en Auvergne Rhône-Alpes

- Sur 22 bâtiments livrés (fin décembre 2018)



→ Certaines combinaisons de résultats, notamment l'atteinte du niveau C2, ne sont pas représentées dans les bâtiments étudiés

# LE PROGRAMME OBEC



## Déclinaison en Auvergne Rhône-Alpes

- Influence de certains paramètres sur les niveaux E+C-
  - Compacité (surtout pour E+)
  - Isolation (surtout pour E+)
  - Source énergétique (pour E+ majoritairement et pour C-)
  - Équipements techniques et notamment PV (pour E+ et C-)
  - Évolution de la base de données INIES depuis 2017 (pour C-)

# LE PROGRAMME OBEC



## Les enseignements

1. L'Analyse de Cycle de Vie (ACV), une méthode d'évaluation qui nécessite l'intégration de l'ensemble des membres de l'équipe de conception et des entreprises en phase réalisation.
2. La réduction de l'impact carbone des bâtiments passe par une sobriété constructive (moins de produits) et des choix énergétiques peu carbonés.
3. L'atteinte de niveaux énergétiques performants passe par la conception d'une enveloppe thermique performante, la mise en place de systèmes efficaces et le recours aux énergies renouvelables.
4. Certaines démarches vertueuses ne sont aujourd'hui pas valorisées par la méthode de calcul.
5. Le choix des données issues de INIES utilisées impacte fortement sur les résultats obtenus.

# LE PROGRAMME OBEC



## Les enseignements

6. La connaissance des techniques constructives et des données environnementales disponibles associées est indispensable pour réaliser une évaluation carbone.
7. Le « niveau de complétude » du calcul est un indicateur de la qualité et de la fiabilité des résultats obtenus.
8. Les contributeurs « Produits et Construction et Equipements » (PCE) et « Consommation d'Énergie » sont les plus impactants sur le calcul carbone.
9. Le programme OBEC a permis d'initier un partage des expériences au sein d'une communauté régionale. Certaines combinaisons de résultats, notamment l'atteinte du niveau C2, ne sont pas représentées dans les bâtiments étudiés

# 6. LA FUTURE RE 2020



## Vers une réglementation environnementale plus ambitieuse des bâtiments neufs pour lutter contre le changement climatique et s'y adapter

- Diminuer l'impact sur le climat des bâtiments neufs en prenant en compte l'ensemble des émissions du bâtiment sur son cycle de vie, dès la construction.
- Poursuivre l'amélioration de la performance énergétique et la baisse des consommations des bâtiments neufs.
- Garantir aux habitants que leur logement sera adapté aux conditions climatiques futures en introduisant un objectif de confort en été.

# LE FUTURE RE 2020

## Principales évolutions de la prise en compte de la performance énergétique

Principales évolutions	RT2012	RE2020
<b>Périmètre d'évaluation des consommations énergétiques des usages immobiliers</b>	5 usages RT : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires.	<ul style="list-style-type: none"> <li>5 usages RT : chauffage <b>et besoin lié à l'air soufflé</b>, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires ;</li> <li>La consommation d'électricité nécessaire au déplacement des occupants à l'intérieur du bâtiment, s'il y en a : ascenseurs et/ou escalators ;</li> <li>La consommation d'électricité pour les parkings des systèmes suivants : systèmes d'éclairage et/ou de ventilation, s'il y en a ;</li> <li>La consommation d'électricité des circulations en logement collectif pour l'éclairage et l'alimentation des boîtiers de secours.</li> </ul>
<b>Indicateur des besoins énergétiques : Bbio</b>	Besoins énergétiques du bâtiment pour en assurer le chauffage, le refroidissement et l'éclairage	Idem <u>Bbio</u> RT2012 avec en plus la prise en compte systématique des besoins de froid
<b>Indicateur des consommations conventionnelles d'énergie : Cep</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires</li> <li>Déduction faite de toute production d'électricité à demeure</li> </ul>	Cep RT2012 avec en plus : <ul style="list-style-type: none"> <li>Prise en compte de consommations de froid en cas d'inconfort d'été significatif</li> <li>Prise en compte d'usages immobiliers supplémentaires (cf. périmètre d'évaluation)</li> <li><b>Prise en compte de la production photovoltaïque à hauteur de l'autoconsommation</b></li> </ul>

24 septembre 2020

Retour d'expérience E+C-

 Cerema

# LE FUTURE RE 2020

## Principales évolutions de la prise en compte de la performance énergétique

<b>Indicateur des consommations d'énergie non renouvelable :</b> <u>Cep<sub>nr</sub></u>	N'existe pas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nouvel indicateur des consommations en énergie primaire non renouvelable du bâtiment, hors export d'énergie par le bâtiment.</li> <li>Intègre les évolutions du Cep (cf. Cep)</li> </ul>
<b>Taux de recours à la chaleur renouvelable :</b> RCR	N'existe pas	Nouvel indicateur : ratio entre les consommations de chaleur renouvelable et de récupération, et le total des consommations d'énergie du bâtiment (renouvelable et de récupération, et non renouvelable)
<b>Indicateur de confort d'été</b>	<u>Ticref</u> : température intérieure maximale atteinte au cours d'une séquence de 5 jours très chauds d'été	Degré-heure d'inconfort : niveau d'inconfort perçu par les occupants. Il s'agit de la somme de l'écart entre la température opérative du groupe et la température de confort adaptatif (température calculée heure par heure en fonction des températures des jours précédents).
<b>Surface de référence</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>SHON<sub>nr</sub></u> pour le résidentiel</li> <li>Surface utile (SU) pondérée d'un coefficient pour le tertiaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Surface habitable (SHAB) pour le résidentiel</li> <li>Surface Utile (SU) pour le tertiaire</li> </ul>
<b>Scénarios météo</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Station H2b : La Rochelle remplace Tours</li> <li>Evolution des scénarios conventionnels</li> </ul>

# LE FUTURE RE 2020

## Prise en compte de la performance environnementale

Indicateurs (kg éq. CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> de SHAB ou SU)	Explications	Type d'approche
<b>Impact sur le changement climatique du bâtiment (Eges)</b>	Représente l'impact de tout le bâtiment. C'est la somme de tous les contributeurs.  Cet indicateur existe en 2 versions : avec et sans inclusion des bénéfiques et charges au-delà des frontières du système ("module D").	Calcul statique
<b>Impact sur le changement climatique des produits de construction et équipements (EgesPCE)</b>	Représente l'impact du contributeur PCE, c'est un zoom sur les produits de construction et équipements.  Cet indicateur existe en 2 versions : avec et sans inclusion des bénéfiques et charges au-delà des frontières du système ("module D").	Calcul statique
<b>Impact sur le changement climatique des consommations d'énergie pendant la vie du bâtiment</b>	Représente l'impact du contributeur CE, c'est un zoom sur les impacts des énergies consommées.	Calcul statique
<b>Impact sur le changement climatique à l'horizon de 100 ans du bâtiment (EgesDyn)</b>	Représente l'impact de tout le bâtiment. C'est la somme de tous les contributeurs.  Il donne un bénéfice au fait de repousser des émissions dans le temps.  Cet indicateur inclut les bénéfiques et charges au-delà des frontières du système ("module D").	Calcul dynamique
<b>Impact sur le changement climatique à l'horizon de 100 ans des produits de construction et équipements (EgesPCEDyn)</b>	Représente l'impact du contributeur PCE.  Il donne un bénéfice au fait de repousser des émissions dans le temps.  Cet indicateur inclut les bénéfiques et charges au-delà des frontières du système ("module D").	Calcul dynamique
<b>Impact sur le changement climatique annuel de l'exploitation énergétique</b>	Représente l'impact annuel des consommations énergétiques immobilières du bâtiment.	Calcul dynamique
<b>Carbone biogénique stocké (Mstock)</b>	Quantité de carbone biogénique stocké dans le bâtiment	Calcul statique

# 7.

## EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV → RECONSTRUCTION DU COLLÈGE DE LONGVIC

# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

## Prise en compte de l'ACV dans le choix de l'approvisionnement en énergie → phase APS

- 4 solutions de production énergétique viables sur le plan réglementaire, environnemental et financier ont été testées.
  - Solution 1 :  
Raccordement des bâtiments du collège au réseau de chaleur urbain avec un complément de production photovoltaïque.
  - Solution 2 :  
Production de chauffage et d'eau chaude sanitaire du collège par chaufferie bois plaquettes avec un complément photovoltaïque.
  - Solution 3 :  
Production de chauffage et d'eau chaude sanitaire du collège par chaufferie bois plaquettes sans complément photovoltaïque.
  - Solution 4 :  
Production de chauffage des bâtiments du collège par pompe à chaleur sur nappe phréatique avec un complément éventuel de production photovoltaïque. L'eau chaude sanitaire sera produite indépendamment par énergie gaz.

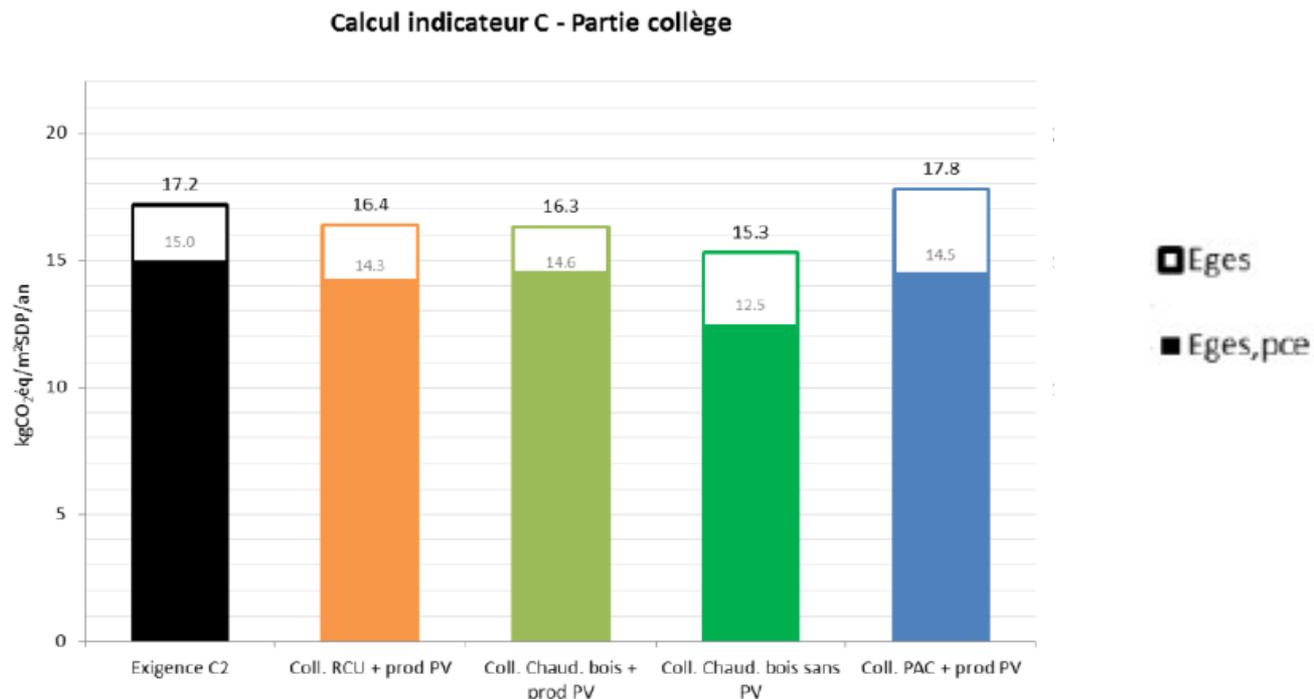
# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

## Résultats ACV pour chaque solution

<i>Pour toute la durée de vie du bâtiment (50 ans)</i>			Collège (RCU + PV)	Collège (chaudière bois + PV)	Collège (chaudière bois sans PV)	Collège (PAC eau/eau + PV)
Indicateurs ELODIE	Consommation totale d'Énergie primaire	<i>kWh / m<sup>2</sup> SDP</i>	120.64	163.34	173.50	135.36
	Consommation d'Énergie non renouvelable	<i>kWh / m<sup>2</sup> SDP</i>	95.67	99.24	118.83	104.41
	Changement climatique	<i>kg équivalent CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> SDP</i>	16.49	16.40	15.33	17.77
	Consommation d'eau	<i>L / m<sup>2</sup> SDP</i>	1437.03	1444.09	1437.45	1439.00
	Déchets dangereux	<i>kg / m<sup>2</sup> SDP</i>	1.23	1.27	1.08	1.30
	Déchets non dangereux	<i>kg / m<sup>2</sup> SDP</i>	50.33	50.52	49.31	50.50
	Déchets radioactifs	<i>kg / m<sup>2</sup> SDP</i>	0.02	0.02	0.02	0.02
	Acidification atmosphérique	<i>kg équivalent SO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> SDP</i>	0.05	0.07	0.05	0.06
	Formation d'ozone photochimique	<i>kg équivalent éthylène / m<sup>2</sup> SDP</i>	0.10	0.10	0.10	0.10

# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

## Résultats ACV comparés pour l'indicateur changement climatique



# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

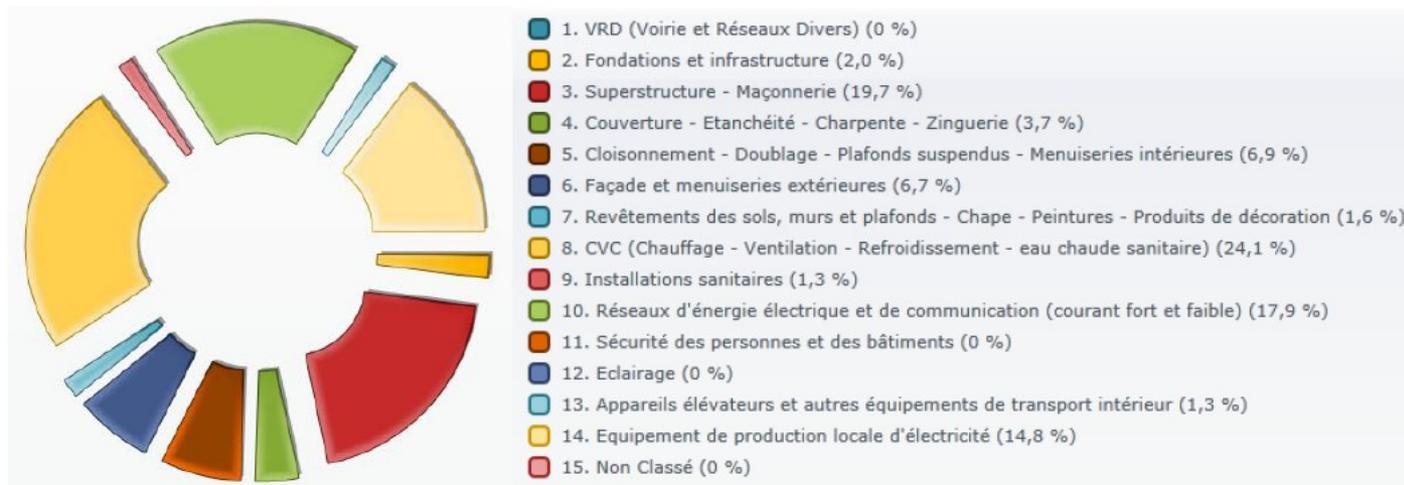
## Résultats ACV comparés pour l'indicateur changement climatique

- La solution 4 : pompe à chaleur eau/eau est la solution la moins intéressante.
- Les solutions 1 et 2 : RCU + PV et chaudière biomasse + PV, sont les solutions les plus intéressantes.
- La production d'électricité photovoltaïque est discutable au regard de l'impact carbone, la fabrication des panneaux étant très lourde à l'échelle de tout le cycle de vie du bâtiment.

# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

## Répartition de l'indicateur changement climatique par lots techniques

Variante 1 : RCU + production photovoltaïque



Ce graphique met en évidence l'impact des lots suivants :

- CVC (24 %, sachant qu'aucun appareil de production de chauffage type échangeur de chaleur en sous-station n'a été modélisé faute de FDES équivalente)
- Superstructure – maçonnerie
- Electricité
- Installation panneaux PV

# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

## Conclusion

Cette étude ACV effectuée sur Elodie avait essentiellement pour objectif de démontrer la faisabilité pour le projet de répondre à l'exigence Carbone 2 du label d'Etat E+C-.

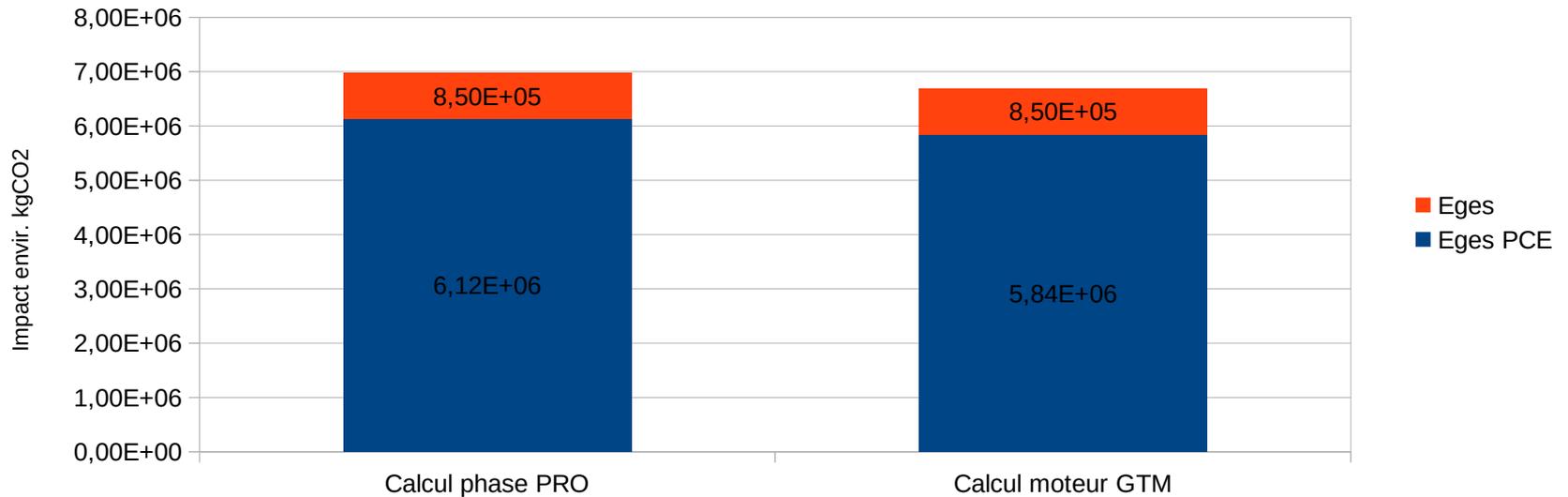
Plusieurs solutions énergétiques ont pu être testées. Il en ressort que la plupart permettent de respecter les seuils « impact construction (Eges,pcemax) » et « impact total (Egesmax) »

A retenir également qu'il faut faire attention aux lots techniques CVC et électricité. → Une modélisation ACV détaillée a un impact carbone plus important.

Enfin, une étude ACV au stade APS, sans quantitatif détaillé et avec de nombreuses FDES manquantes, contraint malheureusement à d'importantes approximations et qu'il convient donc d'analyser les résultats avec précaution.

# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

Et si l'ACV du collège de Longvic était effectuée aujourd'hui...

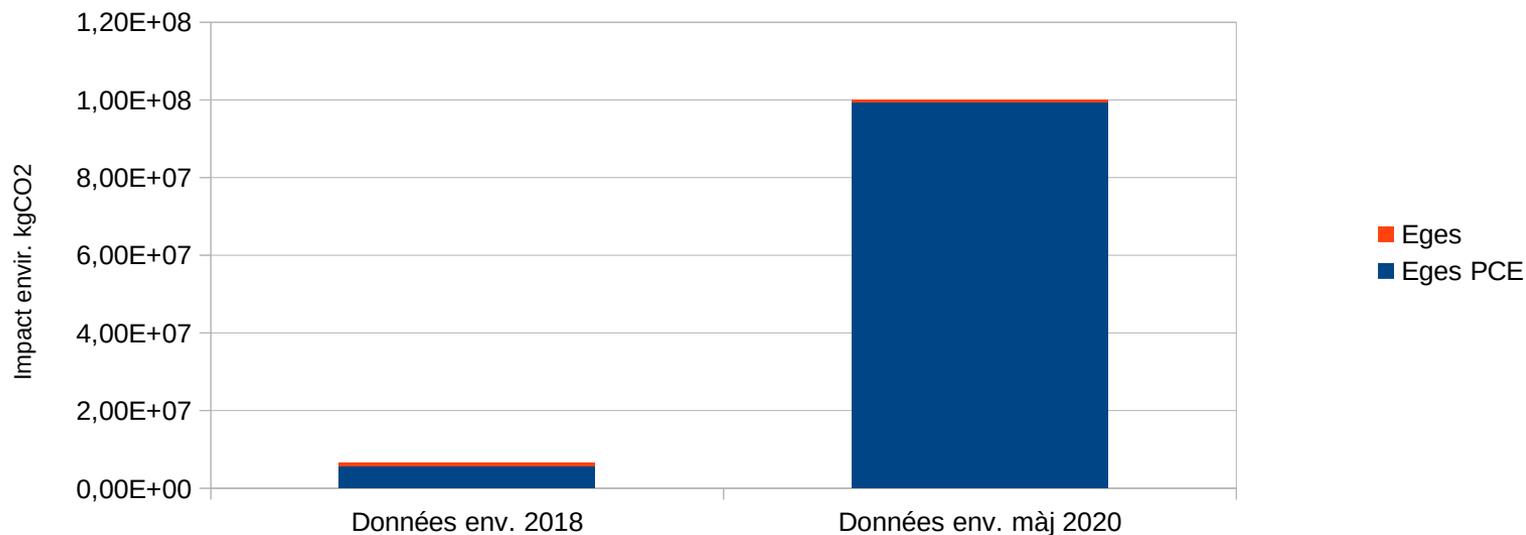


→ Evolution du moteur de calcul :

- Prise en compte du stockage carbone

# EXEMPLE DE PRISE EN COMPTE DE L'ACV

Et si l'ACV du collège de Longvic était effectuée aujourd'hui...



→ Impact important de l'évolution des données environnementales

**MERCI**

---

**Date**

Titre