



# ACV DES ÉQUIPEMENTS ET PRODUITS DE CONSTRUCTION : QUELS OUTILS ET MÉTHODES POUR RÉPONDRE AUX ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX ?

Cas concret : les indicateurs carbone comme outil d'aide à la conception d'un bâtiment performant intégrant des matériaux biosourcés

> Gymnase de la Briqueterie – Le Mans

Agence Rennes

2A Rue du Patis Tatelain  
35000 RENNES  
Tel : 02 22 51 24 30



- Bureau d'ingénieurs conseil créé en 2004
- 16 ans d'expérience dans la performance énergétique et environnementale
- 35 collaborateurs passionnés et investis
- 4 agences à Paris, Lyon, Rennes et Montpellier
- + de 1 000 clients dans les secteurs publics et privés



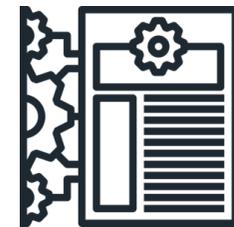
3 métiers :



Amélioration  
continue des actifs  
immobiliers

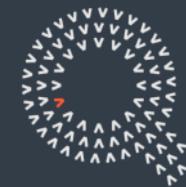


Construction  
et rénovation durable



Ingénierie contractuelle  
de la performance

# RECONSTRUCTION DU GYMNASSE DE LA BRIQUETERIE AU MANS (72)



## Caractéristiques du projet :

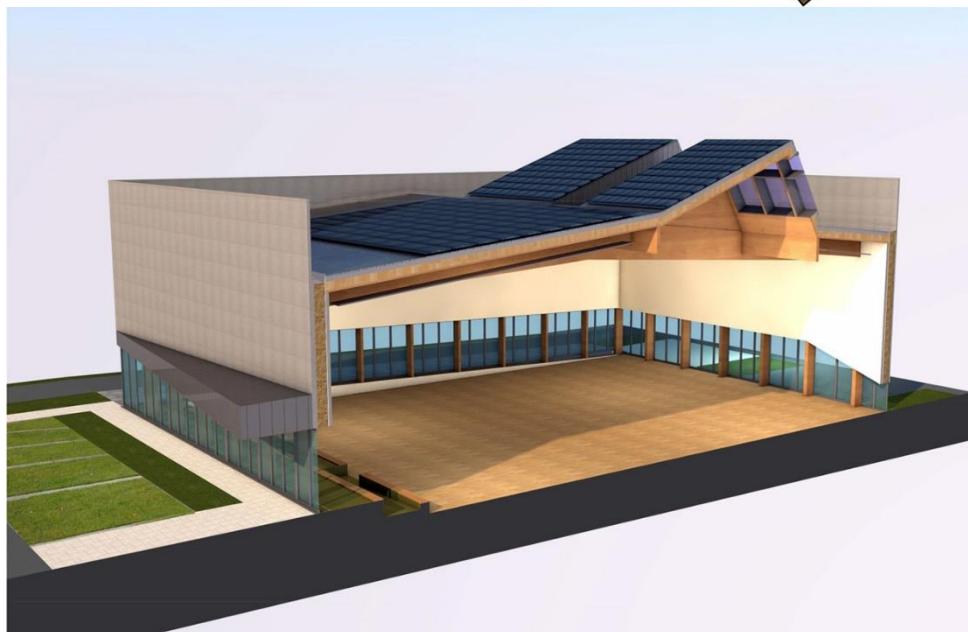
- 2 208 m<sup>2</sup> SU - 4,6 M€ HT
- E3C1
- 390 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques
- MOB + isolation bottes de paille
- Programmation :
  - Salle multi-supports
  - Dojo
  - Escalade sur blocs
  - Vestiaires/sanitaires

## Missions d'H3C-énergies :

- Accompagnement environnemental
- Calculs E+C- en conception et réalisation

## Contact(s) client :

- Le Mans Métropole – C.U.



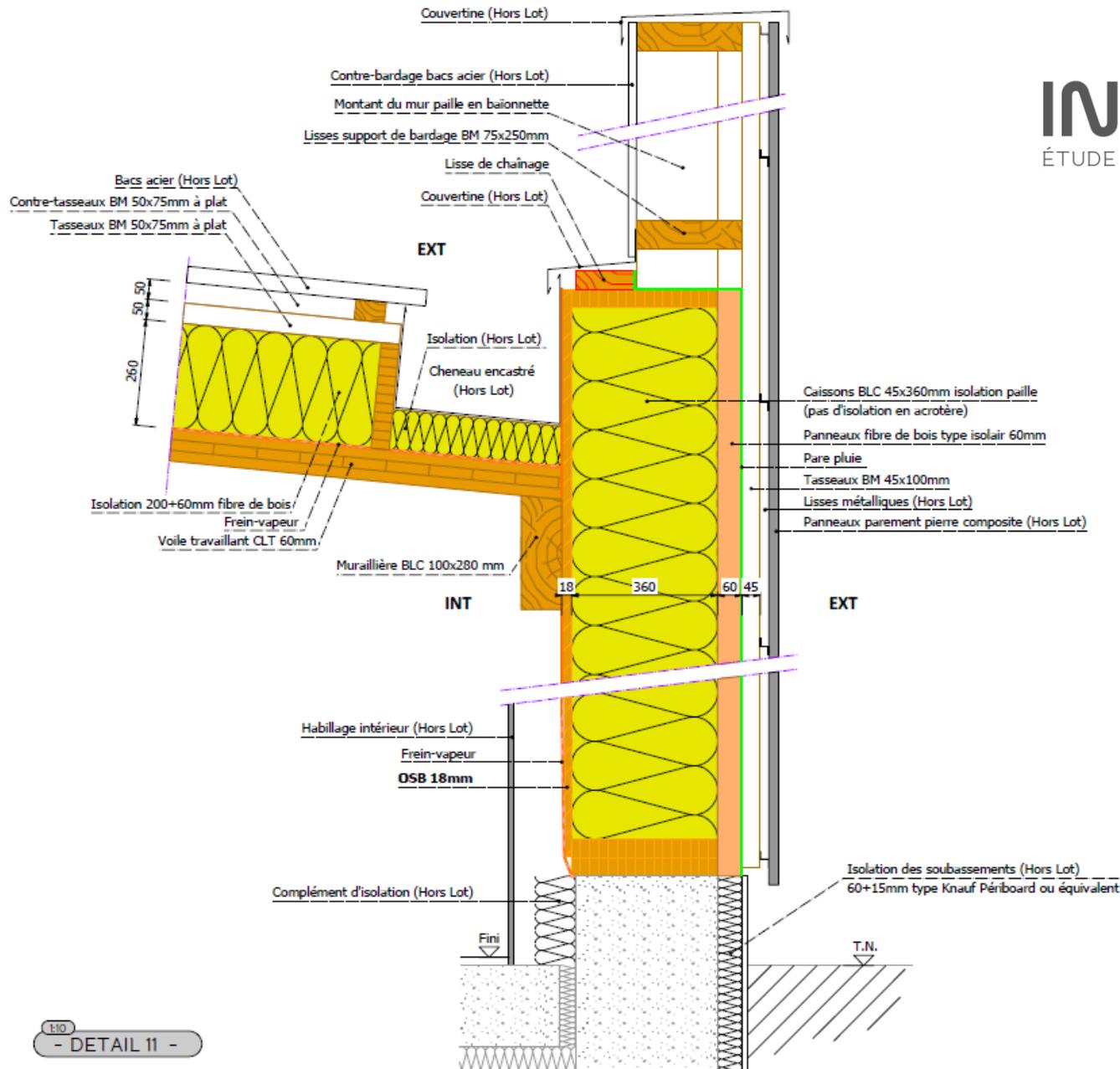
Gymnase de la  
Briqueterie

Démarche E+C-

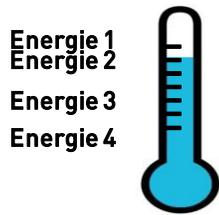
*Conception en cours*

*Le sens de  
la performance  
énergétique*

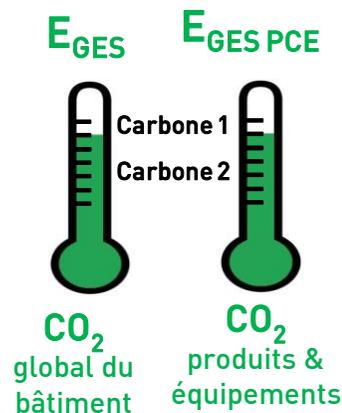
**H3C**  
ENERGIES



Le référentiel Energie-Carbone, qui préfigurait la RE2020, définit 2 indicateurs :



- Le bilan<sub>BEPOS</sub> est la somme des consommations d'énergie non renouvelable pour les usages réglementaires et non réglementaires (usages mobiliers, ascenseurs, parties communes et parkings) de laquelle sont déduits les exports d'énergie renouvelable produits sur la parcelle.



- Deux indicateurs carbone distinguent les résultats sur la totalité du cycle de vie du bâtiment en émission de gaz à effet de serre :
  - sur l'ensemble du bâtiment :  $E_{GES}$
  - uniquement sur les produits de construction et équipements :  $E_{GES\ PCE}$

Le calcul de l'analyse de cycle de vie est décomposé en quatre contributeurs :



Produits de construction  
et équipements (PCE)



Consommations  
et rejets d'eau



Chantier



Consommations  
d'énergie



## GYMNASSE DE LA BRIQUETERIE

- Un bâtiment sur 1 niveau
- Usage Etablissement sportif
- 2282,6 m<sup>2</sup> SRT / 2 044,70 m<sup>2</sup> SDP
- Surface de parcelle : 5 724 m<sup>2</sup>
- Le Mans - Zone H2b

### Systèmes constructifs :

- MOB + Paille
- Dalles béton
- Menuiseries aluminium
- Parement brique

### Equipements : 4 variantes étudiées

|  | SOL 1                       | SOL 2                          | SOL 3                                | SOL 4                          |
|--|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Chauffage + ECS                            | Gaz                         | Gaz                            | Géothermie sur sondes (22 kgs Ra410) | Granulés                       |
| Ventilation salle multisports, dojo, Block | Naturelle                   | Simple-flux en fonction du CO2 | Simple-flux en fonction du CO2       | Simple-flux en fonction du CO2 |
| Ventilation ailleurs                       | Double-flux                 | Double-flux                    | Double-flux                          | Double-flux                    |
| PV   | 350 m <sup>2</sup> - 54 kWc | 350 m <sup>2</sup> - 54 kWc    | 350 m <sup>2</sup> - 54 kWc          | 350 m <sup>2</sup> - 54 kWc    |

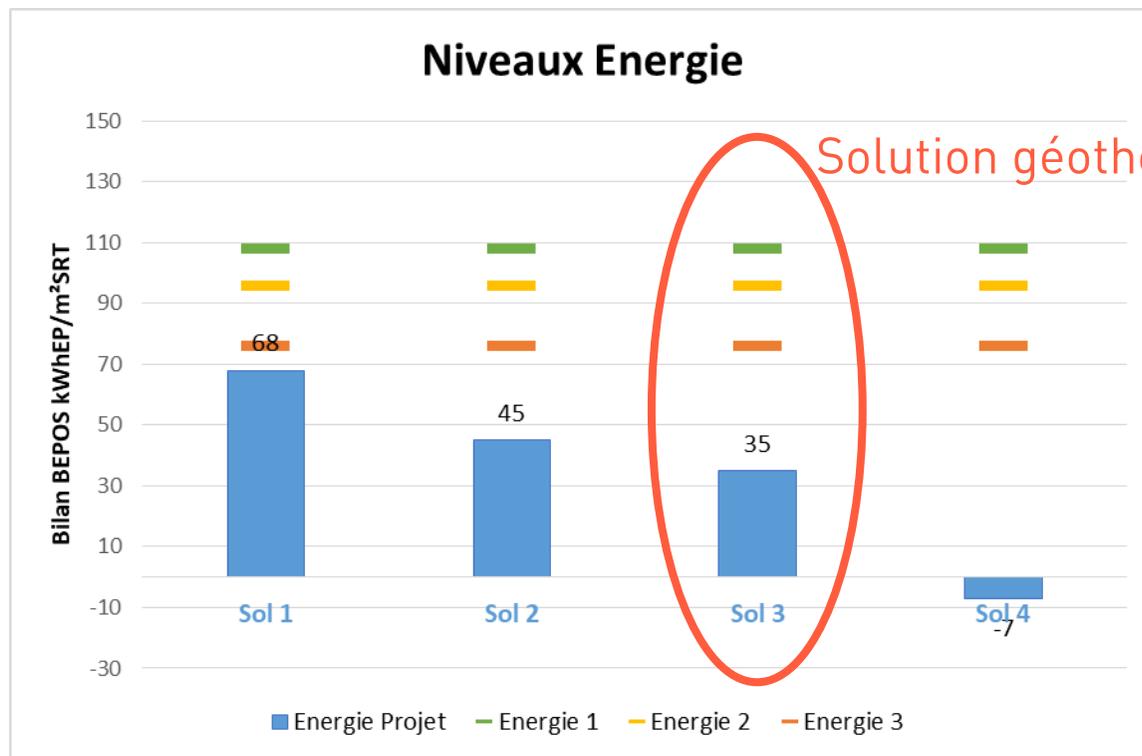
### Performances RT2012 – SOL 2 :

| Indicateur | Projet | Gain/max |
|------------|--------|----------|
| Bbio       | 99,40  | 0,6%     |
| Cep        | 41,30  | 66%      |

- Plans architectes
- Descriptifs
- DPGF architectes, structure et VRD
- RSET (issu du calcul RT2012).

- > L'étude E+C- arrive donc en fin de phase après réception des éléments de chacun des membres (> à intégrer dans le planning)
- > Les optimisations sont donc intégrées à la phase suivante.
- > En phase APS, nécessite à minima les quantitatifs structure.

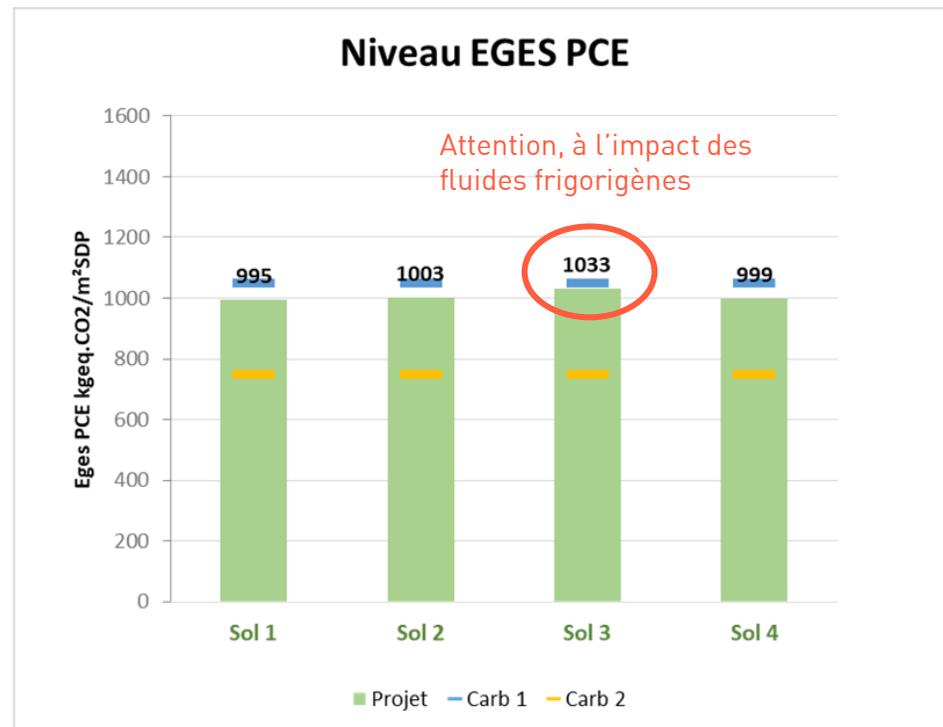
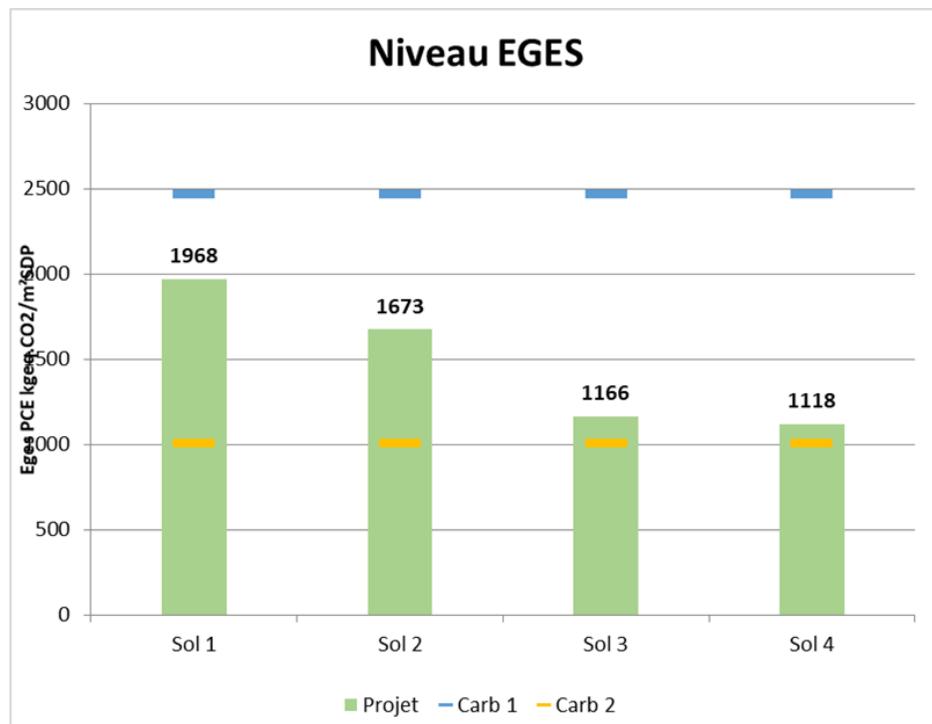
➔ Performance énergétique : ENERGIE 3 voir E4



Solution géothermie retenue

- > Le bâtiment atteint au minimum le niveau Energie 3 avec 350 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques (soit 54 kWc).
- > La solution 4 au bois granulés atteint le niveau E4. Bilan BEPOS = -7.
- > La production d'électricité photovoltaïque compense une partie des consommations d'énergies primaires réglementaires.
- > La variante GEOTHERMIE présente des consommations en énergie primaire non renouvelables plus faibles comparées à la solution de référence au gaz. Cette solution profite en effet de l'énergie « gratuite » du sol.

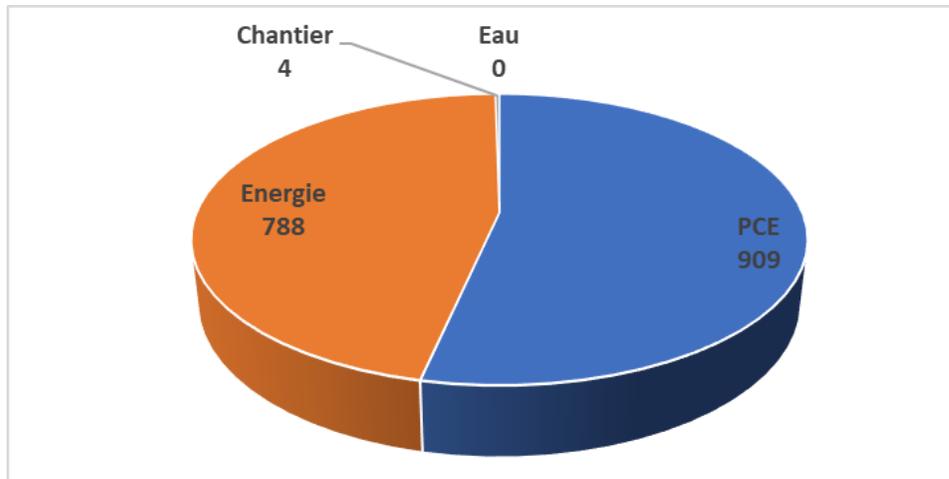
### ➤ Performance environnementale : CARBONE 1 ■ ■



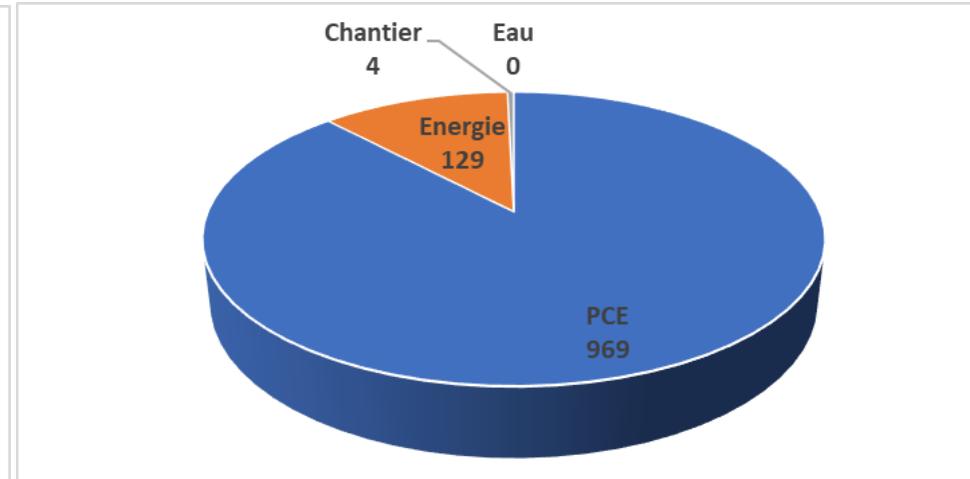
> Niveau carbone 1 atteint avec une marge importante sur la valeur regroupant tous les contributeurs (EGES).

> Niveau EGES PCE (dédié uniquement aux produits de construction et équipements) atteint le seuil Carbone 1 mais il reste peu de marge de manœuvre.

➤ Répartition du potentiel de réchauffement climatique par contributeur (kgCO<sub>2</sub>éq./m<sup>2</sup>SDP)



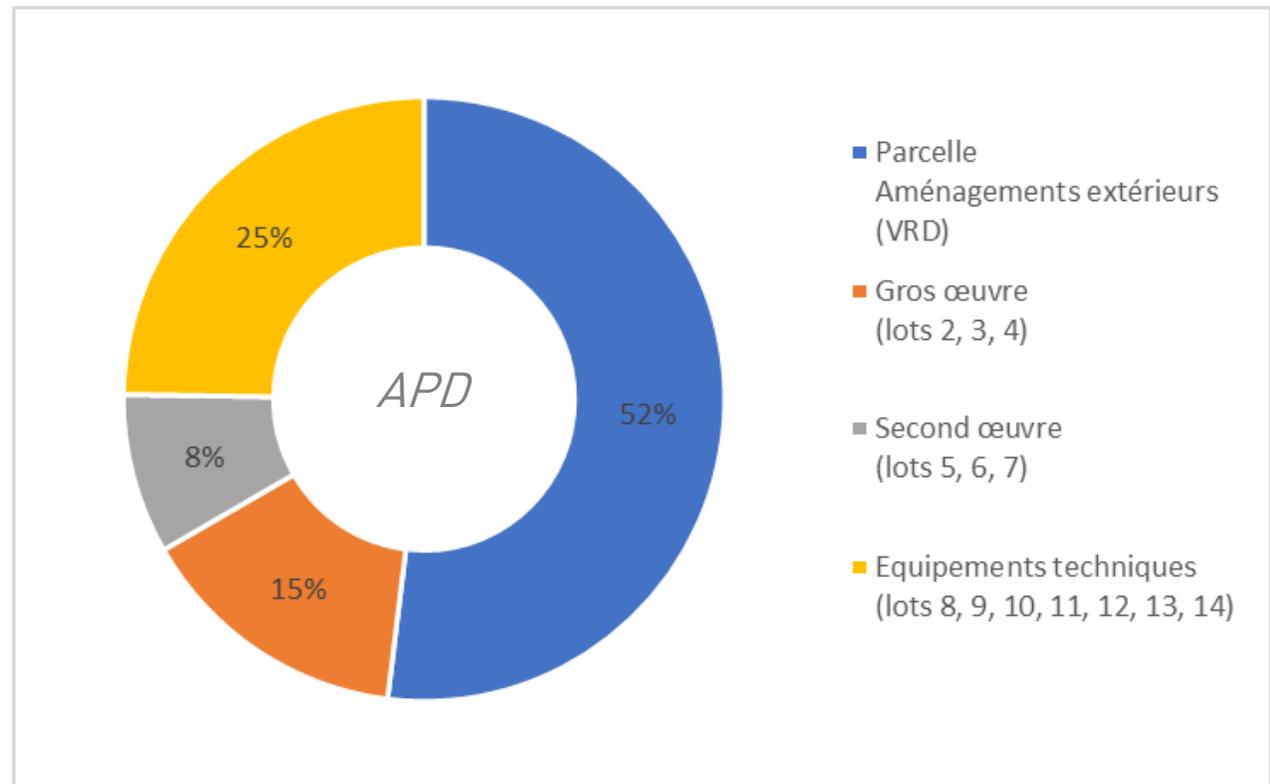
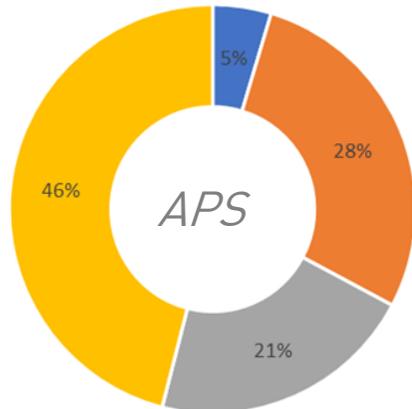
Répartition moyenne des impacts des contributeurs – Variante 0 : GAZ



Variante 1 : GEOTHERMIE

- > Les contributeurs CHANTIER et EAU seront affinés au PRO.
- > Pour la variante GEOTHERMIE, l'impact des produits de construction devient prépondérant car les consommations en énergie primaire non renouvelable sont plus faibles.

➤ Répartition du potentiel de réchauffement climatique par macro-lot (%) : Variante base GAZ



> Au stade APS, un certain nombre de données étaient manquantes.

> A l'APD, les impacts des lots VRD (non pris en compte auparavant) deviennent prépondérants vis-à-vis des lots techniques.

| Variante | Détail   | Commentaire   |
|----------|--|---|
| V0       | Solution base  |   |
| V1       | V0 + remplacement de qqs éléments :<br>> Lot 4. Couverture : FDES individuelle VMZinc en remplacement de la MDEGD Zinc<br>> Lot 6. Façade : FDES individuelle bardage VMZinc en remplacement de la MDEGD Zinc<br>> Lot 7. Peinture : FDES individuelle peinture aqueuse murs en remplacement de la MDEGD peinture aqueuse. | Lots identifiés comme les plus impactants après le lot VRD.         |
| V2       | = V1 + MDEGD « béton pour béton de voirie » en remplacement de MDEGD « Béton désactivé »   | Elément le plus impactant – Lot VRD                                 |
| V3       | = V2 + Géothermie en remplacement du gaz   | Visualisation de l'impact du changement de la ressource énergétique |
| V4       | = V3 + R32 en remplacement du R410a  | Visualisation de l'impact du choix du fluide frigorigène            |

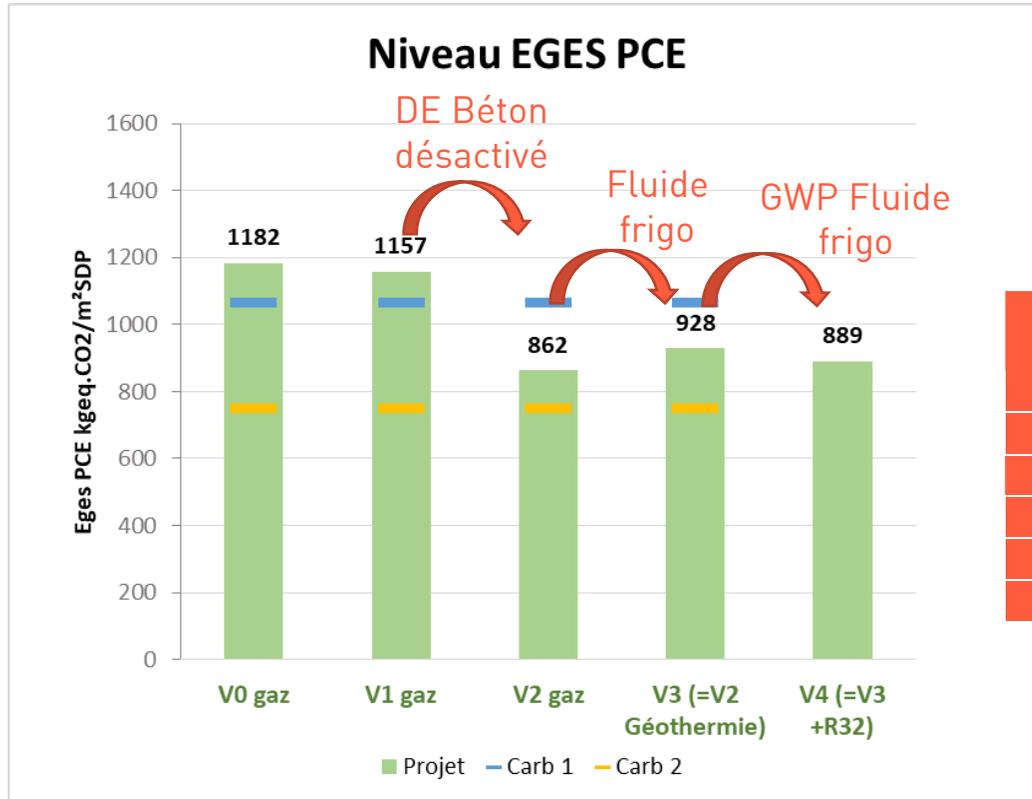
**V1**
**V2**
**V4**

| Saisie - Base      |                |   | Saisie - Variante       |                |   | Ecart observé                        |        | Ecart TOTAL bâtiment                                       |
|--------------------|----------------|---|-------------------------|----------------|---|--------------------------------------|--------|--|
| Produit            | Type de donnée | Impact kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> /UF | Produit                 | Type de donnée | Impact kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> /UF | kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> /UF | %      | TOTAL kg <sub>eq</sub> CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> SDP |
| Couverture zinc    | MDEGD          | 33,8  | VMZinc                  | individuelle   | 16,82                                       | -16,98                               | -50%   | -1,51  |
| Bardage zinc       | MDEGD          | 33,5  | VMZinc                  | individuelle   | 19,6  | -13,9                                | -41,5% | -0,9   |
| Peinture           | MDEGD          | 3,12  | Peinture                | individuelle   | 0,518                                       | -2,6                                 | -83,4% | -21,84   |
| Béton désactivé    | MDEGD          | 828,8                                       | Béton pour voirie béton | MDEGD          | 262,74                                      | -566                                 | -68,3% | -294,6   |
| Fluide frigo R410a | MDEGD          | 2125  | R32                     | MDEGD          | 700   | -1425                                | -33%   | -39,1  |

> 22 kgeqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP en moins sur le lot revêtements de sol/plafonds/murs avec une FDES individuelle pour les peintures.

> 295 kgeqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP en moins sur le lot VRD en changeant de MDEGD pour le béton désactivé > **Erreur en APD : Problème de saisie détecté (conversion de fichier en interne)**

> 39 kgeqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP en moins en changeant de fluide frigorigène.



| Variantes | EGES PCE total bâtiment | Ecart avec Niv C1 PCE (= 1065,4 KgeqCO2/m²SDP) |      |
|-----------|-------------------------|--|------|
|           |                         | KgeqCO2/m²SDP                                  | %    |
| V0        | 1182,1                  | +116,7   | +10% |
| V1        | 1157,3                  | +91,9  | +9%  |
| V2        | 862,45                  | -202,95  | -20% |
| V4        | 928,3                   | -137,1   | -13% |
| V5        | 889,2                   | -176,2   | -17% |

- > Le niveau C1 EGES est atteint avec la solution de base V0 mais le niveau C1 PCE n'est atteint qu'avec la variante V2 en corrigeant la saisie du béton désactivé
- > La solution Géothermie (V3) augmente l'impact carbone à cause du fluide frigorigène.
- > Le type de fluide frigorigène (V4) a un impact non négligeable sur le bilan carbone.

- Recherche d'un fluide frigorigène avec un GWP plus faible  
 > Inexistant pour ce type de PAC
- Après vérification que ces solutions d'optimisation ne défavorisaient pas le résultat Carbone, elles ont été retenues pour la réalisation du PRO :

| Variantes étudiées  | M <sup>2</sup> | Impact Carbone (KgeqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> SDP) |        |
|---|----------------|--|--------|
| Verre sheds et bandeau escalade en polycarbonate                  | 89             | Passe à 18,36 au lieu de 21,01                           | -2,36  |
| Etanchéité EPDM en remplacement du bitume                         | 724            | Passe à 55,08 au lieu de 54,37                           | +0,71  |
| Sol salle multi-sports : résine en remplacement du sol souple PVC | 1 100          | Passe à 49,26 au lieu de 21,98                           | +27,28 |
| Bardage Trespa au lieu de carréa                                  | 1 630          | Aucune FDES correspondante                               | -      |

- Depuis l'APS, de nouvelles FDES collectives en remplacement de MDEGD défavorables ont permis d'améliorer les résultats sur le C
- Les portails sont issus du ré-emploi ce qui réduit encore l'impact du lot VRD.
- Les métrés ont été affinés.
- Au PRO, l'utilisation des configurateurs pour les éléments béton (dalles, voiles, poteaux, poutres, fondations) et Murs Ossatures Bois devrait améliorer encore le résultat.
- Les variantes proposées en APD (pistes d'économie) sont retenues au PRO suite aux résultats favorables.

| Energie  |                        |                            |       |       |      |
|--|------------------------|----------------------------|-------|-------|------|
|  | Bilan <sub>BEPOS</sub> | Bilan <sub>BEPOS max</sub> |       |       |      |
| Niveau   | 3                      | 1                          | 2     | 3     | 4    |
| kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SRT</sub> | 29.40                  | 108.00                     | 96.00 | 76.00 | 0.00 |
|  |                        | 76                         | 96    | 108   |      |
|  | 29.40                  |                            |       |       |      |

| Carbone   |                     |                         |          |          |  |
|---|---------------------|-------------------------|----------|----------|--|
| Total   |                     |                         |          |          |  |
|   | Eges                | Eges <sub>max</sub>     |          |          |  |
| Niveau  | 1                   | 1                       | 2        |          |  |
| kg eq. CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub> | 1 046.06            |                         | 2 480.40 | 1 025.40 |  |
| Produits de construction et équipements               |                     |                         |          |          |  |
|   | Eges <sub>PCE</sub> | Eges <sub>PCE max</sub> |          |          |  |
| Niveau  | 1                   | 1                       | 2        |          |  |
| kg eq. CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub> | 912.92              |                         | 1 065.40 | 765.40   |  |