

Bilan GES du LIMSI

Méthodologie et bilan 2019

Matteo Chevallier, Emmanuelle Frenoux et Anne-Laure Ligozat

Novembre 2020

Table des matières

1	Introduction	3
1.1	Pourquoi faire un bilan GES?	3
1.2	Outils existants pour faire un bilan GES	3
1.3	Définitions et bases	4
1.3.1	Catégories d'émission	4
1.3.2	Type de données	4
1.3.3	Périmètre opérationnel	5
1.3.4	Périmètre organisationnel	5
1.3.5	Facteur d'émission	5
2	Méthodologie	6
2.1	Hypothèses	6
2.1.1	Périmètre opérationnel	6
2.1.2	Périmètre organisationnel	6
2.2	Émissions : Consommations énergétiques	7
2.2.1	Chauffage	7
2.2.2	Consommation électrique	9
2.3	Les achats	11
2.4	Les déchets	12
2.4.1	Les eaux usées	12
2.4.2	Papier et carton	13
2.4.3	Ordures ménagères	13

2.4.4	Les DEEE (Déchets d'équipements électriques et électroniques)	14
2.5	Immobilisations	15
2.5.1	Matériel Informatique	15
2.5.2	Véhicules	16
2.5.3	Mobilier	16
2.5.4	Les bâtiments	17
2.5.5	Parking	17
2.6	Déplacements	18
2.6.1	Domicile-travail	18
2.6.2	Missions	20
3	Bilan 2019	21
3.1	Chauffage université	21
3.2	Électricité	21
3.3	Eaux	22
3.4	Ordures ménagères	22
3.5	Matériel informatique	23
3.6	Véhicules	23
3.7	Bâtiments	24
3.8	Déplacements domicile-travail	24
3.9	Missions	24
3.10	Achats	24
3.11	Bilan total	24
3.12	Comparaison avec les chiffres de GES 1point5	26
4	Conclusion	27
5	ANNEXES	29
5.1	ANNEXE 1 : Plan des installations de chauffage et d'eau	29
5.2	ANNEXE 2 : photos des installations de chauffage	30
5.3	ANNEXE 3 : photos des installations d'eau	31
5.4	ANNEXE 4 : caractéristiques du 507	34

1 Introduction

1.1 Pourquoi faire un bilan GES ?

Le LIMSI s'est engagé depuis 2019 dans une **démarche volontariste de développement durable**. Dans ce cadre, il était nécessaire de déterminer les principaux impacts du laboratoire, notamment en termes d'émissions de gaz à effets de serre (**GES**). Un bilan d'émission de gaz à effet de serre (**BEGES**) a donc été initié afin d'analyser l'impact environnemental du laboratoire de l'année 2018. Ce bilan n'a pas seulement un but informatif mais permet d'identifier les postes d'émission les plus importants et donc de **mettre en place des plans d'actions afin de réduire ces émissions**. Cette démarche a pour but d'être reconduite chaque année, cela afin de suivre l'évolution de l'émission carbone du laboratoire mais également de **juger de l'efficacité des initiatives** qui sont ou qui seront mises en place.

1.2 Outils existants pour faire un bilan GES

Documentation utile

- La première source à mentionner est la documentation officielle, et notamment le document de *Méthode pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre conformément à l'article L. 229-25 du code de l'environnement*. Cette version n° 4 de 2016 est la plus récente. Bien que complète elle reste très générale et il n'est pas toujours facile de l'appliquer à un laboratoire.
- Le site de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie) rassemble également beaucoup d'informations sur le sujet, notamment dans la section concernant les bilans carbonés : *ADEME bilans GES (inscription obligatoire)* C'est sur ce site que l'on ira chercher tous les facteurs d'émission dont on aura besoin.
- Il est également possible de s'inspirer des bilans déjà existants, par exemple celui de *L'ISTerre* ou encore celui de *l'Université Paris 1* qui est très complet.

Initiative Labos 1point5 Labos 1point5 est «un collectif de membres du monde académique, de toutes disciplines et sur tout le territoire, partageant un objectif commun : mieux comprendre et réduire l'impact des activités de recherche scientifique sur l'environnement, en particulier sur le climat.» ([site](#))

Labos 1point5) Il regroupe environ 1 300 membres sympathisants, avec une diversité géographique et disciplinaire, et 150 personnes impliquées dans une ou plusieurs des 6 équipes. Parmi ces équipes, l'équipe Empreinte carbone est dédiée à la définition d'un protocole d'estimation de l'empreinte carbone d'un laboratoire, ainsi qu'au développement d'un outil correspondant. L'un des objectifs est de réaliser une estimation de l'empreinte carbone de la recherche publique française à partir l'estimation de l'empreinte carbone des activités de recherche des laboratoires.

Une première version du protocole de bilan GES a été créée par Labos 1point5, et a été utilisée dans la suite de ce stage, afin que la méthodologie utilisée soit compatible avec celle de Labos 1point5.

1.3 Définitions et bases

1.3.1 Catégories d'émission

Dans un bilan d'émissions de gaz à effet de serre, les émissions sont rangées en 3 catégories :

- catégorie 1 : les émissions directes
Ce sont les émissions de GES directement rejetées par le laboratoire, c'est-à-dire ce qui va de par les activités du laboratoire être directement rejeté à l'extérieur, par exemple par combustion, rejet de produits chimiques, fuites de liquide réfrigérant...
- catégorie 2 : émissions indirectes
Ce sont les émissions indirectes liées à la consommation d'électricité, de chaleur ou de vapeur. La consommation d'électricité et le chauffage sont les 2 sources d'émission qui sont en général prises en compte dans cette catégorie.
- catégorie 3 : les autres émissions indirectes
Il est optionnel de prendre en compte les émissions de catégorie 3 mais ces émissions représentent souvent une part importante des émissions. Parmi ces émissions on retrouve ce qui est lié aux frets, aux déchets, aux déplacements du personnel, à l'immobilisation...

1.3.2 Type de données

Les données nécessaires à la réalisation du BEGES proviennent de sources diverses, et peuvent être réparties en 4 catégories :

- données primaires : données issues d’observations directes à l’organisation
ex : consommation électrique, nombre de missions...
- données secondaires : données génériques ou moyennes provenant de sources publiées, et adaptées au contexte
ex : données de la base carbone de l’ADEME
- données extrapolées : données primaires ou secondaires, adaptées à une autre situation
ex : consommation électrique annuelle établie à partir de données sur 6 mois
- données approchées : idem mais pas réadaptées
ex : consommation électrique établie à partir des données d’un autre laboratoire

1.3.3 Périmètre opérationnel

Le périmètre opérationnel est défini comme l’ensemble des sites, installations et compétences pris en compte lors d’un exercice de comptabilité carbone d’une organisation. Il s’agit donc ici de définir les sites, installations et compétences à prendre en compte dans le bilan.

1.3.4 Périmètre organisationnel

Le périmètre organisationnel est l’ensemble des sources d’émissions prises en compte lors d’un exercice de comptabilité carbone d’une organisation. Il s’agira donc de lister toutes les sources d’émission potentielle liées à l’activité de la personne morale.

1.3.5 Facteur d’émission

Un facteur d’émission permet de rapporter les données d’activité aux émissions de GES :

$$\text{Émission (kgCO}_2\text{e)} = \text{Donnée d'activité (unité_activité)} \times \text{Facteur d'émission (kgCO}_2\text{e/unité_activité)}$$

Ces facteurs d’émission seront souvent issus de la base carbone de l’ADEME.

2 Méthodologie du BEGES du LIMSI

2.1 Hypothèses

2.1.1 Périmètre opérationnel

Il s'agit ici de définir les sites, installations et compétences du LIMSI à prendre en compte dans le bilan.

- Le LIMSI possède 3 bâtiments, qui sont pris en compte dans le périmètre organisationnel.
- Il faut également prendre en compte les parkings autour des bâtiments.
- Le LIMSI possède également 4 serveurs dans la vallée chez Virtual Data (in2p3) pour du stockage.

NB : aucun des serveurs situés à l'IDRIS n'appartient au laboratoire bien qu'il ait contribué à leur installation.

2.1.2 Périmètre organisationnel

Il s'agit de lister toutes les sources d'émission potentielles liées à l'activité du LIMSI. Les activités du LIMSI qui sont ou pourraient être prises en compte dans le bilan sont :

- Consommations énergétiques
 - électricité
 - chauffage
 - consommations des véhicules
- Achats
 - services
 - télécommunications
 - papeterie...
- Déchets
 - DEEE (Déchets d'équipements électriques et électroniques)
 - eaux usées
 - ordures ménagères
 - papier/carton
- Immobilisations
 - bâtiments/parking
 - équipements informatiques et électroniques
 - mobilier
 - voitures

- Déplacements
 - missions du personnel
 - déplacements quotidiens domicile-travail
- Alimentation
 - repas
- Flux informatiques et calcul scientifique

Nous détaillons ci-dessous les différents postes et la façon de les prendre en compte au LIMSI.

2.2 Émissions : Consommations énergétiques

2.2.1 Chauffage

Le chauffage du LIMSI provient de deux sources :

1. Le circuit de chauffage de l'université

Le chauffage provenant du circuit de l'Université fonctionne à la vapeur d'eau. Il vient de la chaufferie à côté du CESFO. Il y a des compteurs pour les 507, 508 et 512 (cf annexe 1 et annexe 2). Les compteurs ne sont pas horodatés donc nécessitent des relevés si l'on souhaite des données spécifiques à chaque bâtiment. Pour calculer les émissions dues à ce circuit de chauffage on utilisera la formule suivante :

$$\text{Émission (kgCO}_2\text{e)} = \text{Consommation (kWh)} \times \text{Facteur d'émission (kgCO}_2\text{e.kWh}^{-1}\text{)}$$

Les informations nécessaires sont ainsi :

- La consommation énergétique annuelle du laboratoire en ce qui concerne le chauffage (kWh).

Pour l'obtenir il est possible de contacter Philippe Bouillaux, responsable technique de l'université pour le chauffage notamment (voir fiche figure 1). En revanche il ne peut fournir que la consommation mensuelle pour l'ensemble des 3 bâtiments. Il n'y a donc pas moyen de faire de différence entre les bâtiments et donc d'analyser lequel des bâtiments est le plus énergivore. Pour cela il faudrait que le LIMSI réalise lui-même des relevés dans les différents bâtiments.

M. Philippe Bouillaux

✉ philippe.bouillaux@universite-paris-saclay.fr

• Services Centraux > Direction du Patrimoine > Pôle opérationnel et expertise

Fonction : Ingénieur (*Expert technique fluides*)

Localisation : Bâtiment : 📍 209E - Campus : Orsay

Adresse : Rue Jean-Dominique Cassini
91405 Orsay Cedex

Tél. : 📞 01 69 15 43 36

FIGURE 1 – Fiche de l’annuaire Paris-Saclay du responsable technique fluide de l’université

- En ce qui concerne le facteur d’émission, il n’avait pas été calculé. En contactant M. Bouillaux nous avons obtenu des informations permettant de l’estimer. En effet, la chaudière fonctionne au gaz naturel. Il nous a également donné la consommation du mois de janvier 2020 (en normo mètres cubes ou Nm^3) et la valeur de l’énergie créée qui découle de la combustion du gaz naturel (en kWh). Nous avons alors calculé le pouvoir calorifique propre à la composition du gaz naturel utilisé et adapté aux performances de la chaudière de l’université. Ce qui nous donne :

$$\text{Pouvoir calorifique} = \frac{\text{Énergie}}{\text{Consommation}}$$

Pour la chaudière de l’université on obtient $11,67kWh.Nm^{-3}$, ce qui se situe dans la moyenne nationale. L’ADEME donne un Facteur d’émission de $0,227kgCO_2e.kWh^{-1}$ pour un pouvoir calorifique de $11,15kWh.Nm^{-3}$, ce qui donne en faisant une règle de trois un facteur d’émission pour notre chaudière de **0,217 $kgCO_2e.kWh^{-1}$** .

2. Le chauffage fourni par l’IDRIS provenant de leurs salles serveur : dissipation de la chaleur produite par le centre de calcul

Techniquement la chaleur utilisée pour ce chauffage n’a pas été pro-

duite afin de chauffer le bâtiment, ce n'est qu'une réutilisation d'une énergie qui serait "perdue"; il est donc possible de discuter sur la pertinence de l'inclusion de ce moyen de chauffage comme émission. Il est de toute manière difficile d'accéder au facteur d'émission de cette source de chauffage. En revanche, il est possible de calculer l'émission évitée par cette installation. En effet dans le local où se situent les installations de chauffage, on a accès à l'énergie envoyée par le réseau de l'Idris et l'énergie envoyée par le réseau de l'université. Tout ce qui a été fourni par l'Idris correspond à une production évitée par le réseau de l'université (ce qui n'est pas tout à fait vrai en réalité car une pompe électrique est nécessaire pour envoyer l'air chaud de l'Idris mais elle se trouve dans leur bâtiment donc nous n'avons pas accès à sa consommation énergétique, ceci dit sa consommation est probablement négligeable ici). En prenant donc la consommation en énergie du réseau qui vient de l'Idris et en la multipliant par le facteur d'émission du réseau de l'université on obtient à peu près l'émission évitée. Il faudrait par contre faire des relevés pour connaître les montants.

Nous avons effectué une première prise de relevé en février 2020. Le compteur se situe dans le local chauffage du 507 (demander à Pascal Desroches pour effectuer un relevé) :

Au 24 février 2020 ce compteur était à :
328 240 kWh

(ce chiffre correspond à la consommation depuis le début la mise en marche de l'installation en 2017 mais qui en réalité a servi pour la première fois en 2018)

2.2.2 Consommation électrique

L'électricité du LIMSI transite par l'IDRIS, qui tient un relevé des consommations du laboratoire. La consommation électrique est issue du relevé récapitulatif annuel envoyé par l'IDRIS. Pour l'obtenir, il faut contacter Joelle Legrand (voir fiche figure 2).

Pour avoir l'émission il faut également le facteur d'émission. Selon les données les plus récentes de l'ADEME (2018) pour le secteur de la recherche



Joelle Legrand
joelle.legrand@idris.fr
numéro standard IDRIS:01 69 35 85 00

FIGURE 2 – Fiche d’annuaire de Joelle Legrand

Type Poste	Total Non Décomposé
Amont	0.0113
Combustion à la centrale	0.0299
Transport et distribution (Pertes)	4.40E-3
TOTAL POSTES	0.0456

FIGURE 3 – Détail du facteur d’émission de l’ADEME pour la consommation d’électricité de la catégorie considérée en 2018

(Électricité - 2018 - usage : Autres (BTP. recherche. armée. etc.) - consommation) le FE est de 0,0299 kgCO₂/kWh. Mais il est important de noter qu’une perte en ligne existe dans les réseaux d’EDF (perte due au transport et à la distribution de l’électricité) qui est également émettrice de GES. À cela s’ajoutent les émissions dues au raffinement et à l’enrichissement de l’uranium, ce que l’on appellera l’amont. Le site de L’ADEME répertorie cela, ce qui fait passer le FE à **0,0456 kgCO₂e.kWh⁻¹** (voir figure 3).

Finalement, d’après la documentation de l’outil GES 1point5, le facteur d’émission "mix moyen, consommation, France continentale" convient mieux aux situations des laboratoires de recherche, après échange avec l’ADEME donc le FE considéré ici sera de 0,0571 kgCO₂e/kWh

Pour les années suivantes, le Facteur d’émission devra être actualisé en fonction de l’année de réalisation du bilan.

2.3 Les achats

Les achats permettent de comptabiliser des produits et services pour lesquels il n'y a pas d'information plus précise sur les émissions associées.

Bénédicte Daly peut fournir le fichier des achats de l'année. Ce fichier contient notamment pour chaque achat : son code Nacres (code correspondant à une catégorie d'achat, selon la [nomenclature Nacres](#)), et le montant de l'achat. Il faut ensuite sur le site de l'ADEME trouver la catégorie de la base carbone correspondant au code Nacres afin d'avoir le facteur d'émission. Par exemple le code Nacres BB.11 qui correspond à "SERVICES DE NETTOYAGE COURANT DES LOCAUX", correspond pour l'ADEME à "Services (imprimerie, publicité, architecture et ingénierie, maintenance multi-technique des bâtiments...)" pour un FE de 170 kgCO₂e/keuro en 2018.

Il faut donc ligne par ligne du fichier des achats, associer à chaque achat une émission, c'est-à-dire à l'aide de son code Nacres, trouver le bon Facteur d'émission puis multiplier ce FE par le montant de l'achat. Nous avons fait ce travail pour les codes Nacres dont les achats étaient supérieurs à 1000€ dans l'année.

Une autre difficulté tient au fait de pouvoir supprimer de la liste des achats ceux qui correspondent à des postes déjà comptés par ailleurs, par exemple les achats de matériel informatique sont comptés dans les immobilisations matérielles, et les réservations par les agences de voyage dans les missions.

Un script python a été écrit pour automatiser ce calcul.

2.4 Les déchets

2.4.1 Les eaux usées

En ce qui concerne l'eau, il y a deux sources émettrices de GES. Premièrement l'acheminement de l'eau pour qu'elle arrive jusqu'au laboratoire et deuxièmement le traitement des eaux usées. Il faut faire la part entre l'eau consommée par le laboratoire qui a pour vocation à être traitée ensuite (sanitaires, ménage, cafétéria...) ou qui sera rejetée directement dans la nature (arrosage, nettoyage de l'aération au dessus du 507 par exemple) car cette seconde catégorie ne rentre pas en compte dans le traitement des eaux usées.

En ce qui concerne la part des eaux qui sont traitées, au 508 quasiment toute l'eau est reversée dans les eaux usées (cafétéria, sanitaires et labos). Mais au 507 et 512 de l'eau est utilisée pour nettoyer le système d'aération (sur le toit). Nous avons relevé les compteurs d'eau du 507 (dans la même salle que pour le chauffage), et remarqué que l'eau utilisée pour le nettoyage de l'aération représente 50% de la consommation d'eau de ce bâtiment. On ne considérera donc que 50% des m³ du relevé d'eau (le reste part comme de l'eau de pluie) pour les émissions liées au traitement. Le calcul des émissions liées à la consommation d'eau serait donc le suivant :

$$\begin{aligned} \text{Émission} &= \text{Consommation}_{507/512} (FE_{\text{eau}} + \frac{FE_{\text{traitement}}}{2}) + \\ &\text{Consommation}_{508} (FE_{\text{eau}} + FE_{\text{traitement}}) \end{aligned}$$

Nous sommes également allés relever les compteurs du 507 qui permettent de connaître la part d'eau utilisée dans les sanitaires et celle dans le robinet de puisage (qui sert à nettoyer l'aération) :

Au 25 février 2020 les relevés sont :

$$\begin{aligned} &294,31 \text{ m}^3 \text{ pour le réseau sanitaire} \\ &304,47 \text{ m}^3 \text{ pour le robinet de puisage} \end{aligned}$$

La facture d'eau peut être fournie par Bénédicte Daly. Mais nous n'avons pas le détail des consommations par bâtiment. En l'absence d'information plus précise, nous divisons donc la consommation totale par cinq, attribuant 2/5 de la consommation à chacun des bâtiments 507 et 512 puisque la consommation de chaque catégorie d'eau semble à peu près identique, et 1/5 de la consommation au bâtiment 508.

Le calcul devient donc :

$$\dot{E}mission = Consommation_totale \times (FE_{eau} + 3/5 \times FE_{traitement})$$

Les facteurs d'émission utilisés sont :

- pour l'eau potable, "Eau de reseau - Hors infrastructure" de 0,132 kgCO₂e/m³
- pour les eaux usées, "Traitement des eaux usées - Hors infrastructure" de 0,262 kgCO₂e/m³

2.4.2 Papier et carton

Les émissions dues au traitement des déchets (43,1 kgCO₂e/tonne en 2017), et les émissions évitées grâce au traitement des déchets papiers (-43,3 kgCO₂e/tonne) se compensent. En effet le papier et le carton servent ensuite de combustible (biomasse) pour les réseaux de chaleur ([Émissions évitées liées à l'incinération](#)). Donc la prise en compte du papier en tant que déchet n'est pas nécessaire. Techniquement cela ne respecte pas ce qu'il faut effectuer lors d'un bilan GES : il faudrait compter le traitement des déchets papiers comme une émission puis dans une autre partie dédiée aux émissions évitées faire part de son utilisation comme combustible. Néanmoins le but du bilan GES du laboratoire n'est pas de respecter les lois en vigueur sur le sujet car le laboratoire n'est pas soumis à l'obligation de réaliser un BEGES. Il le réalise dans le but de constater les poids des différents postes d'émission. Le poids relatif du traitement du papier étant quasi nul il ne nous a pas semblé utile de s'y attarder. De plus nous ne disposons pas des informations nécessaires (quantité de papier jeté) au calcul des émissions.

2.4.3 Ordures ménagères

Le laboratoire ne possédant pas de dispositif permettant de savoir précisément la quantité d'ordures ménagères rejetées annuellement, nous avons estimé cette quantité.

Selon Pascal Desroches, la benne à ordures est remplie aux 3/4 jusqu'à ce qu'elle soit vidée. Elle est vidée 3 fois par semaine. La masse volumique des ordures ménagères ($\rho_{ordures\ ménagères}$) est de $200\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ([selon un rapport du Sénat](#)), et la capacité de la benne est de 770L. Nous pouvons ainsi obtenir la quantité d'ordures ménagères rejetée annuellement (nous considérerons que la période d'ouverture du laboratoire est de 11 mois soit 335 jours). Ainsi avec un facteur d'émission de $215\text{kgCO}_2\text{e}/\text{tonne}$:

$$Émission = \frac{3}{4} \times Volume_{benne} \times \frac{Nb\ jours \times 3}{7} \times \rho_{ordures\ ménagères} \times FE_{ordures\ mnagres}$$

On obtient donc **2 773 kgCO₂e** par an avec ces données de remplissage.

2.4.4 Les DEEE (Déchets d'équipements électriques et électroniques)

La quantité de DEEE du laboratoire est accessible mais le problème ici est de trouver de la documentation permettant d'évaluer l'impact en terme d'émission de GES des DEEE. Nous ne sommes pas pleinement en mesure de l'évaluer.

Néanmoins les DEEE sont confiés tous les 1 ou 2 ans aux [ateliers du bocage](#), une société coopérative qui récupère les DEEE, les réparent quand cela est possible pour permettre un réemploi solidaire ou les recycle sinon. Ainsi en matière de DEEE et bien que nous ne pouvons pas précisément évaluer l'impact environnemental, le LIMSI opte déjà pour une solution écologique et solidaire. Les points d'améliorations sont donc minimes en termes strictement de traitement des DEEE, bien que leur volume puisse être diminué.

2.5 Immobilisations

2.5.1 Matériel Informatique

Le LIMSI possède beaucoup de matériel informatique. Le nombre d'équipements peut être récupéré dans le fichier des immobilisations du labo mais il est plus simple de contacter le service informatique pour avoir directement l'inventaire car les lignes correspondantes ne sont pas normalisées dans le fichier des immobilisations. Le matériel informatique comprend les serveurs, écrans, postes de travail, ordinateurs portables, imprimantes, commutateurs réseaux, téléphones, télévisions...

Le calculateur `ecodiag` permet facilement de calculer l'émission annuelle associée au matériel informatique. Pour cela il faut estimer les amortissements.

En l'absence d'information précise sur la durée d'amortissement, nous avons utilisé la durée de garantie tant qu'elle n'est pas trop éloignée de la durée d'utilisation réelle du produit. Par exemple pour un poste de travail la durée de garantie est de 5 ans, mais la durée de vie moyenne plutôt de l'ordre de 7 ans ; ces deux données sont proches donc on peut garder 5 ans. Par contre pour les téléphones fixes la garantie est de seulement 1 an alors que l'on estime que la période d'utilisation est de 10 ans. On gardera donc 10 ans comme durée d'amortissement.

L'amortissement considéré est donné dans le tableau 1.

Équipement	Serveurs	Postes de travail	Écrans	Impri- mantes	Commuta- teurs	Ordina- teurs portables	Télépho- nes
Durée d'amortissement	7 ans	5 ans	5 ans	10 ans	10 ans	5 ans	10 ans

TABLE 1 – Amortissements considérés pour le matériel informatique

Nous avons également discuté avec le service informatique qui nous a informés de la présence d'un certain nombre d'équipements supplémentaires qu'il faudrait prendre en compte pour le bilan 2019 :

- environ 20 bornes wifi
- 4 groupes froids
- 2 gros onduleurs

— 1 télévision (supérieure à 49 pouces)

2.5.2 Véhicules

Le LIMSI possède deux voitures, une Zoé de 2014 et un Scenic megane de 2012. Le CNRS imposant que ces voitures soient changées tous les 10 ans (elles sont ensuite revendues aux enchères), la durée d’immobilisation considérée sera de 10 ans. Il est très difficile de trouver des études qui rapportent le coût carbone exact de la construction d’une voiture, les constructeurs automobiles n’ayant pas l’obligation d’en faire. La seule donnée à notre disposition est celle de l’ADEME qui indique un facteur d’émission de $5000 \text{ kgCO}_2\text{e/tonne}$. Nous avons donc récupéré le poids à vide des 2 véhicules sur les cartes grises. Néanmoins la construction de la batterie de la voiture électrique est une source importante d’émission. Selon une [étude suédoise de 2017 \(page iii/Part1/a\)](#), la production d’une batterie de voiture électrique aurait un coût de 150 à 200 $\text{kgCO}_2\text{e.kWh}^{-1}$. De plus selon [un rapport de L’ADEME](#), l’empreinte carbone de la fabrication d’une voiture thermique et électrique (hors batterie) sont sensiblement les mêmes (voir figure 4-26 page 135). Ainsi :

$$\dot{Emission}_{Zoé} = \frac{\dot{Emission}_{batterie} + Poids \times FE_{construction}}{Amortissement}$$

$$\text{Où : } \dot{Emission}_{batterie} = Capacité_{batterie} \times FE_{batterie}$$

La capacité de la batterie de la Zoé de 2014 est de 22 kWh et son poids est de 1 428 kg.

Ce qui donne **1225 kgCO₂e/an** pour la Zoé.

En ce qui concerne la Scenic le calcul est plus simple il suffit de faire $Poids \times FE_{construction}$ pour obtenir l’émission. Le poids du scenic étant de 1 385 kg on obtient une émission de **762 kgCO₂e/an**.

2.5.3 Mobilier

Le mobilier du LIMSI est souvent ancien ou correspond à de la récupération. Pascal Desroches et Romain Poirot ont pour habitude de récupérer du mobilier de l’université et seule une faible part du mobilier actuel a été acheté. Donc l’émission liée au mobilier existant du LIMSI n’est que très faible. Néan-

moins il sera pris en compte dans les achats du laboratoire, comme cela s'il y a des achats de mobilier ils seront bien comptés dans le bilan GES.

2.5.4 Les bâtiments

Il y a 3 bâtiments au Limsi : 507, 508 et 512.

- Le 508, bâtiment le plus vieux fait 3 200 m², mais il est très ancien (création du LIMSI en 1967) et il a été amorti en totalité. Sa construction ne sera donc pas prise en compte dans ce bilan.
- Le 507 fait 2 275,6m² (surface Srt ie surface au sol, 2068,7 Shab ou Surt document Grontmij de réglementation thermique). Sa livraison date de 2017 et il a une structure béton.
- Le 512 fait 900m². Sa livraison date de 2008 et il a une structure en partie béton (Cave) et en partie métallique (le reste). Pour simplifier le calcul, nous avons choisi d'utiliser la moyenne des FE associés aux structures métallique et béton pour ce bâtiment.

La durée d'amortissement environnemental sera estimée à 30 ans (moyenne généralement utilisée dans les bilans).

Le calcul des émissions suit la formule suivante :

$$\dot{E}_{missions_{bat}} = surface_{bat} \times FE_{structure} \div amortissement$$

Les émissions associées aux bâtiments sont présentées dans le tableau 2.

Bât.	Superficie (m ²)	Structure	FE (kgCO ₂ e/m ²)	Amortissement (années)	Date livraison	Prise en compte	Émissions (kgCO ₂ e)
507	2276,6	béton	650	30	2017	oui	49 326
508	3200	béton	650	30	1967	non	0
512	900	béton et métallique	650 (béton), 217 (métallique)	30	2007	oui	13 005

TABLE 2 – Bâtiments du LIMSI et émissions annuelles associées

2.5.5 Parking

Voir Pascal Desroches pour la surface.

2.6 Déplacements

2.6.1 Domicile-travail

Pour évaluer l'impact des déplacements domicile-travail, une enquête est effectuée auprès des employés. Cette enquête sera réalisée en respectant les questions de l'initiative Labo1point5. Les sondés doivent donc indiquer le nombre moyen d'aller-retours par jour ainsi que le nombre de jours travaillés par semaine. En plus de cela ils décrivent leur trajet le plus fréquent (kilométrage, mode(s) de transport(s), motorisation, remplissage de la voiture/moto...). L'envoi du message invitant à répondre au questionnaire doit se faire en début de semaine, si possible le lundi. Une relance doit être faite une semaine après. 3 semaines consécutives doivent donc être des semaines complètes (sans jour férié, sans jour de grève, etc.) : celle précédant l'administration du questionnaire, celle de l'administration du questionnaire et la suivante. Il est important de réaliser ce questionnaire à une période où la plupart du personnel est présent (pas de vacances scolaires).

Le fichier des résultats se présente comme un `.csv` où chaque ligne correspond à une personne sondée. Il faut alors exploiter ce fichier pour obtenir l'émission totale liée aux déplacements domicile-travail.

Hypothèses :

- Les différentes hypothèses sont (en accord avec celles de Labo1point5) :
- Nous prendrons en compte un nombre de semaines de travail moyen : 43
 - Nous ne prendrons pas en compte des absences diverses pour maladie etc
 - Nous ne prendrons pas en compte les déplacements autres que le repas, par exemple pour des activités sportives ou culturelles en-dehors du laboratoire
 - Nous prendrons en compte le nombre de personnes dans la voiture, en divisant d'autant l'impact
 - Nous prendrons en compte le type de motorisation pour les voitures
 - Les trajets à pied ou véhicule sans assistance (vélo, trottinette...) seront négligés car ayant peu d'impact
 - Nous prendrons en compte les déplacements pour venir au LIMSI uniquement

- Nous ne prendrons pas en compte les déplacements pour les cours, visites de stagiaires, réunions etc

La méthodologie est la suivante :

- Voiture :

On va calculer les émissions pour tous les types de voiture afin d'avoir l'émission totale liée à la voiture selon l'expression suivante :

$$Émission_{voiture} = \frac{Effectif_{LIMSI}}{Nb_{sonds}} (Émission_{Essence} + Émission_{Diesel} + Émission_{GPL} + Émission_{Électrique} + Émission_{Hybride})$$

Où :

$$Émission_{diesel} = F E_{diesel} \times \frac{Nombre\ sondé\ km_i^{diesel}}{Remplissage_i} \sum_{i=1}$$

Et ainsi de suite pour les autres motorisations.

- Deux roues motorisés :

La méthode est exactement la même que pour les voitures mais on ne se soucie pas de la motorisation (mais du remplissage oui).

- Transports en commun :

Pour les transports en commun la méthode est la même, on a :

$$Émission = \frac{Effectif_{LIMSI}}{Nb\ sondé (Émission_{Tram} + Émission_{RER} + Émission_{TER} + Émission_{Métro} + Émission_{Bus})}$$

- Deux roues électriques :

On effectue les mêmes calculs pour les deux roues à assistance électrique (VAE ou trottinette électrique), en trouvant toujours les FE sur le site de L'Ademe.

Ce calcul pouvant devenir complexe, nous avons écrit un programme pour automatiser le traitement des données. Ce programme prend en argument l'emplacement du fichier résultats du sondage, l'emplacement du fichier configuration dans lequel sont renseignés les différents FE (que l'on doit mettre à jour) ainsi que les colonnes où se trouve chaque donnée dans le fichier résultats (qu'il faut donc adapter si l'on modifie le fichier résultats), ainsi que l'emplacement du fichier où l'on souhaite créer le tableau qui présentera les résultats. Ce programme lit ligne par ligne le fichier résultats et compile les

différentes émissions au fur et à mesure. Il stocke ensuite les résultats finaux dans un tableau qui présente tous les moyens de transports, leur kilométrage, et l'émission associée.

2.6.2 Missions

Les missions du personnel constituent le poste d'émission le plus important du laboratoire. Nous avons rencontré des problèmes pour avoir le fichier des missions. Nous avons pu obtenir un fichier anonymisé de la part de l'agence de voyage dans lequel se trouve le chiffre de l'émission CO_2 pour chaque voyage. Mais en regardant de plus près nous avons constaté que ces chiffres étaient aberrants. Nous sommes toujours en contact avec l'agence pour essayer de comprendre où se trouve l'erreur. En attendant avec la ville de départ, la ville d'arrivée et le mode de transport il nous est possible de déterminer l'émission carbone, par exemple en utilisant l'outil GES 1point5.

Il est à noter que les émissions liées aux missions ne prennent pour l'instant en compte que le transport, et n'incluent en particulier pas l'hébergement. L'hébergement pourrait par exemple être pris en compte en utilisant les prix de l'hébergement, et le ratio monétaire de l'ADEME concernant l'hébergement pour obtenir les émissions associées.

3 Bilan 2019

3.1 Chauffage université

Philippe Bouillaux nous a donné la consommation 2019 pour les 3 bâtiments :

mois 2019	consommation (kWh)
janvier	78 440
février	87 280
mars	56 380
avril	50 920
mai	220
juin	0
juillet	0
août	0
septembre	0
octobre	19 510
novembre	58 940
décembre	75 520

TABLE 3 – Consommations mensuelles de chauffage du LIMSI en 2019

Les émissions associées au chauffage pour 2019 sont indiquées dans le tableau 4.

	Consommation	Facteur d'émission	Émission
Chauffage	427 210 kWh	$0.217 \text{ kgCO}_e \cdot \text{kWh}^{-1}$	92 705 kgCO_e

TABLE 4 – Émissions liées au chauffage du LIMSI pour 2019

3.2 Électricité

Les consommations d'électricité pour 2019 sont indiquées dans le tableau 5 (hors bâtiment 507 pour lesquelles nous n'avons pas les chiffres).

Les émissions associées à la consommation électrique du LIMSI en 2019 sont indiquées dans le tableau 6.

mois 2019	consommation (kWh)
janvier	80 286
février	71 919
mars	81 781
avril	77 628
mai	77 548
juin	75 658
juillet	78 981
août	76 428
septembre	72 591
octobre	72 965
novembre	69 813
décembre	71 537
Total	907 135

TABLE 5 – Consommations mensuelles d’électricité du LIMSI en 2019

	Consommation	Facteur d’émission	Émission
Électricité	907 135 kWh	0,0571 kgCO ₂ e/kWh $kgCO_e.kWh^{-1}$	51 797 kgCO _e

TABLE 6 – Émissions liées à l’électricité du LIMSI pour 2019

3.3 Eaux

La consommation d’eau du LIMSI a été de 1025 m³ en 2019.

Les émissions associées sont donc de : $1025 \times (0,132 + 3/5 \times 0,262) \sim 296$ kgCO₂e

3.4 Ordures ménagères

Voir tableau 7.

	Poids annuel	Facteur émission	Émission
Ordures ménagères	16 583 kg	0.215 kgCO ₂ e.kg ⁻¹	3 565 kgCO ₂ e

TABLE 7 – Émissions liées aux ordures ménagères du LIMSI pour 2019

Matériel	Quantité	Durée
serveurs	283	7
postes de travail	232	5
ordinateurs portables	148	5
écrans	500	5
imprimantes	10	10
commutateurs	50	10
téléphones	120	10

TABLE 8 – Matériel informatique

3.5 Matériel informatique

D'après le service informatique, nous disposions en 2019 du matériel du tableau 8.

En 2019, nous avons calculé les émissions associées en utilisant les facteurs d'émission de l'ADEME et obtenu un total de 62 211 kgCO₂e.

L'outil Ecodiag donne des chiffres plus élevés (sans les commutateurs, absents de l'outil) : Total CO₂e annuel : 145 662 kgCO₂e/an = 117 773 (fabrication et transport) + 27 889 (consommation électrique). La consommation électrique étant déjà comptée, nous ne retenons que le chiffre correspondant à la fabrication et le transport.

3.6 Véhicules

Voir tableau 10. Le facteur d'émission utilisé pour la Zoé est "Voiture particulière - Coeur de gamme - Véhicule compact - Electrique". Celui pour la Scenic est " Voiture - Motorisation gazole - 2018"

	Véhicule	Kilométrage	FE	Émissions (<i>kgCO₂e</i>)
	Zoé	1 000	0,103 kgCO ₂ e/km	103
	Scenic	4 600	0,19 kgCO ₂ e/km	874
Total				977

TABLE 9 – Émissions liées aux véhicules du LIMSI (consommation d'énergie) en 2019

	Véhicule	Année de construction	Immobilisation	Émission
	Zoé	2014	10 ans	1225 <i>kgCO₂e</i>
	Scenic	2012	10 ans	762 <i>kgCO₂e</i>
Total				1987 <i>kgCO₂e</i>

TABLE 10 – Émissions liées aux véhicules du LIMSI (immobilisations) en 2019

3.7 Bâtiments

Voir tableau 11 (détails dans tableau 2).

	Bâtiment	Émissions (en <i>kgCO₂e</i>)
	507	49 326
	508	0
	512	13 005
Total		68 826

TABLE 11 – Émissions dues à la construction des bâtiments du LIMSI pour 2019

3.8 Déplacements domicile-travail

Les résultats seront les mêmes que ceux du bilan 2018 car l'enquête avait été réalisée sur 2019. Ils sont présentés dans le tableau 12.

3.9 Missions

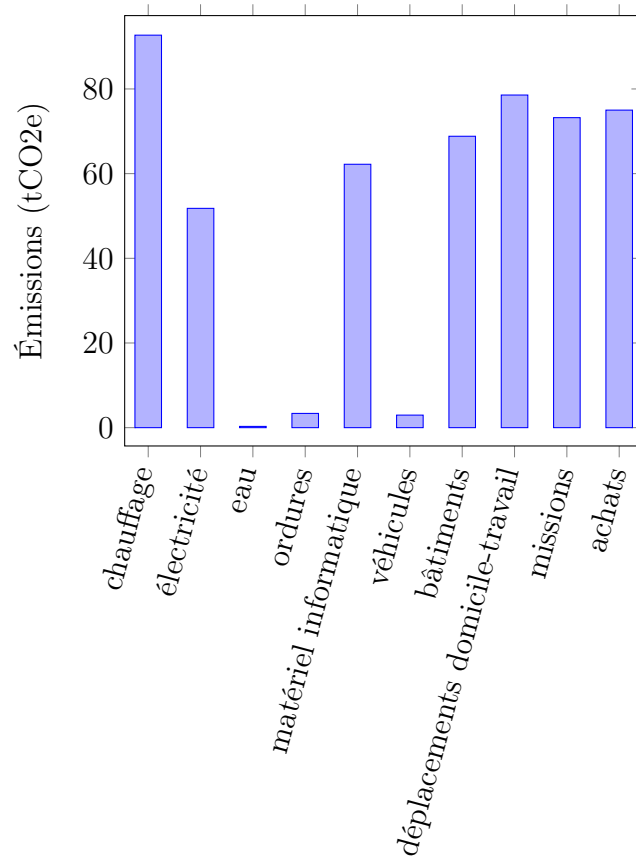
Les émissions liées aux missions ont été calculées avec l'outil GES 1point5 directement. Elles sont évaluées à 73 223 *kgCO₂e*.

3.10 Achats

En ce qui concerne les achats, les émissions sont estimées à 75 *kgCO₂e*.

3.11 Bilan total

Le graphique de la figure 3.11 montre le bilan GES complet.



Type de transport	Kilomètres annuels	Nombre de répondants concernés	Émissions (en $kgCO_2e$)
voiture	298 049 (hors co-voiturage)	33	59 096
dont essence			21 422
dont diesel			35 784
dont hybride			1 654
dont électrique			234
RER/train/métro	360343	26	2 054
Tramway	4692	3	28
Bus	86 144	20	15 678
deux roues motorisé	782	1	160
VAE ou trottinette électrique	70374	11	1 548
Total		65	78 564

TABLE 12 – Émissions dues aux déplacements domicile-travail du LIMSI

3.12 Comparaison avec les chiffres de GES 1point5

Les chiffres indiqués par GES 1point5 sont les suivants :

- 97 062 $kgCO_2e$ pour le chauffage, un peu supérieur à nos chiffres car utilisant le FE moyen du gaz naturel de 0,227 $kgCO_2e/kWh$ PCI de la base carbone de l'ADEME, alors que nous avons estimé celui du LIMSI à 0,217 $kgCO_2e/kWh$
- 51 797 $kgCO_2e$ pour l'électricité (identique à nos chiffres)
- 1 161 $kgCO_2e$ pour les véhicules, ce qui est bien inférieur à nos chiffres. Cette différence est due à un mode de calcul différent : dans GES 1point5 la fabrication est associée à un FE par km. Or les voitures du laboratoire circulent relativement peu, ce qui pourrait faire baisser la part de la fabrication en utilisant le FE par km.

4 Conclusion

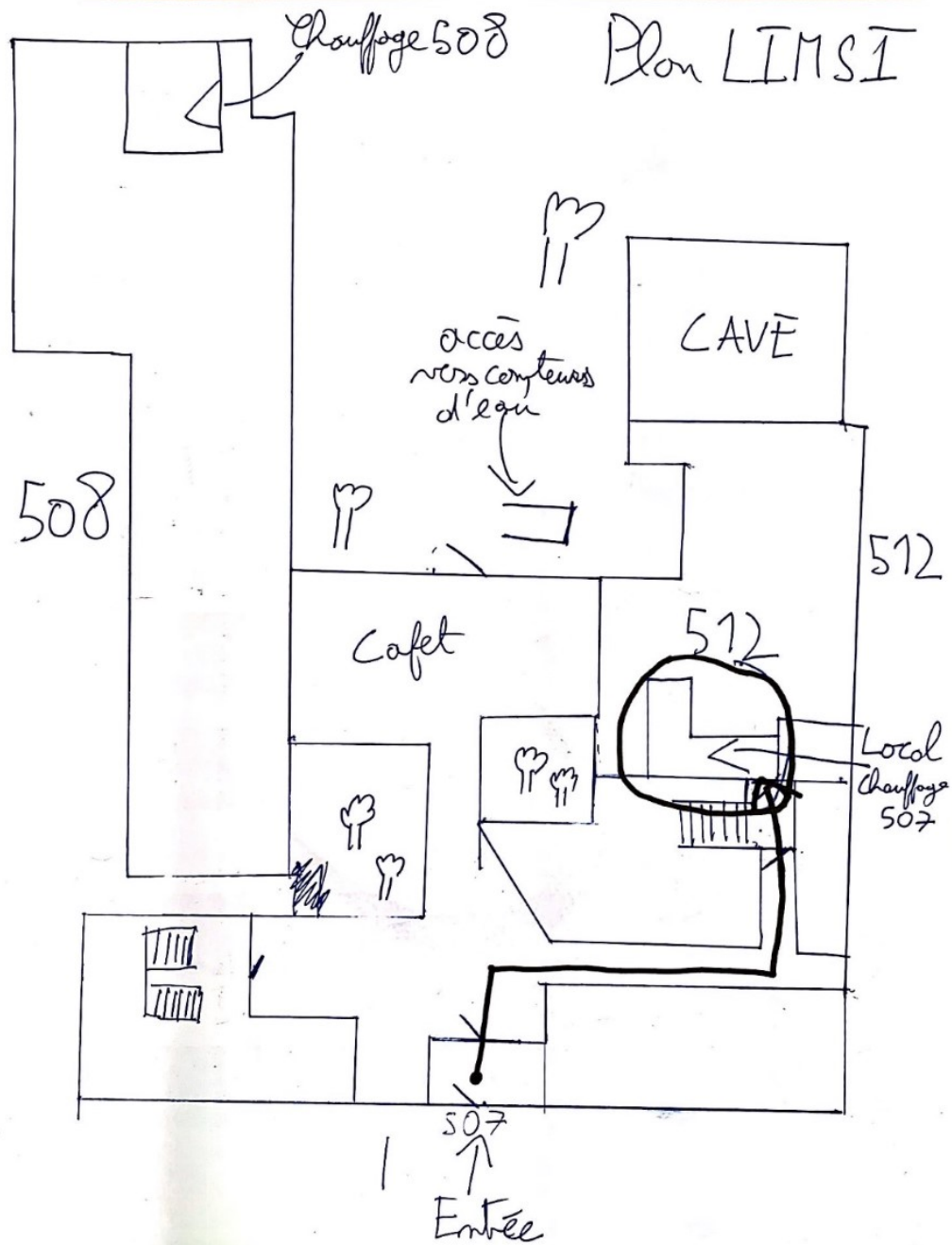
En l'état le bilan GES est plutôt complet, bien qu'il soit impossible de faire un bilan GES totalement exhaustif. Pour certains postes, nous avons expliqué pourquoi nous ne pouvions pas estimer les émissions, pour montrer que nous sommes conscients qu'il y a une émission associée mais que nous n'avons pas les données nécessaires pour la calculer. L'objectif n'était pas de refaire ce bilan complet systématiquement chaque année, mais de vérifier que les principaux postes d'émission seraient bien pris en compte par la suite.

Par rapport au bilan 2018, ce bilan inclut quelques nouveaux postes d'émission comme les eaux usées, les ordures ménagères et les véhicules.

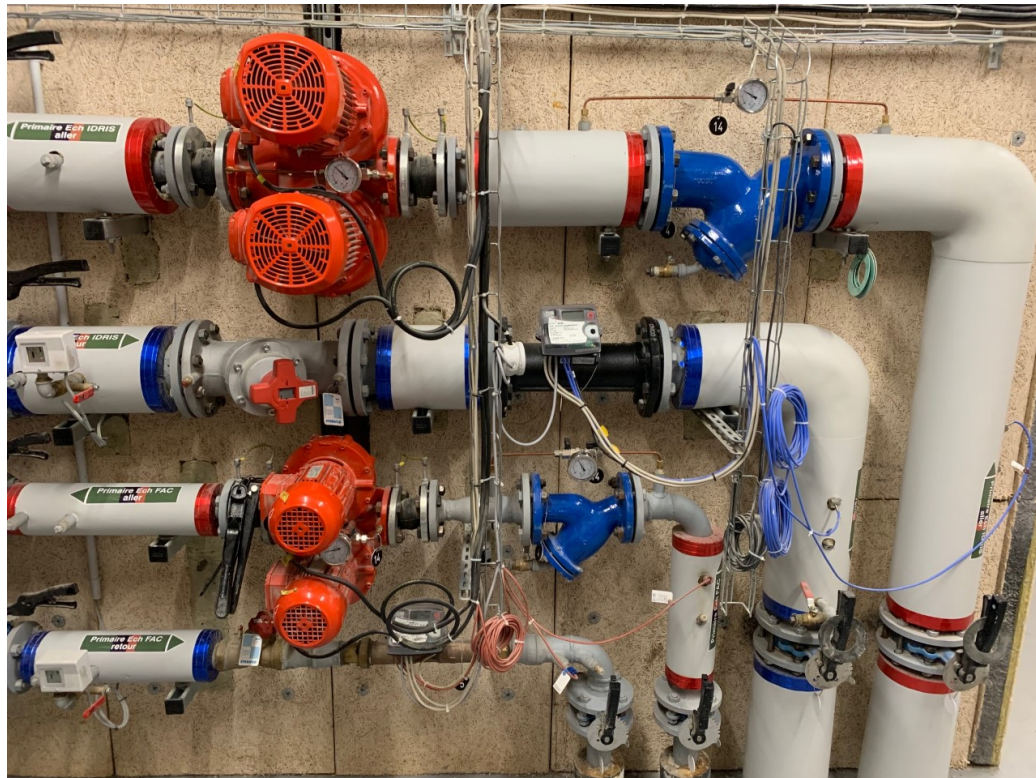
Les missions restent un poste complexe à calculer, alors qu'elles représentent une part importante des émissions du laboratoire.

5 ANNEXES

5.1 ANNEXE 1 : Plan des installations de chauffage et d'eau

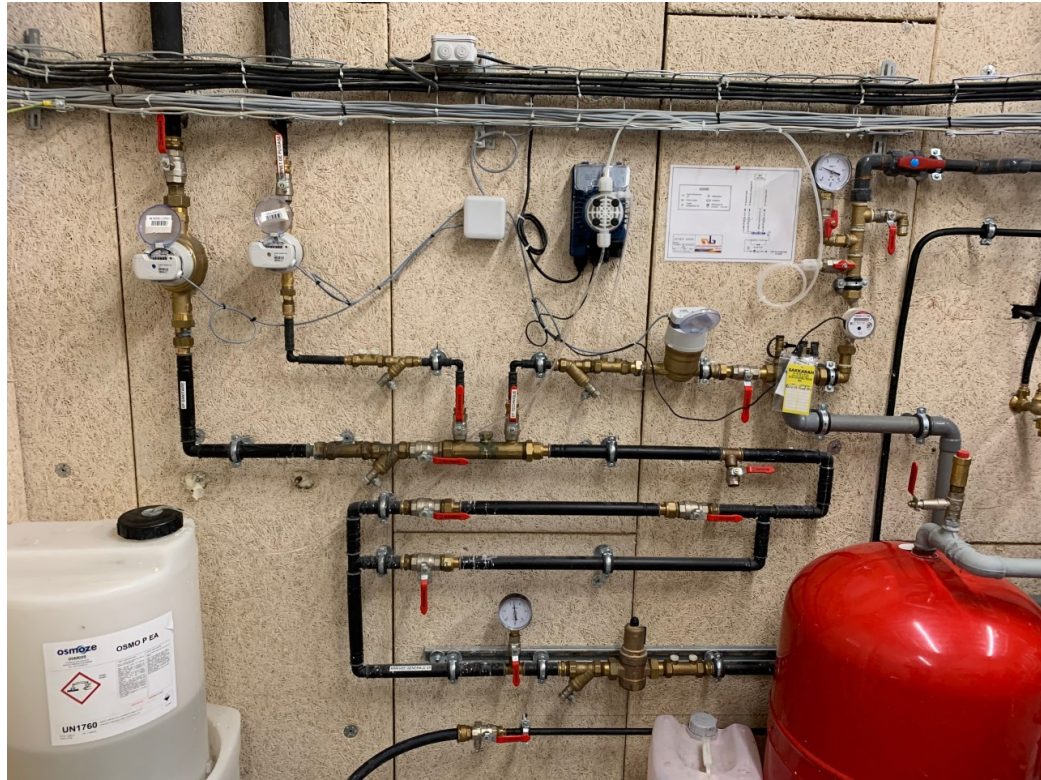


5.2 ANNEXE 2 : photos des installations de chauffage

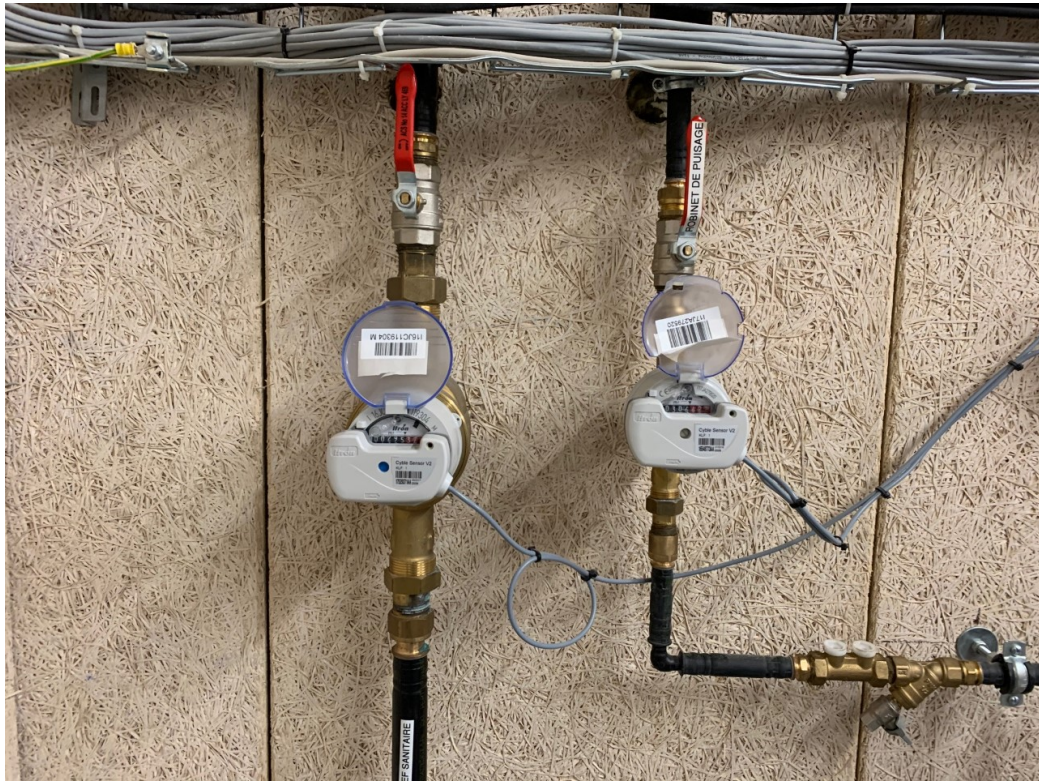


Installations et compteurs : Idris (en haut), université (en bas)

5.3 ANNEXE 3 : photos des installations d'eau



Installation eau 507



Installation eau 507, compteur de gauche : sanitaires , compteur de droite : robinet de puisage

5.4 ANNEXE 4 : caractéristiques du 507

haut de page

Chapitre 3 : Indicateurs pédagogiques du Bbio, Cep et Tic du bâtiment

Bâtiment : CNRS - QUAERO

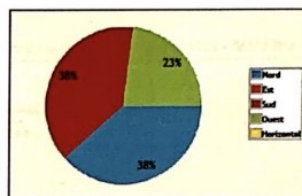
haut de page

Indicateurs pédagogiques de présentation du besoin bioclimatique Bbio

Données géométriques et ratio d'orientation des baies vitrées par ZONE

Zone : Tertiaire (2275.6 m²)

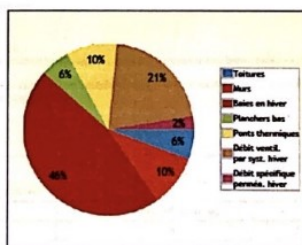
	Valeurs	Ratio/S _{Ext}
Ser	2 275,6 m ²	1
SHAB ou SUI _{Ext}	2 088,7 m ²	0,91
Toitures	1 070,7 m ²	0,47
Murs	846,7 m ²	0,37
Baies vitrées	880,4 m ²	0,38
Planchers bas	1 081 m ²	0,48
Total des parois déperditives	3 858,7 m ²	1,7
Total des parois ext. hors plancher bas	2 777,8 m ²	1,22
Ponts thermiques	2 941,4 m	1,29



Répartition des déperditions en condition d'hiver sur les mois de janvier et février par ZONE

Zone : Tertiaire - (2 275,6 m²)

	Unité	Valeur	m ² ou m	Déperditions WK
Toitures	W/(m ² paroi.K)	0,15	1 070,7	165,53
Murs	W/(m ² paroi.K)	0,34	846,7	288,49
Baies en hiver	W/(m ² paroi.K)	1,6	880,4	1 378,56
Planchers bas	W/(m ² paroi.K)	0,16	1 081	168,94
Ponts thermiques	W/(m ² TT.K)	0,1	2 941,4	280,49
Débit ventilation par système en hiver	m ³ /h	1 837,09		624,61
Débit spécifique perméabilité en hiver	m ³ /h	219,24		74,54
Total déperditions	WK			2 985,16
Total déperditions ramené à la Ser	W/(m ² S _{Ext} .K)			1,31



Les déperditions dues à la ventilation sont ici conventionnelles (double flux avec efficacité à 50%)