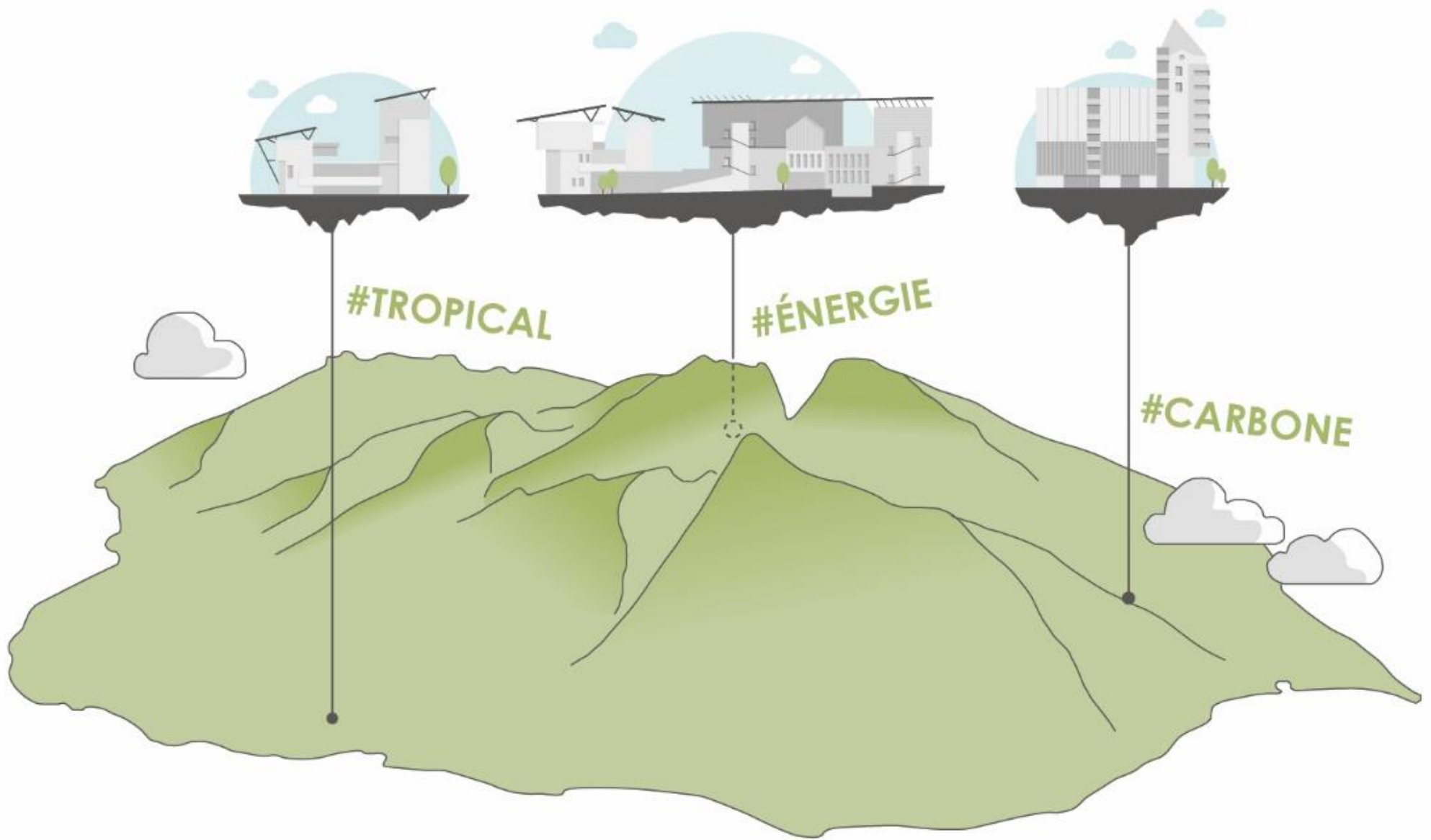




TEC - Tec

TROPICAL ENERGIE CARBONE - REDUCTION





CADRE DU PROJET

PROGRAMME PACTE



Programme lancé au début de l'année 2015

Appel à projets, construit en cohérence avec le Plan Logement Outre-mer lancé par les Pouvoirs Publics

28 projets pour améliorer la qualité de la construction dans les territoires ultra-marins (14 projets à la Réunion)

4 M€ de subventions allouées au 28 lauréats par le comité de pilotage du programme PACTE

28 réponses adaptées à des **besoins spécifiques des Outre-mer**

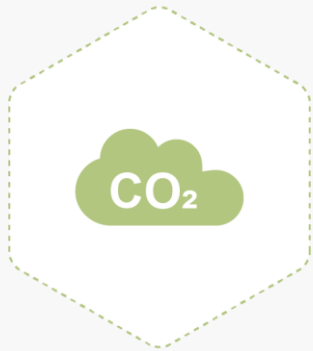
Stimuler des **initiatives locales** dans tous les territoires

FINANCEURS DU PROJET TEC-Tec

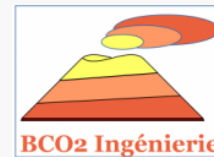




MISSION CARBONE



CARBONE



MISSION ÉNERGIE



ÉNERGIE





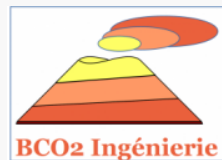
MISSION CARBONE



Alice DONGUY – AIA Environnement
a.donguy@a-i-a.fr (Coordinatrice projet)



Maxime HAVARD – AIA Environnement
m.havard@a-i-a.fr



Laurent Castaignède – BCO₂ Ingénierie
castaignede@bco2.fr



MISSION ÉNERGIE

UR | UNIVERSITÉ
DE LA RÉUNION



François GARDE – Université de La Réunion, PIMENT
garde@univ-reunion.fr



Aurélie LENOIR – IMAGEEN
aurelie.lenoir@imageen.re



Maareva PAYET – LEU Réunion, PIMENT
mp@leureunion.fr



Simon CHAUVAT – LEU Réunion
sc@leureunion.fr



SOMMAIRE

Retour
sommaire

7



CONTEXTE GÉNÉRAL



OUTIL TEC-Tec



CONSTRUCTION



ÉNERGIE



DÉPLACEMENTS



AUTRES SERVICES



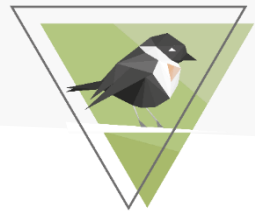
ÉTUDES DE CAS



ANNEXES



CONTEXTE GÉNÉRAL



CONTEXTE GÉNÉRAL



UNE URGENCE ENVIRONNEMENTALE



Lutter contre le changement climatique.

Lutter contre l'usage excessif des énergies fossiles.

Infuser une prise de conscience commune.

UN CONTEXTE RÉGLEMENTAIRE POUR LE SECTEUR DU BÂTIMENT



Un engagement mondial à la COP 21 pour limiter l'augmentation de la température à 1,5 °C, au pire à 2°C.

La mise en place depuis 2018 d'un **label « ENERGIE CARBONE »** pour anticiper la future réglementation environnementale à l'échelle métropolitain.

La mise en place de la **future réglementation environnementale en 2020** intégrant en plus d'un critère énergétique une évaluation carbone.

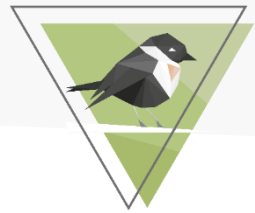
LA RÉUNION



Un **approvisionnement en matière première et/ou produits de construction différent** de la métropole.

Un **mix énergétique spécifique**.

Un **contexte insulaire** et des conditions **météorologiques tropicales**.



CE QU'EST TEC-Tec



Une méthode d'évaluation des projets de bâtiments tertiaires adaptée à La Réunion :

- Bâtiments de bureaux
- Etablissements scolaires / universitaires
- Bâtiments recevant du public (médiathèque, commerce : *approche simplifiée*)

Une piste de réflexion pour la prise en compte de tous les aspects carbone de la conception à l'exploitation d'un bâtiment

Un outil de pré-diagnostic carbone

CE QUE N'EST PAS TEC-Tec



Une adaptation du label E+ C-

Une méthode à caractère réglementaire et/ou officiel

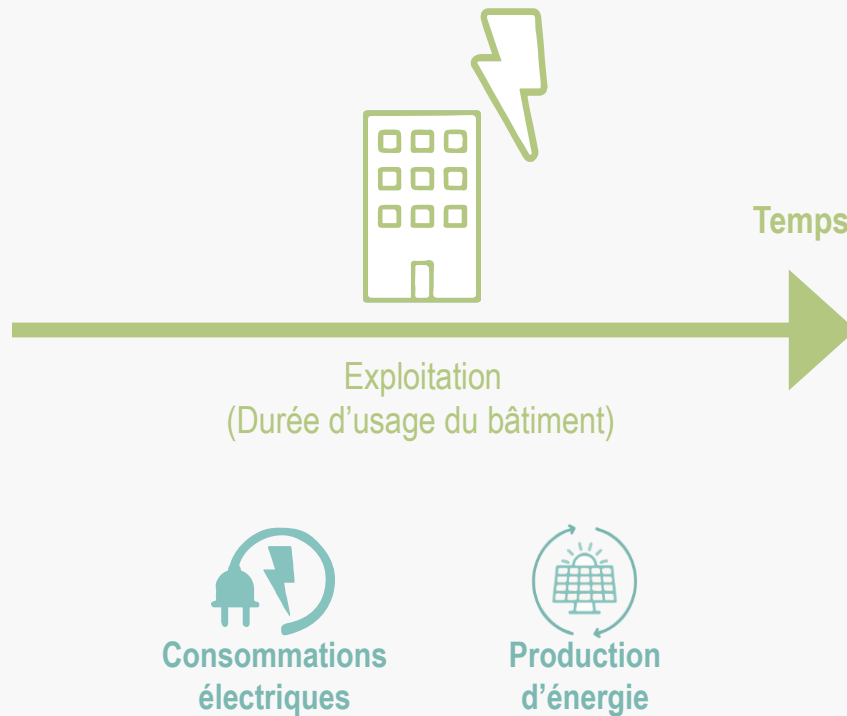
Un outil Bilan Carbone ©



CE QUI CHANGE AVEC L'APPROCHE CARBONE

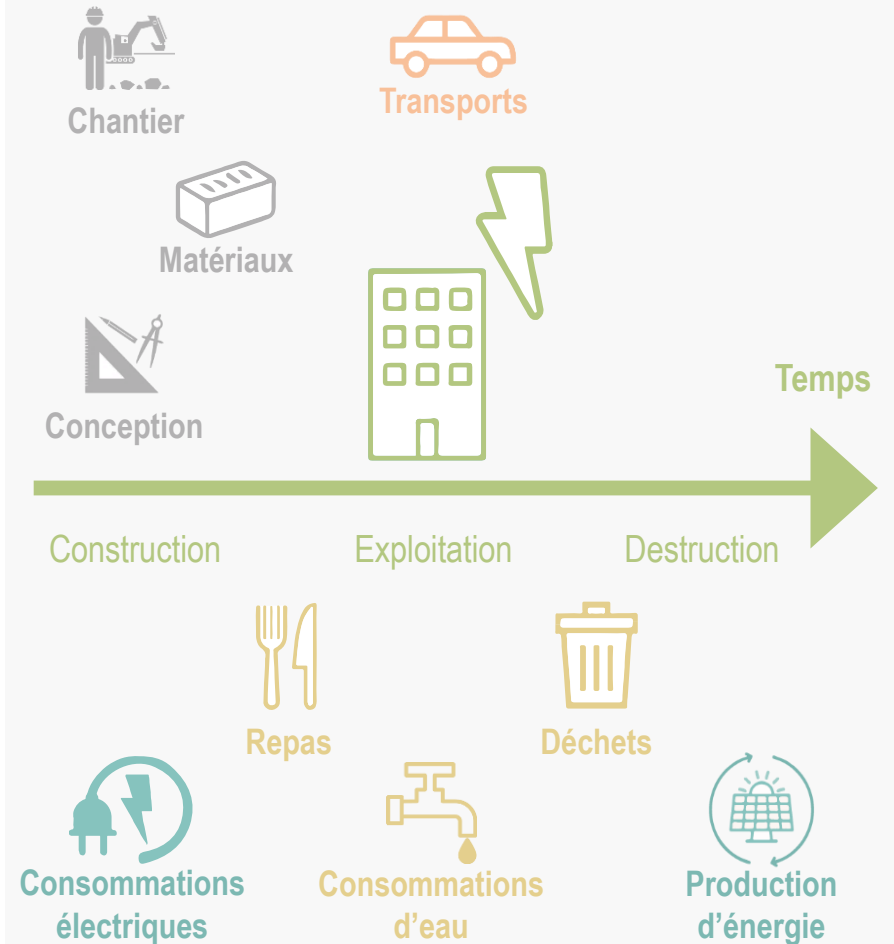
Approche actuelle : Exploitation

Unité : $\text{kWh}_{\text{él}} / \text{m}^2 \cdot \text{an}$



Approche Carbone

Unité : t CO_2^{e} (vie du bâtiment)

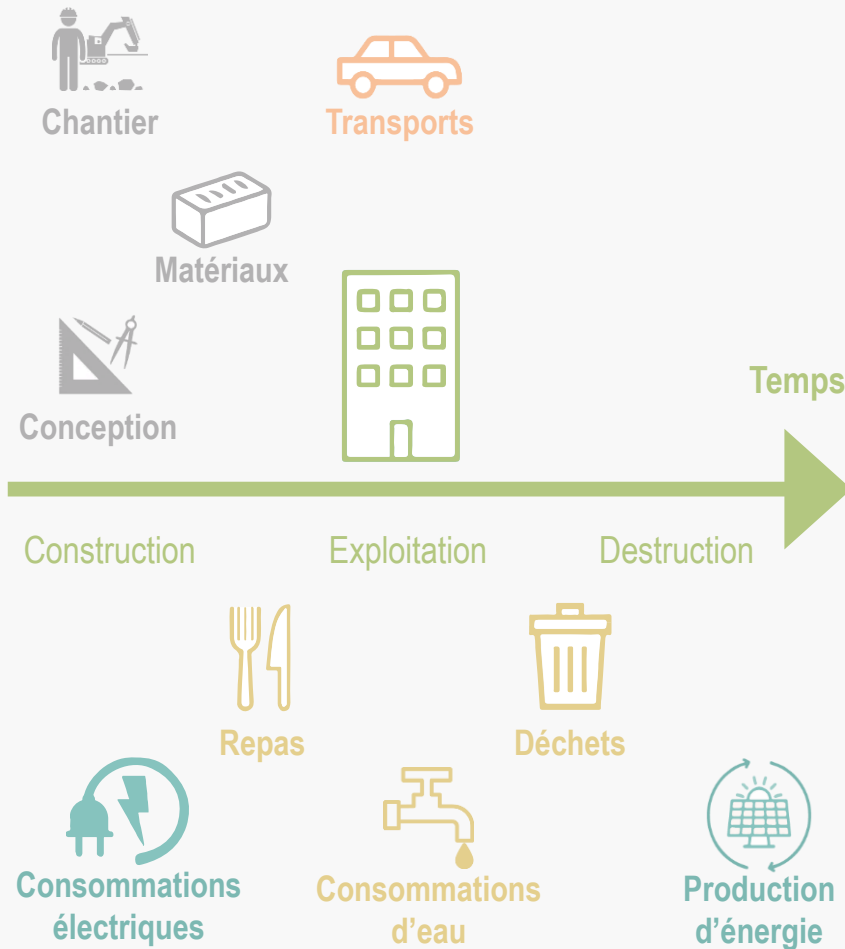




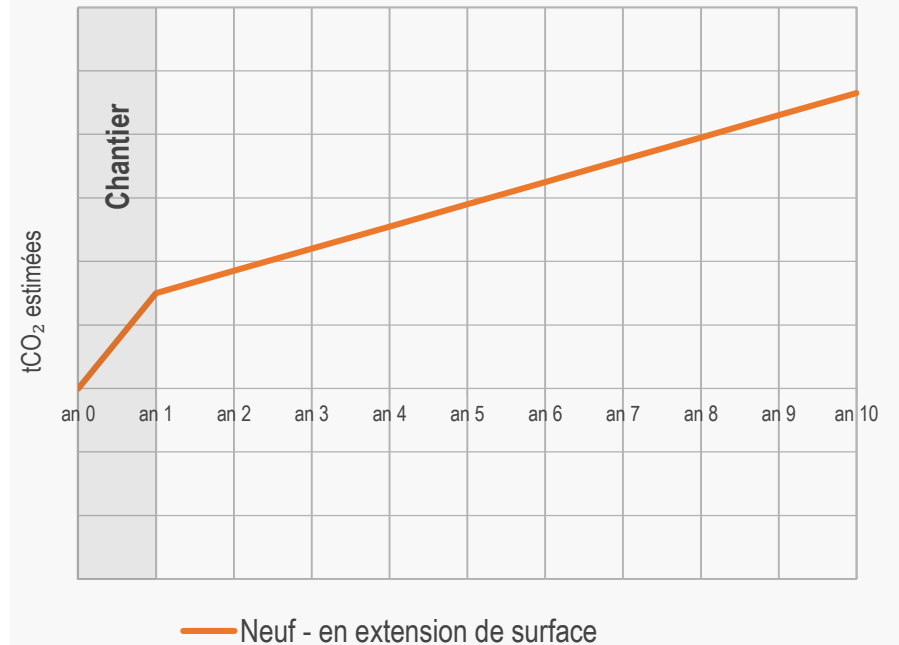
MISE EN GARDE : LE NEUF, MEME PERFORMANT, DEMEURE UNE ADDITION D'EMISSIONS !

Approche carbone de la construction neuve¹

Unité : **t CO₂^e émises en supplément**



Emissions cumulées sur 10 ans



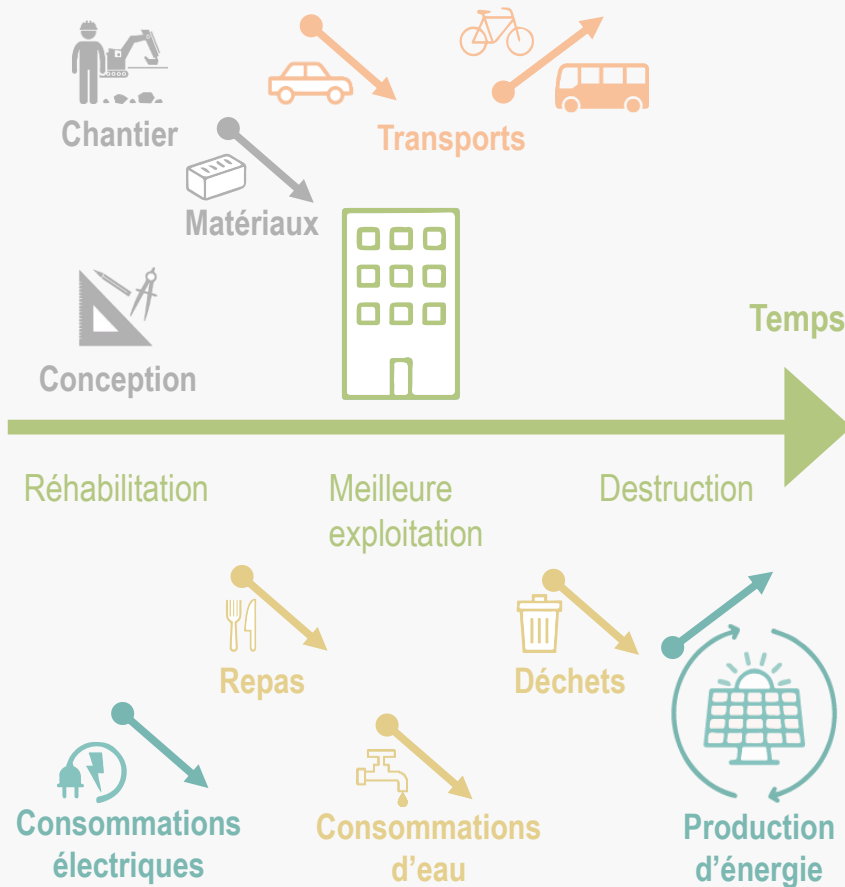
¹ Tout s'additionne.



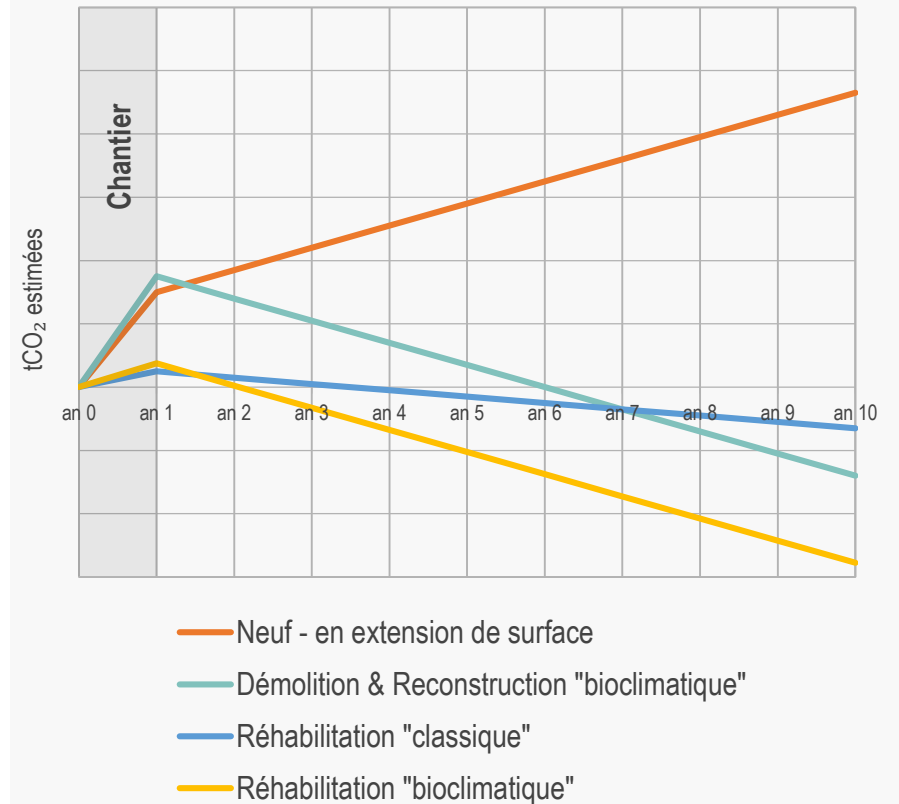
MISE EN GARDE : LE NEUF, MEME PERFORMANT, DEMEURE UNE ADDITION D'EMISSIONS !

Approche carbone de la réhabilitation²

Unité : **t CO₂^e** émises au moment du chantier
puis **t CO₂^e / an** évitées à l'exploitation

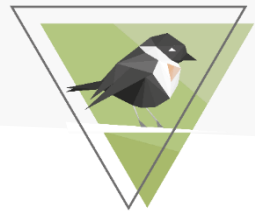


Emissions cumulées sur 10 ans



² L'impact carbone des travaux est amorti après seulement quelques mois ou peu d'années d'exploitation.

On considère que la réhabilitation a comme objectif une réduction de la consommation énergétique du bâtiment et non un changement de typologie de bâtiment.



QUELLES STRATÉGIES DE CONCEPTION ?



- Une **conception passive** pour des **utilisateurs actifs**
- Des utilisateurs impliqués, informés et adaptant leurs habitudes
- Le bâtiment ne doit pas lutter contre le climat mais **s'ouvrir au climat**
- Combinaison de **solutions techniques innovantes** ?
 - Végétation et arbres autour du bâtiment
 - Bâtiment étroit
 - Ventilation naturelle traversante
 - Protection solaire déportées
 - Jalousies
 - Brasseurs d'air

L'innovation doit s'inspirer de l'architecture traditionnelle et réussir le pari d'une relative densité urbaine !



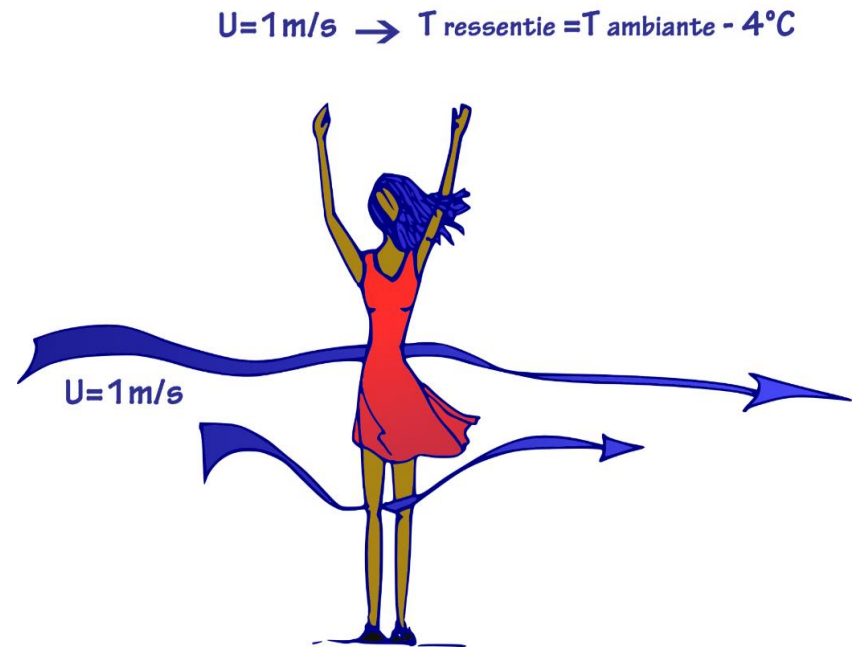
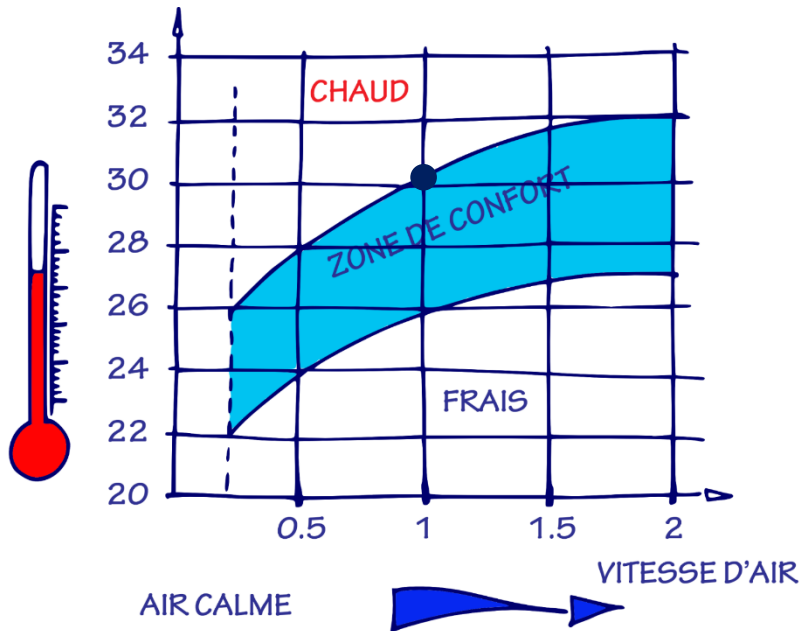
Un bâtiment bioclimatique en ventilation naturelle peut consommer 3 à 5 fois moins qu'un bâtiment climatisé toute l'année.



RÔLE DE LA VENTILATION



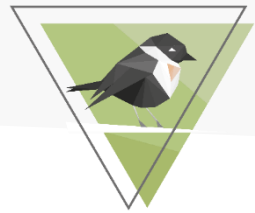
- Hygiénique 1 vol/h
- Evacuation des charges internes 10 vol/h
- Création de vitesse d'air 60 vol/h ($u_{int} = 1 \text{ m/s}$)



(Sources ADEME & Jacques Gandemer)



Le développement de courants d'air intérieurs, avec des vitesses d'air comprises entre 0,5 et 1,5 m/s, permet d'augmenter les échanges entre le corps humain et l'extérieur et d'induire une température effective ressentie du corps inférieure à celle donnée par le thermomètre ambiant. Pour une vitesse d'air moyenne de 1 m/s (fluctuations entre 0,5 et 1,5 m/s), la température ressentie se trouvera réduite de 4°C par rapport à la température ambiante.



ADAPTONS LE CODE VESTIMENTAIRE

Tenue légère + Ventilation naturelle

→ Confort



Tenue classique + **Climatisation**

→ Confort



L'enjeu d'une conception bioclimatique et sobre en carbone d'un bâtiment tertiaire à La Réunion passe par l'établissement d'une température de consigne élevée d'au moins 26°C, principe qui s'oppose à un « marché » qui voudrait de la climatisation à 22°C. Il est nécessaire de réduire l'isolation vestimentaire en adaptant les codes vestimentaires. Le « dress code » de la hiérarchie doit pouvoir s'exprimer en dehors du costard-cravate sous les tropiques.



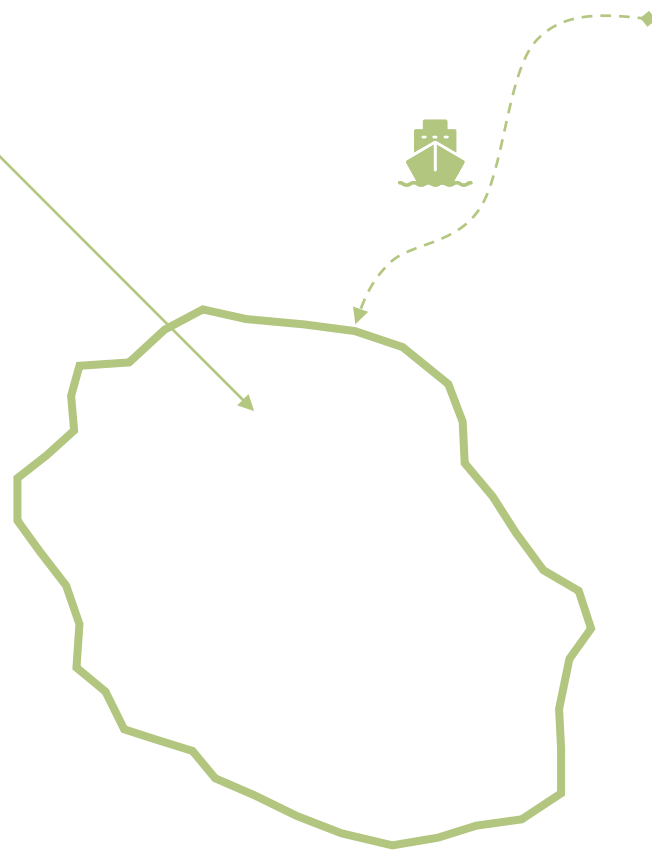
CONTEXTE GÉNÉRAL



PROVENANCE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

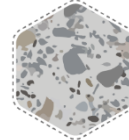
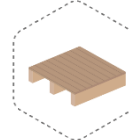



RESSOURCES LOCALES

-  GRANULATS
-  BASALTE
-  BOIS
Essentiellement Cryptoméria
-  BAMBOU



MATÉRIAUX IMPORTÉS



-  CIMENT
Provenance : Asie (Thaïlande, Malaisie) 350 000 t
-  BOIS 40 000 t
 - 60% Pin sylvestre (bois d'œuvre)
Provenance : Scandinavie / Russie
 - 40% Autres essences
Provenance : Afrique de l'Ouest / Canada / Brésil / Madagascar
-  ACIER BTP 80 000 t
Provenance : Asie
-  EQUIPEMENTS TECHNIQUES
Provenance : Europe / Afrique / Australie
-  AUTRES MATÉRIAUX
Provenance : Europe / Afrique / Australie

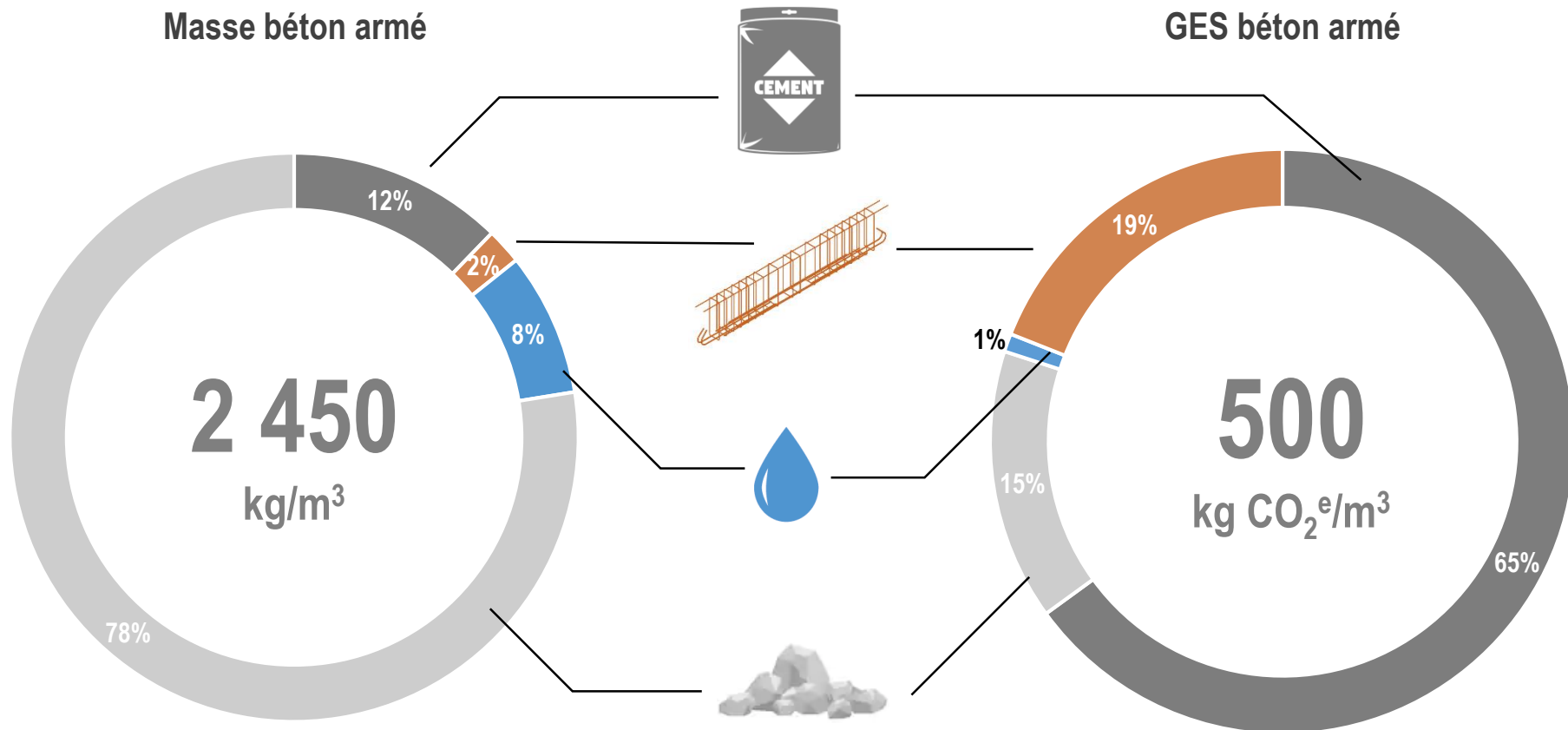


Une étude des filières locales et sur la provenance des matériaux a été réalisée afin de calculer les facteurs d'émission de gaz à effet de serre. La mise à jour des facteurs d'émission tient compte du transport mais également des contextes locaux de production des matériaux (exemple : le ciment thaïlandais a d'autant plus impact que le ciment métropolitain).



FOCUS SUR LE BETON RÉUNIONNAIS

Pour 1 m³ de béton armé courant à La Réunion

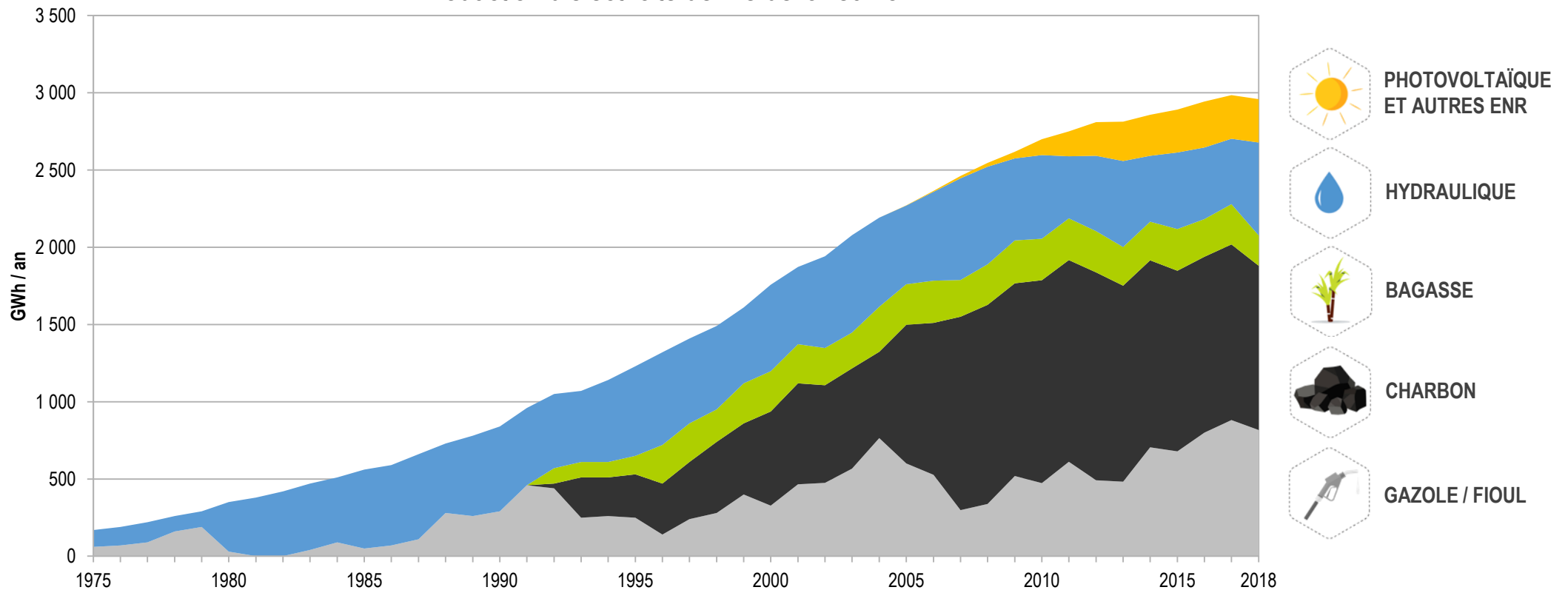


Le ciment et le clinker utilisés à La Réunion viennent essentiellement de cimenteries asiatiques. Le facteur d'émission de fabrication de ces éléments est environ 1/3 plus élevé que dans des cimenteries européennes qui alimentent le marché métropolitain.



ÉVOLUTION DU MIX ÉLECTRIQUE DEPUIS 1975 ...

Production d'électricité de l'île de la réunion

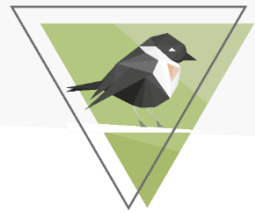


Environ 3 000 GWh en 2019

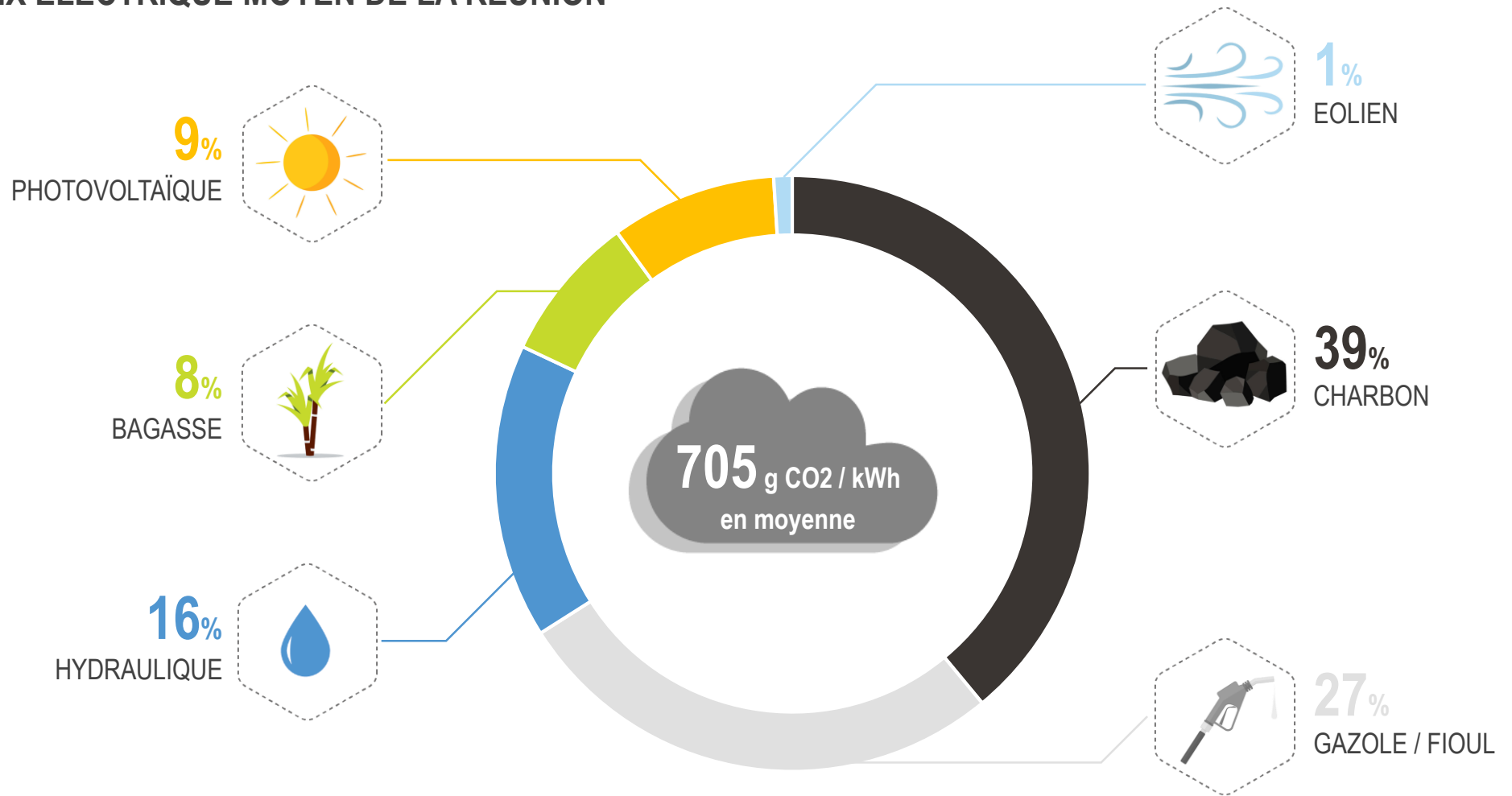
(SOURCES EDF ET OER)



Dans les années 80, la réunion disposait d'un mix électrique proche du 100% renouvelable du fait de la production hydraulique de l'île. Depuis 1995, la part des énergies renouvelables (hydraulique et bagasse) sur le mix électrique stagne. Les nouvelles demandes électriques liées à l'augmentation de la population ont été assurées de 1990 à 2010 environ par le charbon et le gazole/fioul. Depuis 2010, d'autres ENR (photovoltaïque et éolien) voient leur part augmenter en s'additionnant aux sources fossiles, sans parvenir à les substituer.



MIX ÉLECTRIQUE MOYEN DE LA RÉUNION



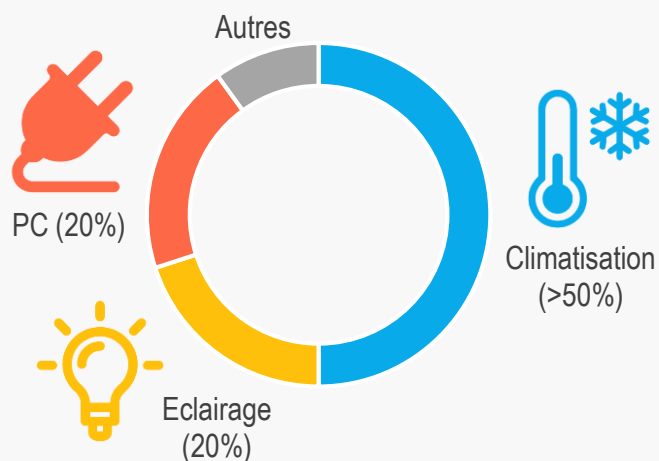
(Sources EDF ET OER)



Ce diagramme représente le mix électrique moyen de la réunion et donc les émissions de carbone moyennes !
L'outil TEC-Tec tient compte de l'électricité marginale qui n'est pas produite par les mêmes moyens et ni dans les mêmes proportions que le mix moyen.

LE SECTEUR DU BÂTIMENT À LA RÉUNION

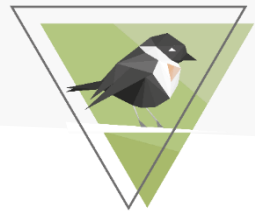
Répartition moyenne de la consommation d'un bâtiment tertiaire « standard » à La Réunion



- **85%** de la demande en électricité
- **Une seule énergie** : l'électricité
- Des consommations importantes
 - Moyenne bâtiment tertiaire : **100 kWh_{él} / m²_{SU}.an**
 - Impact environnemental **important** : **1 kWh_{él} = 700 g CO₂^e**
- Objectifs bâtiments performants : **40-60 kWh_{él} / m²_{SU}.an**
- Loi de transition énergétique - article 8 *

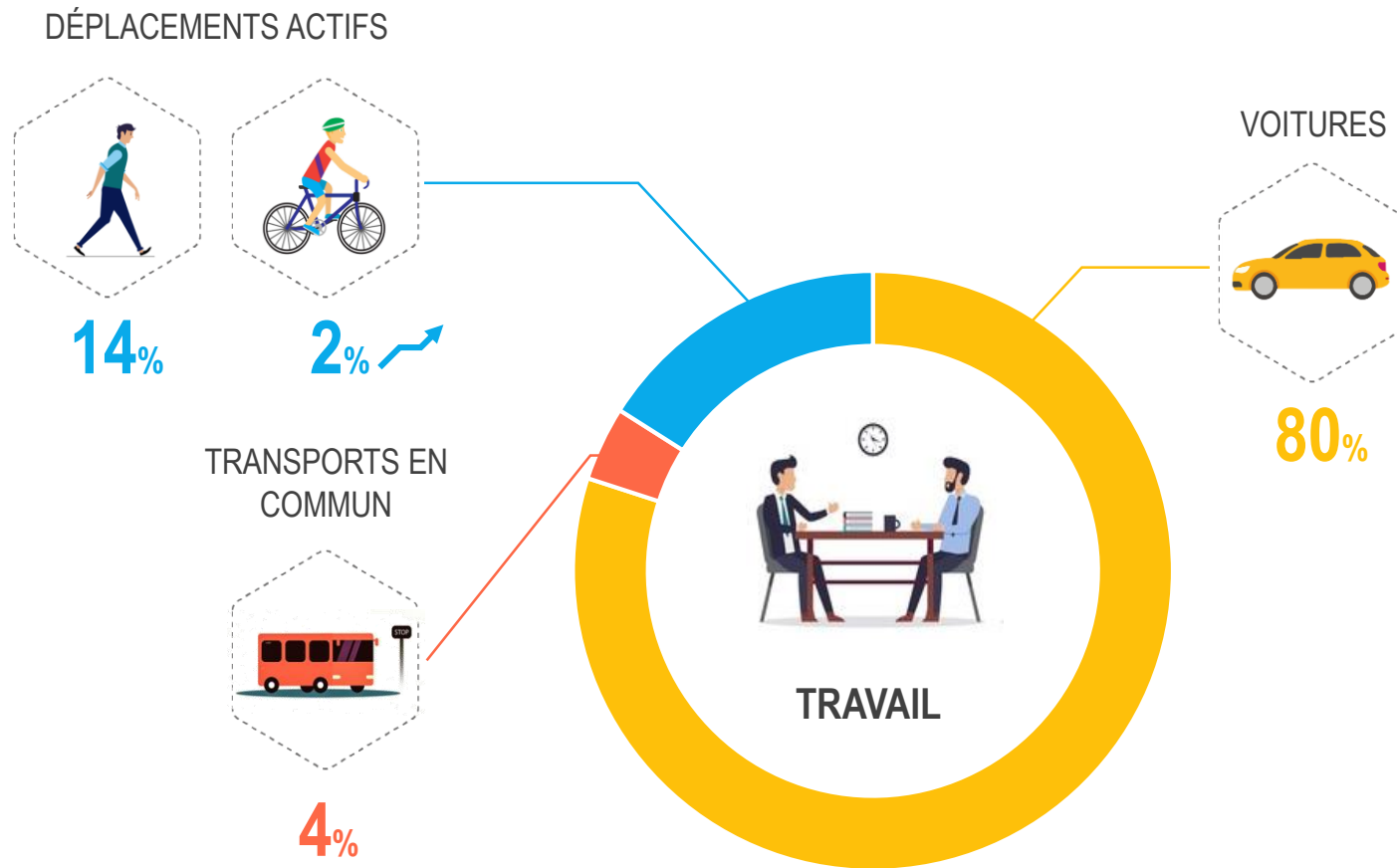


* Toutes les nouvelles constructions sous maîtrise d'ouvrage de l'Etat, de ses établissements publics ou des collectivités territoriales font preuve d'exemplarité énergétique et environnementale et sont, **chaque fois que possible**, à énergie positive et à haute performance environnementale.



RÉPARTITIONS DES MODES DE TRANSPORTS POUR LES DÉPLACEMENTS DOMICILE - TRAVAIL

(Par déplacement)



(SOURCES SMTR, enquête déplacements 2016)



Quelques chiffres :

1,08 voiture par ménage

11,1 km en moyenne pour la distance domicile – travail

4,3 km en moyenne pour la distance domicile – établissement scolaire



RÉPARTITION DES MODES DE TRANSPORTS

 Modes actifs


 Modes mécanisés

 Modes collectifs

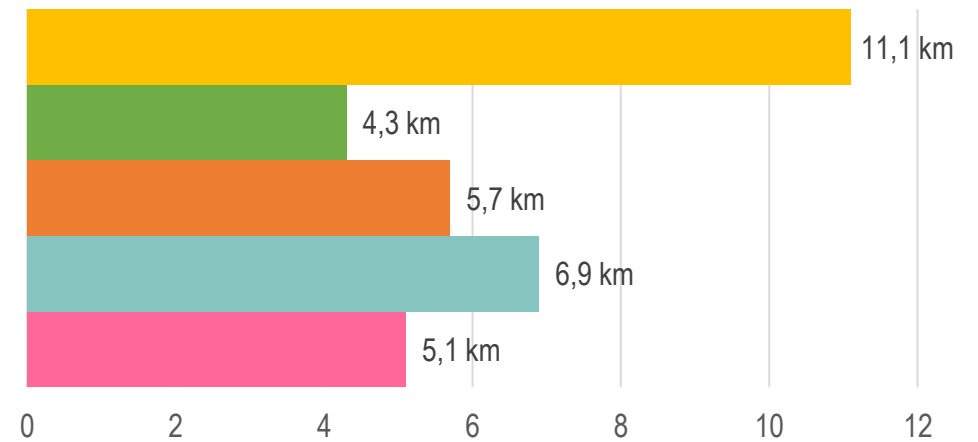
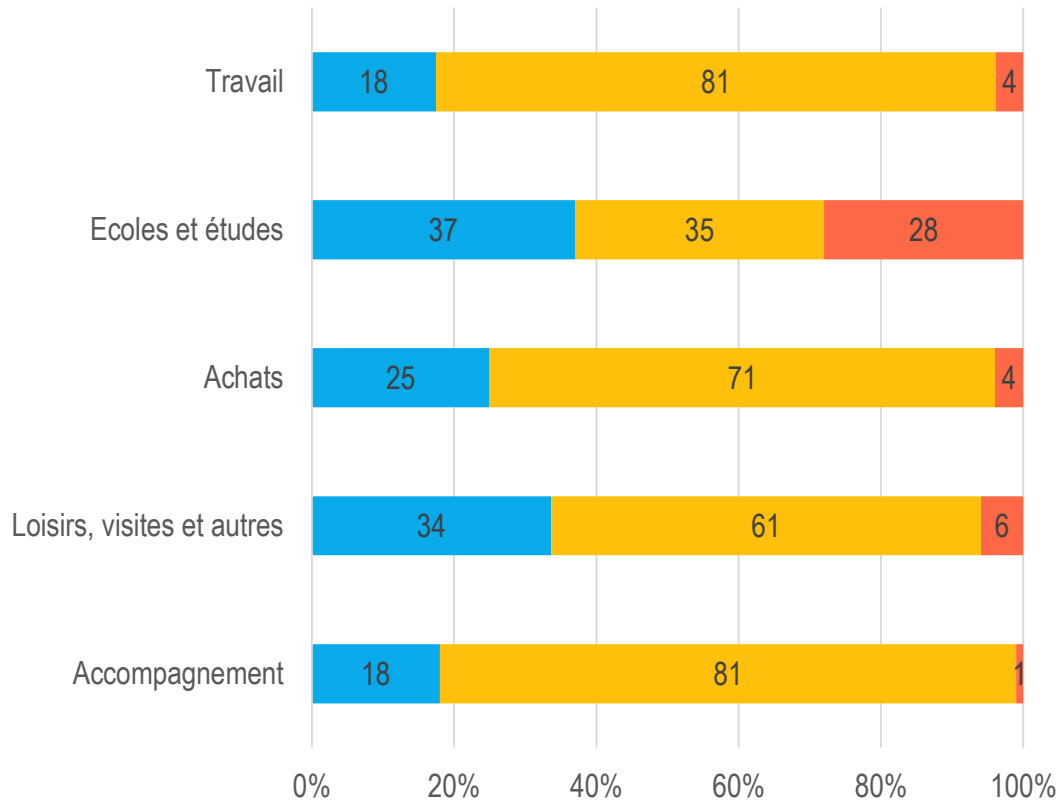
 Travail

 Ecoles et études

 Achats

 Loisirs, visites et autres

 Accompagnement



Distance moyenne d'un déplacement selon le motif en km

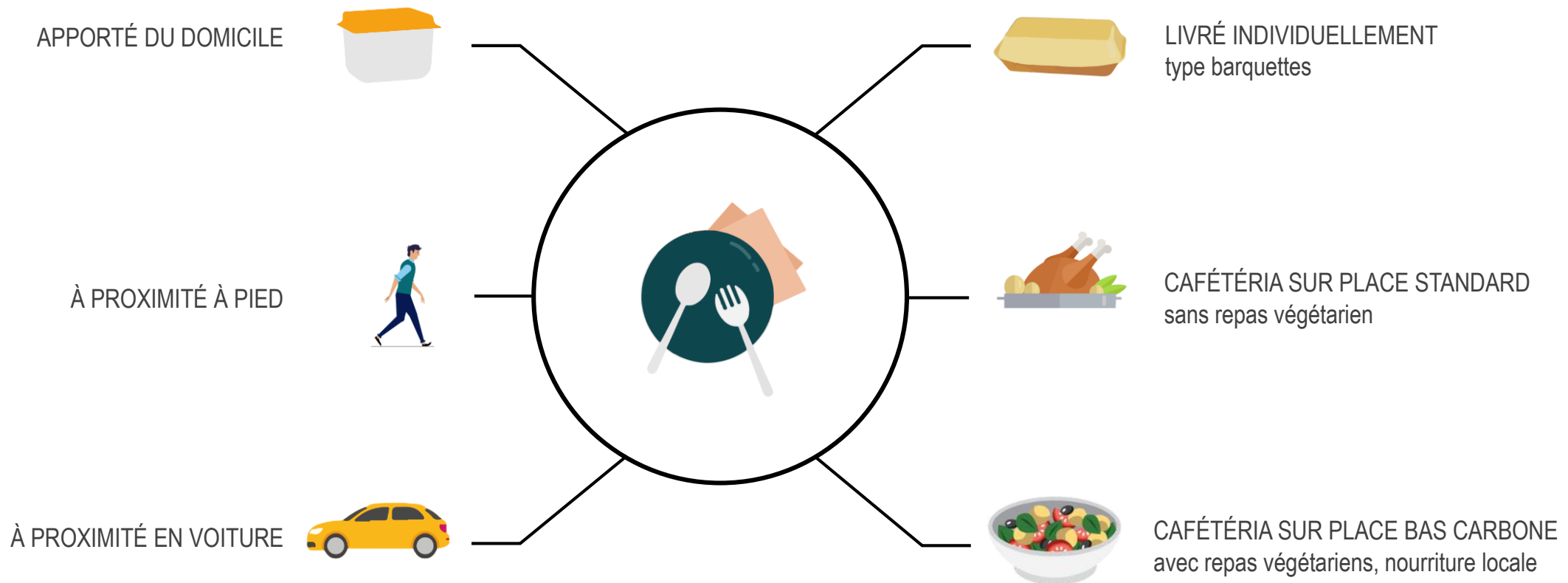
(SOURCES Syndicat mixte de transport de La Réunion)



La voiture est le mode majoritaire pour tous les motifs, sauf l'enseignement où les gens utilisent pas mal les modes actifs (37%) et collectifs (28%)
 30% des gens qui utilisent la voiture (22% comme passager, 8% comme conducteur), utilisent aussi un autre mode de transport
 53 % des déplacements font moins de 3 km
 Les déplacements pour le travail sont les plus longs (11,1 km), ceux pour l'enseignement sont les plus courts (4,3 km)



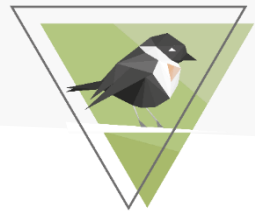
TYPES DE RESTAURATION : CONTENUS, CONTENANTS ET TRANSPORTS



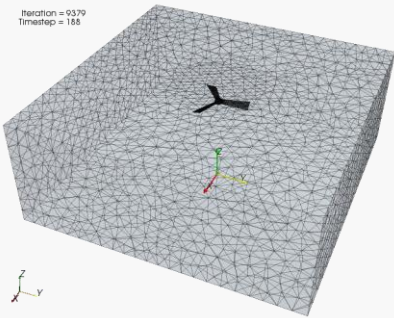
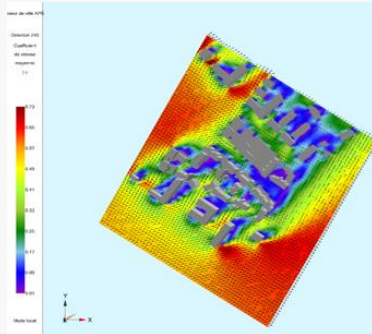
Le repas du midi dans les bâtiments tertiaires présente plusieurs impacts énergétiques et carbone :


- Mise à disposition d'un local approprié (création d'une surface construite)
- Usage de véhicules motorisés (livraison, aller au restaurant ...)
- Nature des mets consommés (alimentation carnée)
- Emballages (plastique, polystyrène...)





QUELS OUTILS DE CONCEPTION ?



- **Principes de bases de la conception thermique**
 - Climatologie, grands principes
- **Outils simplifiés**
 - Diagramme solaire, diagramme de l'air humide
 - Température résultante, zones de confort
- **- Nouveau : TEC-Tec !** 
- **Règles expertes**
 - ECODOM, outil PERENE
- **Réglementations et labels**
 - RTAA DOM
 - NF Habitat Environnement (Cerqual) / HQE tertiaire DOM (Certivéa)
- **Outils de conception et de simulation dynamique**
 - Conception : Autocad, Archicad, SketchUp, Rhino / Grasshoper
 - Thermique, aéraulique : TRNSYS, EnergyPlus, Codyrun
 - Eclairage : DIAL, DAYSIM, Radiance, DIVA for Rhino
 - Acoustique : ACOUBAT, CATT-Acoustic
 - Environnement : EQUER, ELODIE
 - Outils détaillés : CFD, Urbawin, Météodyn
 - Modélisation physique : soufflerie aérodynamique



L'AVANCEMENT DU PROJET

L'outil permet d'évaluer l'impact carbone en amont du projet

La **MOA** impose l'utilisation de l'outil TEC-Tec

Elle peut réaliser une première évaluation avec les données connues et la saisie par défaut

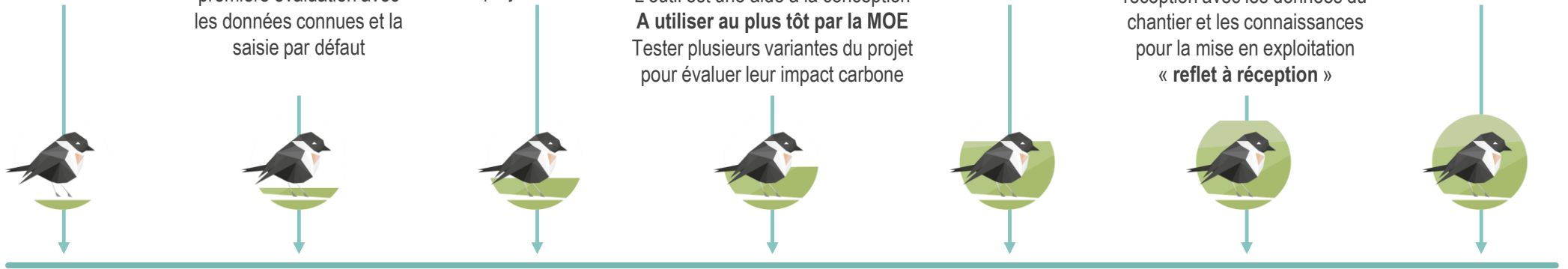
L'outil peut être renseigné par les équipes désignées à concourir ou par l'AMO comme élément de choix du projet lauréat

L'outil est une aide à la conception **A utiliser au plus tôt par la MOE**
Tester plusieurs variantes du projet pour évaluer leur impact carbone

Finaliser la saisie par la MOE, le résultat est le « **reflet de la conception** »

Mettre à jour la saisie à la réception avec les données du chantier et les connaissances pour la mise en exploitation « **reflet à réception** »

Le **MOA - l'exploitant - les utilisateurs**, peuvent saisir « **l'usage réel** » dans l'outil



AMÉNAGEMENT

PROGRAMMATION

CONCOURS

CONCEPTION

CONSULTATION

RÉALISATION

EXPLOITATION

Les leviers d'actions proposés par l'outil ont d'autant plus d'effet sur l'empreinte carbone finale que l'outil est utilisé tôt dans la chronologie du projet de bâtiment.

LES DOCUMENTS SUPPORTS

• Documents d'aménagement / PLU

• Règlement de consultation
• Programme
• « Malette TEC-Tec » : outil & guide utilisateurs

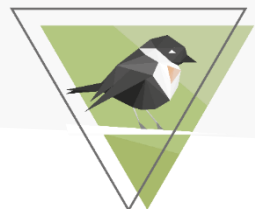
• Dossier de rendu du concours

• Notice environnementale concours / ESQ et APS / APD

• Prescriptions dans le DCE

• Cahier de bord de l'opération
• Guide utilisateurs
• Carnet de maintenance

• Bilan annuel



PÉRIMÈTRE DE L'OUTIL DÉFINI PAR L'ÉQUIPE TEC-Tec

Suite à l'état des lieux (étude des filières locales, provenance des matériaux, consommations énergétiques, déplacements...), le périmètre de l'outil TEC-Tec couvre celui d'une empreinte carbone complète. Ci-dessous sa comparaison avec celui du label E+C- (base de la future réglementation environnementale métropolitaine).



TEC-Tec

La Réunion

Données en annexe



E+C-

France métropolitaine

FDES

Territoire concerné

Facteurs de calculs

Construction

Conception



Matériaux et chantier



Variation d'albédo



Energie

Tous usages pris en compte



Commissionnement et gestion de l'exploitation



Déplacements contraints



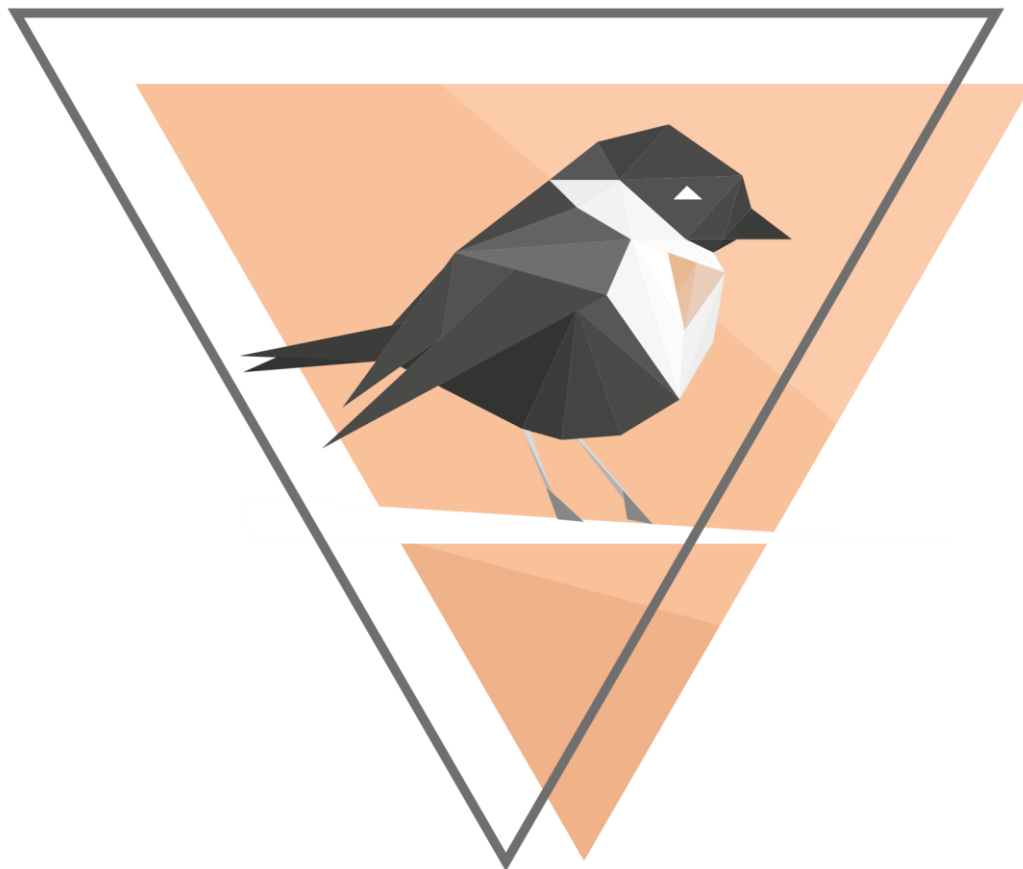
Autres services

Restauration sur site

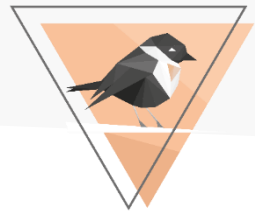


Adduction d'eau et traitement des déchets





**OUTIL
TEC-Tec**



LES OBJECTIFS DE L'OUTIL



Définir des **leviers d'action** pour tendre vers une **conception basse énergie et bas carbone**

Comparer plusieurs systèmes constructifs, matériaux et équipements

Évaluer la performance **énergétique** et **carbone** d'un projet

Sensibiliser / interagir et former les acteurs de la construction

Faire évoluer notre **manière de construire** en accord avec les enjeux climatiques actuels

LES PRÉREQUIS DE L'OUTIL

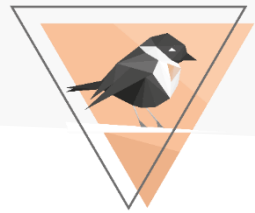


Typologies d'usage : **Bureaux / Enseignement / Autres tertiaires** (lieux culturels, bâtiments commerciaux)

Construction neuve

Bien connaître le projet évalué (surfaces / choix des matériaux / choix des équipements ...)

Outil compatible avec Microsoft Excel et Libre Office



PÉRIMÈTRE DE L'ÉVALUATION

L'évaluation est définie par 4 contributeurs :



Les matériaux de la construction et le chantier



Les consommations énergétiques et les équipements

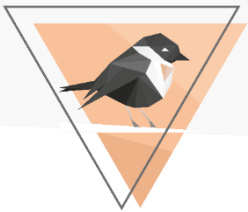


Les déplacements contraints liés à la localisation du projet et les modes de transport



Les autres services

(la restauration / l'adduction et les rejets en eau potable / le traitement des déchets)



INTERFACE DE L'OUTIL

Jauge des résultats totaux

Jauges résultats intermédiaires

Indication « bâtiment à énergie positive »



Nom du projet : **Projet**
 Résultat : **00,0 points / 100**
 Consommation électrique : **0,0 kWh / m² utile / an**
 Production d'électricité : **0,0 kWh / m² utile / an**
 Émissions de construction : **estimées à 0 kgCO₂^e / m² utile**
 Émissions d'exploitation : **estimées à 0 kgCO₂^e / m² utile / an**

JAUGE TEC-Tec

CONSTRUCTION

ÉNERGIE

DÉPLACEMENTS

| DONNÉES GÉNÉRALES | 00,0 points / 100 | | Valeurs par défaut | | Unité | 00,0 points / 100 | | | Commentaires |
|------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------|--------------|
| | Projet | Projet par défaut | Variante A | Variante B | | Variante C | | | |
| Nom du projet | - | - | - | - | | - | - | - | |
| Type de bâtiment | - | - | - | - | liste déroulante | - | - | - | |
| Surface utile | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² utile | 0 | 0 | 0 | |
| Surface de la parcelle | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² de foncier | 0 | 0 | 0 | |
| Jardins | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Parking extérieur véhicules | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Cheminement extérieur piéton | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Planchers | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Sous-sols | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Façades | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Coursives extérieures | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Toitures | 0 | 0 | 0 | 0 | m ² | 0 | 0 | 0 | |
| Rapport SU/SdP | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | f/f | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Indice de compacité | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | f/f | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| CONSTRUCTION | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | |
| ÉNERGIE | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | |
| DÉPLACEMENTS | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | |
| AUTRES SERVICES | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | | 00,0 points | 00,0 points | 00,0 points | |

Estimation instantanée en points, en énergie et en carbone du projet en cours

4 contributeurs

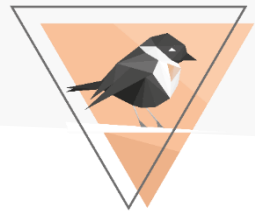
Evaluation du projet en cours

En cas d'absence de données, il est possible d'utiliser des valeurs par défaut

Il est possible de sauvegarder les données renseignées ou même de comparer plusieurs variantes du projet



Les valeurs par défaut ne sont pas la médiane entre les deux valeurs extrêmes mais une valeur intermédiaire plutôt défavorable.



DONNÉES GÉNÉRALES A RENSEIGNER



L'outil couvre les différentes typologies suivantes :

- Bureaux
- Enseignement (établissement scolaire et université)
- Autre tertiaire (médiathèque, bâtiment commercial...)



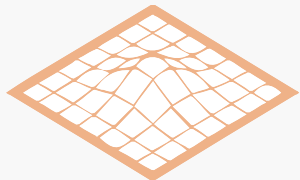
Surface utile :

La surface utile est définie par le Code de la construction et de l'habitation, dans l'article R. 353-16.



Surface de la parcelle :

La surface de la parcelle correspond à la surface du terrain sur lequel est bâti le projet (surface cadastrale).



Autres surfaces :

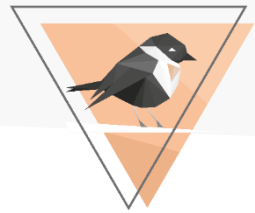
- La surface des planchers et dallages sont à renseigner uniquement pour la superstructure (hors sous-sols et coursives extérieures).
- La surface des sous-sols (tous niveaux) comprend l'ensemble des planchers et dallages souterrains (parkings, locaux techniques ...).

Le type de bâtiment, la surface utile et la surface de la parcelle doivent obligatoirement être renseignées pour déclencher l'évaluation automatique des valeurs par défaut. En saisissant ces premières surfaces, des points apparaissent dans les résultats, ces valeurs correspondent à certains scénarios définis par défaut plutôt défavorables, sans être extrémistes.



Astuces : Si vous ne connaissez pas la surface du parking extérieur, il est possible de partir sur les ratios suivants :

- 25 m² / place de stationnement pour les véhicules (comprend le cheminement)
- 2 m² / place de stationnement pour les 2 roues

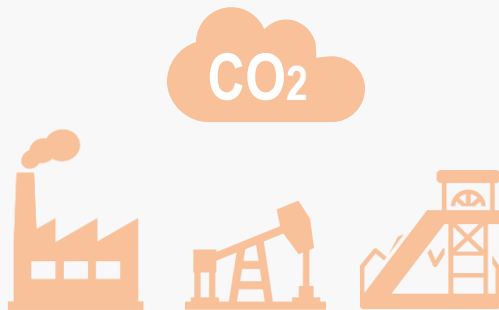


QUANTITES RELATIVES



De manière générale, l'outil TEC-Tec évalue, en fonction des surfaces principales du bâti, de la nature des matériaux et équipements choisis et de leur part relative dans le projet (en %).

FACTEURS D'EMISSION

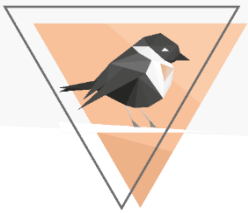


La conversion entre les quantités et les émissions de gaz à effet de serre est réalisée avec des **facteurs d'émission appropriés**, volontairement arrondis du fait de l'incertitude. Les facteurs d'émission sont exprimés en kg eq CO₂ mais intègrent bien l'ensemble des émissions de gaz à effet de serre.

L'insularité et l'éloignement des bassins de production de la plupart des matériaux usuels de construction nécessite d'avoir adapté les facteurs d'émission. Cette correction concerne **autant le fret que la manière dont sont produit ces matériaux** dans le contexte des régions d'exportation dont ils sont généralement originaires.

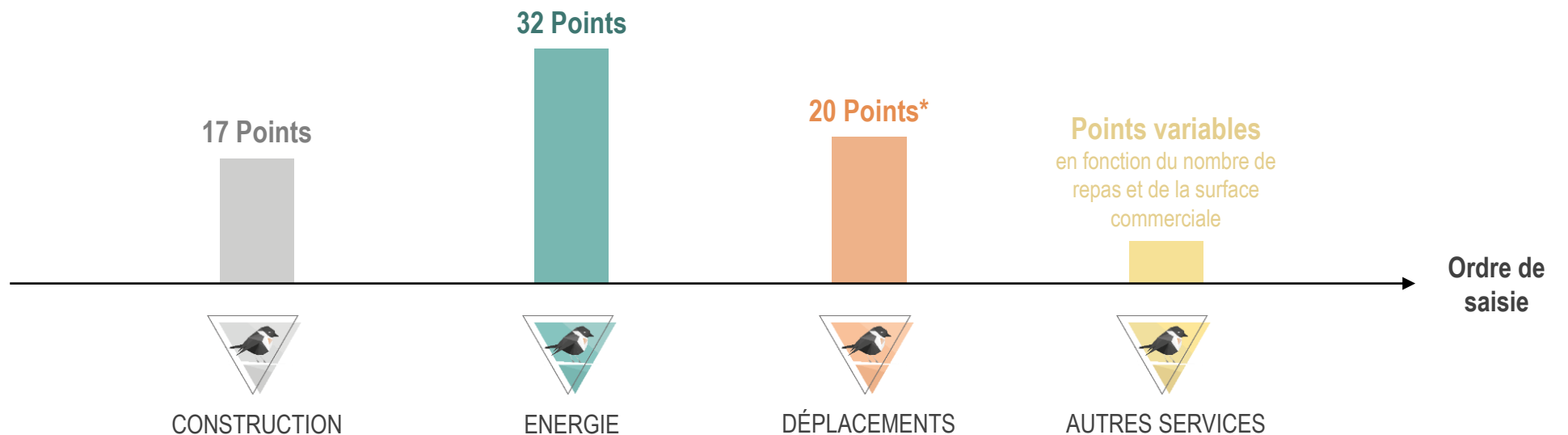
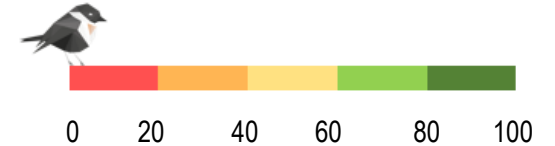


A retrouver en annexe : un récapitulatif des facteurs d'émissions utilisés dans le cadre de TEC-Tec.



GRILLE DE NOTATION

La notation TEC-Tec est établie sur **100 points**. Les dimensions des jauges TEC-Tec sont proportionnelles à la pondération de notations maximales.



JAUGES :

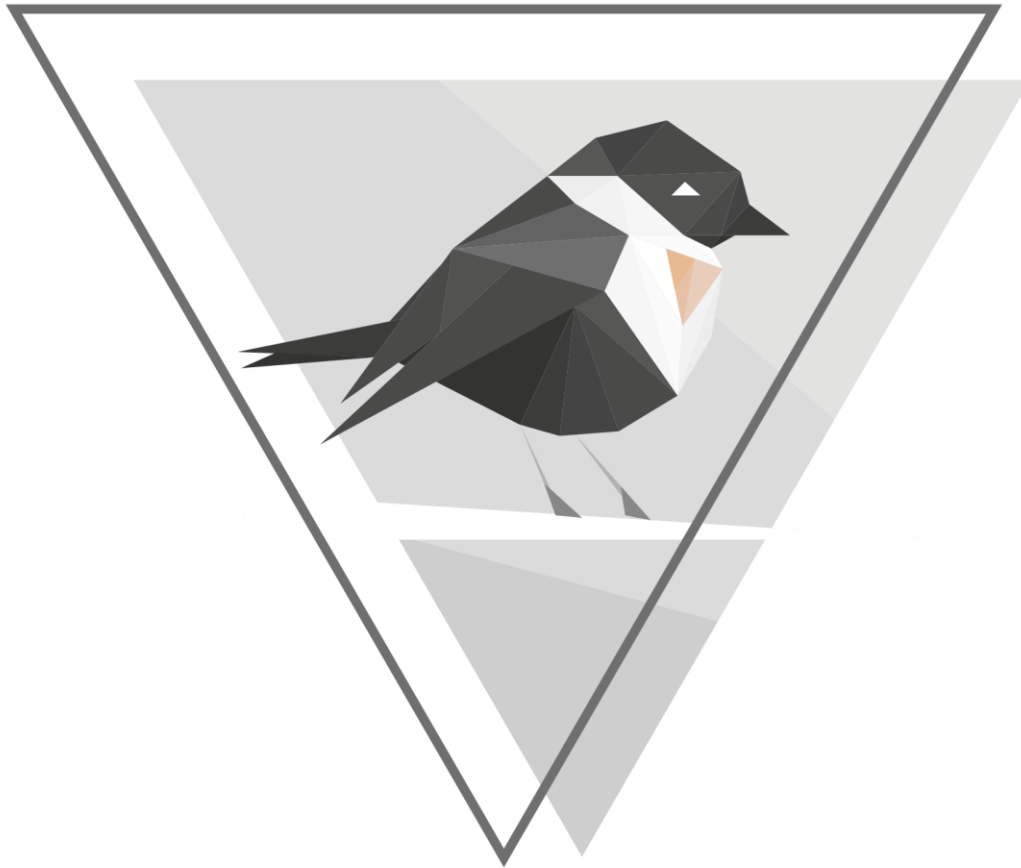


* 12 points dans le cas d'un bâtiment universitaire

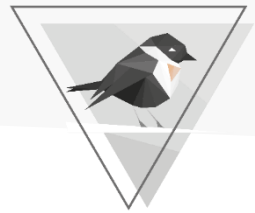
Pas de jauge car notation variable



L'indication $E > 0$ (bâtiment à énergie positive) sur la jauge énergie apparaît quand les deux conditions suivantes sont réunies : la production énergétique annuelle est supérieure ou égale à la consommation énergétique annuelle estimée du poste « **ENERGIE** » et que ce dernier sans le poste cuisine est inférieur à 50 kWh/m².an. Ce critère est uniquement énergétique et ne considère pas les émissions de GES induites.



CONSTRUCTION



CONCEPTION, MATERIAUX ET CHANTIER

L'estimation des émissions grises de construction est établie en fonction des postes suivants :



Conception



Superstructure (planchers et ossature)



Changement d'affectation des sols



Façades, toiture et second œuvre



Voirie et traitement paysager



Production locale d'énergie renouvelable



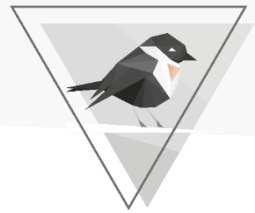
Fondations et infrastructure



Variation d'albédo

Unité : kWh (énergie finale) / m²_{SU}.an





CONSTRUCTION



37



CONCEPTION

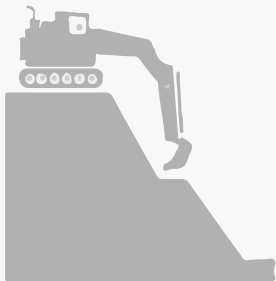


La conception même des projets est une source de dépense énergétique, par l'usage de matériel informatique, l'édition de documents, les consommations énergétiques des surfaces de bâtiments mobilisés pour cela, les allers-retours domicile-travail des concepteurs, etc.

Seuls les **allers-retours métropole-Réunion**, dont l'impact est assez majeur à l'échelle de ce poste, doit être renseigné. Il concerne le nombre estimé de personnes métropolitaines ou réunionnaises qui feront des allers-retours spécifiquement motivés par le projet, en conception comme en chantier.



CHANGEMENT D'AFFECTATION DES SOLS



Convertir un terrain minéral en bâtiment a peu d'impact, mais transformer une zone forestière ou agricole en terrain à bâtir, ou réciproquement, conduit à « changer l'affectation du sol »

Est ici renseigné l'**artificialisation de surface naturelle** entre la situation établie avant le lancement du projet et son état une fois l'ouvrage en fonctionnement.

Une valeur négative correspond à la création nette d'espaces végétalisés.





CONSTRUCTION



CHANGEMENT D'AFFECTATION DES SOLS

ARTIFICIALISATION DE LA PARCELLE



Terrain initial

ARTIFICIALISATION

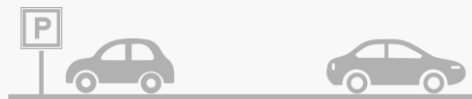


Emissions de gaz à effet de serre



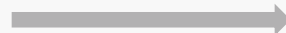
Terrain après construction

VÉGÉTALISATION DE LA PARCELLE



Terrain initial

VÉGÉTALISATION

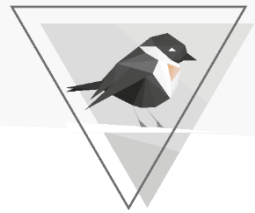


Captation de gaz à effet de serre



Terrain après construction





CONSTRUCTION



VOIRIE ET TRAITEMENT PAYSAGER



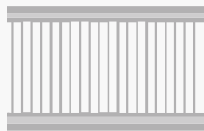
Végétalisation : Surface d'espaces naturels végétalisés **par le projet**.
Les massifs ou plantes en grands pots peuvent être comptabilisé à hauteur de 1 m² l'unité.



Parking : Nature et proportion relative de la **catégorie de revêtement** retenue. Le facteur d'émission prend en compte la structure de chaussée associée.



Cheminement : Nature et proportion relative de la **catégorie de revêtement** retenue. Le facteur d'émission prend en compte les sous-couches associées.



Clôtures et maçonnerie : sont ici renseignés les murets et murs extérieur au bâtiment mais dont la construction est intégrée au projet. Seule la surface hors-sol est à renseigner,
Le facteur d'émission inclue automatiquement la fondation associée.



La voirie neuve dont dépend le projet ne se limite souvent pas à la seule emprise de la parcelle, mais aussi à des parcelles contiguës sur lesquelles sont aménagées des travaux de voirie qui n'auraient jamais été réalisés si le projet n'existait pas.

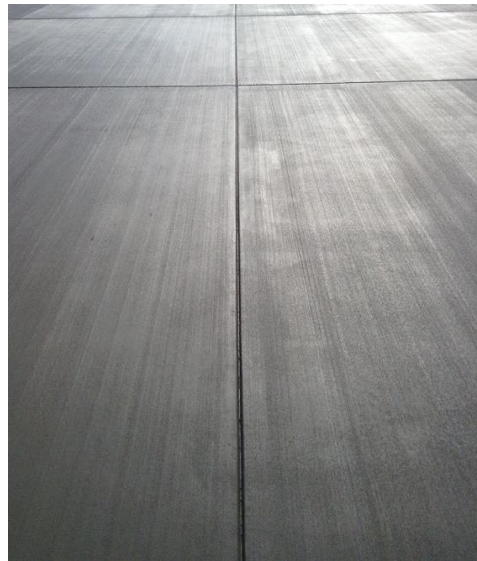
Muret maçonné : pas de distinction sur le type de matériaux utilisés (ex : gabion, moellon, gabion) – cet élément est du second ordre dans le poids carbone



VOIRIE ET TRAITEMENT PAYSAGER : parkings et cheminements



ENROBÉ



DALLAGE BÉTON

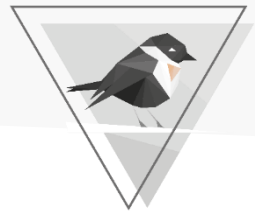


PAVAGE BÉTON ENHERBÉ



MATÉRIAU PERMÉABLE





FONDATIONS ET INFRASTRUCTURE



Nivellement dans la roche : il s'agit ici d'une estimation de la profondeur moyenne de creusement dans la roche du projet sous l'emprise du bâtiment, c'est à dire nécessitant de **lourds moyens de concassage**. Les seuls déblais facilement extractibles par une pelleuse ne sont pas considérés ici, mais au travers des volumes estimés des sous-sols.



Fondations : type de fondation envisagée, en fonction de la portance du sol et du poids des bâtiments. Se référer aux préconisations de l'étude de sol.



Sous-sols : surface au sol des étages en sous-sol préalablement renseignée dans les données générales.



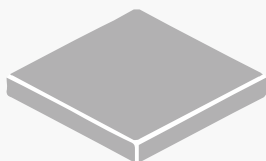
Zone de poutres de reprise : surface des zones de plancher affectées par la présence de **planchers de reprise**, que l'on rencontre généralement lorsque le maillage des poteaux de la superstructure ne correspond pas à celui du parking qui se situe dessous.



Certaines de ces données peuvent être inconnues au moment de la saisie. Renseigner alors des données intuitives ou recopier les valeurs par défaut adjacentes.



SUPERSTRUCTURE



Planchers : renseigne la proportion de la surface correspondant aux **types de planchers et de coursives extérieures** concernée par chaque type de plancher.

Les planchers dits « collaborants » comportent des alignements de poutres en acier ou en bois connectés à une chape de compression en béton.



Ossature principale : renseigne la proportion des zones de planchers ayant un **type de structure verticale**. Les « murs en matériaux locaux » désignent des maçonneries utilisant peu ou pas de ciment. Le terme « ossature » désigne les structures aérées (poteaux fréquents).



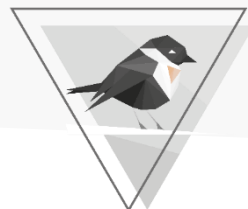
Remplissage de façade : renseigne la proportion des zones de façades ayant un **type de remplissage vertical**, plein ou transparent.

Les « panneaux sandwich » désigne l'ensemble des remplissages autres que maçonnés.



Dans les cas appropriés, si l'ensemble des % ou des surfaces saisies dépassent 100 % ou une surface totale liée, un message d'alerte apparaît sur la gauche, invitant à corriger la saisie.

Dans le cas d'un bâtiment tout béton, il faut renseigner 100% murs refends béton dans ossature principale et dans remplissage de façade, il faut indiquer la part de menuiseries (correspondant approximativement à la porosité des façades) et compléter par du remplissage en voiles béton pour atteindre 100% des façades.



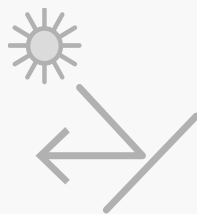
FACADES, TOITURE ET SECOND OEUVRE



Revêtement de façade : renseigne la proportion des zones de façades ayant un type de revêtement de surface.

Le pourcentage total de revêtement de façade doit correspondre au pourcentage indiqué dans « façades opaques ».

Cas particulier : les surfaces peuvent dépasser 100% lorsque les revêtements recouvrent les châssis (exemple des tasseaux).



Protections solaires extérieures : renseigne la proportion des zones de façades ayant un **type** de protection solaire qui les concerne (c'est à dire sur la hauteur totale de l'étage concerné).

Leur éventuelle **motorisation** est parallèlement indiquée.

Par exemple, dans le cas particulier d'un bâtiment cubique où une seule façade serait complètement protégée, il faudrait saisir 25% de la surface de façade.

Lames horizontales, casquettes sont des exemples de protections solaires (ou brise-soleils).

Attention : les coursives extérieures sont déjà comptabilisées dans « planchers » et ne doivent pas être compter en double dans les protections solaires.



Structure de toiture : proportion de la surface de toiture concernée par chaque **nature** de toiture, qu'il s'agisse d'une toiture terrasse (dalle) ou d'une toiture en pente ou sur-toiture (charpente).



Couverture : proportion de la surface de toiture concernée par chaque **nature** de couverture.

La couverture biosourcée concerne autant les couvertures en plaquette de bois, en vétiver, que la végétalisation en terrasse.



Ne déforestiez pas
ma maison !

Les émissions utilisées pour le matériaux bois considèrent que le bois provient de forêts durablement gérées (label PEFC ou FSC par exemple). Si le bois utilisé dans votre projet provient de déforestation, il faut saisir l'option métallique associée.



FACADES, TOITURE ET SECOND OEUVRE

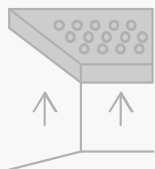


Isolation : renseigne la nature d'éventuels isolants, de nature **conventionnelle** (minéral ou issu de la pétrochimie) **ou biosourcée**, en **sous-toiture et/ou en façade**.



Exemples d'isolants conventionnels

Exemples d'isolants biosourcés



Habillages intérieurs : renseigne la nature des éventuels **faux-planchers et faux-plafonds**, en proportion de la surface utile.

Les isolants de type laine minérale et isolants issus de la pétrochimie (polystyrène, polyuréthane) ont un poids carbone équivalent. Les isolants biosourcés sont par exemple la ouate de cellulose, la laine de chanvre... (Voir le guide « Isobiodom » sur les isolants biosourcés dans les départements d'outre-mer)

Les autres corps d'état (cloisonnements intérieurs, revêtements intérieurs, électricité, équipements techniques, plomberie, etc.) ne sont pas explicités dans les menus des émissions de construction, car leur latitude carbone à l'échelle du projet est d'un second ordre. Cependant, leur valeur par défaut est bien intégrée à l'estimation globale.





CONSTRUCTION



PRODUCTION LOCALE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE



Installation photovoltaïque : surface et puissance de crête de l'installation PV.

Dans le cas où la puissance serait inconnue, considérer environ $0,125 \text{ kWc} / \text{m}^2$ soit $8 \text{ m}^2 / \text{kWc}$

L'**éventuelle présence de batteries** dans l'enceinte du projet, permettant d'en lisser l'intermittence, doit être renseignée pour prendre en compte leur part de fabrication (et plus loin un facteur d'émission adapté à l'évitement de production électrique engendré ailleurs)



VARIATION D'ALBEDO



La **couleur et la nature du sol** tendent à capter d'autant plus l'énergie du rayonnement solaire qu'il est foncé, massif en surface et conducteur de la chaleur. Changer durablement l'influence de la parcelle sur la chaleur locale de l'atmosphère ambiant a le même effet global que modifier la quantité des émissions grises de construction (un tissu végétal est habituellement considéré « foncé »).

Est ici renseigné **le fonçage ou l'éclaircissement de la parcelle.**

Cas initial d'un terrain en friche :
Couleur foncée



Fonçage de la parcelle :
Couleur foncée → Noir



Eclaircissement de la parcelle :
**Couleur foncée →
Couleur moyenne**



Surface de couleur noire :

Surface de couleur foncée :

Surface de couleur moyenne :

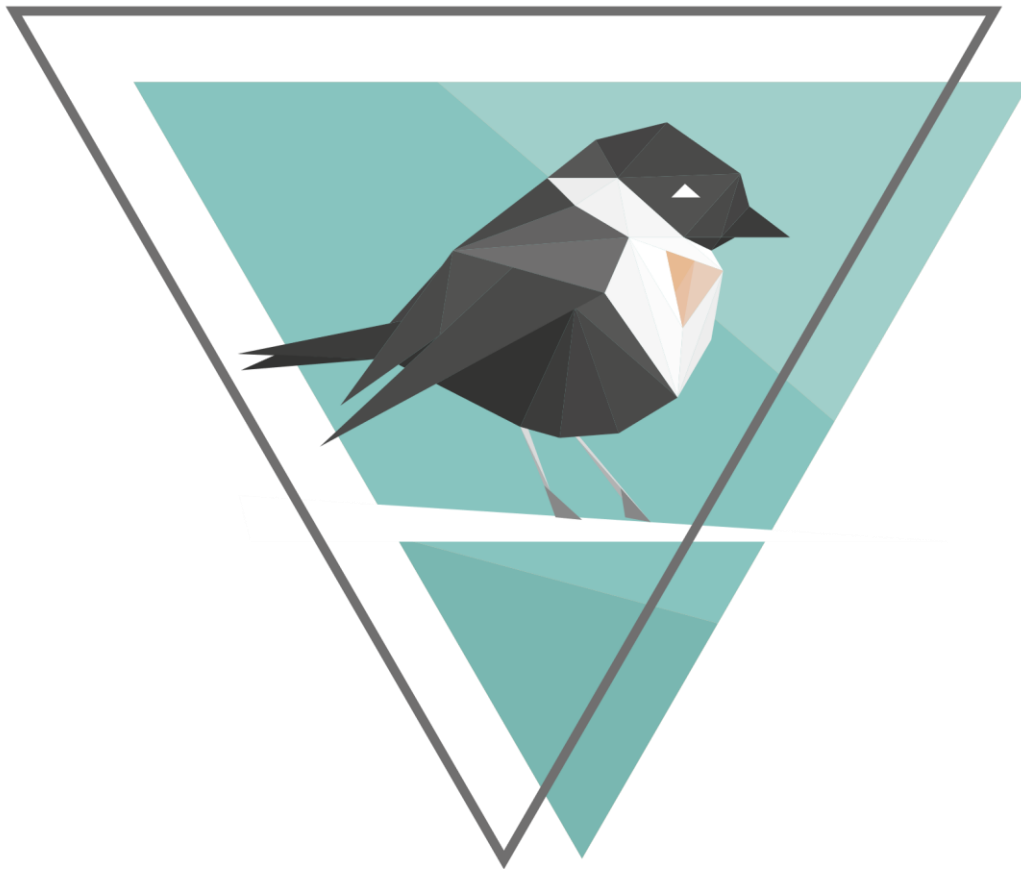
Surface de couleur claire :

bitume (enrobé foncé), basalte, étendue d'eau, revêtement noir, panneaux (thermiques ou PV)

terrain en friche, végétation (au sol ou toiture végétale)

couleur intermédiaire, enrobé clair

blanc ou toiture réfléchissante (ou éventuellement de la glace)



ÉNERGIE



ÉNERGIE

L'estimation des consommations est établie en fonction des postes énergétiques suivants :



Rafrâchissement pour le confort



Cuisine



Éclairage intérieur



Prises de courant



Éclairage extérieur



Eau chaude sanitaire



Traitement d'air technique



Production d'électricité



Forces motrices



Commissionnement et exploitation

Unité : kWh (énergie finale) / m²_{SU}.an



Tous les usages sont pris en compte



CONVERSION DE L'ÉNERGIE CONSOMMÉE EN ÉMISSION DE CO₂

kWh → gCO₂

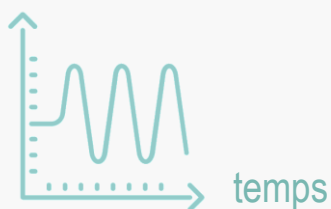
Prise en compte des émissions liées à la **production** (charbon, moteurs diesel, turbines à combustion) + les émissions en **amont** des combustibles + l'**amortissement** de leur construction

APPROCHE MARGINALE



Évaluation des émissions associées aux moyens qui permettront de **produire l'écart d'électricité** entre le fait que ce **futur bâtiment** fonctionnera **et le fait qu'il n'existerait pas** au même horizon

APPROCHE TEMPORELLE



Facteurs marginaux **différents pour chaque plage de fonctionnement**, en fonction d'une proportion relative induite de chaque moyen de production impliqué, dans un contexte futur de meilleure performance environnementale des mêmes moyens

650 gCO₂/kWh pour les usages électriques effectifs en milieu de journée de semaine

750 gCO₂/kWh pour les autres usages





RAFRAÎCHISSEMENT POUR LE CONFORT

PERFORMANCE DE L'ENVELOPPE ET DE SON ENVIRONNEMENT



Médiocre

- Protections solaires faibles ou inexistantes : facteur solaire des baies de l'ordre de 0,7
- Environnement minéral



Correcte

- Protections solaires correctes : facteur solaire des baies de l'ordre de 0,5
- Environnement partiellement végétal (1 sujet / 25 m²)



Performante

- Protections solaires performantes : facteur solaire des baies de l'ordre de 0,3
- Conforme à PERENE ou PREBAT pour la porosité et l'ensemble des facteurs solaires
- Environnement avec végétation dense (4 arbres tous les 25 m², mélange des espèces, végétation haute et basse, continuité de la canopée)



RAFRAÎCHISSEMENT POUR LE CONFORT

SURFACES CORRESPONDANT AUX DIFFÉRENTES STRATÉGIES CLIMATIQUES



Zone en ventilation naturelle + brasseurs d'air *Scénario à privilégier*

Le taux de confort pour ces locaux doit être validé par simulations thermiques dynamiques voire complété par des simulations aérauliques pour un fonctionnement en ventilation naturelle particulier (cheminée thermique, puits dépressionnaire, etc.)



Zone en climatisation + ventilation naturelle + brasseurs d'air

Les simulations et l'optimisation thermique du bâti doivent permettre de définir et limiter la durée de fonctionnement des équipements techniques à la période strictement nécessaire. Les températures de consigne de climatisation doivent être limitées à 26 voire 28°C avec l'usage des brasseurs d'air en complément pour être en situation de confort.



Zone en climatisation + brasseurs d'air

Locaux avec une contrainte d'usage qui empêche un fonctionnement en ventilation naturelle (exemples : *problématique acoustique forte, nuisances olfactives, etc.*)



Zone en climatisation seule

Locaux à ambiance contrôlée de type laboratoires - *hors locaux techniques climatisés qui sont comptabilisés dans la section traitement d'air technique*



Les ratios énergétiques proposés comprennent la consommation liée au renouvellement d'air hygiénique (code du travail)
L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet



RAFRAÎCHISSEMENT POUR LE CONFORT

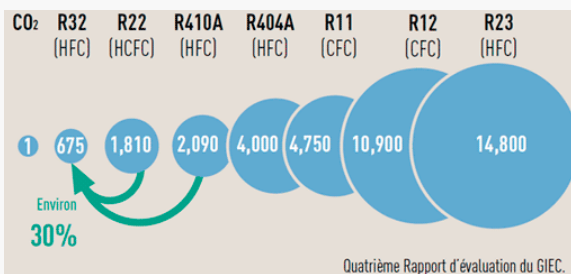
PUISSANCE INSTALLÉE AVEC FLUIDE HFC (HYDROFLUOROCARBURE)



Si un système de climatisation avec fluide HFC est prévu sur le projet, la puissance frigorifique installée est estimée et l'impact carbone lié aux **fuites d'HFC** est pris en compte

La puissance frigorifique réellement prévue peut être renseignée une fois celle-ci connue

POTENTIEL DE RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE



Les fluides frigorigènes ont un facteur permettant de mesurer leur impact sur l'effet de serre : le PRG (Pouvoir de Réchauffement Global)

Plus le PRG est faible, plus l'impact sur le climat est limité



Les gaz réfrigérants de type **CO₂** ou **ammoniac** ne sont pas à considérer car générant des émissions de GES bien moindres que les gaz HFC
L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet



ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR

PERFORMANCE DES ÉQUIPEMENTS ET OPTIMISATION DE L'INSTALLATION

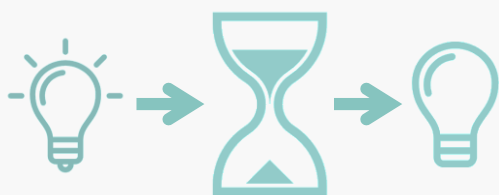


Faible : Pas d'optimisation de la zone à éclairer (300 Lux sur l'ensemble du local)

à

Élevé : Choix de luminaires à haute efficacité lumineuse + optimisation de la zone à éclairer
(exemple : éclairage d'ambiance à 100 Lux + éclairage de la zone de travail à 300 Lux)

PLAGE DE FONCTIONNEMENT



2 à 10 h/j : Simulations d'autonomie en éclairage naturel avec autonomie > 90 % sur les horaires d'occupation + gestion de l'éclairage performante

Exemples : détection de présence / gradation de l'éclairage

4 h/j : Simulations d'autonomie en éclairage naturel avec autonomie > 80 % sur les horaires d'occupation + gestion de l'éclairage partielle

Exemples : interrupteur temporisé à 2 heures pour des salles de cours

7 à 10 h/j : Pas de simulation d'autonomie en éclairage naturel ou autonomie < 80 % sur les horaires d'occupation + pas de gestion de l'éclairage

Exemple : interrupteur simple





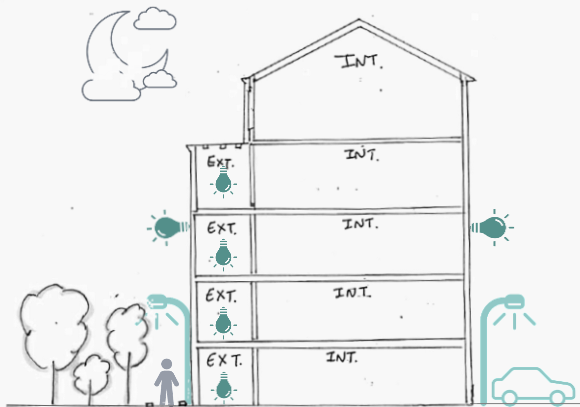
ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR

GESTION DE L'ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR



L'utilisateur doit indiquer le mode de gestion d'éclairage extérieur, s'il y en a un
Exemples : horloge simple, horloge astronomique, détection de présence, interrupteurs temporisés

ZONE ÉCLAIRÉE



L'utilisateur doit indiquer quelles zones sont éclairées la nuit

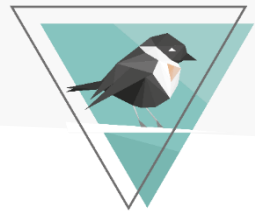
- Extérieur complet à 20 Lux
- Cheminement piéton et façades à 20 Lux
- Cheminement piéton à 20 Lux



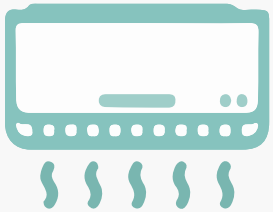
Un compromis entre obligations liées à la réglementation PMR et la maîtrise de l'énergie doivent permettre de limiter la puissance lumineuse installée au strict nécessaire



L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet



TRAITEMENT D'AIR TECHNIQUE



Ce poste vient compléter la prise en compte de la consommation de climatisation mais concerne uniquement les locaux techniques

Nombre de locaux techniques climatisés à renseigner

Ces locaux ne doivent pas être pris en compte dans la surface zone en climatisation seule (rafraîchissement pour le confort)

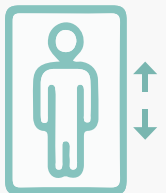


Installation de VMC dans les sanitaires à indiquer (oui / non)

Ce poste concerne uniquement l'extraction des VMC – *le renouvellement d'air des locaux utiles est déjà intégré dans la consommation liée au rafraîchissement pour le confort*



FORCE MOTRICE



Nombre d'ascenseurs et de monte-charges à renseigner

Consommation estimée à **1 000 kWh / an** par ascenseur et par monte-charges

Celle-ci peut être ajustée par l'utilisateur s'il dispose d'une valeur plus précise



L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet



ÉNERGIE



55



CUISINE

L'utilisateur doit indiquer, dans le cas où elle existe, le système utilisé pour la cuisson, pour la réfrigération et pour la production d'eau chaude. L'utilisateur doit renseigner le nombre de repas qui sera probablement servi par jour ouvré. Dans ce cas, les repas servis doivent être associés à « cafétéria standard » ou « cafétéria bas carbone » dans la section « autres services ».

CUISSON



- Liaison chaude - cuisson électrique
- Liaison chaude - cuisson gaz
- Liaison froide - cuisson électrique
- Liaison froide - cuisson gaz

RÉFRIGÉRATION



- Liaison chaude
- Liaison froide

EAU CHAUDE POUR LA CUISINE



- Solaire + appoint électrique (taux de couverture de 70%)
- Gaz
- Électrique
- Thermodynamique



La consommation d'une kitchenette (micro-onde / frigidaire classique / machine à café / bouilloire) sans production locale de repas est déjà incluse dans la consommation des prises de courant.

L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet.



PRISES DE COURANT

L'estimation des prises de courant dépend du type de bâtiment :

- Une estimation basse pour les bâtiments scolaires, universitaires et recevant du public
- Une estimation plus haute pour les bâtiments tertiaires



Prises de courant permanentes : serveurs informatiques, réfrigérateurs, fontaines à eau, veille des équipements

- Indiquer s'il existe une **extinction automatique** des veilles

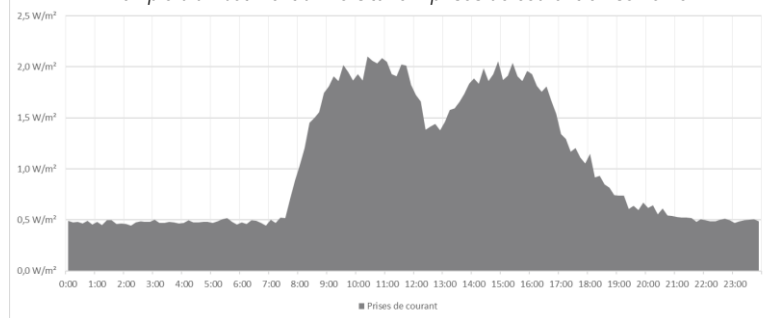
Exemple : réseau prise verte



Prises de courant intermittentes : bureautique, machine à café, bouilloire...

- Indiquer si le matériel est choisi à **faible consommation**

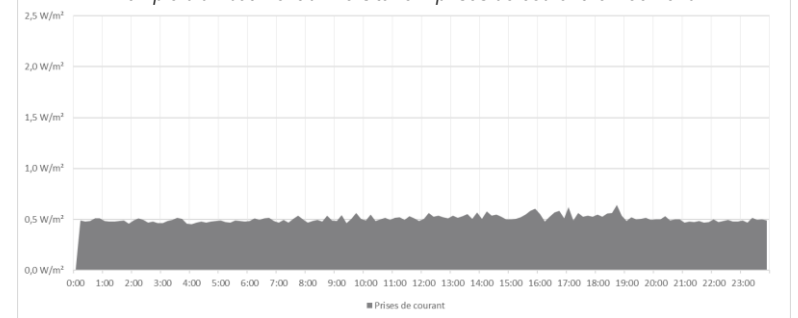
Exemple d'un bâtiment universitaire – prises de courant en semaine



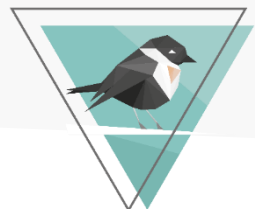
*Prises de courant intermittentes
Environ 50% des consommations*

*Prises de courant permanentes
Environ 50% des consommations*

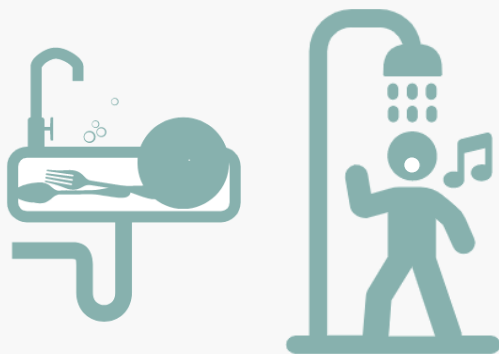
Exemple d'un bâtiment universitaire – prises de courant le week-end



L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet



EAU CHAUDE SANITAIRE



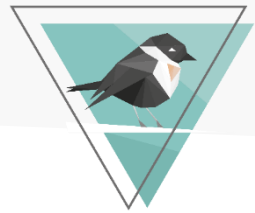
L'utilisateur renseigne le type de production d'eau chaude sanitaire :

- Sans
- 100% solaire
- Solaire + appoint électrique
- Thermodynamique
- Ballon électrique à accumulateur
- Chauffe-eau instantané

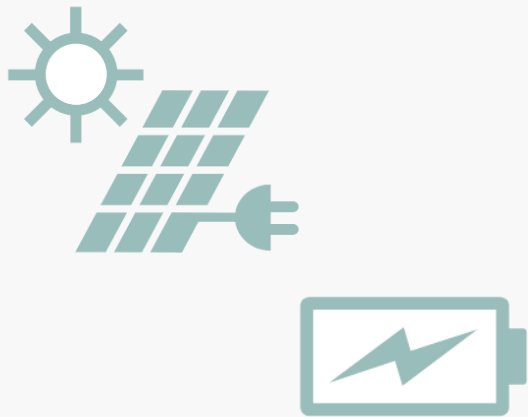
Les ratios proposés correspondent à une production d'eau chaude pour un bâtiment tertiaire type bureaux ou enseignements c'est-à-dire une / des kitchenette(s) et une / des douche(s)



L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet. Le choix 100% solaire prend en compte la consommation électrique liée à une pompe de circulation.

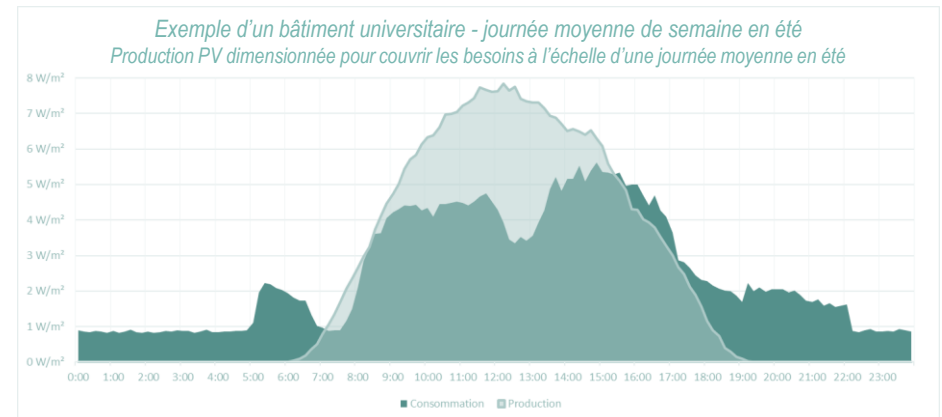
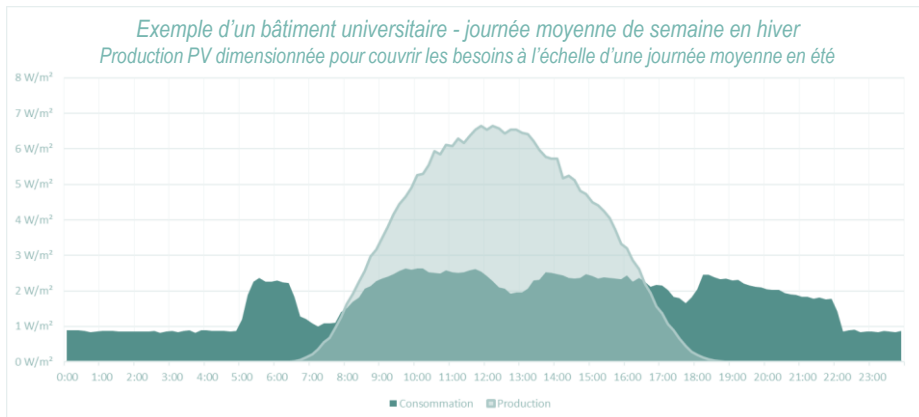


PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

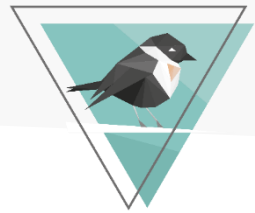


- Estimée en fonction des données renseignées dans la section chantier : surfaces de panneaux photovoltaïques, avec ou sans batteries
- La production d'électricité interne au site est renseignée séparément des consommations énergétiques prévisionnelles. Elle se distingue entre une production brute et une production lissée par un parc de batteries, chacune des deux étant affectée d'un facteur d'émission différent (si seule une partie est lissée, les deux champs peuvent être remplis en proportion)
- Éviter le « doublon d'évitement » consistant parallèlement à amoindrir certaines consommations internes du fait de cette production. Si le reste est déjà amoindri de cette consommation, il ne faut alors renseigner que le surplus de production injecté sur le réseau
- Moyenne de la production **1 400 kWh/kWc**

Exemple de courbes de charge d'un bâtiment universitaire avec production PV dimensionnée pour couvrir les besoins à l'échelle d'une journée moyenne en été



L'utilisateur peut modifier les valeurs de consommations estimées par défaut par des valeurs calculées spécifiquement pour le projet



COMMISSIONNEMENT ET EXPLOITATION

COMMISSIONNEMENT



Cette étape est cruciale pour détecter et corriger les problèmes pouvant subsister sur les équipements du bâtiment. On entend par commissionnement la réception bien faite des travaux et des équipements techniques, des dossiers d'ouvrages exécutés complets ainsi que la présence et la prise en main d'un carnet de vie du bâtiment par le gestionnaire.

GESTION DE L'EXPLOITATION

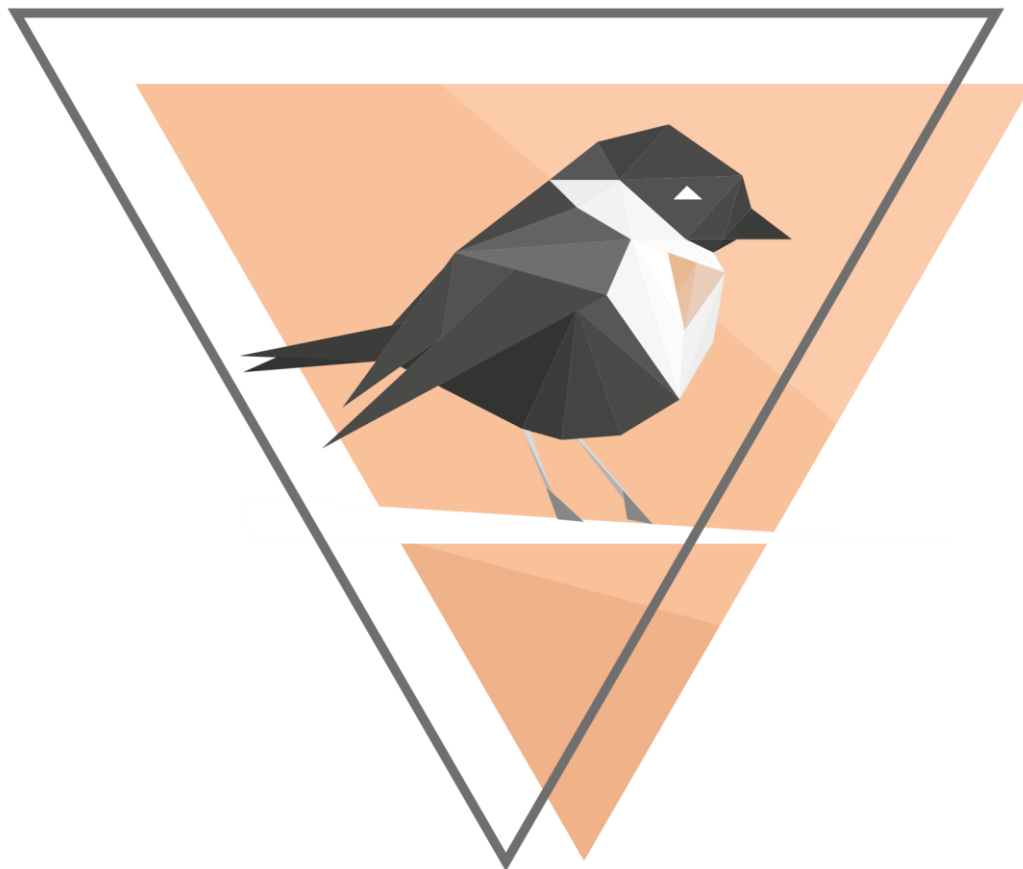


7 étapes à mettre en place :

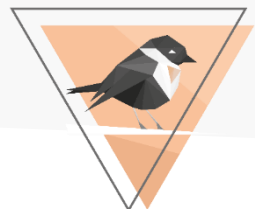
- Sensibilisation des usagers et des nouveaux usagers au bon fonctionnement du bâtiment et des équipements techniques
- Personnel technique formé aux installations techniques
- Présence d'un humain-énergie
- Comptage électrique par usages
- Présence d'une GTC pour le contrôle des équipements techniques (climatisation, ECS, ...)
- Contrat de maintenance des équipements techniques
- Suivi énergétique sur 2 ans minimum après la livraison du bâtiment

Dans le menu déroulant :

- « Non » signifie que **moins de 3 étapes sur 7** seront réalisées
- « Partielle » signifie qu'**au moins 3 étapes sur 7** seront réalisées
- « Totale » signifie qu'**au moins 5 étapes sur 7** seront réalisées






DÉPLACEMENTS



DEPLACEMENTS CONTRAINTS

L'estimation des émissions des déplacements contraints par la localisation et les moyens de transports à disposition est établie en fonction des postes suivants :

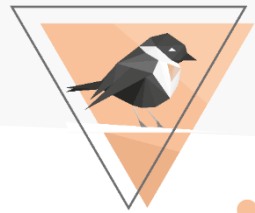
| | Densité en m ² / personne avant répartition des déplacements | Immeuble de bureaux | Établissement scolaire | Université | Réception de public |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------|------------|---------------------|
|  Personnel | 15 | 90 % | 5 % | 10 % | 90 % |
|  Élèves ou étudiants | 2 | 0 % | 95 % | 80 % | 0 % |
|  Visiteurs | 5 | 10 % | 0 % | 10 % | 10 % |

Le pourcentage indiqué dans le tableau correspondent aux valeurs utilisées dans l'outil pour établir la proportion des déplacements en fonction du type de bâtiment.

Unités diverses : km, %, nombre.



Le nombre total de personnes se déplaçant vers le bâtiment est renseigné. Une valeur par défaut est proposée mais peut être écrasée par une valeur connue. Dans ce cas, le nombre de points reste inchangé mais les émissions de CO₂ vont évoluer. Il n'est pas nécessaire d'indiquer de déplacement « élèves ou étudiants » dans le cas d'un immeuble de bureaux ou d'un bâtiment recevant du public. De même, il n'est pas nécessaire d'indiquer de déplacement de « visiteurs » pour un établissement scolaire



PERSONNEL, ÉLÈVES, ÉTUDIANTS ET VISITEURS

Les proportions relatives de chaque catégorie de résident sont déterminées automatiquement en fonction du type de projet



Distance depuis le domicile : La réalisation préalable de **sondages**, comme dans le cas de plans de déplacements (type PDE ou PDIE) permet de connaître assez précisément les domiciliations des résidents, donc d'extrapoler les **distances moyennes au site du projet**.

Les valeurs proposées par défaut sont basées sur les moyennes issues des recensements.



Télétravail : est-ici renseigné le **taux de télétravail estimé**, en moyenne d'équivalent temps plein depuis la commune de leur domicile (« 20 % » signifie par exemple que tous les employés ont un jour par semaine de télétravail, ou bien qu'un employé sur cinq est en télétravail total)



Transports en commun : la propension de l'utilisation des transports en commun dépend pour partie de la proximité d'arrêts et de lignes. Est-ici sommairement renseigné la **densité du réseau à proximité du site**.



Voitures électriques : même si l'usage d'une voiture électrique n'est pas la panacée (d'autant plus que son déploiement à la Réunion stimule d'autant la production supplémentaire d'électricité au charbon), la **mise en disposition d'emplacements dédiés** stimule son recours.

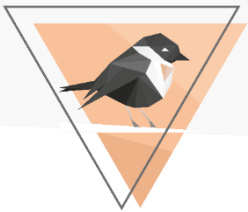


Deux-roues : la présence d'**emplacements dédiés et de prises de charge** (pour **vélo à assistance électrique, trottinettes et scooters électriques**) favorise leur recours, diminuant partiellement l'usage de véhicules bien plus émetteurs.



Sur l'île de la Réunion, 80 % des déplacements domicile-travail sont effectués en voiture, 4 % en transports en commun et 16 % en mode actif, les déplacements scolaires étant à peu près répartis en trois tiers.

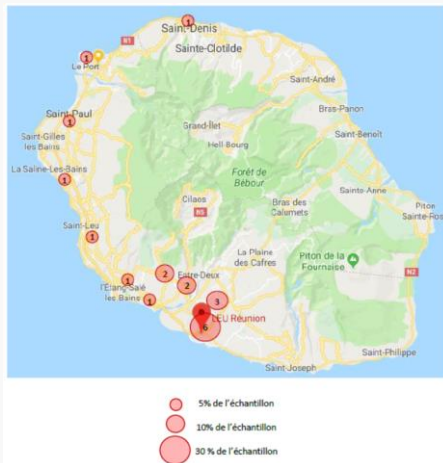
La distance moyenne affichée par défaut est de 15 km, supérieure à la moyenne de 11 km qui inclut du travail à domicile.



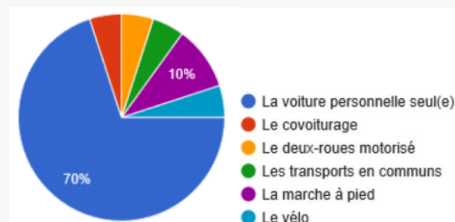
EXEMPLE DE QUESTIONNAIRE POUR L'ÉTUDE DE LA MOBILITÉ

Evaluer un bâtiment passe par la compréhension du ressenti et de l'opinion de ses usagers. Un questionnaire de mobilité peut permettre de comprendre et quantifier les habitudes et les impacts environnementaux liés à leurs déplacements jusqu'à l'établissement concerné. Ces retours d'expérience permettent d'améliorer les futurs projets de construction. Les exemples de questions qui suivent peuvent être utilisés lorsque les usagers du futur bâtiment sont déjà connus.

D'où viennent les usagers ?



Comment viennent les usagers ?



Qui êtes-vous? (âge, sexe...)

Dans quelle commune habitez-vous ?

Sur une semaine type, quelle est votre temps de présence dans le bâtiment ?

Quel est le mode de transport que vous utilisez le plus souvent pour vous rendre au bâtiment ?

Quelle distance parcourez-vous pour un trajet domicile-travail ?

Quelle est la durée moyenne de ce trajet ?

Où déjeunez-vous principalement ? (dans le bâtiment, aux alentours à pieds, à mon domicile...)

Etes-vous satisfait des commodités mises à votre disposition pour la pause repas du midi ?

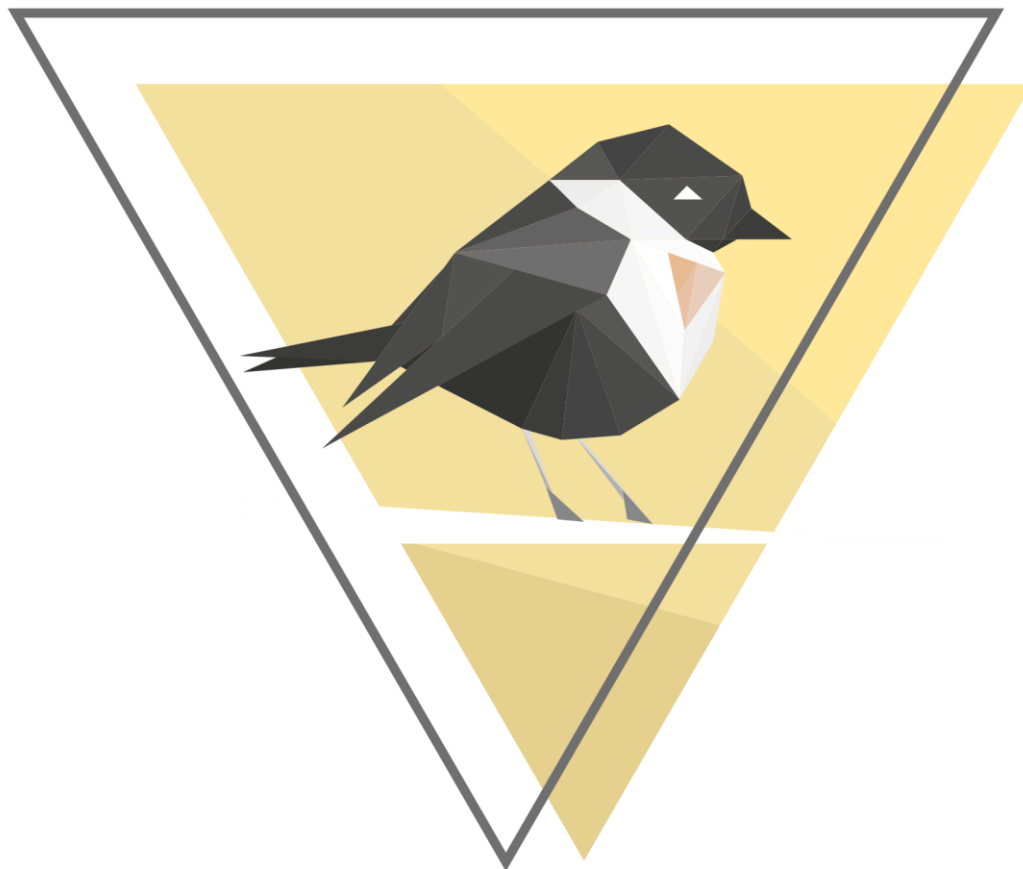
Etes-vous satisfait des aires de stationnement ?

Jugez-vous l'accueil pour les déplacements à vélo suffisant ?

Jugez-vous l'aménagement pour les transports en commun suffisant ?

Seriez-vous prêts à changer vos habitudes si votre temps de parcours était doublé ?

Et si le prix du carburant doublait ?



AUTRES SERVICES



AUTRES SERVICES

L'estimation des émissions annexes des services est établie en fonction des postes suivants :



Restauration du midi



Adduction d'eau



Activité commerciale



Traitement des déchets

Unités diverses : nombre, %, surfaces, tonnes.

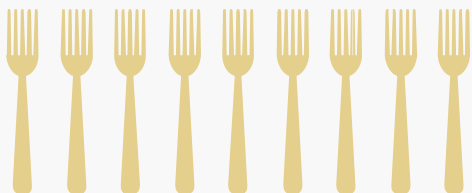




RESTAURATION DU MIDI

La prise en compte de la restauration du midi ne se limite pas au cas particulier de l'existence d'un réfectoire ou d'un restaurant inter-entreprise (RIE), mais à tout projet de bâtiment hébergeant des résidents qui se restaurent.

EFFECTIF QUOTIDIEN



Il s'agit ici de renseigner le **nombre estimé de repas** (de midi seulement le plus souvent) qui sont pris sur le site (et autour) par les résidents, quel que soit leur nature.

Il permet de renseigner un facteur d'émission moyen par repas qui est modulé en fonction d'une origine estimée des denrées.

ORIGINE DES PLATS



Les conditions dans lesquelles les résidents prennent leurs repas permet de moduler le facteur d'émission des denrées en prenant en compte, de manière approximative, l'**écart d'impact dû aux déplacements spécifiques** (repas pris en dehors du bâtiment) et au **supplément d'emballage jeté** (repas livré).

Dans le cas de la présence d'une **cafétéria** à l'intérieur du projet, auprès de laquelle peut exister la contrainte d'une charte bas carbone sur la nature de ses approvisionnements en aliments, la proportion relative de plats servis de type végétarien peut être renseignée.

Si le poste **cafétéria** est utilisé, celle-ci doit se trouver dans l'emprise du bâtiment et sa consommation énergétique doit être considérée dans la section énergie (« cuisine » à renseigner).



C'est la nature et l'origine des aliments servis qui sont ici évaluées. Le poste « cuisine » du volet énergétique ne renseigne que la présence sur le site de moyens de cuisson, de réfrigération ou de lavage des plats.

En métropole, il est fréquent qu'un bâtiment de bureaux assez exemplaire du point de vue énergétique et hébergeant un restaurant ait davantage d'émissions de gaz à effet de serre au travers des plats servis que pour son confort thermique.



AUTRES SERVICES



ACTIVITÉ COMMERCIALE

L'activité commerciale d'un bâtiment tertiaire relève autant de la présence de quelques distributeurs automatiques de nourriture ou de boissons que de véritables magasins.

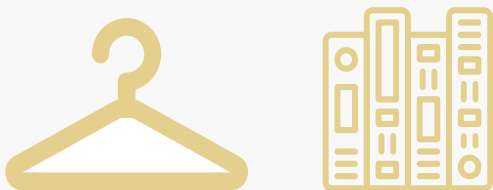
SURFACE DE VENTE ALIMENTAIRE



Cette donnée permet d'appréhender l'ordre de grandeur de l'enjeu de la commercialisation de denrées dans le bâtiment étudié. Cette estimation cumule leur empreinte carbone ainsi que la consommation énergétique du nécessaire maintien en basse température d'une partie d'entre elles (froid commercial).

Dans le cas où l'activité commerciale se limite à des distributeurs automatiques, il peut être retenu en première approximation un ratio de surface de vente de 0,5 m² par unité.

SURFACE DE VENTE NON ALIMENTAIRE



Il s'agit ici de l'ensemble des surfaces dédiées aux autres produits, donc à l'évaluation forfaitaire de leur empreinte carbone, effectuée sur la base de données moyennes.

Il n'est pas possible de renseigner la performance carbone attendue de cette activité dans l'outil. Cela relève d'une analyse carbone détaillée des produits commercialisés, de leur provenance, des conditions dans lesquelles ils sont présentés et vendus aux clients. L'outil TEC-Tec alerte seulement sur l'ampleur relative de ce poste qui, s'il est significatif, mérite de plus amples investigations.

L'étude PREBAT diffusée par l'ADEME Réunion détaille, dans son livret 5, l'analyse carbone d'un projet de centre commercial réunionnais comprenant un supermarché et des boutiques.





ACTIVITÉ COMMERCIALE

PERFORMANCE DES MEUBLES FROIDS



Critères de performance (liste non exhaustive) :

- Rideaux de nuit sur les meubles positifs
- Rideaux de nuit sur les meubles négatifs
- Gestion du dégivrage (naturel ou paramétrage en fonction des tarifs de l'électricité)
- Meubles négatifs fermés
- Meubles positifs fermés
- Luminaire en fronton et éclairage LED

PERFORMANCE DE LA PRODUCTION DE FROID (CHAMBRES FROIDES ET MEUBLES FRIGORIFIQUES)



Critères de performances (liste non exhaustive) :

- HP flottante
- Stockage de froid
- Optimisation du dégivrage
- Variation de vitesse sur les compresseurs
- Récupération de chaleur pour ECS
- Sous-refroidissement
- Circuit frigorifique en cascade
- Choix d'un fluide frigorifique avec GWP faible (NH_3 , CO_2)

Performance des équipements en fonction du nombre de critère

| | |
|----------------|---------------------------|
| <i>Faible</i> | <i>0 à 2 critères</i> |
| <i>Moyenne</i> | <i>2 à 4 critères</i> |
| <i>Elevée</i> | <i>5 critères et plus</i> |





ADDUCTION D'EAU

EAU DE RÉSEAU



Consommation annuelle prévisionnelle en eau potable du projet (**arrosage et consommation intérieure au bâtiment**).

Le facteur d'émission inclue les émissions de transport (pompage) et de traitement.

RÉCUPÉRATION D'EAU PLUVIALE



Récupérer l'eau de pluie permet, sur certains usages, de **substituer la consommation d'eau potable de réseau**.

Est ici renseigné la proportion d'eau de réseau ainsi substituée.

TRAITEMENT DES DÉCHETS

PRODUCTION ANNUELLE



Masse de la quantité annuelle prévisionnelle de production de déchets, **quelle que soit leur nature**.

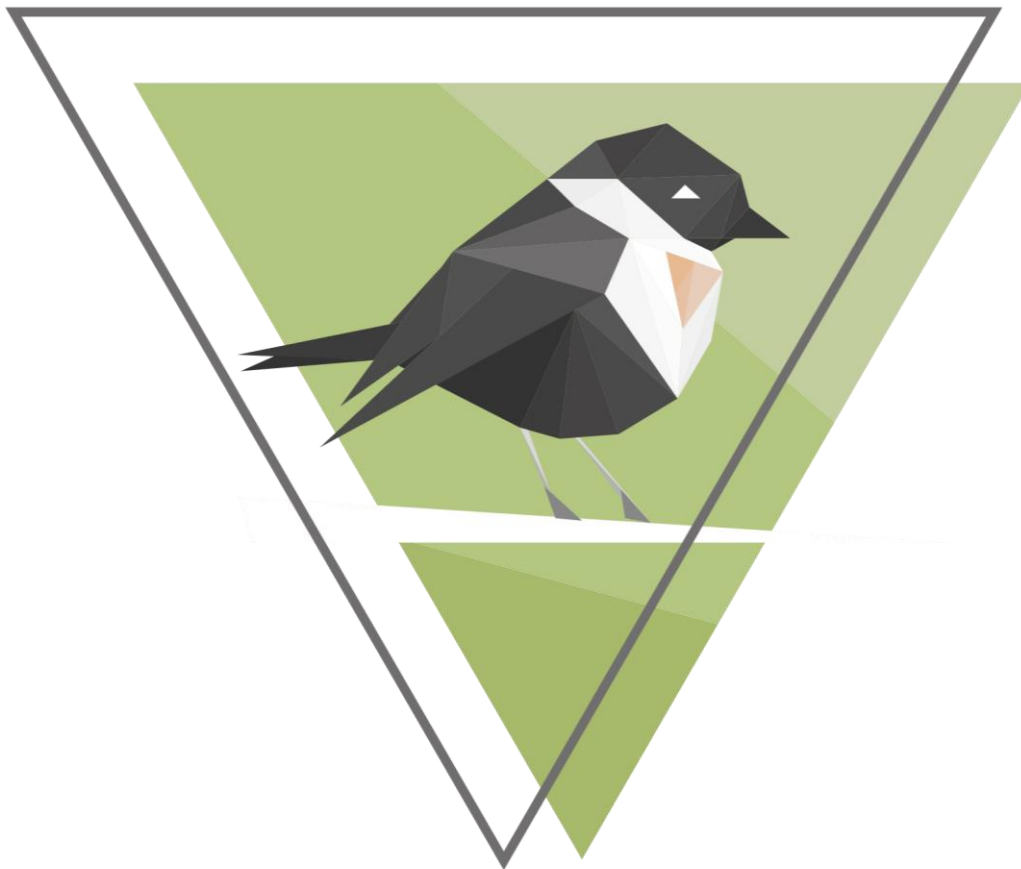
TRI SÉLECTIF



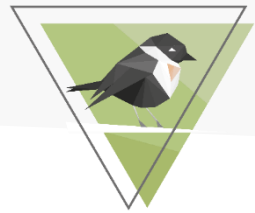
Proportion des déchets valorisés par une filière de **compostage** ou de **recyclage**, c'est à dire s'opposant à l'enfouissement ou à la combustion.



La combustion de déchets est particulièrement émettrice de gaz à effet de serre, même si elle contribue à réduire l'enfouissement et l'extraction d'énergie fossile.



ANALYSE DE SENSIBILITÉ DE L'OUTIL TEC-Tec



ANALYSE DE SENSIBILITÉ DE L'OUTIL TEC-Tec



71

Plusieurs variantes ont été appliquées à un « très mauvais » projet de conception pour l'améliorer. Les variantes ont été appliquées étape par étape et les valeurs d'émissions de CO₂ associées à chaque étape ont été analysées. Chaque variante est décrite ci-après.



Etape 1 **Conception** : diminution du nombre d'allers-retours entre La Réunion et la métropole



Etape 2 **Traitement paysager des parkings** : pavage enherbé sur la majorité du parking sauf pour les places PMR



Etape 3 **Matériaux en remplissage de façades**: remplacement du béton par des matériaux bois en remplissage de façade, y compris les châssis



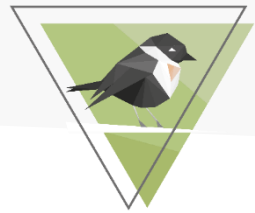
Etape 4 **Enveloppe** : rajout de brise-soleils, éclaircissement de l'albédo, augmentation de la surface de jardins (une partie du cheminement extérieur est végétalisé), amélioration de la performance thermique de l'enveloppe



Etape 5 **Planchers, toiture et isolation** : isolation toiture en matériaux biosourcés, planchers et toiture en bois



Etape 6 **Installation de chantier** : charte de chantier vert



ANALYSE DE SENSIBILITÉ DE L'OUTIL TEC-Tec



Plusieurs variantes ont été appliquées à un « très mauvais » projet de conception pour l'améliorer. Les variantes ont été appliquées étape par étape et les valeurs d'émissions de CO₂ associées à chaque étape ont été analysées. Chaque variante est décrite ci-après.



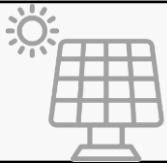
Etape 7 **Rafrâichissement pour le confort** : passage de toutes les salles en ventilation naturelle et amélioration de la performance de l'enveloppe



Etape 8 **Eclairage** : équipements basses consommation, gestion de l'éclairage, réduction du nombre de zones éclairées la nuit



Etape 9 **Prises de courant** : gestion des veilles et choix d'équipements basse consommation



Etape 10 **Energie renouvelable** : ajout de panneaux photovoltaïques en toiture
Le projet est rendu à énergie positive en ajustant la surface de panneaux pour produire l'équivalent de la consommation.



Etape 11 **Commissionnement et exploitation** : gestion totale de l'exploitation



Etape 12 **Déplacements** : ajout de stationnements pour 2 roues et véhicules électriques



Etape 13 **Restauration et autres** : augmentation du nombre de repas pris à proximité à pied, récupération d'eau de pluie et tri sélectif des déchets

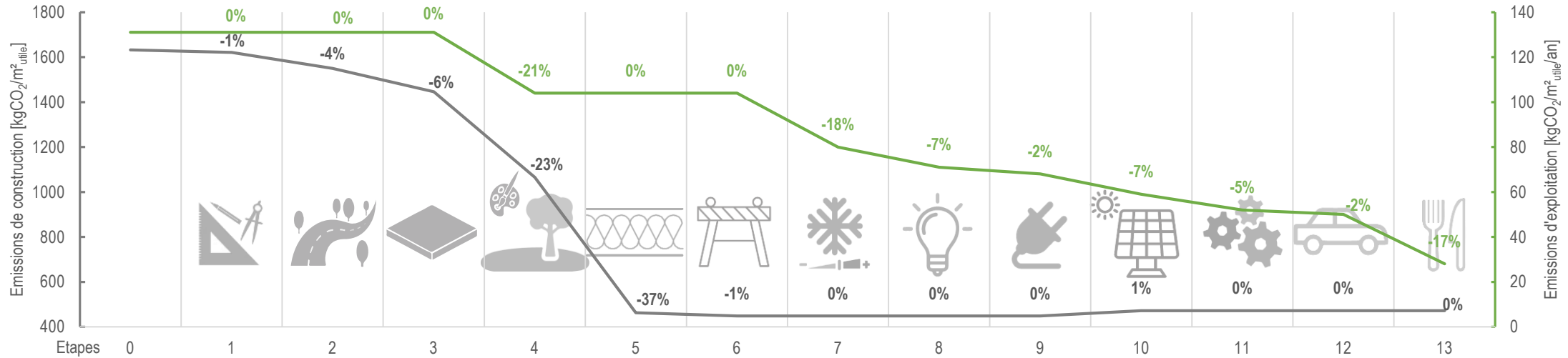


ANALYSE DE SENSIBILITÉ DE L'OUTIL TEC-Tec

Evolution des émissions de CO₂

Emissions de construction [kgCO₂^e/m²_{SU}]

Emissions d'exploitation [kgCO₂^e/m²_{SU}/an]

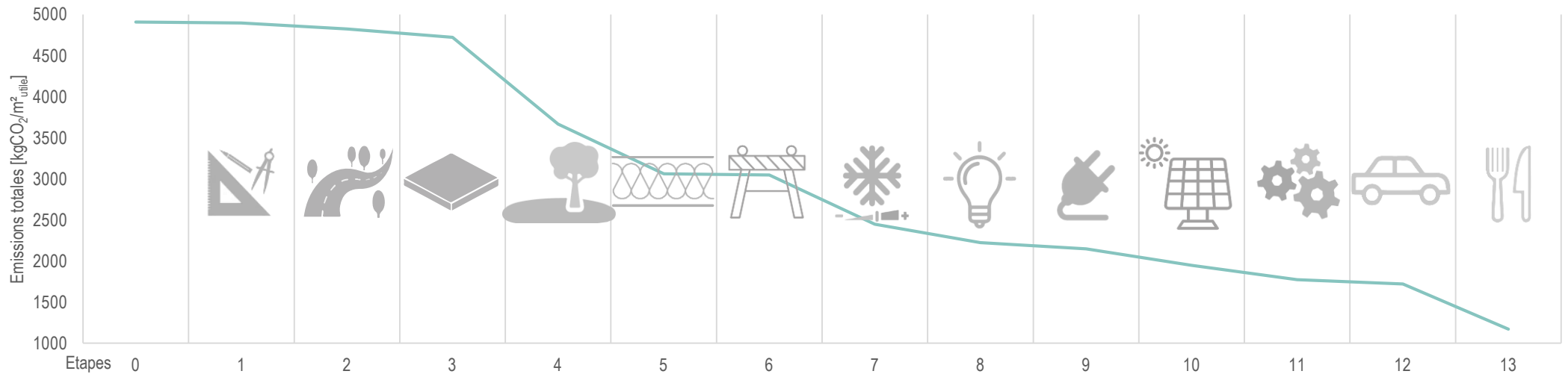


Cas dégradé

Cas amélioré

Evolution des émissions totales

Construction + Exploitation sur 25 ans [kgCO₂^e/m²_{SU}]

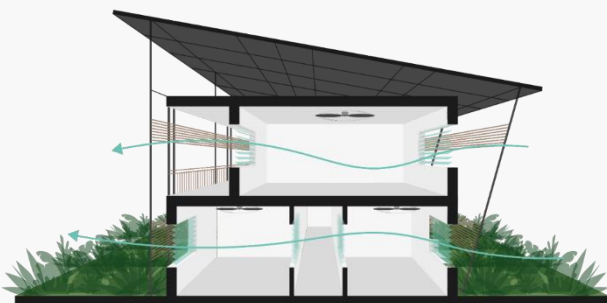




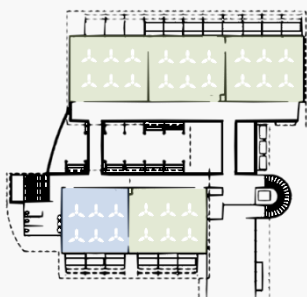
ÉTUDE DE CAS

- Bâtiment universitaire**

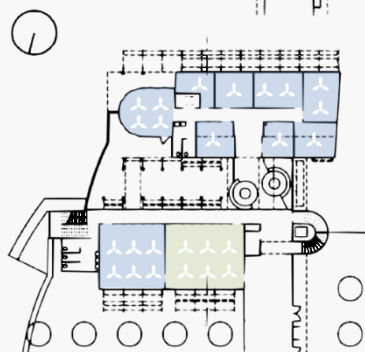
PRÉSENTATION DU BÂTIMENT (CORRESPOND À LA VARIANTE B)



RDC



R+1



- VNAT + BA
- CLIM + BA + VNAT

Fiche d'identité

- Type de bâtiment : Université
- Surface utile : 750 m²

Matériaux

- Structure béton
- Brises soleil en bois, structure métal
- Bardage bois sur les pignons

Solutions de conception passive

- Ventilation naturelle traversante de tous les locaux - Menuiseries jalousies (30% de porosité)
- Protections solaires fixes déportées de la façade
- Végétalisation des espaces extérieurs
- Autonomie en éclairage naturel > 90%
- Fonctionnement des salles de cours : ventilation naturelle + brasseurs d'air toute l'année
- Fonctionnement des bureaux et salles informatiques : climatisation + brasseurs d'air 1,5 mois / an

Solutions en matière d'efficacité énergétique

- Éclairage performant, puissance installée optimisée
- Brasseurs d'air plafonniers silencieux et performants
- Suivi des consommations

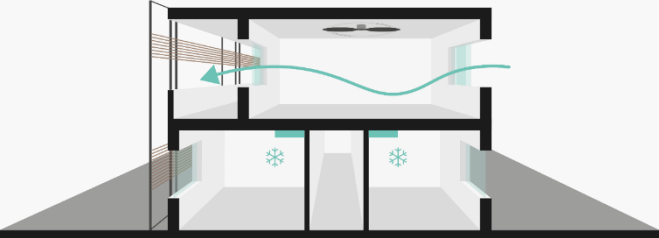


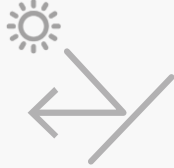


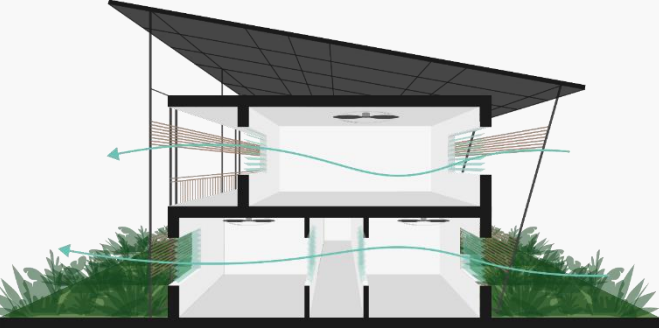
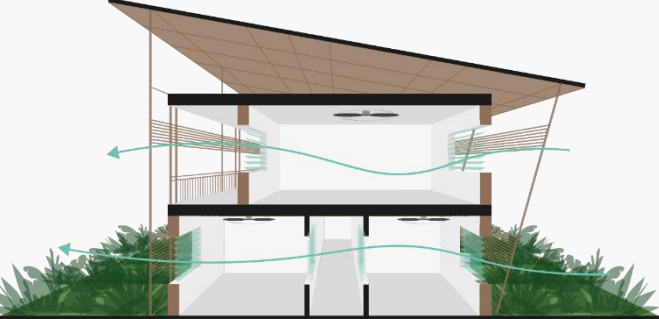
Solutions pour les énergies renouvelables

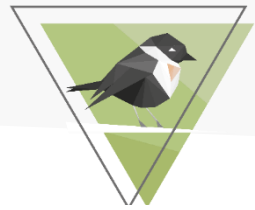
- Intégration de panneaux photovoltaïques (50 kWc - 380 m²)



COMPARAISON DE 3 VARIANTES D'UN BÂTIMENT UNIVERSITAIRE

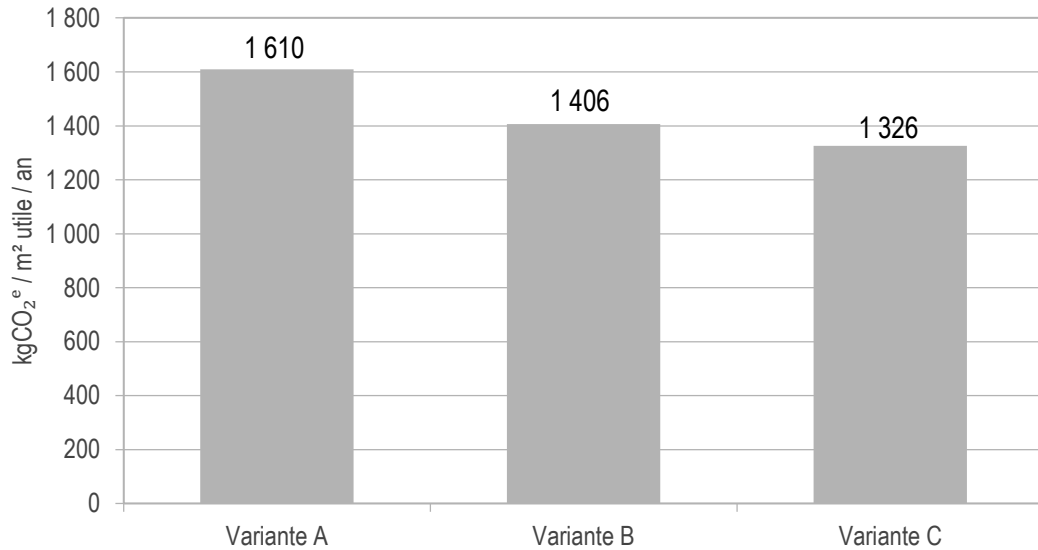


| | Environnement | Matériaux | Enveloppe | Confort | ENR |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  Minéral |  Structure béton |  Performance thermique médiocre Pas de protection solaire |  Bureaux et salles info : CLIM toute l'année Salles de cours : VNAT + BA |  Pas de production PV |
|  | Végétal | Structure béton Brise-soleils en bois | Performance thermique élevée Protection solaire des façades et baies | Bureaux et salles info : CLIM env. 1,5 mois / an Salles de cours : VNAT + BA | Sur-toiture en panneaux PV |
|  | Végétal | Planchers béton Remplissage façades en bois Brise-soleils en bois | Performance thermique élevée Protection solaire des façades et baies | Bureaux, salles info et salles de cours : VNAT + BA | Sur-toiture en panneaux PV |

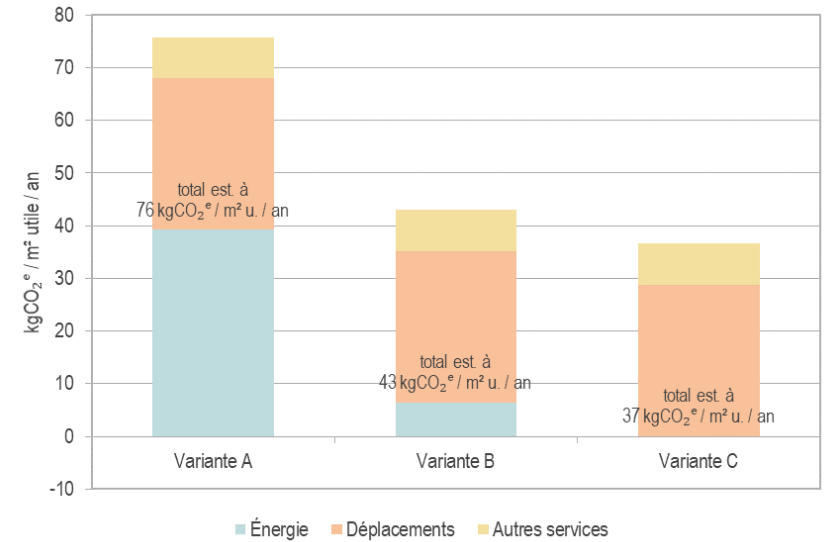


COMPARAISON DE 3 VARIANTES D'UN BÂTIMENT UNIVERSITAIRE

Emissions de construction [kgCO₂^e/m²_{SU}]

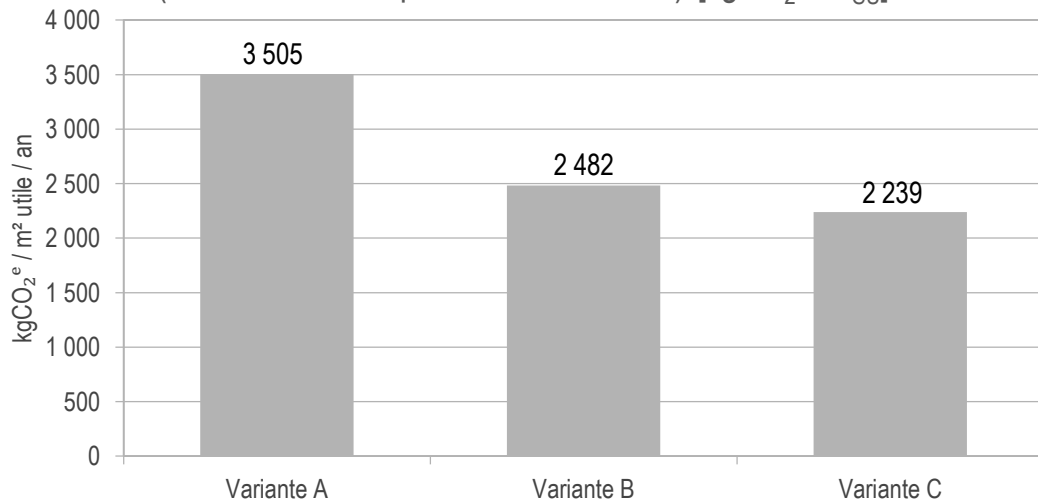


Emissions d'exploitation [kgCO₂^e/m²_{SU}/an]

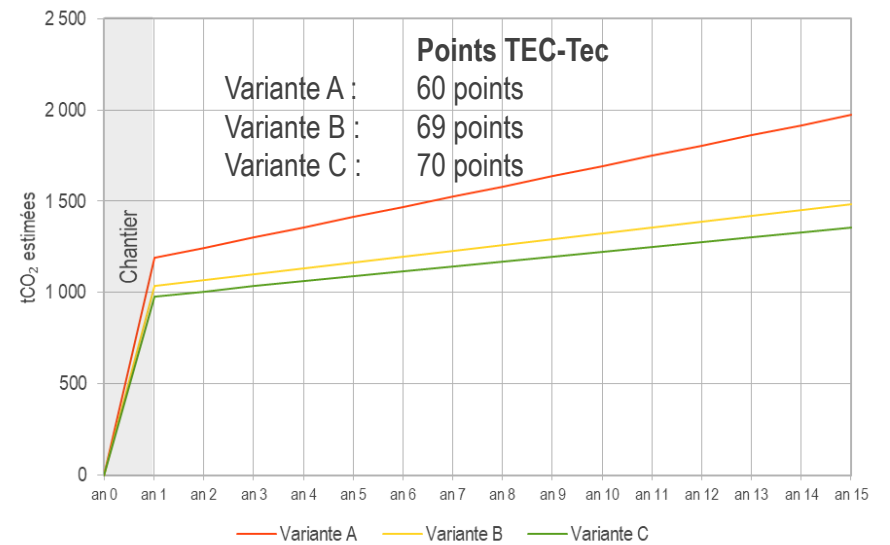


Evolution des émissions totales

(construction + exploitation sur 25 ans) [kgCO₂^e/m²_{SU}]



Evolution des émissions totales sur 15 ans

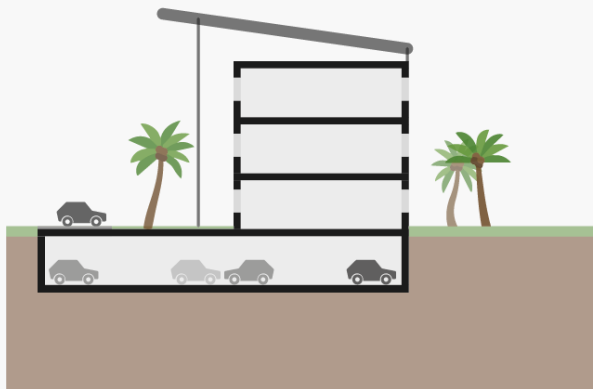
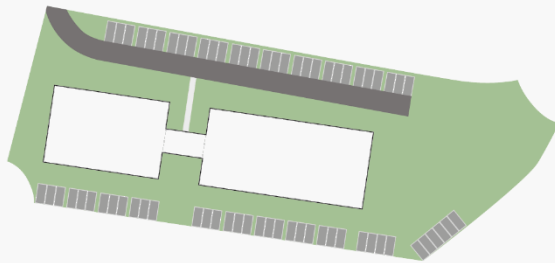




ÉTUDE DE CAS

- Bâtiment de bureaux**

PRÉSENTATION DU BÂTIMENT (CORRESPOND À LA VARIANTE B)



Fiche d'identité

- Type de bâtiment : bureaux
- Surface utile : 3 000 m²
- Surface parcelle : 6 300 m²

Matériaux

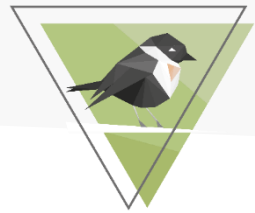
- Structure béton
- Brises soleil en bois, structure métal
- Bardage bois sur les pignons

Solutions de conception passive

- Bâtiment large : 22 m
- Sur-toiture ventilée
- Protections solaires fixes déportées de la façade
- Végétalisation partielle des espaces extérieurs
- Fonctionnement thermique : climatisation + brasseurs d'air – 8 mois / an

Systemes

- Éclairage intérieur performant
- 3 locaux techniques climatisés, 1 ascenseur



ETUDE DE VARIANTES POUR UN BÂTIMENT DE BUREAUX



80

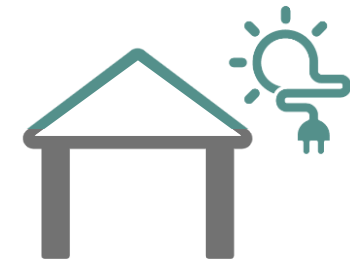
Variantes sur le parking

- Variante A :
 - Parking aérien uniquement
 - Performance de l'enveloppe : médiocre
 - Climatisation : 8 mois / an
- Variante B :
 - Parking aérien 50% et en sous-sol 50%
 - Performance de l'enveloppe : correcte
 - Climatisation + brasseurs d'air : 8 mois / an
- Variante C :
 - Parking en sous-sol (visiteurs et PMR en aérien uniquement)
 - Performance de l'enveloppe : élevée
 - Climatisation + brasseurs d'air : 3 mois / an – Ventilation naturelle + brasseurs d'air : 9 mois / an



Variantes sur la sur-toiture

- Variante B :
 - Sur-toiture tôle
 - Pas de production PV
- Variante B' :
 - Sur-toiture PV
 - Production PV pour compenser la consommation (E>0)



Variantes sur le restaurant d'entreprise

- Variante B :
 - Pas de restaurant d'entreprise
 - Repas apportés du domicile, livrés individuellement, à proximité à pieds ou aux alentours en voiture
- Variante B* :
 - Restaurant d'entreprise : 300 m² supplémentaires en structure métallique
 - Cuisine au gaz
 - Cafétéria bas carbone : produits locaux et de saison favorisés, proportion relative de plats végétariens

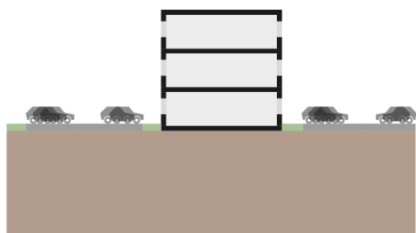
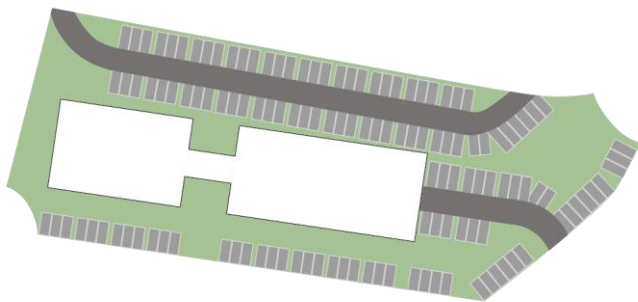




VARIANTES SUR LE PARKING - HYPOTHÈSES

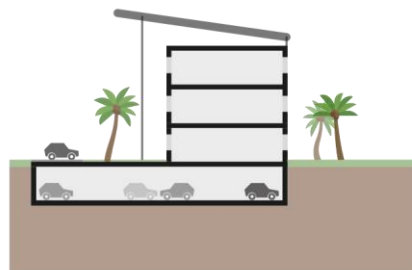
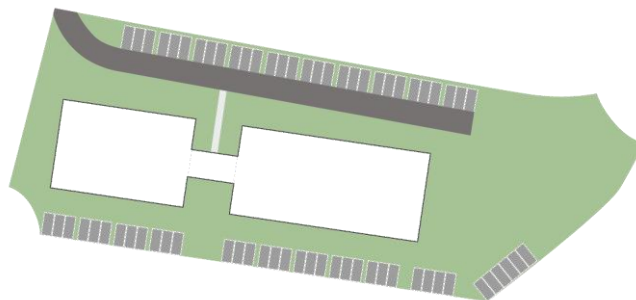
VARIANTE A

Pas de parking enterré
Parking aérien (100% des stationnements)
Végétalisation faible de la parcelle
Largeur du bâtiment : 22 m
Niveaux : R+2
Climatisation : 8 mois / an



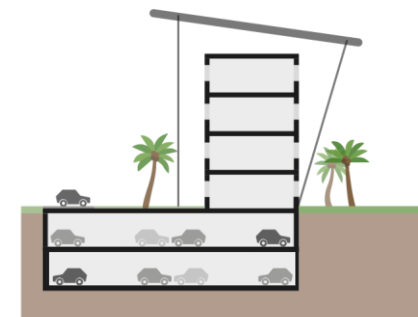
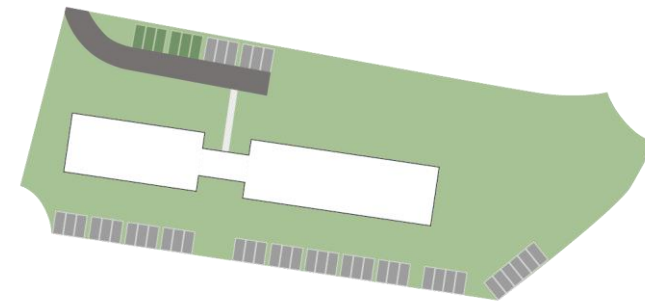
VARIANTE B

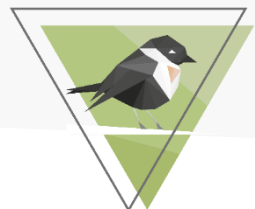
Parking enterré sur 1 niveau (50% des stationnements)
Parking aérien (50% des stationnements)
Végétalisation partielle de la parcelle
Largeur du bâtiment : 22 m
Niveaux : R+2
Climatisation + brasseurs d'air : 8 mois / an



VARIANTE C

Parking enterré sur 2 niveaux
Parking visiteurs (perméable) et PMR (enrobé) en aérien
Végétalisation importante de la parcelle
Largeur du bâtiment : 14 m (12 m + 2 m de coursive ext)
Niveaux : R+3
Climatisation : 3 mois / an - VNAT + BA : 9 mois / an





VARIANTES SUR LE PARKING - HYPOTHÈSES



Surfaces et données renseignées

VARIANTE A

Surface de la parcelle 6 300 m²
Surface utile 3 000 m²

Jardins 950 m²
Parking extérieur véhicules 3 400 m²
Cheminement extérieur piéton 150 m²
Planchers 5 400 m²
Sous-sols 0 m²
Façades 2 200 m²
Coursives extérieures 200 m²
Toitures 1 800 m²

Construction

Superstructure béton
Protections solaires (alu) 25% façade
Pas de sur-toiture

Energie

Rafrâichissement pour le confort
Performance de l'enveloppe médiocre
Zone en climatisation seule 3 000 m²
Durée de fonctionnement 8 mois / an

Déplacement

22 km domicile - travail

Restauration

Pas de restaurant d'entreprise

VARIANTE B

Surface de la parcelle 6 300 m²
Surface utile 3 000 m²

Jardins 1 500 m²
Parking extérieur véhicules 2 650 m²
Cheminement extérieur piéton 150 m²
Planchers 5 400 m²
Sous-sols 1 800 m²
Façades 2 200 m²
Coursives extérieures 200 m²
Toitures 1 800 m²

Construction

Superstructure béton
Protections solaires (alu) 75% façade
Sur-toiture tôle

Energie

Rafrâichissement pour le confort
Performance de l'enveloppe correcte
Zone en climatisation + BA 3 000 m²
Durée de fonctionnement 8 mois / an

Déplacement

22 km domicile - travail

Restauration

Pas de restaurant d'entreprise

VARIANTE C

Surface de la parcelle 6 300 m²
Surface utile 3 000 m²

Jardins 4 200 m²
Parking extérieur véhicules 450 m²
Cheminement extérieur piéton 150 m²
Planchers 5 400 m²
Sous-sols 4 000 m²
Façades 2 900 m²
Coursives extérieures 200 m²
Toitures 1 400 m²

Construction

Superstructure béton
Protections solaires (alu) 75% façade
Sur-toiture tôle

Energie

Rafrâichissement pour le confort
Performance de l'enveloppe performante
Zone en CLIM + VNAT + BA 3 000 m²
Durée de fonctionnement 3 mois / an

Déplacement

22 km domicile - travail

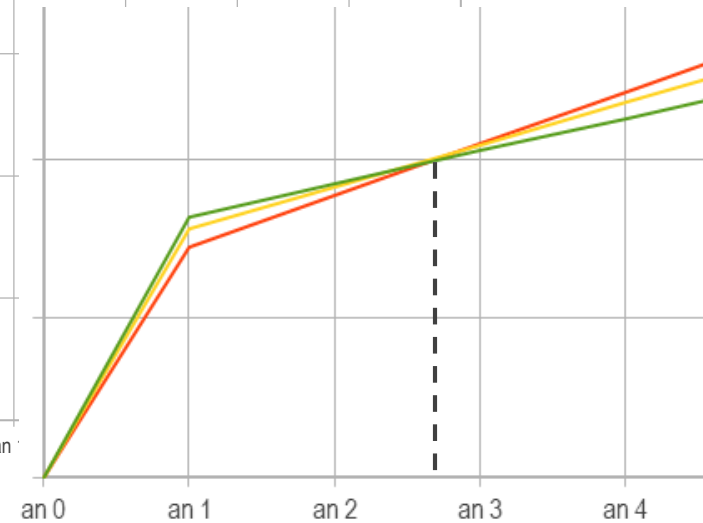
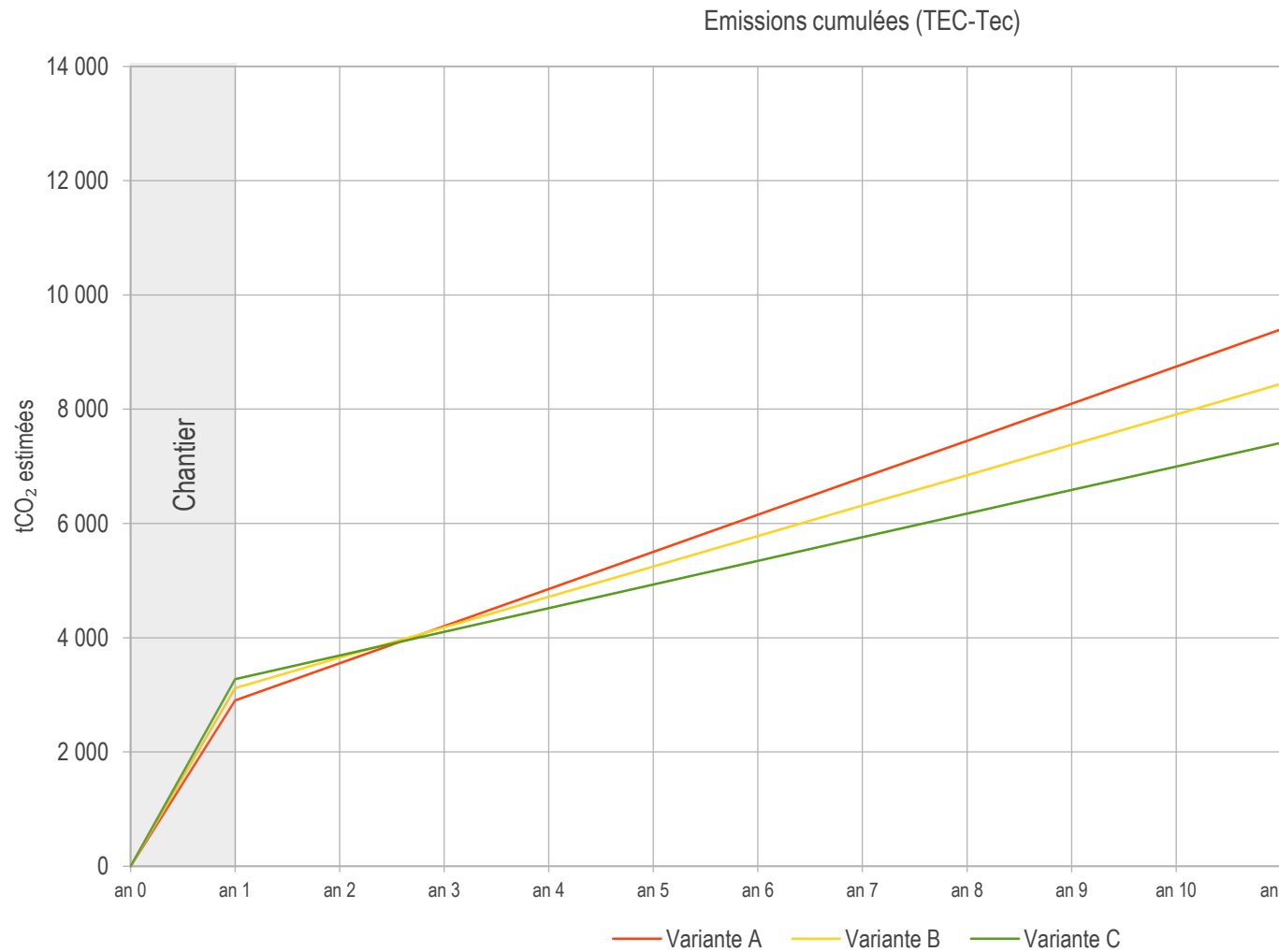
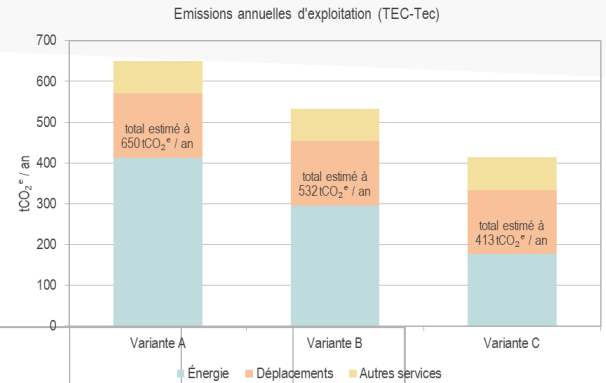
Restauration

Pas de restaurant d'entreprise



VARIANTES SUR LE PARKING - RÉSULTATS

| | Points TEC-Tec | Emissions de construction | Emissions d'exploitation |
|--------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Variante A : | 39 points | env. 2 900 t CO ₂ | env. 650 t CO ₂ /an |
| Variante B : | 47 points | env. 3 100 t CO ₂ | env. 530 t CO ₂ /an |
| Variante C : | 58 points | env. 3 300 t CO ₂ | env. 410 t CO ₂ /an |



Les émissions de construction de la variante C sont amorties par rapport à celles de la variante A au bout d'environ 2 ans d'exploitation



VARIANTES SUR LA SUR-TOITURE (TÔLE vs PHOTOVOLTAÏQUE)

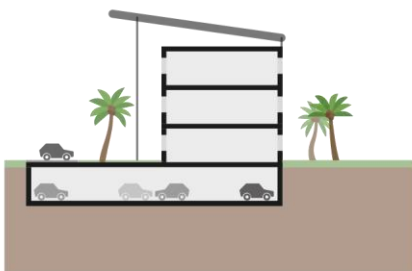
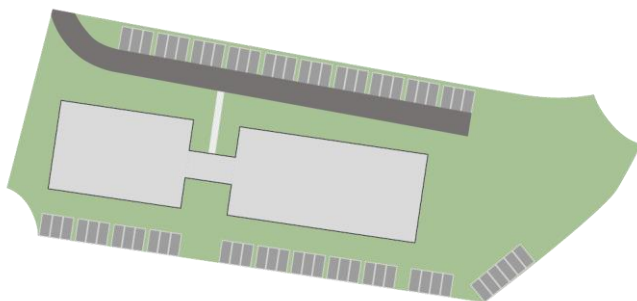


Données modifiées

VARIANTE B

Sur-toiture tôle de couleur claire
Pas de production d'énergie renouvelable

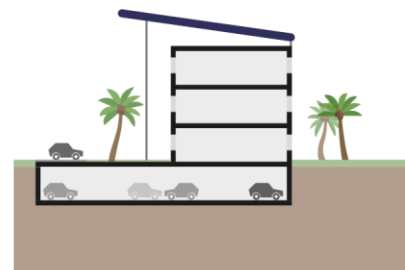
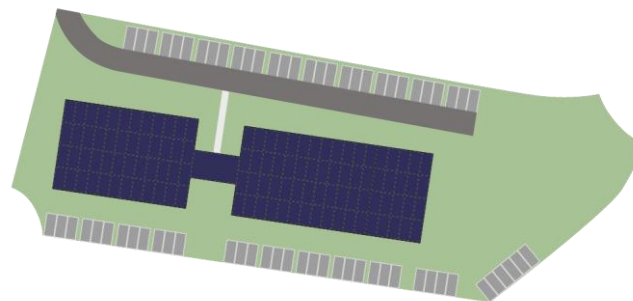
Variation d'albédo **30% d'éclaircissement**



VARIANTE B'

Sur-toiture photovoltaïque
Production PV : 185 kWc soit environ 1 500 m²
Compensation de la consommation du bâtiment (E>0)

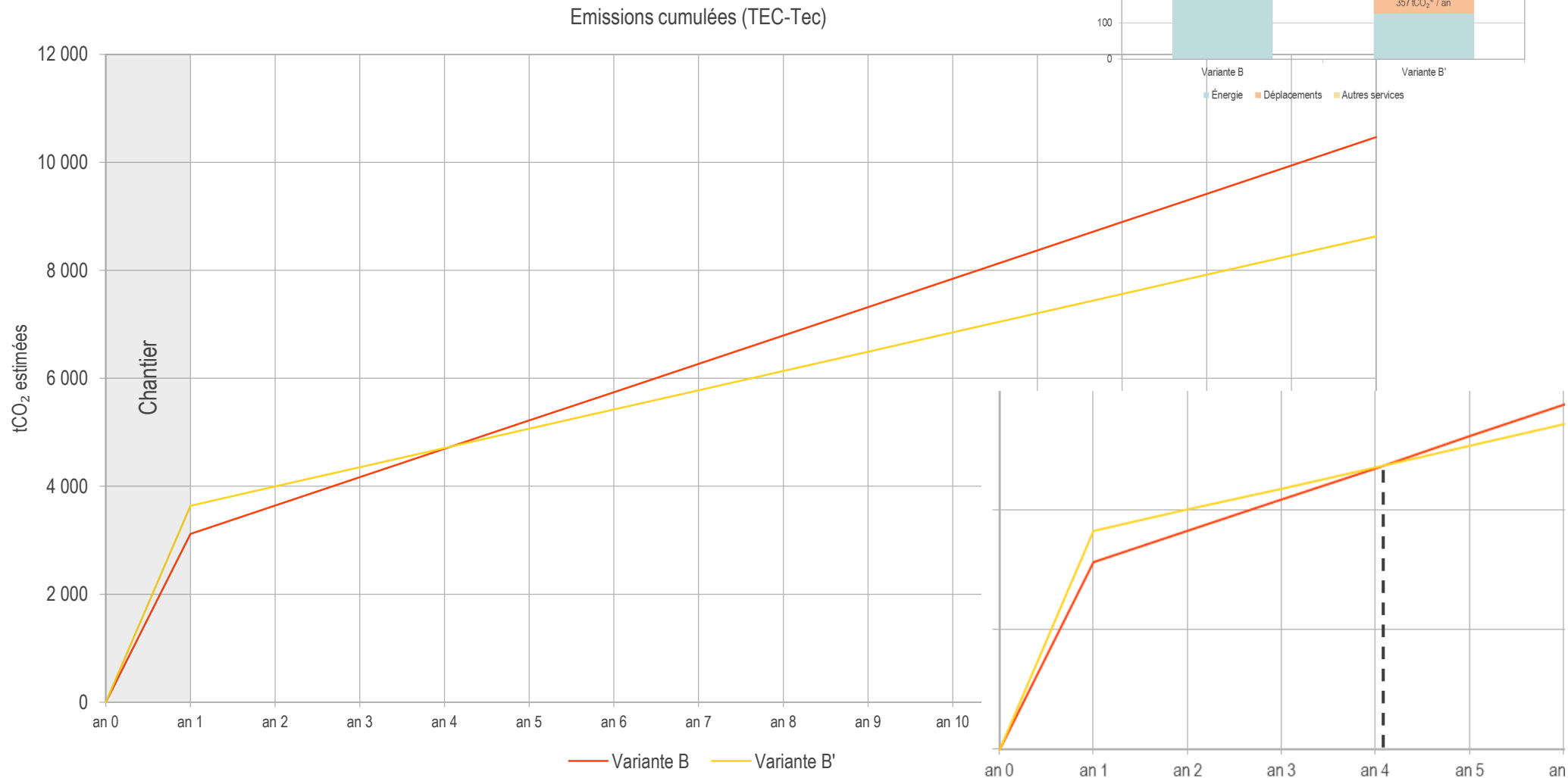
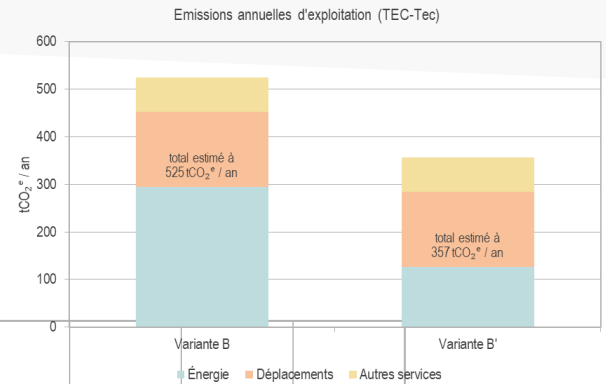
Variation d'albédo **30% de fonçage** (PV de couleur foncée)





VARIANTES SUR LA SUR-TOITURE (TÔLE vs PHOTOVOLTAÏQUE)

| | Points TEC-Tec | Emissions de construction | Emissions d'exploitation |
|---------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Variante B : | 47 points | env. 3 100 t CO ₂ | env. 520 t CO ₂ /an |
| Variante B' : | 60 points | env. 3 600 t CO ₂ | env. 360 t CO ₂ /an |



Les émissions de construction de la variante B' sont amorties par rapport à celles de la variante B au bout d'environ 3 ans d'exploitation



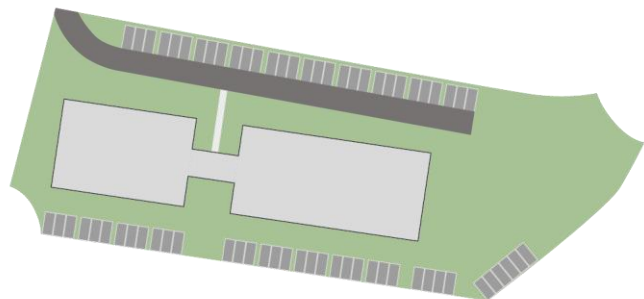
Données modifiées

VARIANTE B

Pas de restaurant d'entreprise

Répartition des repas du midi :

- 20% apportés du domicile
- 40% livrés individuellement
- 10% à proximité à pieds
- 30% aux alentours en voiture



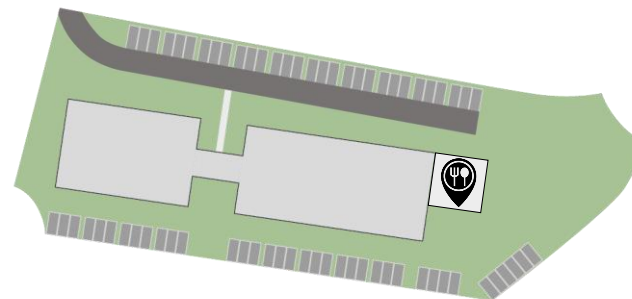
VARIANTE B*

Restaurant d'entreprise

300 m² supplémentaires
Cuisson au gaz

Répartition des repas du midi :

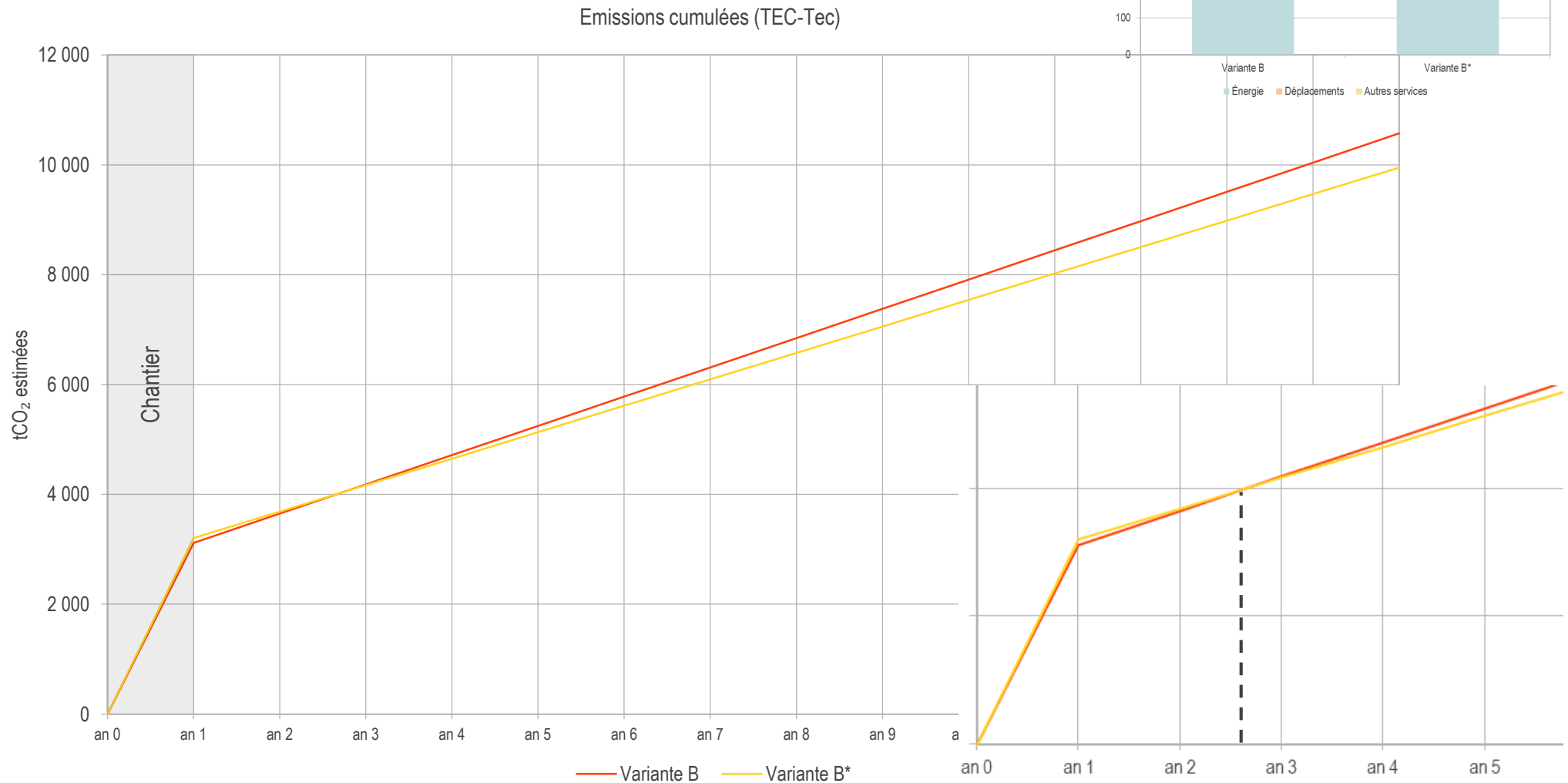
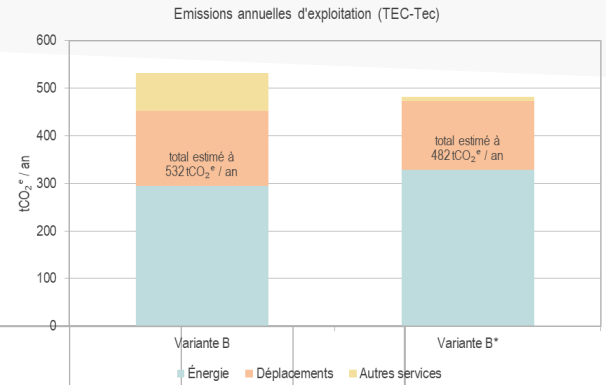
- 20% apportés du domicile
- 10% aux alentours en voiture
- 70% en cafétéria bas carbone : produits locaux et de saison favorisés, proportion relative de plats végétariens



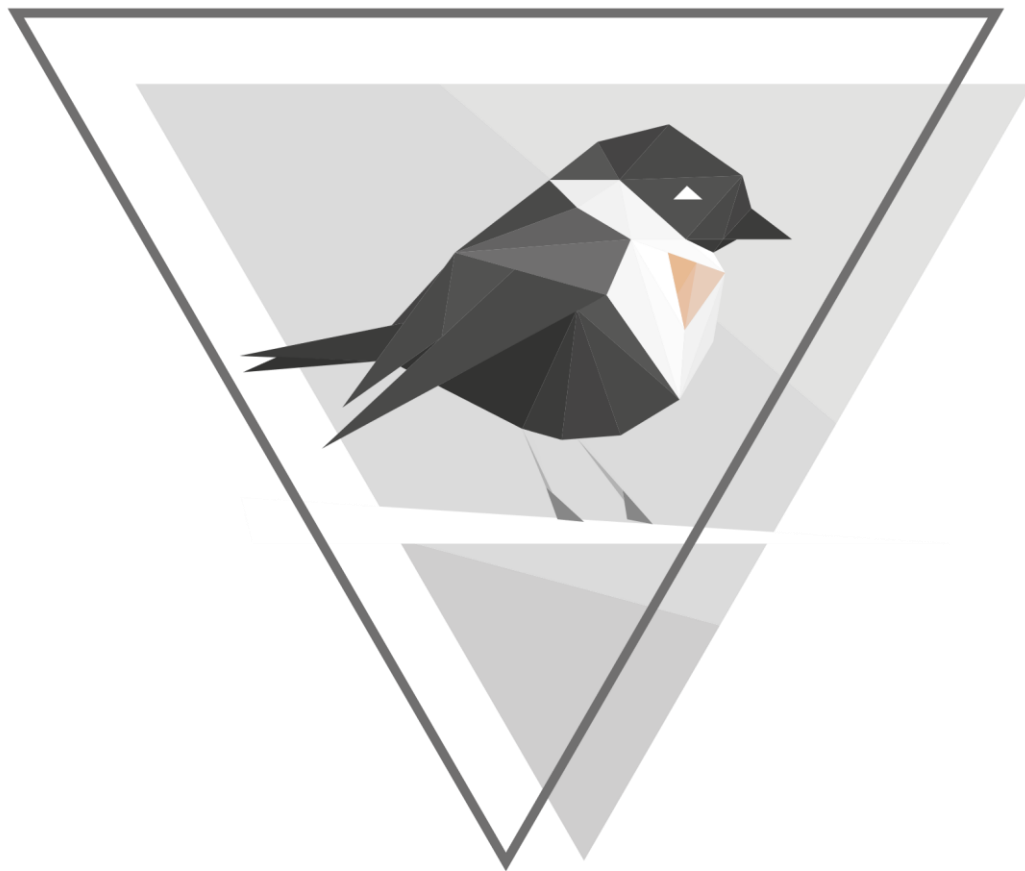


VARIANTES SUR LE RESTAURANT D'ENTREPRISE - RÉSULTATS

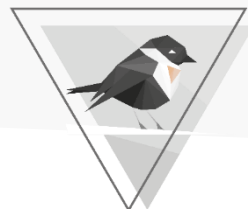
| | Points TEC-Tec | Emissions de construction | Emissions d'exploitation |
|---------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Variante B : | 47 points | env. 3 100 t CO ₂ | env. 530 t CO ₂ /an |
| Variante B* : | 52 points | env. 3 200 t CO ₂ | env. 480 t CO ₂ /an |



Les émissions de construction de la variante B* sont amorties par rapport à celles de la variante B au bout d'environ 1,5 ans d'exploitation

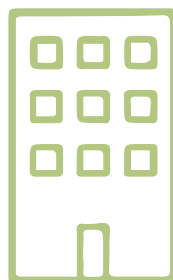


ANNEXES



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

TYPE DE BÂTIMENT



| | Répartition des déplacements | | | Repas | Conso. des prises de courant kWh/m ² .an | |
|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------|-----------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------|
| | Personnel | Élèves | Visiteurs | Quotidiens pour 1 000 m ² | Permanent | Intermittentes |
| Densité en m ² / personne avant répartition des déplacements | 15 | 2 | 5 | | | |
| Immeuble de bureaux | 90 % | 0 % | 10 % | 50 | 15 | 15 |
| Etablissement scolaire | 5 % | 95 % | 0 % | 400 | 4 | 4 |
| Université | 10 % | 40 % | 10 % | 300 | 4 | 4 |
| Autre tertiaire | 5 % | 0 % | 95 % | 100 | 4 | 4 |

NB : La somme des répartitions des déplacements pour les bâtiments universitaires n'est volontairement pas à 100% car on considère que les déplacements des étudiants ne sont pas nécessairement quotidiens.



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

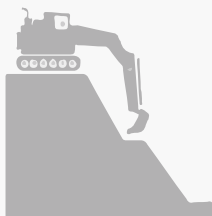
(intègrent les sources d'approvisionnement spécifiques et leur acheminement jusqu'à La Réunion)

CONSTRUCTION



Conception

- Trajet entre La Réunion et la métropole 4 000 kg CO₂^e / ARM



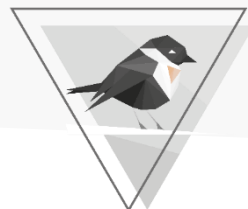
Changement d'affectation des sols

- Artificialisation nette 20 kgCO₂^e / m²



Voirie et traitement paysager d'affectation des sols

- | | | | |
|---------------------------|------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------|
| • Artificialisation nette | 20 kgCO ₂ ^e / m ² | • Enrobé neuf | 40 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Végétalisation | - 10 kgCO ₂ ^e / m ² | • Dallage en béton | 50 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Enrobé neuf | 60 kgCO ₂ ^e / m ² | • Matériau perméable | 20 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Dallage en béton | 60 kgCO ₂ ^e / m ² | • Murets maçonnés | 200 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Pavage béton enherbé | 25 kgCO ₂ ^e / m ² | • Mur de soutènement | 40 kgCO ₂ ^e / m ² |



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

91

CONSTRUCTION



Fondations

- | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------|
| • Terrassements généraux | 10 kg CO ₂ ^e / m ³ | • Pieux béton | 36 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Nivellement dans la roche | 10 kg CO ₂ ^e / m ³ | • Micropieux | 24 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Sans | 0 m | • Radier | 60 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Moins d'un mètre | 0,67 m | • Superficielles | 18 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Environ deux mètres | 2 m | | |

Infrastructure

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|
| • Sous-sols | 144 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Plus-value poutres de reprise | 35 kgCO ₂ ^e / m ² |

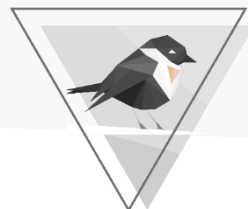


Planchers

- | | | | |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|
| • Béton | 90 kgCO ₂ ^e / m ² | • Ossature et platelage bois | - 20 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Collaborant métal-béton | 120 kgCO ₂ ^e / m ² | • Bois plein (CLT) | - 80 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Collaborant bois-béton | 0 kgCO ₂ ^e / m ² | | |

Ossature principale

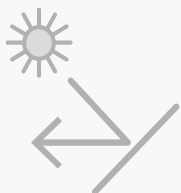
- | | |
|-----------------------------|----------------------------------------------------|
| • Voiles de refend en béton | 71 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Murs en matériaux locaux | 15 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Ossature béton | 21 kgCO ₂ ^e / m ² |



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

92

CONSTRUCTION



Remplissage de façade

- | | | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------|
| • Voiles béton | 70 kgCO ₂ ^e / m ² | • Mur rideau acier et aluminium | 130 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Maçonnerie | 35 kgCO ₂ ^e / m ² | • Châssis acier vitré | 115 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Métallique | 80 kgCO ₂ ^e / m ² | • Châssis aluminium vitré | 105 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Mur en terre | 5 kgCO ₂ ^e / m ² | • Châssis PVC vitré | 85 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Ossature bois | -15 kgCO ₂ ^e / m ² | • Châssis bois vitré | 40 kgCO ₂ ^e / m ² |

Revêtement de façade

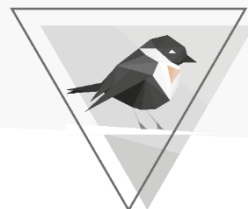
- | | | | |
|-----------------------|----------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------|
| • Peinture | 1 kgCO ₂ ^e / m ² | • Bardage acier | 35 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Enduit | 8 kgCO ₂ ^e / m ² | • Bardage aluminium | 80 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Briquette ou pierre | 20 kgCO ₂ ^e / m ² | • Bardage bois | 0 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Panneaux minéraux | 45 kgCO ₂ ^e / m ² | | |

Protection solaires extérieures

- | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|
| • Brise-soleil en toile ou en bois | 0 kgCO ₂ ^e / m ² | • Casquette (et/ou joue) bois | -10 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Brise-soleil en aluminium | 100 kgCO ₂ ^e / m ² | • Casquette (et/ou joue) métal | 30 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Motorisation des brise-soleil | 10 kgCO ₂ ^e / m ² | • Casquette (et/ou joue) béton | 40 kgCO ₂ ^e / m ² |

Toiture

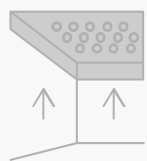
- | | | | |
|------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|
| • Dalle béton | 108 kgCO ₂ ^e / m ² | • Revêtement d'étanchéité | 20 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Plancher bois | -20 kgCO ₂ ^e / m ² | • Couverte en tôle | 20 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Charpente métallique | 40 kgCO ₂ ^e / m ² | • Couverture biosourcée | -5 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Charpente bois | -20 kgCO ₂ ^e / m ² | | |



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

93

CONSTRUCTION

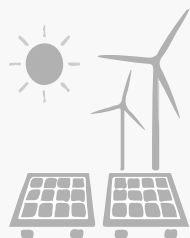


Isolation

- | | | | |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| • Toiture | 10 kg CO ₂ ^e / m ³ | • Isolant biosourcé | -1 (coefficient) |
| • Sans isolant | 0 (coefficient) | • Façades avec isolant conventionnel | 20 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Isolant conventionnel | 1 (coefficient) | • Façades avec isolant biosourcé | -10 kgCO ₂ ^e / m ² |

Habillages intérieur

- | | |
|---------------------------|----------------------------------------------------|
| • Faux-plafond minéral | 25 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Faux-plancher technique | 40 kgCO ₂ ^e / m ² |



Production locale d'EnR

8 m² PV / kWc

- | | |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| • Installation solaire thermique | 80 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Installation photovoltaïque sans batterie | 2 000 kgCO ₂ ^e / kWc |
| • Installation photovoltaïque avec batteries | 3 000 kgCO ₂ ^e / kWc |



Variation d'albédo

- | | |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| • Ton presque inchangé | 0 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Fonçage (couleur foncée → noir) | 32 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Eclaircissement (couleur foncée → couleur moyenne) | -48 kgCO ₂ ^e / m ² |
| • Fort éclaircissement (couleur foncée → couleur très claire) | -96 kgCO ₂ ^e / m ² |



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

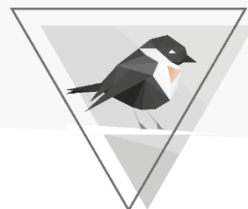
CONSTRUCTION



Installation de chantier **30 kgCO₂^e / m² de SdP**

- Conventiionnelle 1 (coefficient)
- Chantier vert 0,8 (coefficient)

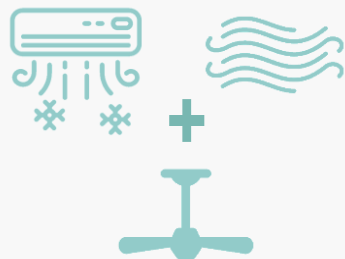
Autres corps d'états **100 kgCO₂^e / m² de SU**



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

95

ÉNERGIE



Rafrâichissement pour le confort

0,650 kg CO₂^e / kWh

Zone en ventilation naturelle + brasseurs d'air

- Performance de l'enveloppe et de son environnement
 - Médiocre 6 W / m²
 - Correcte 4 W / m²
 - Performante 3 W / m²

Zone en climatisation + ventilation naturelle + brasseurs d'air

- Performance de l'enveloppe et de son environnement
 - Médiocre 30 W / m²
 - Correcte 20 W / m²
 - Performante 10 W / m²
- Durée de fonctionnement de la climatisation
 - Très faible (environ 1 mois 1/2) 1,5 mois / an
 - Occasionnelle (environ 3 mois) 3 mois / an
 - Fréquente (environ 6 mois) 6 mois / an

Zone en climatisation + brasseurs d'air

- Performance de l'enveloppe et de son environnement
 - Médiocre 30 W / m²
 - Correcte 20 W / m²
 - Performante 10 W / m²
- Durée de fonctionnement de la climatisation
 - Fréquente (environ 8 mois) 8 mois / an
 - Permanente (environ 12 mois) 12 mois / an



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

96

ÉNERGIE



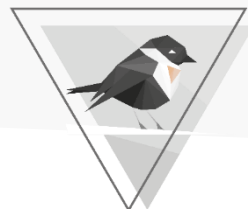
Zone en climatisation seule (hors locaux techniques)

- Performance de l'enveloppe et de son environnement
 - Médiocre 50 W / m²
 - Correcte 35 W / m²
 - Performante 20 W / m²
- Durée de fonctionnement
 - Fréquente (environ 8 mois) 8 mois/an
 - Permanente (environ 12 mois) 12 mois/an
- Fuite de fluide frigorigène 2 000 kg CO₂^e / kg HFC
- Charge en fluide HFC 0,4 kg HFC / kW frigo.
- Taux de fuite 13 % / an



Éclairage intérieur

- Proportion d'éclairage standard (vs surface de vente)
 - Fort (surface de vente) 10 (coefficient)
- Performance des équipements et optimisation d'installation
 - Faible 5 W / m²
 - Moyenne 4 W / m²
 - Élevée 3 W / m²
- Plage de fonctionnement
 - 2 heures / jour
 - 4 heures / jour
 - 7 heures / jour
 - 12 heures / jour



ÉNERGIE



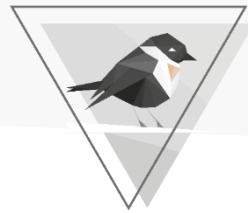
Éclairage extérieur **0,750 kg CO₂^e / kWh**

- Gestion de l'éclairage
 - Horloge simple 1,0 (coefficient)
 - Horloge astronomique 0,8 (coefficient)
 - Détection de présence 0,4 (coefficient)
 - Interrupteurs temporisés 0,2 (coefficient)
- Zone éclairée
 - Extérieur complet à 20 lux 9 kWh / m² / an
 - Ch. piéton à 20 lux + façades 6 kWh / m² / an
 - Cheminement piéton à 20 lux 3 kWh / m² / an



Traitement d'air technique **0,750 kg CO₂^e / kWh**

- Locaux techniques climatisés
 - Fuite de fluide frigorigène 2 000 kg CO₂^e / kg HFC
 - Puissance installée avec fluide HFC 2,7 kg HFC / split
- Installation VMC des sanitaires
 - Oui 1
 - Non 0
 - Consommation unitaire 2,2 kWh / m²



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

98

ÉNERGIE



Forces motrices

0,750 kg CO₂^e / kWh

- Consommation unitaire 1 000 kWh / ascenseur



Cuisine

- Consommation de gaz 0,300 kg CO₂^e / kWh
- Consommation électrique 0,650 kg CO₂^e / kWh
- Type de cuisine
 - Sans production locale 0 kWh / m² / an
 - Liaison froide électrique 350 kWh / m² / an
 - Liaison froide gaz 250 kWh / m² / an
 - Liaison chaude électrique 400 kWh / m² / an
 - Liaison chaude gaz 150 kWh / m² / an
- Eau chaude pour la cuisine
 - Sans (ou sur ECS) 0 kWh / m² / an
 - Électrique 150 kWh / m² / an
 - Solaire + appoint électrique 50 kWh / m² / an
 - Thermodynamique 60 kWh / m² / an
 - Gaz 0 kWh / m² / an



ÉNERGIE



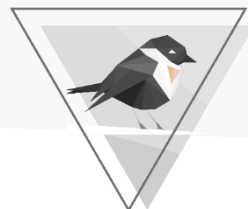
Prises de courant

- Sans gestion 1,00 kWh / m² / an
- Extinction auto. des veilles 0,75 kWh / m² / an
- Prises de courant permanentes 0,750 kg CO₂^e / kWh
- Bureautique
 - Standard 1,0 kWh / m² / an
 - A faible consommation 0,5 kWh / m² / an
 - Prises de courant intermittentes 0,700 kg CO₂^e / kWh



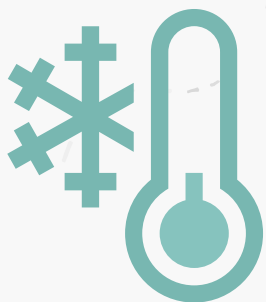
Eau chaude sanitaire

- Consommation unitaire
 - Sans 0 kWh / m² / an
 - 100 % solaire 0,2 kWh / m² / an
 - Solaire + Appoint électrique 2 kWh / m² / an
 - Thermodynamique 2 kWh / m² / an
 - Ballon élec. à accumulateur 5 kWh / m² / an
 - Chauffe-eau instantané 10 kWh / m² / an



ANNEXE - FACTEURS DE CALCUL DE TEC-Tec

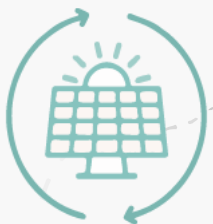
ÉNERGIE



Froid commercial

0,700 kg CO₂^e / kWh

- Performance des chambres froides
 - Faible 3 000 kWh / m² / an
 - Moyenne 2 500 kWh / m² / an
 - Élevée 2 000 kWh / m² / an
- valeur froid négatif
 - Faible 6 000 kWh / m² / an
 - Moyenne 5 000 kWh / m² / an
 - Élevée 4 000 kWh / m² / an
- Performance des meubles frigorifiques de vente
 - Faible 4 000 kWh / ml / an
 - Moyenne 3 000 kWh / ml / an
 - Élevée 2 000 kWh / ml / an



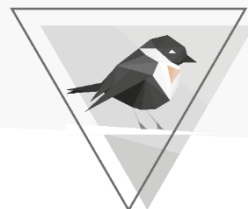
Production d'électricité

- En phase avec l'ensoleillement -0,650 kg CO₂^e / kWh
- Lissée grâce aux batteries -0,750 kg CO₂^e / kWh



Commissionnement et exploitation

- Commissionnement
 - Oui 1,0 (coefficient)
 - Non 1,2 (coefficient)
- Gestion de l'exploitation
 - Non 1,2 (coefficient)
 - Partielle 1,0 (coefficient)
 - Totale 0,8 (coefficient)



EXEMPLE DE CALCUL DE LA CONSOMMATION LIÉE AU RAFRAICHISSEMENT POUR LE CONFORT

Pour une surface utile de 1 000 m²

Facteur d'émission pour ce poste **0,650 kg CO₂^e/kWh_{EF}**
Correspondant aux usages électriques effectifs en milieu de journée de semaine



Zone en ventilation naturelle + brasseurs d'air 1 000 m²

Performance de l'enveloppe : correcte

Calcul de la consommation : 4 W/m² x 6 mois / an x 10 heures / jour x 20 jours / mois = 4 800 kWh/an
Soit **4,8 kWh/m².an**



Zone en climatisation + ventilation naturelle + brasseurs d'air 1 000 m²

Performance de l'enveloppe : performante

Durée de fonctionnement de la clim : très faible

Calcul de la consommation : 10 W/m² x 1,5 mois / an x 10 heures / jour x 20 jours / mois (CLIM)
3 W/m² x 6 mois / an x 10 heures / jour x 20 jours / mois (BA)
= 6 600 kWh/an

Soit **6,6 kWh/m².an**



EXEMPLE DE CALCUL DE LA CONSOMMATION LIÉE À L'ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR

Pour une surface utile de 1 000 m²

Facteur d'émission pour ce poste **0,750 kg CO₂^e/kWh_{EF}**

Correspondant aux usages électriques effectifs en continu ou la nuit (et pas uniquement en milieu de journée et en semaine)



Le choix du mode de gestion de l'éclairage extérieur induit un coefficient de foisonnement :

- | | |
|----------------------------|--------------------|
| - Horloge simple | Foisonnement = 1 |
| - Horloge astronomique | Foisonnement = 0,8 |
| - Détection de présence | Foisonnement = 0,4 |
| - Interrupteurs temporisés | Foisonnement = 0,2 |

Le choix des zones éclairées donne le ratio de consommation moyen :

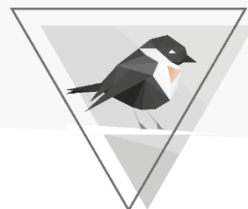
- | | |
|-----------------------------------------|----------------------------------|
| - Extérieur complet à 20 Lux | Ratio = 9 kWh/m ² .an |
| - Cheminement piéton à 20 Lux + façades | Ratio = 6 kWh/m ² .an |
| - Cheminement piéton à 20 Lux | Ratio = 3 kWh/m ² .an |

Calcul de la consommation = ratio x foisonnement

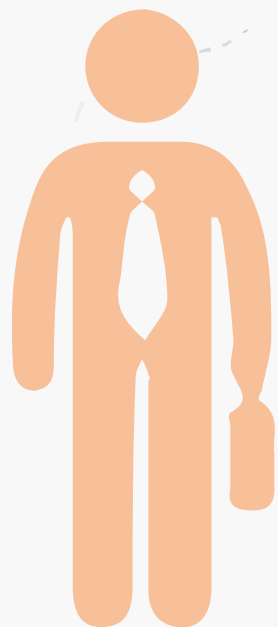
Exemple : détection de présence et cheminement piéton à 20 Lux + façades

Consommation = 6 kWh/m².an x 0,4 x 1 000 m² = 2 400 kWh/an

Ratio = **2,4 kWh/m².an**



DÉPLACEMENTS

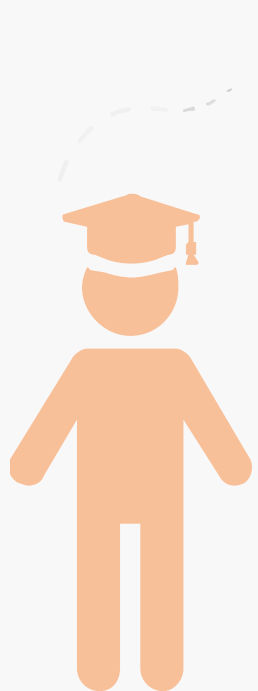


Personnel

- Distance moyenne depuis le domicile 80 kg CO₂^e / km aller
(0,2 kg CO₂^e / km parcouru x 200 trajets AR / an)
- Taux de télétravail (ou de tiers-lieu local) moitié transfert modal
- Disponibilité de transports en commun 20 % transfert modal
 - Aucune 0 (coefficient)
 - Faible 0,2 (coefficient)
 - Une ligne à proximité 0,5 (coefficient)
 - Maillage à proximité 1 (coefficient)
- Emplacements de voitures électriques 20 % transfert modal
 - Aucun 0 (coefficient)
 - Symboliques 0,2 (coefficient)
 - Nombreux 0,5 (coefficient)
 - Nombreux + pool de VE 1 (coefficient)
- Emplacements pour deux-roues 20 % transfert modal
 - Aucun 0 (coefficient)
 - Abri mis en valeur 0,2 (coefficient)
 - Local sécurisé et bornes élec. 0,5 (coefficient)
 - Local sécurisé et offre de VAE 1 (coefficient)

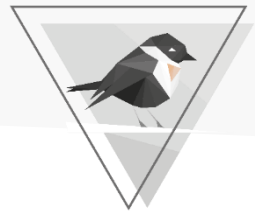


DÉPLACEMENTS

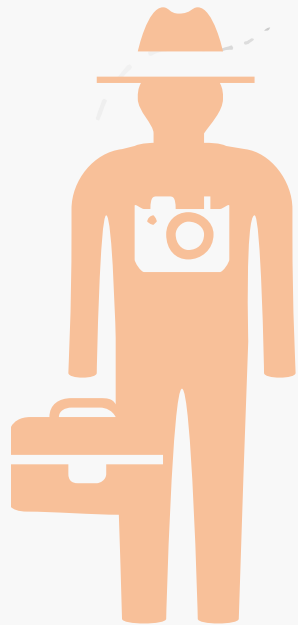


Élèves ou étudiants

- Distance moyenne depuis le domicile 40 kg CO₂^e / km aller
(0,1 kg CO₂^e / km parcouru x 200 trajets AR / an)
- Taux de télétravail (ou de tiers-lieu local) moitié transfert modal
- Disponibilité de transports en commun 40 % transfert modal
 - Aucune 0 (coefficient)
 - Faible 0,2 (coefficient)
 - Une ligne à proximité 0,5 (coefficient)
 - Maillage à proximité 1 (coefficient)
- Emplacements de voitures électriques 10 % transfert modal
 - Aucun 0 (coefficient)
 - Symboliques 0,2 (coefficient)
 - Nombreux 0,5 (coefficient)
 - Nombreux + pool de VE 1 (coefficient)
- Emplacements pour deux-roues 30 % transfert modal
 - Aucun 0 (coefficient)
 - Abri mis en valeur 0,2 (coefficient)
 - Local sécurisé et bornes élec. 0,5 (coefficient)
 - Local sécurisé et offre de VAE 1 (coefficient)

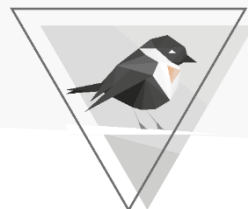


DÉPLACEMENTS



Visiteurs

- Distance moyenne du détour 80 kg CO₂^e / km aller
(0,2 kg CO₂^e / km parcouru x 200 trajets AR / an)
- Disponibilité de transports en commun 20 % transfert modal
 - Aucune 0 (coefficient)
 - Faible 0,2 (coefficient)
 - Une ligne à proximité 0,5 (coefficient)
 - Maillage à proximité 1 (coefficient)
- Emplacements de voitures électriques 10 % transfert modal
 - Aucun 0 (coefficient)
 - Symboliques 0,2 (coefficient)
 - Nombreux 0,5 (coefficient)
 - Nombreux + pool de VE 1 (coefficient)
- Emplacements pour deux-roues 20 % transfert modal
 - Aucun 0 (coefficient)
 - Abri mis en valeur 0,2 (coefficient)
 - Local sécurisé et bornes élec. 0,5 (coefficient)
 - Local sécurisé et offre de VAE 1 (coefficient)



AUTRES SERVICES



Restauration du midi

- Apportée du domicile 0 kgCO₂^e / repas
- Livrée individuellement 0,5 kgCO₂^e / repas
- De proximité à pieds 0 kgCO₂^e / repas
- Aux alentours en voiture 1,0 kgCO₂^e / repas
- En cafétéria standard -0,2 kgCO₂^e / repas
- En cafétéria bas carbone -1,2 kgCO₂^e / repas



Activité commerciale

- Surface de vente alimentaire 600 kgCO₂^e / m²
- Surface de vente non alimentaire 200 kgCO₂^e / m²



Adduction d'eau

- Consommation annuelle eau de réseau 0,200 kg CO₂^e / m³
- Récupération et réutilisation d'eau pluviale 0,050 kg CO₂^e / m³
- Non 0 (coefficient)
- Partielle 0,2 (coefficient)
- Totale 0,8 (coefficient)



Traitement des déchets

- Production annuelle 250 kg CO₂^e / t
- Tri sélectif 50 kg CO₂^e / t
- Non 0 (coefficient)
- Partielle 0,2 (coefficient)
- Totale 0,8 (coefficient)