

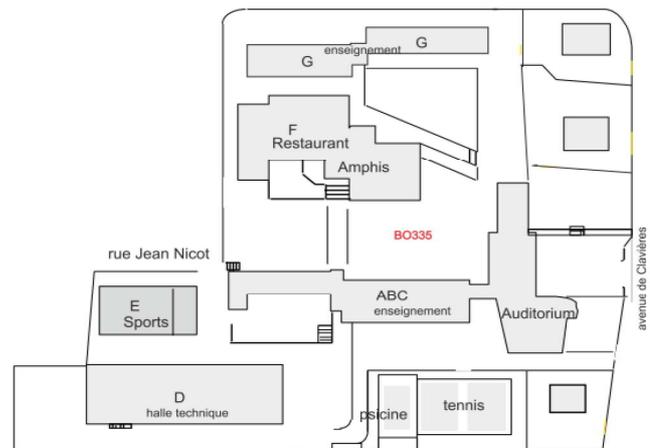
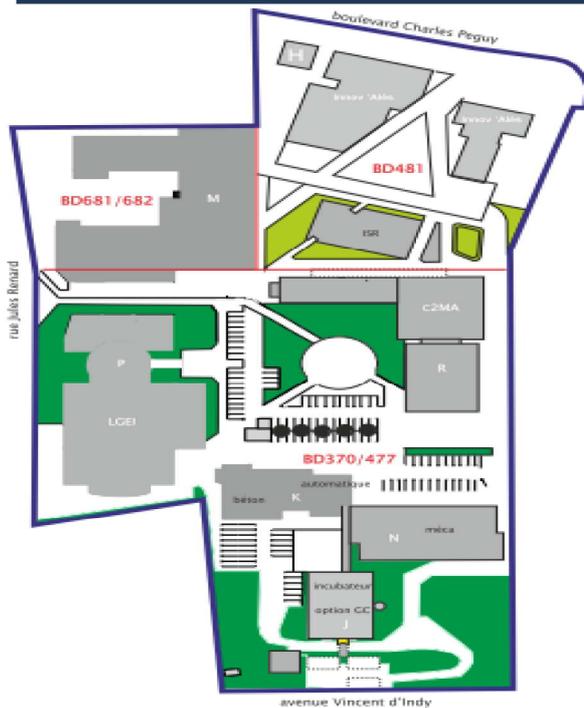


ad 3econseil

# AUDIT ENERGETIQUE

## IMT MINES ALES

### SYNTHESE



MARS 2020



**IMT Mines Alès**  
École Mines-Télécom



Siège Social : 2 Bis Boulevard de la Paix  
13 640 LA ROQUE D'ANTHERON  
Tel : 04 42 90 43 60 Fax : 04 42 50 47 69  
Site Internet : [www.ad3e.fr](http://www.ad3e.fr) Courriel : [info@ad3e.fr](mailto:info@ad3e.fr)



# Sommaire

---

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Introduction et objectifs de l'étude .....</b>                             | <b>3</b>  |
| 1.1 Glossaire .....  | 3         |
| 1.2 Contexte de l'étude.....   | 4         |
| <b>2. Bilan énergétique.....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 Consommations d'énergie .....  | 5         |
| 2.2 Ratio énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre .....               | 7         |
| 2.3 Bilan des postes consommateurs des bâtiments faisant l'objet de l'audit..... | 10        |
| 2.4 Dépenses énergétiques .....  | 12        |
| 2.5 Indicateurs comparatifs .....  | 13        |
| 2.6 Synthèse de la performance énergétique .....                                 | 14        |
| <b>3. Recommandations et potentiel d'économie .....</b>                          | <b>15</b> |
| 3.1 Recommandations générales .....  | 15        |
| 3.2 Potentiel d'économie .....   | 16        |
| 3.3 Potentiel d'utilisation des énergies renouvelables .....                     | 17        |
| <b>4. Programmation des actions d'amélioration.....</b>                          | <b>18</b> |
| 4.1 Programmation selon les objectifs de réduction de consommation .....         | 18        |
| 4.2 Actualisation des dépenses énergétiques.....                                 | 21        |
| <b>5. Bilan de l'étude et suites à donner .....</b>                              | <b>22</b> |
| <b>6. Fiches énergie par bâtiment .....</b>                                      | <b>23</b> |
| 6.1 Croupillac - Bâtiment H - Villa .....  | 23        |
| 6.2 Croupillac - Bâtiment M .....  | 26        |
| 6.3 Croupillac - Bâtiment P .....  | 29        |
| 6.4 Croupillac - Bâtiment R .....  | 32        |
| 6.5 Croupillac - Bâtiment Logement gardien.....                                  | 35        |
| 6.6 Clavières - Bâtiment ABC.....  | 38        |
| 6.7 Clavières - Bâtiment D.....  | 41        |
| 6.8 Clavières - Bâtiment E .....   | 44        |
| 6.9 Clavières - Bâtiment F.....  | 47        |
| 6.10 Clavières - Bâtiment G .....  | 50        |
| <b>7. Informations complémentaires .....</b>                                     | <b>53</b> |
| 7.1 Méthodologie .....   | 53        |
| 7.2 Classement énergétique et climat DPE .....                                   | 53        |
| 7.3 Programmes d'aides à l'investissement .....                                  | 55        |



# 1. Introduction et objectifs de l'étude

## 1.1 Glossaire

**Energie Finale** : Energie concrètement utilisée (correspond à l'énergie facturée) – exprimée en kWh<sub>ef</sub>.

**Energie Primaire** : Energie disponible dans la nature mais qui n'est pas utilisable directement, elle doit être transformée et transportée pour alimenter l'utilisateur final – exprimée en kWh<sub>ep</sub>. Par exemple, pour traduire la transformation de l'énergie électrique, on applique un coefficient de 2,58 pour convertir l'énergie primaire en énergie finale. Ce coefficient est de 1 pour toutes les autres énergies.

**kWhPCS (Pouvoir Calorifique Supérieur)** : C'est la quantité d'énergie en kWhPCS qui est dégagée par la combustion d'une quantité de combustible. Cette quantité d'énergie inclut l'énergie issue de la condensation de l'eau contenue dans les fumées.  
C'est cette quantité qui est facturée par les fournisseurs de gaz naturel.

**kWhPCI (Pouvoir Calorifique Inférieur)** : C'est la quantité d'énergie qui est dégagée par la combustion d'une quantité de combustible en déduisant l'énergie issue de la condensation de l'eau contenue dans les fumées.

**CEE** : Un **Certificat d'Economies d'Energie** est un document émis en accord avec l'Etat, prouvant qu'une action d'économies d'énergie a été mise en œuvre par une entreprise, un particulier ou une collectivité publique.

**kWh cumac** : C'est l'unité de mesure des **Certificats d'Economies d'Energie**. Il représente le kWh d'énergie finale **cumulée** et **actualisée** sur la durée de vie du produit (kWh d'énergie finale **cumac**). Le kWh cumac est la quantité d'énergie qui aura été économisée grâce aux opérations d'économies d'énergie mises en place.

**GES** : Gaz à Effet de Serre

Les émissions de gaz à effet de serre considérées se réduisent à celles de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) consécutives aux consommations d'énergie.

**U** – coefficient de déperditions d'une paroi : Exprimé en W/m<sup>2</sup>.K. Il permet d'exprimer la quantité de chaleur traversant la paroi par unité de surface. Plus le U est grand plus la paroi est déperditive.

**R** : A l'inverse, la résistance thermique : exprime la résistance d'un matériau au passage d'un flux de chaleur. Plus le R est grand, plus le matériau est « isolant ».

**VMC** : Ventilation mécanique contrôlée.

**ITE** : Isolation Thermique par l'Extérieur.

**ITI** : Isolation Thermique par l'Intérieur

**PV** : Photovoltaïque

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire

**CE thermodynamique** : Chauffe-Eau Thermodynamique

## 1.2 Contexte de l'étude

Dans le cadre de l'obligation réglementaire de réalisation d'audits énergétiques sur son patrimoine, l'Institut Mines Télécom souhaite dresser un état des lieux de la performance énergétique de ses bâtiments pour pouvoir améliorer de l'utilisation de l'énergie dans ses différents établissements et pour atteindre des niveaux élevés de performance énergétique.

Les audits énergétiques constituent un préalable indispensable dans le programme de réhabilitation des bâtiments. Ils permettent ainsi d'avoir un aperçu sur la performance énergétique actuelle du patrimoine et de mettre en évidence les points forts et les points faibles des établissements en termes de confort et de consommations énergétiques.

L'objectif des audits énergétiques est de réaliser un état des lieux des bâtis ainsi que des installations thermiques et électriques. Cette démarche a pour objectif de permettre aux gestionnaires et maîtres d'ouvrages d'identifier les gisements d'économie d'énergie et de mettre en œuvre rapidement des actions de maîtrise des consommations d'énergie rentables économiquement en intégrant la dynamique potentielle d'évolution des prix des énergies sur le moyen terme.

L'analyse doit permettre de proposer une hiérarchisation des travaux selon leur priorité et leur impact énergétique et environnemental.

A l'issue de ces études, il sera possible de connaître la performance énergétique prévisible après travaux.

## 2. Bilan énergétique



### 2.1 Consommations d'énergie

La mission d'audits énergétiques s'est portée sur 7 écoles de l'Institut Mines Télécom. Cette synthèse traite seulement le site de Clavières et le site de Croupillac de l'IMT Mines d'Alès. L'audit a porté sur 5 bâtiments du site de Clavières et 7 bâtiments sur le site de Croupillac.

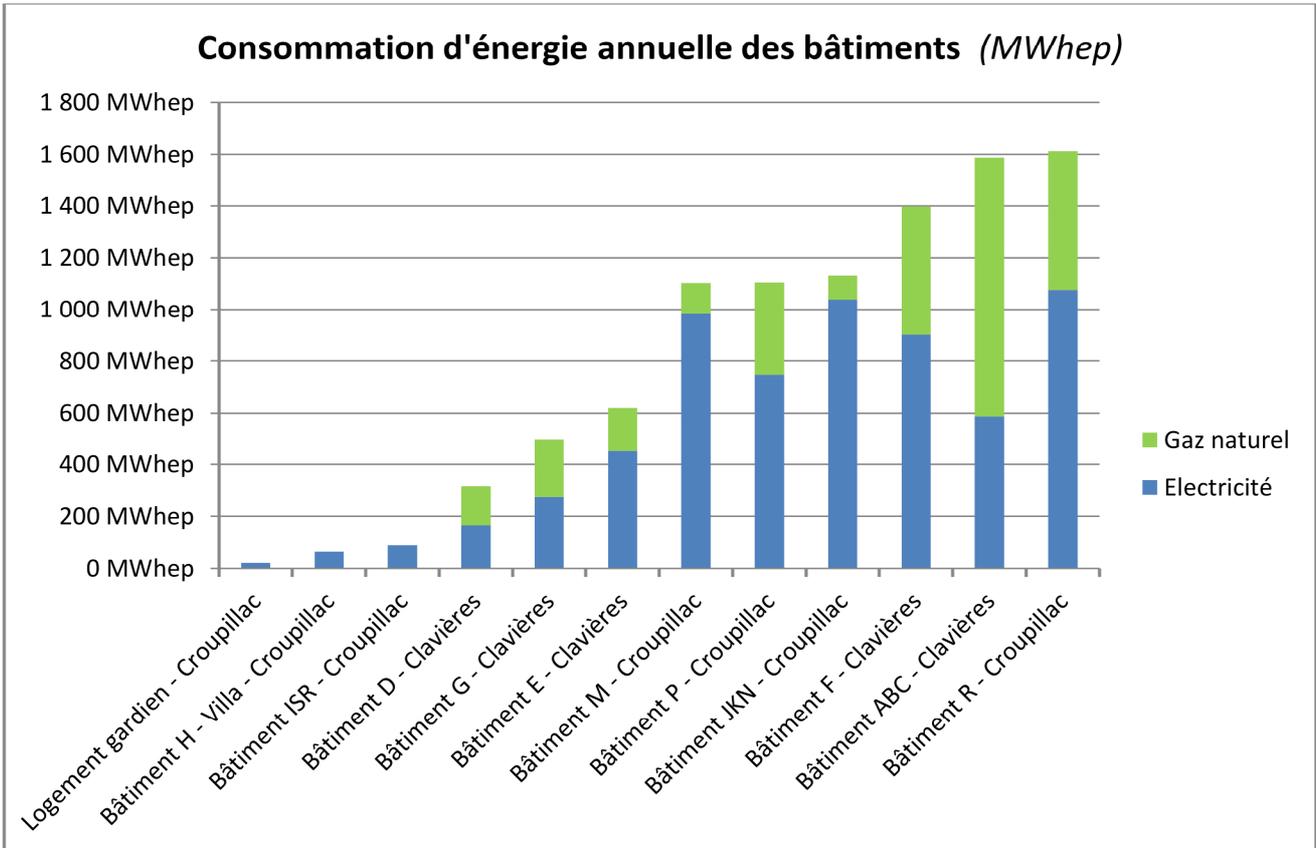
La consommation des bâtiments audités est de **9 548 MWh<sub>ep</sub>**, soit un ratio énergétique moyen ramené à la surface totale des bâtiments de **313 kWh<sub>ep</sub>/(m<sup>2</sup>.an)**.

Les consommations énergétiques sont réparties entre l'électricité et le gaz naturel. Les consommations indiquées dans le bilan énergétique correspondent à une consommation réelle globale par site et une estimation des consommations énergétiques a été réalisée pour chaque bâtiment.

#### Bilan des consommations d'énergie

Le tableau ci-dessous reprend le bilan cumulé pour chaque site étudié des consommations d'énergie, des dépenses annuelles et des émissions de gaz à effet de serre.

| Energie      | Consommation kWh <sub>ep</sub>    | Consommation kWh <sub>ep</sub>    | Dépense annuelle € | Coût énergétique €/kWh <sub>ep</sub> | Emissions de GES kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--------------------------------------|---|
| Electricité  | 2 481 244                         | 6 401 610                         | 290 004            | 0,117                                | 208 425   |
| Gaz naturel  | 3 146 516                         | 3 146 516                         | 207 104            | 0,066                                | 736 285   |
| <b>TOTAL</b> | <b>5 627 760 kWh<sub>ep</sub></b> | <b>9 548 126 kWh<sub>ep</sub></b> | <b>497 107 €</b>   | <b>0,088 €/kWh<sub>ep</sub></b>      | <b>944 709 kg<sub>éq</sub>CO<sub>2</sub></b>      |

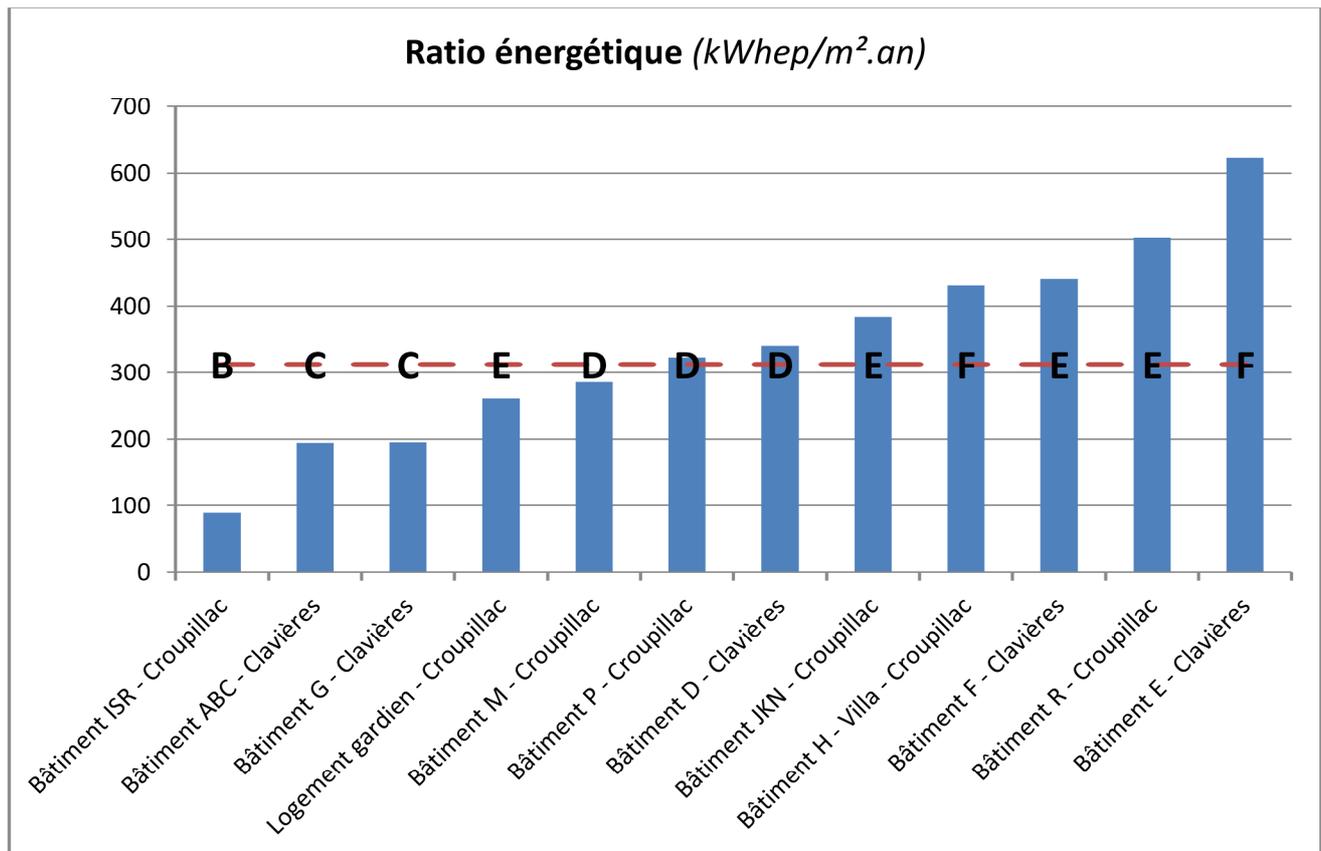


Le graphique ci-dessus prend en compte la consommation brute d'énergie sans tenir compte de la surface chauffée des locaux.

## 2.2 Ratio énergétique et d'émissions de gaz à effet de serre

Afin de comparer les consommations d'énergie entre énergie et entre bâtiment, il est intéressant de confronter les valeurs de consommation énergétique ramenée à la surface chauffée de chaque bâtiment. Il s'agit du ratio suivant exprimant les consommations énergétiques primaires rapportées à la surface chauffée du site.

Les graphiques ci-dessous montrent la performance énergétique des bâtiments ramenée à la surface chauffée. La moyenne des sites est de **313 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an**.

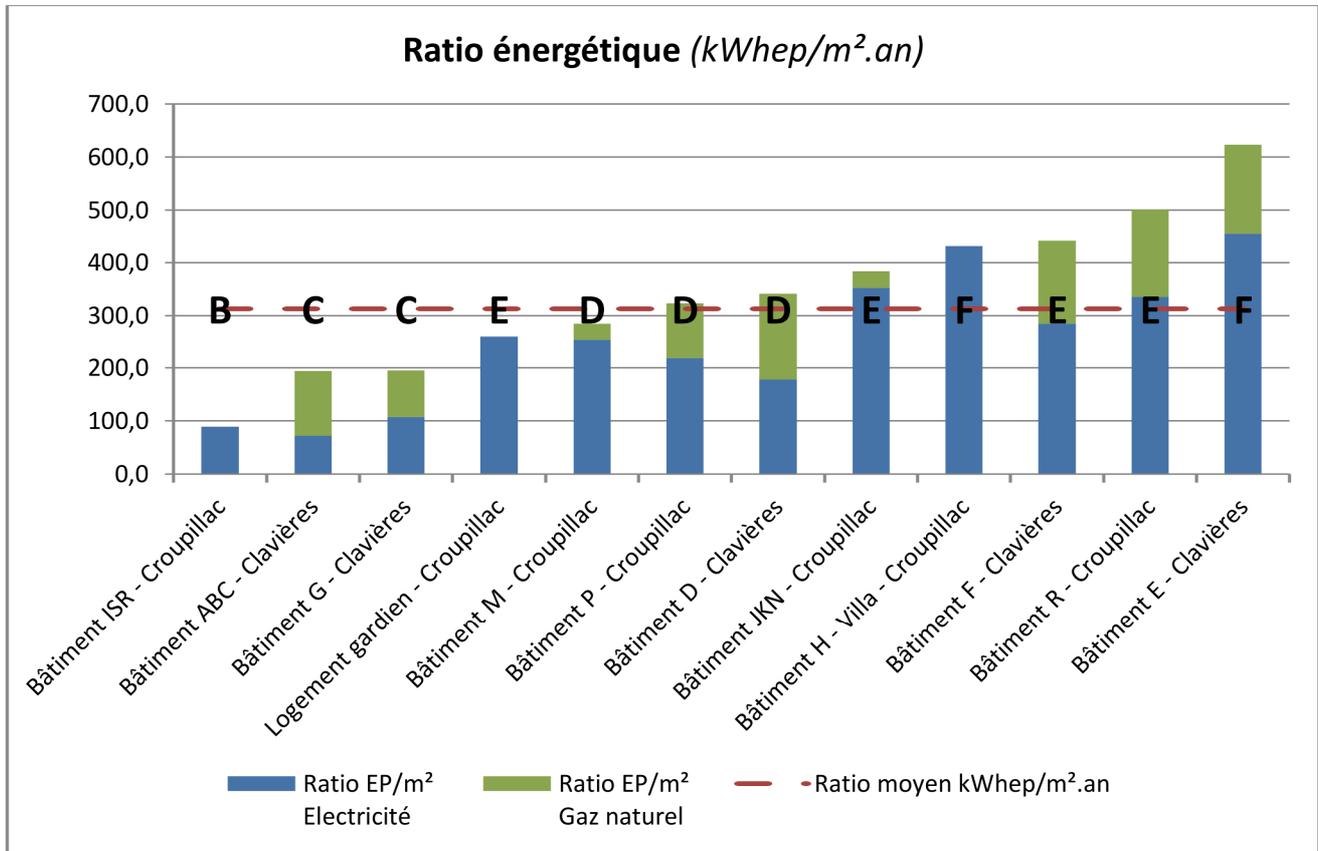


Les sites suivants dépassent la valeur moyenne globale et peuvent être considérés comme les plus consommateurs :

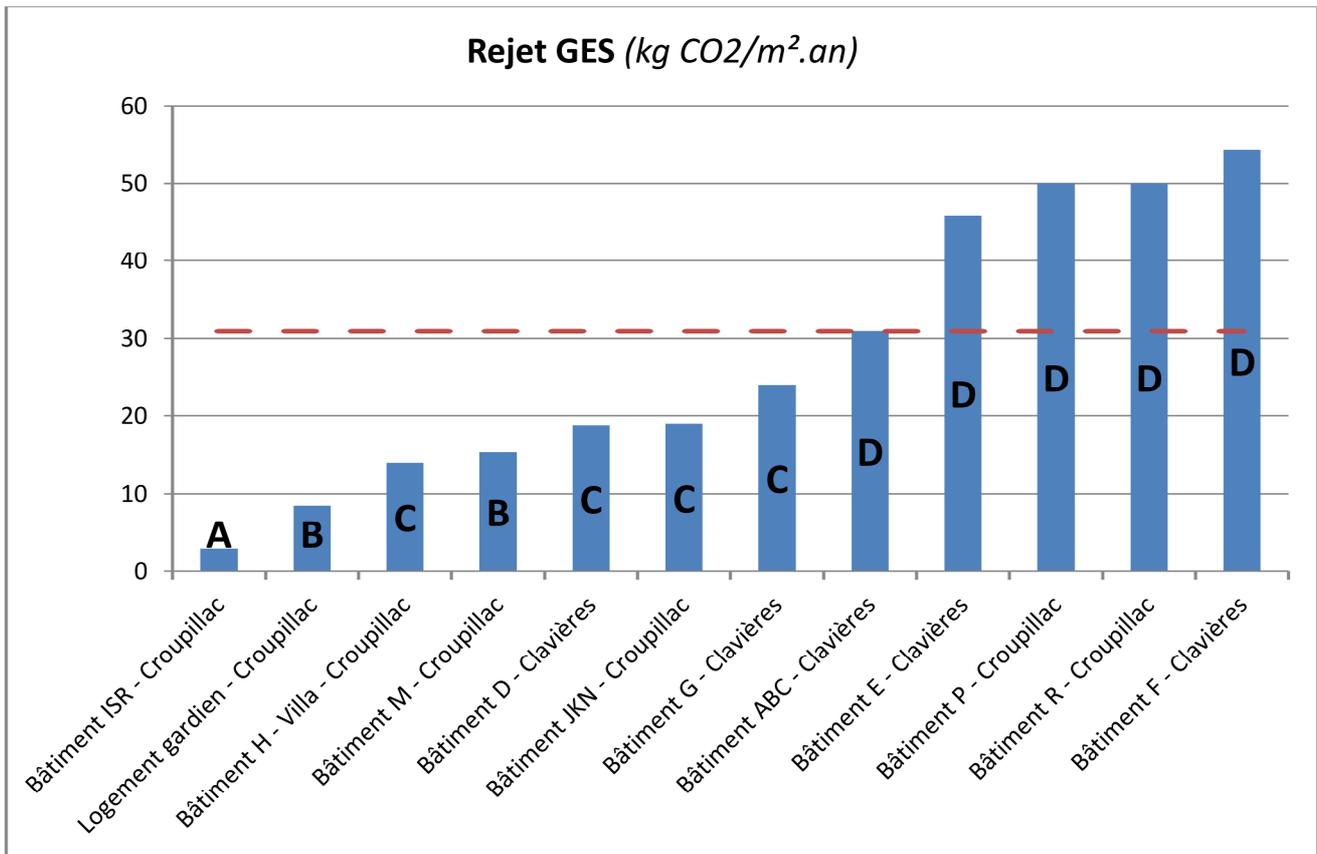
- Site de Clavières : Bâtiment E, Bâtiment F, Bâtiment D
- Site de Croupillac : Bâtiment R, Bâtiment H – Villa, Bâtiment JKN, Bâtiment P

Par convention, les sites ayant une consommation d'électricité importante (exemple chauffage ou usages spécifiques) présentent un ratio énergétique (exprimé en énergie primaire) plus élevé que s'ils étaient chauffés par un autre combustible ; par exemple le bâtiment H – Villa.

Le graphique suivant distingue la part de chaque énergie dans le ratio énergétique exprimé en kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup>.



Une approche similaire peut-être réalisée sur les émissions de gaz à effet de serre :



Les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) sont comptabilisées en kg équivalent CO<sub>2</sub> (ou tonne équivalent CO<sub>2</sub>). Cette unité de référence permet de comparer le pouvoir de réchauffement climatique des différents gaz émis dans l'atmosphère. Le coefficient d'émission de GES varie selon le type d'énergie, les combustibles fossiles étant particulièrement impactant.

La majorité des bâtiments sont chauffés au gaz naturel, ce qui explique des émissions de gaz à effet de serre relativement élevé.

Compte tenu du mix énergétique français, l'énergie électrique présente un faible taux d'émission de GES.

| Source d'énergie  | kgCO <sub>2</sub> /kWh <sub>ef</sub> |
|---|--------------------------------------|
| Bois, biomasse  | 0,013                                |
| Gaz naturel   | 0,234                                |
| Fioul domestique  | 0,300                                |
| Charbon   | 0,384                                |
| Gaz propane ou butane   | 0,274                                |
| Electricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment                    | 0                                    |
| Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment) | 0,084                                |

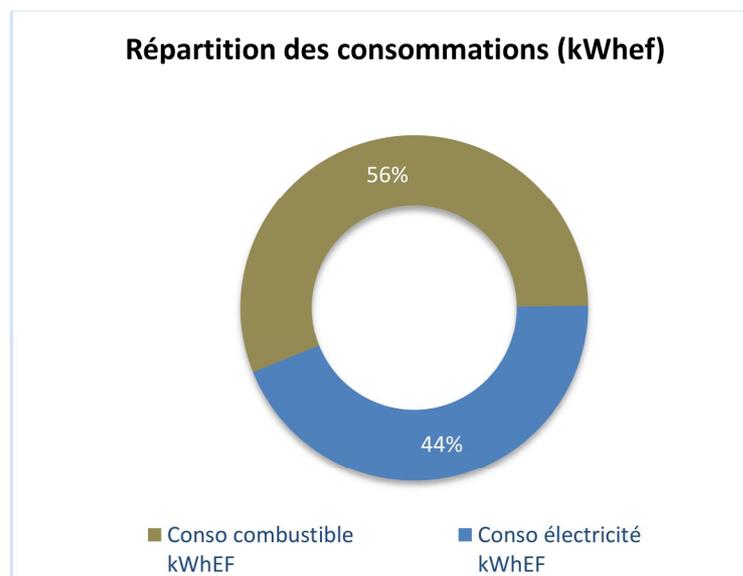
Les sites les plus émetteurs en gaz à effet de serre sont les sites utilisant du gaz naturel et qui présentent un niveau de performance moyen. Les choix énergétiques placent l'Institut Mines Télécom à **un niveau de performance moyen vis-à-vis de l'impact environnemental**, la moyenne des sites se situant à **31 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>.an**.

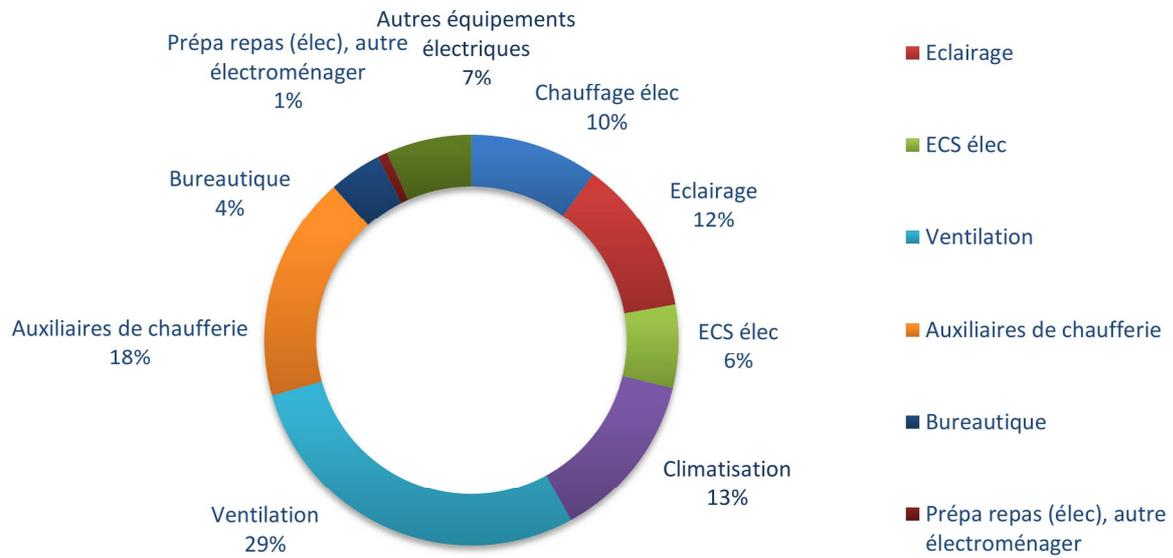
## 2.3 Bilan des postes consommateurs des bâtiments faisant l'objet de l'audit

La répartition des consommations par poste estimée pour chaque site, met en évidence que le chauffage des locaux reste le poste principal de consommation d'énergie.

La ventilation est également un poste important des consommations énergétiques des bâtiments concernés.

| Désignation des usages énergétiques      | Type d'énergie            | Consommation estimée (kWh <sub>ef</sub> ) | %   |
|--|---------------------------|---|-----|
| Chauffage                                | Combustible (Gaz naturel) | 3 146 516                                 | 56% |
| Chauffage élec                           | Electricité               | 248 402                                   | 4%  |
| Eclairage                                | Electricité               | 302 336                                   | 5%  |
| ECS élec                                 | Electricité               | 163 397                                   | 3%  |
| Climatisation                            | Electricité               | 328 484                                   | 6%  |
| Ventilation                              | Electricité               | 710 303                                   | 13% |
| Auxiliaires de chaufferie                | Electricité               | 441 074                                   | 8%  |
| Bureautique                              | Electricité               | 102 373                                   | 2%  |
| Prépa repas (élec), autre électroménager | Electricité               | 19 151                                    | 0%  |
| Autres équipements électriques           | Electricité               | 165 725                                   | 3%  |

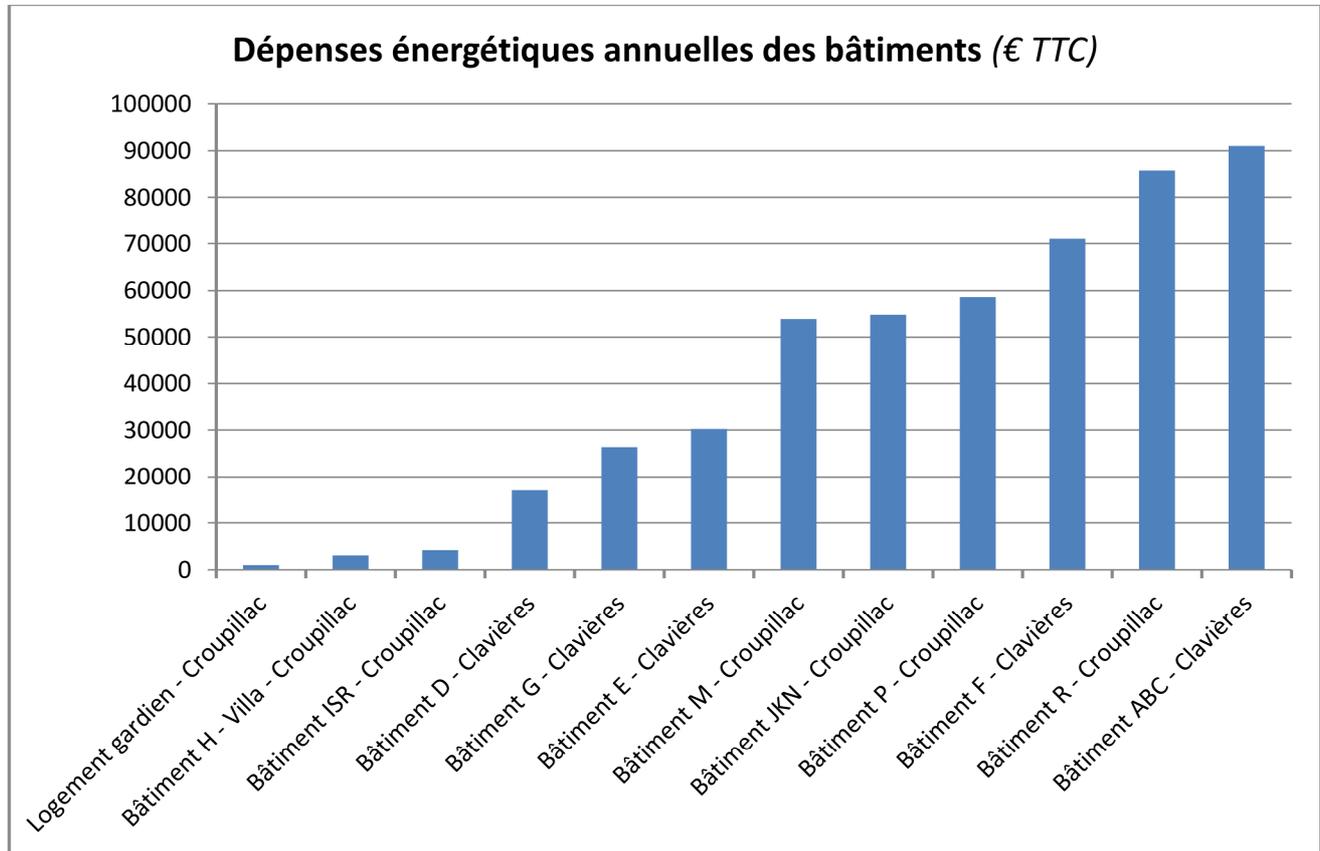


**Consommations d'électricité (kWh/ef)**

## 2.4 Dépenses énergétiques

La facture énergétique totale annuelle s'élève à 497 107 €TTC.

Le graphique ci-dessous indique le montant de la facture énergétique pour chaque bâtiment.



## 2.5 Indicateurs comparatifs

### Ratio par type de bâtiments

Le ratio de consommation de chauffage et d'ECS ramené à la surface des bâtiments est supérieur à la valeur moyenne nationale valable pour les bâtiments d'enseignement. La valeur nationale est exprimée à climat normal (consommation corrigée du climat).

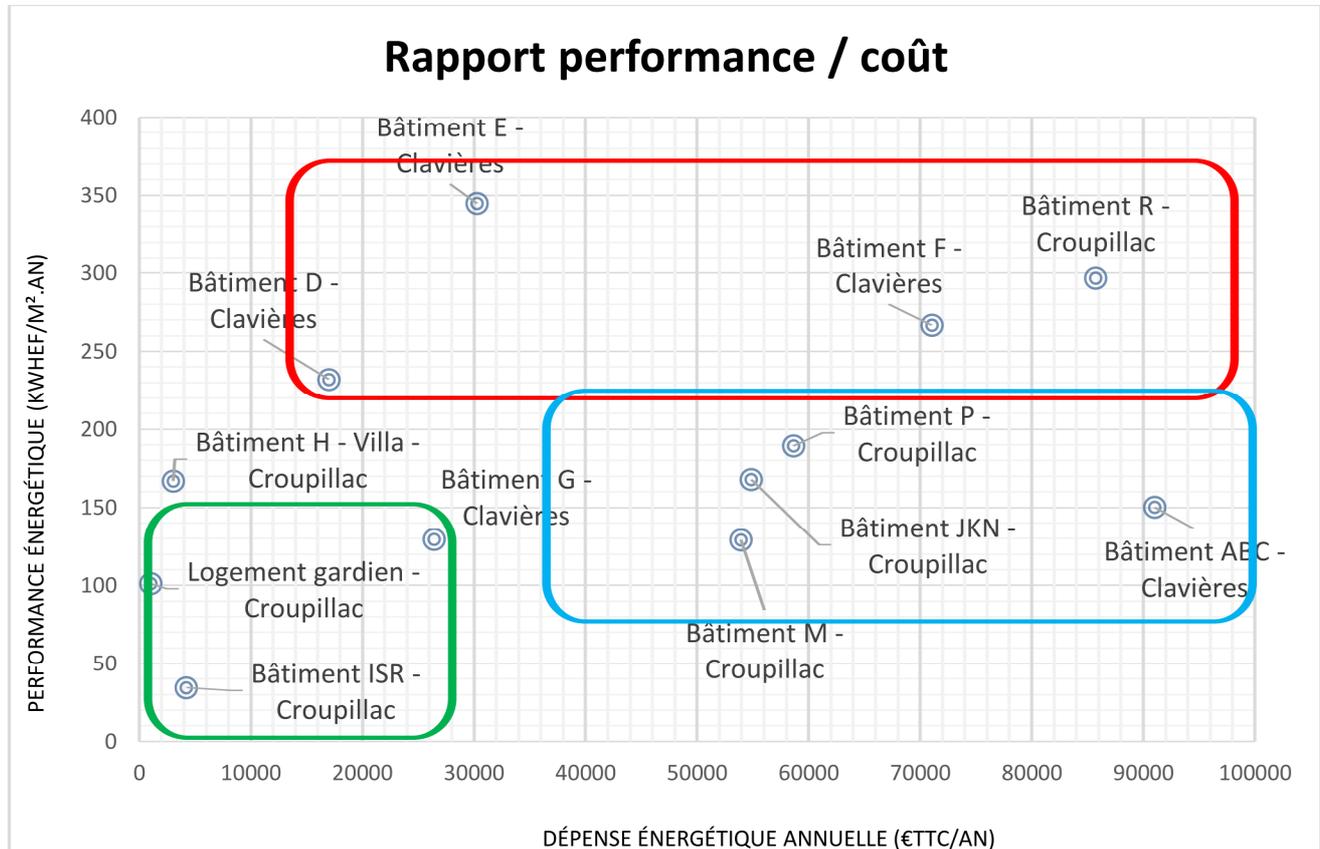
Le ratio de consommation pour les autres usages montre en revanche une mauvaise performance énergétique des bâtiments de l'Institut Mines Télécom comparée à la valeur moyenne des établissements d'enseignement. Cet écart peut s'expliquer par la consommation énergétique importante des équipements à usages spécifiques (Laboratoires, Ateliers, Recherches).

|   | Consommation Chauffage<br>+ ECS (kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> ) | Consommations autres<br>usages (kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> ) |
|---|--|---|
| <b>Moyenne IMT Mines Alès</b>                       | <b>116</b>   | <b>68</b>   |
| <b>Moyenne nationale<br/>bâtiment enseignement*</b> | 102  | 17  |

\* source : étude Chiffres Clés Bâtiment 2013 publié par l'ADEME.

## 2.6 Synthèse de la performance énergétique

Afin de comparer les sites entre eux, il peut être intéressant de mettre en relation la performance énergétique (consommations d'énergie finale ramenées à la surface chauffée des bâtiments) et la dépense énergétique totale.



La répartition par ratio de performance énergétique (kWh<sub>ef</sub>/m<sup>2</sup>.an) et par coût annuel permet de déterminer l'intérêt de travaux de rénovation énergétique de chaque site vis-à-vis du patrimoine.

- Groupe 1 :** Sites au coût annuel faible et à la performance énergétique limitée
- Groupe 2 :** Sites au coût annuel moyen et à la performance énergétique mauvaise
- Groupe 3 :** Sites au coût annuel élevé et à la performance énergétique mauvaise

A partir de cette analyse, il apparaît que les bâtiments E, F et D du site de Clavières ainsi que le bâtiment R du site de Croupillac sont les sites à privilégier pour des travaux de rénovation énergétique.

## 3. Recommandations et potentiel d'économie

---

### 3.1 Recommandations générales

- Suivi énergétique

L'intérêt de mettre en place un suivi énergétique est de connaître l'impact réel des actions d'améliorations énergétiques. Pour cela, il est conseillé de nommer une personne référente au sein de l'Institut sur les questions énergétiques. Il est ainsi plus facile de mettre en place un suivi régulier des consommations et de l'état énergétique des bâtiments de l'Institut, mais également d'avoir un interlocuteur unique pour toutes les problématiques énergétiques de la commune.

- Compteurs divisionnaires

Cette recommandation va de pair avec la précédente. Pour certains sites, un compteur unique (gaz ou électricité) peut alimenter plusieurs bâtiments. La mise en place de compteurs divisionnaires doit permettre de connaître les consommations propres à chaque local à usage spécifique. La relève régulière de ces compteurs doit permettre de constater d'éventuelles dérives. Ces équipements sont de plus le seul moyen de connaître avec précision les consommations de chaque bâtiment et de juger de l'intérêt réel de travaux avant d'entreprendre ceux-ci.

- Sensibilisation des usagers

De manière générale, l'amélioration de la performance du bâti et du mode de chauffage permet de réaliser des économies importantes. Ce sont en effet le rendement, l'âge des appareils et l'efficacité de l'isolation qui influent en premier lieu sur la quantité d'énergie consommée. Néanmoins, il existe une part non négligeable imputable au comportement de l'utilisateur et donc à l'usage des équipements. Ainsi, le bon usage de ces équipements permet de réduire la consommation énergétique.

C'est par un travail de sensibilisation que les usagers peuvent comprendre l'importance de leur comportement vis-à-vis des installations qui consomment de l'énergie (chauffage, climatisation, éclairage, bureautique...etc.).

Afin d'optimiser les consommations énergétiques, il convient ;

- En premier lieu d'informer les usagers sur le contexte énergétique et sur la performance énergétique actuelle des bâtiments et d'explicitier l'objectif d'économie à atteindre.
- En second lieu, il convient d'impliquer l'utilisateur dans cette démarche en explicitant son impact sur les dépenses d'énergie. Ainsi, montrer les écarts de consommation entre un usage économe et un usage énergivore fait prendre conscience à l'utilisateur de cet impact.
- Enfin, des actions concrètes doivent être proposées à l'utilisateur afin qu'il contribue à cette démarche.

Cette sensibilisation peut prendre la forme d'une réunion d'information ou d'un module de formation par un expert en économies d'énergies.



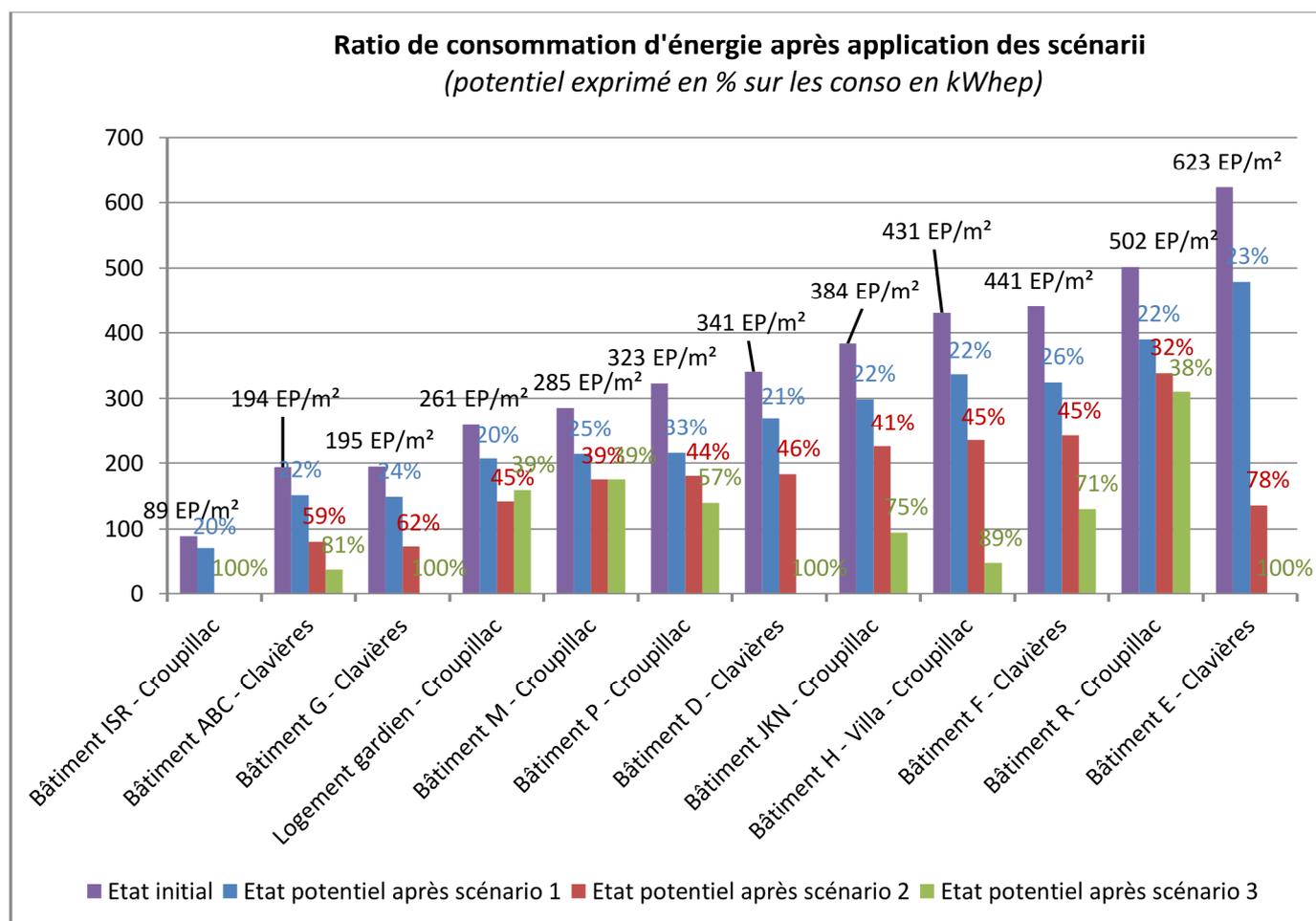
## 3.2 Potentiel d'économie

Pour les différents sites audités, un regroupement des actions par plans d'action a été réalisé dans le but de répondre aux objectifs suivants :

- Scénario 1 : Objectif de réduction de 20% de la consommation d'énergie
- Scénario 2 : Objectif de réduction de 40% de la consommation d'énergie
- Scénario 3 : Objectif facteur 4 (division par 4 des consommations des émissions de gaz à effet de serre).

Le potentiel d'économie sur le patrimoine bâti est important, notamment grâce à l'amélioration de l'isolation des sites et à l'optimisation des équipements.

Sur l'ensemble des bâtiments, le potentiel d'économie d'énergie du scénario le plus ambitieux représente un gain de 67 % par rapport à la consommation actuelle. Le scénario 3 avec un investissement total de 7 572 k€ permettra de réaliser une économie annuelle de 335 k€.



Le scénario 1 permet pour un investissement de 2 128 k€ une économie d'énergie de près de 24 % pour une économie annuelle de 133 k€.

Le scénario intermédiaire (scénario 2) permet d'atteindre une réduction des consommations d'énergie de près de 47 % (soit 253 k€ d'économisé chaque année) pour un investissement de 6 548 k€.

### 3.3 Potentiel d'utilisation des énergies renouvelables



Le potentiel d'installation d'énergies renouvelables pour les différents établissements de l'Institut Mines Télécom est présent.

Les solutions de **chaufferie bois** peuvent être adaptés à l'usage des bâtiments d'enseignements. Cependant, les contraintes d'espace disponible et d'accessibilité sont un frein à l'implantation de chaufferies de très forte puissance. Sur les deux sites de l'école des mines d'Alès, la création d'une chaufferie bois générale est difficilement réalisable.

L'installation de **panneaux photovoltaïques** sur les différentes toitures des bâtiments de l'IMT Mines d'Alès peut être pertinente avec une orientation relativement intéressante et une surface disponible importante.

Les besoins en eau chaude sanitaire sur les bâtiments audités sont généralement faibles et ne permettent pas de justifier la possibilité d'installer des chauffe-eaux solaires. Seuls les bâtiments à usage d'hébergement et de sports (douches) peuvent se révéler intéressants pour la mise en place d'une production d'ECS **solaire thermique** dont les panneaux pourront être mis en place en toiture terrasse des bâtiments concernés.

La **géothermie** bien que pouvant être intéressante nécessite l'exploration des gisements d'énergie dans le sous-sol (nappes, forages). Les investissements à mettre en œuvre sont souvent très élevés comparés aux dépenses d'énergie. De plus, tout comme la solution de chaufferie biomasse, le manque de place sur les deux sites d'Alès est contraignant pour la mise en place d'une solution géothermique.

## 4. Programmation des actions d'amélioration



### 4.1 Programmation selon les objectifs de réduction de consommation

Les potentiels d'économie d'énergie modélisés pour chaque bâtiment ont permis d'établir des scénarii. Le premier scénario regroupe les actions permettant une réduction des consommations tout en essayant de conserver **un rapide retour sur investissement**.

Le tableau suivant classe les bâtiments par potentiel d'économies d'énergie. Le gain global pour ce 1<sup>er</sup> scénario atteint de 23 % d'économie d'énergie pour investissement total de 2 128 k€. L'économie annuelle est estimée à 132 783 € soit un temps de retour brut de 16 ans.

| Scénario d'améliorations 1 : Objectif réduction des consommations de 20% |                                 |                                  |                                  |  |                   |                |        |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------|----------------|--------|
|  | Bâtiment                        | Pourcentage d'économie d'énergie | Gains annuels                    |  | Economie annuelle | Investissement | TRB    |
|  |                                 |                                  | Énergie kWhEP/m <sup>2</sup> .an | GES kgéq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .an | € TTC             | € TTC          | Années |
| 1  | Bâtiment ISR - Croupillac       | 20%                              | 18                               | 1  | 854 €             | 288 098 €      | 337    |
| 2  | Logement gardien - Croupillac   | 20%                              | 53                               | 2  | 210 €             | 9 547 €        | 45     |
| 3  | Bâtiment D - Clavières          | 21%                              | 71                               | 14   | 4 036 €           | 59 466 €       | 15     |
| 4  | Bâtiment H – Villa - Croupillac | 22%                              | 94                               | 3  | 660 €             | 900 €          | 1      |
| 5  | Bâtiment ABC- Clavières         | 22%                              | 43                               | 7  | 19 926 €          | 738 815 €      | 37     |
| 6  | Bâtiment JKN - Croupillac       | 22%                              | 85                               | 5  | 12 498 €          | 278 040 €      | 22     |
| 7  | Bâtiment R - Croupillac         | 22%                              | 112                              | 18   | 21 301 €          | 8 575 €        | 0      |
| 8  | Bâtiment E- Clavières           | 23%                              | 144                              | 31   | 9 092 €           | 183 154 €      | 20     |
| 9  | Bâtiment G- Clavières           | 24%                              | 46                               | 7  | 6 592 €           | 6 800 €        | 1      |
| 10   | Bâtiment M - Croupillac         | 25%                              | 71                               | 4  | 13 434 €          | 0 €            | 0      |
| 11   | Bâtiment F- Clavières           | 26%                              | 116                              | 27   | 24 285 €          | 551 708 €      | 23     |
| 12   | Bâtiment P - Croupillac         | 33%                              | 107                              | 12   | 19 895 €          | 2 800 €        | 0      |

**Le second plan d'action** s'inscrit dans une logique d'amélioration significative de la performance énergétique des bâtiments avec pour objectif de réduire les consommations d'énergie de plus de 40%.

Les actions identifiées pour le scénario 2 permet une réduction des consommations de près de 47 % (économie annuelle de 252 557 €) pour un investissement de 6 547 724 € (soit un temps de retour de 26 ans).

### Scénario d'améliorations 2 : Objectif réduction des consommations de 40%

|    | Site                            | Pourcentage d'économie d'énergie | Gains annuels                    |  | Economie annuelle | Investissement | TRB    |
|----|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------|----------------|--------|
|    |                                 |                                  | Énergie kWhEP/m <sup>2</sup> .an | GES kgéq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .an | € TTC             | € TTC          | Années |
| 1  | Bâtiment R - Croupillac         | 32%                              | 163                              | 26   | 30 694 €          | 342 495 €      | 11     |
| 2  | Bâtiment M - Croupillac         | 39%                              | 110                              | 5  | 20 561 €          | 106 203 €      | 5      |
| 3  | Bâtiment JKN - Croupillac       | 41%                              | 157                              | 11   | 23 497 €          | 582 855 €      | 25     |
| 4  | Bâtiment P - Croupillac         | 44%                              | 142                              | 19   | 27 516 €          | 216 070 €      | 8      |
| 5  | Bâtiment F - Clavières          | 45%                              | 198                              | 29   | 35 186 €          | 856 001 €      | 24     |
| 6  | Bâtiment H – Villa - Croupillac | 45%                              | 195                              | 6  | 1 374 €           | 41 485 €       | 30     |
| 7  | Logement gardien - Croupillac   | 45%                              | 118                              | 4  | 465 €             | 28 349 €       | 61     |
| 8  | Bâtiment D- Clavières           | 46%                              | 158                              | 29   | 8 818 €           | 340 851 €      | 39     |
| 9  | Bâtiment ABC- Clavières         | 59%                              | 114                              | 23   | 58 014 €          | 2 159 062 €    | 37     |
| 10 | Bâtiment G - Clavières          | 62%                              | 122                              | 19   | 17 644 €          | 1 136 759 €    | 64     |
| 11 | Bâtiment E - Clavières          | 78%                              | 487                              | 47   | 23 688 €          | 392 596 €      | 17     |
| 12 | Bâtiment ISR - Croupillac       | 100%                             | 89                               | 3  | 5 100 €           | 344 998 €      | 68     |

**Le scénario 3** s'inscrit dans une logique de réhabilitation optimale des sites par la mise en œuvre d'actions fortes sur l'enveloppe thermique et le remplacement ou l'optimisation des équipements. Elle inclue des solutions techniques utilisant des énergies renouvelables. L'objectif principal de ce scénario est de diviser par 4 les émissions de GES.

Les actions retenues permettent une réduction des consommations moyenne de plus de 74 % soit un gain annuel de 335 498 €. L'investissement pour atteindre cet objectif est plus conséquent (7 572 407 €) avec un retour sur investissement de 23 ans.

| Scénario d'améliorations 3 : Facteur 4 |                                 |                                  |                     |                    |                   |                |        |
|--|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|--------|
|  | Site                            | Pourcentage d'économie d'énergie | Gains annuels       |                    | Economie annuelle | Investissement | TRB    |
|  |                                 |                                  | Énergie kWhEP/m².an | GES kgéq CO2/m².an | € TTC             | € TTC          | Années |
| 1                                      | Bâtiment R - Croupillac         | 38%                              | 191                 | 27                 | 34 942 €          | 406 380 €      | 12     |
| 2                                      | Bâtiment M - Croupillac         | 39%                              | 110                 | 5                  | 20 561 €          | 106 203 €      | 5      |
| 3                                      | Logement gardien - Croupillac   | 39%                              | 102                 | 4                  | 380 €             | 31 537 €       | 83     |
| 4                                      | Bâtiment P - Croupillac         | 57%                              | 183                 | 24                 | 35 223 €          | 1 152 435 €    | 33     |
| 5                                      | Bâtiment F -Clavières           | 71%                              | 311                 | 33                 | 49 710 €          | 1 032 601 €    | 21     |
| 6                                      | Bâtiment JKN - Croupillac       | 75%                              | 289                 | 16                 | 39 739 €          | 756 320 €      | 19     |
| 7                                      | Bâtiment ABC - Clavières        | 81%                              | 158                 | 25                 | 72 676 €          | 2 337 262 €    | 32     |
| 8                                      | Bâtiment H – Villa - Croupillac | 89%                              | 384                 | 12                 | 2 951 €           | 92 360 €       | 31     |
| 9                                      | Bâtiment D - Clavières          | 100%                             | 341                 | 36                 | 18 275 €          | 412 651 €      | 23     |
| 10                                     | Bâtiment E - Clavières          | 100%                             | 623                 | 54                 | 30 275 €          | 0 €            | 0      |
| 11                                     | Bâtiment G - Clavières          | 100%                             | 195                 | 22                 | 26 548 €          | 1 244 659 €    | 47     |
| 12                                     | Bâtiment ISR - Croupillac       | 100%                             | 89                  | 3                  | 4 217 €           | 0 €            | 0      |

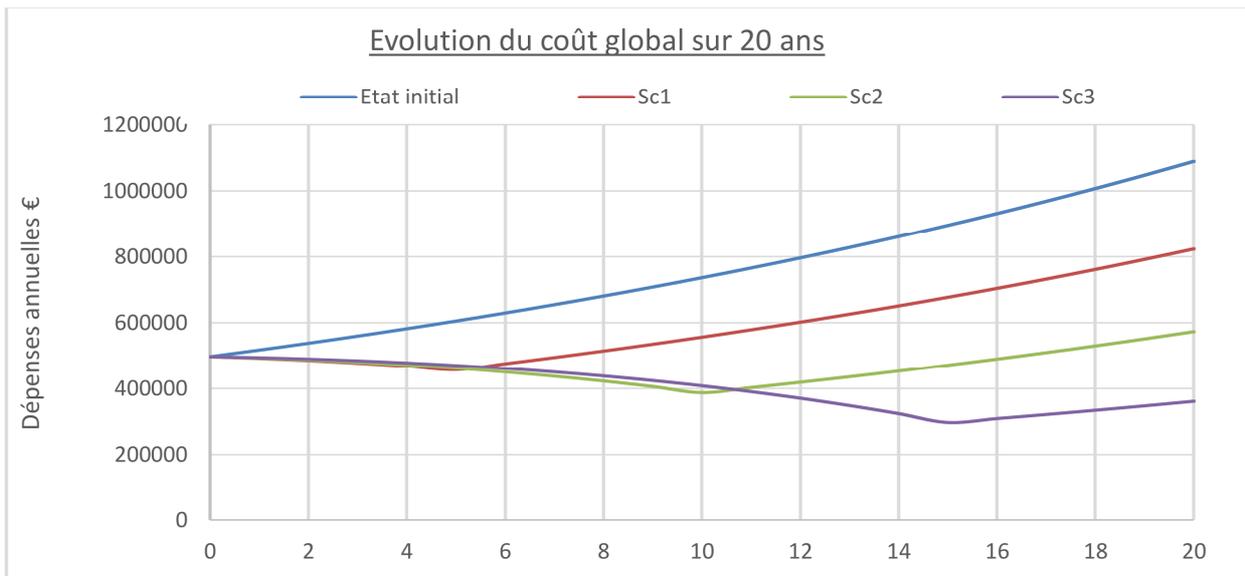
Le tableau suivant reprend les résultats pour scénario en cumulant les propositions de plans d'action pour chaque site.

| Plans d'action | Investissement € | Economie énergie | Économie annuelle en € | TR brut (années) |
|----------------|------------------|------------------|------------------------|------------------|
| Scénario 1     | 2 127 902        | 23%              | 132 783                | 16               |
| Scénario 2     | 6 547 724        | 53%              | 252 557                | 26               |
| Scénario 3     | 7 572 407        | 67%              | 335 498                | 23               |

## 4.2 Actualisation des dépenses énergétiques

Le graphique ci-dessous permet d'estimer l'évolution du coût global en prenant en compte un taux d'actualisation de 4% pour l'énergie. L'objectif de ce graphique est de comparer la dépense énergétique annuelle actuelle à la dépense énergétique dans 20 ans si aucune action d'amélioration énergétique n'est réalisée ou si les actions des scénarii 1,2 ou 3 sont réalisées.

Les actions du scénario 1 sont programmées sur une durée de 5 ans, les actions du scénario 2 sur 10 ans et celles du scénario 3 sur 15 ans.



La dépense énergétique annuelle est de 497 107 €TTC.

On constate que malgré les réductions de consommations du scénario 1, le coût global annuel s'élèverait à plus de 820 k€TTC au bout de 20 ans. Les économies d'énergie réalisées permettent de compenser l'inflation des prix pendant 7 ans.

En revanche, la réalisation du scénario 2 permet de stabiliser les dépenses pendant près de 16 ans. Au bout de 20 ans, la dépense énergétique annuelle s'élèverait à plus de 570 k€.

Les actions du scénario 3 permettraient de limiter la hausse des dépenses énergétiques à plus de 360 k€ à l'issue des 20 prochaines années.

## 5. Bilan de l'étude et suites à donner

---

La performance énergétique des établissements des sites d'Alès est supérieure aux valeurs moyennes observées à l'échelle nationale sur les postes chauffage et eau chaude sanitaire. Les sites présentent un potentiel d'amélioration énergétique intéressant pour limiter les dépenses d'énergie liées à ces postes.

Afin de hiérarchiser de manière optimale les actions d'améliorations, il est préférable de mettre en œuvre en premier lieu les actions portant sur l'isolation des bâtiments (isolation de murs, isolation en toiture, remplacement des ouvrants). La réalisation de ces actions permettra une réduction des besoins en chauffage et contribuera à un meilleur confort thermique pour les occupants.

Dans un second temps après la baisse des besoins en chauffage, il est recommandé de mettre en œuvre les travaux portant sur les équipements de chauffage (production, régulation, distribution, émission). L'optimisation sur la régulation du chauffage et des équipements de ventilation constitue un levier important d'économie d'énergie.

Pour chaque site, les axes d'améliorations proposés doivent être confrontés aux autres contraintes de rénovation et d'évolution des bâtiments et ainsi faire l'objet d'une priorisation pluriannuelle.