

Februari 2023

Ontwerp van gedeeltelijke wijziging van het GBP – GGB 15  
'Heizel'

## Milieueffectenrapport

### **Bijlage 1 : Koolstofbalans**



## Inhoudsopgave

1. ALGEMENE METHODOLOGIE .....	2
1.1. Inleiding .....	2
1.2. Analyseperimeter .....	2
1.3. Beheer van de berekeningen en gegevensbronnen .....	3
1.4. Voorzorgsmaatregelen eigen aan dit type beoordeling .....	5
2. HYPOTHESES EN RESULTATEN .....	5
2.1. Algemene hypotheses .....	5
2.2. Bouwluik .....	7
2.2.1. Hypotheses .....	7
2.2.2. Resultaten .....	17
2.3. Exploitatieluik .....	23
2.3.1. Hypotheses .....	23
2.3.2. Resultaten .....	34
2.4. Mobiliteitsluik .....	38
2.4.1. Hypotheses .....	38
2.4.2. Resultaten .....	42
2.5. Algemene resultaten .....	45
2.6. Verbeteringspistes en alternatieven .....	47
2.6.1. Bouw – Alternatieve structuur .....	47
2.6.2. Bouw – Schrapping ondergrondse parkings .....	49
3. AANBEVELINGEN .....	51
4. CONCLUSIES .....	52
5. REFERENTIES .....	55
5.1. Referentiekader .....	55
5.2. Publicaties .....	55
5.3. Geraadpleegde websites .....	56
6. BIJLAGEN .....	57
6.1. Emissiefactoren voor de personenwagen .....	57

# 1. Algemene methodologie

## 1.1. Inleiding

Het doel van deze koolstofbalans is het evalueren van de broeikasgasemissies die worden veroorzaakt door de uitvoering van GGB nr. 15 - Heizel, volgens de twee uitvoeringshypotheses: met en zonder BBP.

In het algemeen bestaat het principe van de berekening van een koolstofbalans erin de emissies van de beschouwde bronnen van broeikasgassen bij elkaar op te tellen. Voor een bepaalde bron zijn de emissies gelijk aan het product van een activiteitsgegeven (AG) en de overeenkomstige emissiefactor (EF).

Het activiteitsgegeven kan gedefinieerd worden als een '*kwantitatieve meting van de activiteit die de emissie van broeikasgassen veroorzaakt*'. Het kan gaan om hoeveelheden materiaal (m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>, ton, enz.), passagierkilometers in verband met het door het project gegenereerde vervoer, energieverbruik (kWh gas, elektriciteit, enz.), enz.

De emissiefactor kan worden gedefinieerd als de '*factor die activiteitsgegevens relateert aan broeikasgasemissies of -verwijderingen*'. Hij wordt uitgedrukt in massa CO<sub>2</sub>-equivalent per eenheid van het activiteitsgegeven (ton materiaal, passagierkilometers, kWh, enz.).

Emissies kunnen bestaan uit verschillende broeikasgassen, waaronder, naast CO<sub>2</sub>, methaan (CH<sub>4</sub>), distikstofoxide (N<sub>2</sub>O), fluorkoolwaterstoffen (HFK's), zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>), perfluorkoolwaterstoffen (PFK's), enz. Om de emissies van verschillende gassen te kunnen vergelijken en een balans op te maken, is het nodig deze om te rekenen in **ton CO<sub>2</sub>-equivalent**. Deze omrekening bestaat uit de vermenigvuldiging van het product 'activiteitsgegeven x emissiefactor' met de GWP<sup>1</sup> ('Global Warming Power', aardopwarmingsvermogen of -potentieel) die met het respectieve gas overeenkomt.

In de rest van dit rapport worden de emissies uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-equivalent.

## 1.2. Analyseperimeter

De evaluatie heeft betrekking op 3 luiken:

- De emissies in verband met de **bouw van de gebouwen** ('Bouwluik');
- De emissies in verband met de **exploitatie van de gebouwen**, in dit geval bestaande uit het energieverbruik dat door het gebruik ervan wordt gegenereerd ('Exploitatieluik');
- De emissies in verband met de door het project gegenereerde **mobiliteit** ('Mobiliteitsluik').

Wat de bouw betreft, houdt de koolstofbalans alleen rekening met de elementen van de buitenschil en de vloeren en belangrijkste binnenmuren van de verschillende gebouwen. De

<sup>1</sup> Aardopwarmingspotentieel: '*term die gebruikt wordt om de relatieve kracht van een broeikasgas (BKG) te beschrijven, rekening houdend met de tijd dat het actief blijft in de atmosfeer. Momenteel wordt het aardopwarmingspotentieel berekend over een periode van 100 jaar. Koolstofdioxide wordt beschouwd als het referentiegas en krijgt een GWP gelijk aan 1 per 100 jaar.*'  
[Bron: Eurostat]

emissies in verband met de vervaardiging van technische installaties, meubilair, enz. worden hier niet in aanmerking genomen. Ook andere elementen, zoals de aanleg van wegen en openbare ruimten, genereren broeikasgasemissies. Gezien het relatieve belang van de bouwwerken ten opzichte van deze ontwikkelingen en de onzekerheden in verband met de lage definitie van het project, aangezien het om een plan gaat, zijn deze emissies in deze studie buiten beschouwing gelaten. Hetzelfde geldt voor de sloop van bestaande gebouwen, die tot marginale emissies leidt, aangezien de vloeroppervlakten van de betrokken gebouwen zeer beperkt zijn in vergelijking met die van nieuwe constructies.

Wat de exploitatie betreft, zijn de emissies ten gevolge van het energieverbruik in verband met de buitenuitrusting (verlichting, straatmeubilair, enz.) niet in aanmerking genomen, evenmin als die ten gevolge van de watervoorziening van de stad en het afvalwaterbeheer.

Om de drie componenten in een benadering van het ontwikkelingsproject van het type levenscyclusanalyse in perspectief te plaatsen, werd willekeurig een **tijdsbestek van 60 jaar** vastgesteld. Het betreft hier een conventionele duur die doorgaans voor dit type analyse in aanmerking wordt genomen<sup>2</sup>. In werkelijkheid zou de levenscyclus van bouwmaterialen langer moeten zijn, in het belang van een rationeel en duurzaam gebruik van hulpbronnen. Daarom wordt hier uitgegaan van een periode van 2031 tot 2090.

### 1.3. Beheer van de berekeningen en gegevensbronnen

Om de beoordeling van de broeikasgasemissies tot een goed einde te brengen, werd een rekentool in Excel ontwikkeld die rekening houdt met de specifieke kenmerken van de beoordeling van een plan van aanleg wat betreft de soorten gegevens die beschikbaar zijn. Dit bestand bevat een rekestabblad per onderdeel.

Aangezien het gaat om een koolstofbalans met betrekking tot een plan van aanleg en niet om een welomschreven infrastructuurproject waarvoor mogelijk gedetailleerde informatie beschikbaar is (opmetingsstaat, aard van de materialen, enz.), moet voor elk van de twee scenario's (met en zonder BBP) eerst een **spatialisering** worden uitgevoerd op basis van algemene stedenbouwkundige gegevens (programma, enz.). Deze bestaat uit het bepalen van de geometrie van fictieve gebouwen (aantal, grootte, vloeroppervlak, kelder), bepaald voor elke opdracht, volgens algemene stedenbouwkundige gegevens (vloeroppervlakten, maximale grondinnames van de constructies).

Het eerste deel van het **Bouwluik** bestaat vervolgens uit het specificeren van deze geometrie van de constructies, door het bepalen van de oppervlakken van de belangrijkste gebouwonderdelen (gevels, vloeren, vloerplaten, muren tegen de grond in kelders, enz.), die de activiteitsgegevens vormen van waaruit de emissies worden berekend. In een tweede stap worden de emissiefactoren per oppervlakte-eenheid bepaald met behulp van de *One Click LCA*-software. Deze software is bedoeld om de milieueffecten van gebouwen en infrastructuren over hun gehele levenscyclus te evalueren. Daartoe zijn typische gevelsamenstellingen gecreëerd die representatief zijn voor de huidige prestatienormen.

Voor het **Exploitatieluik** bestaat de beoordeling uit het bepalen van het specifieke eindverbruik van energie voor elk gebruik (voor zowel bestaande als nieuwe gebouwen), in

<sup>2</sup> Met name in de Belgische TOTEM-tool (Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials), alsook in de BREEAM- en LEED-certificeringen, waar een minimale levensduur van 60 jaar in aanmerking wordt genomen.

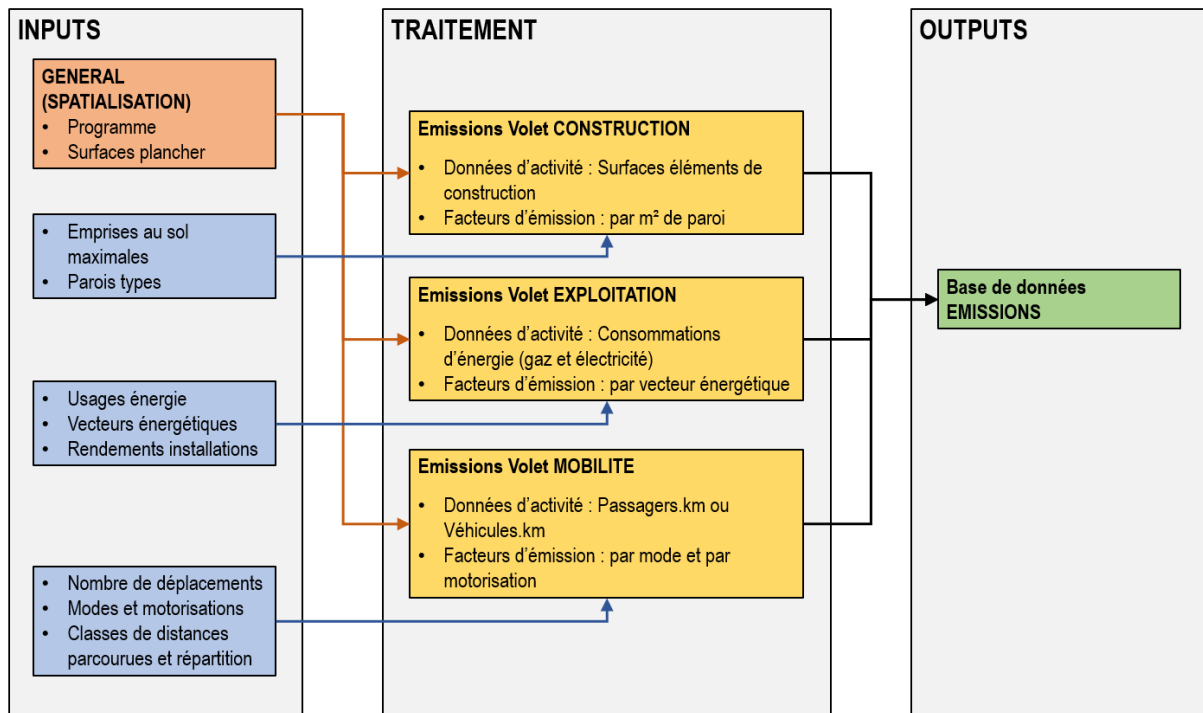
functie van de energievectoren (gas en elektriciteit), het gebruik en de efficiëntie van de technische installaties (verwarming, SWW<sup>3</sup> en koeling). Dit verbruik wordt vervolgens vermenigvuldigd met de overeenkomstige vloerooppervlakten en omgezet in broeikasgasemissies met behulp van emissiefactoren uit verschillende literatuurbronnen.

Wat ten slotte het luik **Mobiliteit** betreft, is de beoordeling gebaseerd op het aantal wekelijkse verplaatsingen en de verdeling daarvan per klasse van afgelegde afstand, voor verschillende vervoerswijzen (personenwagen, openbaar vervoer (metro, tram, bus) en fiets) en motorisaties, in functie van het programma. Leveringen in verband met winkels en andere inrichtingen zijn in de analyse buiten beschouwing gelaten, aangezien de toekomstige exploitanten en de aard van hun activiteiten in dit stadium niet bekend zijn. De verkregen activiteitsgegevens, uitgedrukt in passagiers- of voertuigkilometers naar gelang van de vervoerswijze, worden vervolgens vermenigvuldigd met de overeenkomstige emissiefactoren.

De bronnen van de verschillende hypothesen worden hieronder gespecificeerd. Voor de luiken Exploitatie en Mobiliteit worden hypothesen geformuleerd over de temporele ontwikkeling om de jaarlijkse emissies over de betrokken analyseperiode te kunnen bepalen.

De verschillende emissieposten van de drie luiken worden vervolgens samengebracht in een tabblad dat bestaat uit een **database met alle berekende posten**, waaruit de nabewerkingen verricht worden.

De algemene methodiek en de belangrijkste inputs zijn samengevat in onderstaande *mindmap*.



**Figuur 1: Algemene methodologie en belangrijkste inputs van de koolstofbalans (ARIES, 2023)**

<sup>3</sup> Sanitair warm water.

## 1.4. Voorzorgsmaatregelen eigen aan dit type beoordeling

Aangezien de perimeter van de analyse zich uitstrekt tot 2090, moeten er uiteraard veel hypothesen worden gemaakt over de evolutie van de activiteiten en de mobiliteit, gezien de mogelijke technologische en gedragsveranderingen die in die periode kunnen plaatsvinden. Aangezien het bovendien gaat om een evaluatie van een ontwikkelingsplan voor gebouwen waarvan de oppervlakte en het gebruik nog kunnen veranderen en waarvan de geometrie (bouwprofielen, grondinnames) en de architectuur eveneens het voorwerp uitmaken van hypothesen, zijn er vele onzekerheden die van invloed zijn op de resultaten, die derhalve niet als absoluut mogen worden beschouwd. Het doel van de oefening hier is een orde van grootte voor de verschillende emissieposten vast te stellen en een objectivering van de onderliggende uitdagingen mogelijk te maken.

## 2. Hypothesen en resultaten

### 2.1. Algemene hypothesen

Zoals hierboven vermeld is de **temporele perimeter** van de analyse 60 jaar, wat overeenkomt met een periode van 2031 tot 2090.

Er moest een **spatialisering** op basis van algemene stedenbouwkundige gegevens worden uitgevoerd om de geometrie van fictieve gebouwen (aantal, afmetingen, grondinname, kelder), bepaald voor elke toewijzing, te bepalen in functie van stedenbouwkundige basisgegevens voor elk van de twee scenario's (met en zonder BBP).

Deze gegevens bestaan uit:

- De totale oppervlakte van GGB nr. 15;
- Het programma: bestemmingen en totale bruto vloeroppervlakte voor elke bestemming;
- De oppervlakte van de grondinname van de bestaande blokken die worden gehandhaafd en/of afgebroken en heropgebouwd (Koning Boudewijnstadion, Kinopolis, Mini-Europa, diverse voorzieningen, enz.);
- De vloeroppervlakte van de infrastructuur die worden gehandhaafd en/of afgebroken en heropgebouwd (Koning Boudewijnstadion, Kinopolis, Mini-Europa, diverse voorzieningen, enz.);
- De totale oppervlakte van de groene ruimten buiten de te bebouwen blokken.

Deze gegevens maken het mogelijk de totale oppervlakte te bepalen van de blokken waarop het project betrekking heeft. Voor de berekeningen bestaat een vereenvoudiging in de veronderstelling dat het hele programma op één groot blok<sup>4</sup> is geconcentreerd, aangezien er geen precieze informatie is over de onderverdeling in blokken voor het GGB met BBP en deze onderverdeling volledig onbekend is in het geval van het GGB-scenario zonder BBP.

<sup>4</sup> Met uitzondering van het Koning Boudewijnstadion (behouden in beide scenario's), Mini-Europa (behouden in beide scenario's) en Kinopolis (behouden in het geval van het scenario zonder BBP).

Het aandeel open ruimte in dit blok bedraagt 25% in het scenario met BBP en 40% in het GGB-scenario zonder BBP. Samen met de voorgaande elementen bepaalt dit het maximale vloeroppervlak (of de maximale bebouwbare oppervlakte) van de nieuwe gebouwen.

De verhouding tussen de beoogde totale vloeroppervlakte (voor nieuwe gebouwen) en deze maximale grondinname komt dan ook overeen met het gemiddelde bouwprofiel van de (nieuwe) constructies, dat 5,5 ('G+4,5') bedraagt in het GGB-scenario met BBP en 4 ('G+3') in het GGB-scenario zonder BBP.

Voor zowel het scenario zonder BBP als het scenario met BBP zijn de geplande bestemmingen de volgende:

- Huisvesting;
- Voorzieningen (waaronder het Koning Boudewijnstadion, de crèche Gabrielle Petit, het planetarium);
- Kantoren;
- Handel (waaronder de bioscoop en de vrijetijdsactiviteiten);
- Hotel.

De algemene gegevens zijn opgenomen in de onderstaande tabel.

	GGB + BBP	GGB zonder BBP
<b>Vloeroppervlakten programma – Nieuw en bestaand [m<sup>2</sup>]</b>		
▪ Huisvesting	117.000	77.825
▪ Voorzieningen	99.826	50.587
▪ Kantoren	13.252	7.783
▪ Handel	177.000	42.804
▪ Hotel	18.000	15.565
<b>Totaal</b>	<b>425.078</b>	<b>194.564</b>
<b>Totale vloeroppervlakte programma – Nieuw [m<sup>2</sup>]</b>	<b>390.278</b>	<b>137.293</b>
<b>Totale vloeroppervlakte programma – Bestaand [m<sup>2</sup>]</b>	<b>*34.800</b>	<b>**57.271</b>
<b>Totale oppervlakte blok ontwerp (buiten stadion) [m<sup>2</sup>]</b>	95.212	56.622
<b>Oppervlakte onbebouwde ruimten [m<sup>2</sup>]</b>	23.803	22.648
<b>Maximale bebouwbare oppervlakte [m<sup>2</sup>]</b>	71.409	33.973
<b>Gemiddeld bouwprofiel nieuwe constructies (totale vloeroppervlakte programma Nieuw/maximale bebouwbare oppervlakte)</b>	<b>5,47</b>	<b>4,04</b>

\* Komt overeen met de oppervlakte van het Koning Boudewijnstadion, het planetarium, de crèche Gabrielle Petit en Mini-Europa

\*\* Komt overeen met de oppervlakte van het Koning Boudewijnstadion, het planetarium, de crèche Gabrielle Petit, de Kinopolis en Mini-Europa

**Tabel 1: Belangrijkste basisgegevens voor de spatialisering (ARIES, 2023)**



Ter vereenvoudiging wordt slechts één bestemming per gebouw in aanmerking genomen. In de praktijk kunnen gebouwen een combinatie van bestemmingen bevatten (bv. woongebouwen met een commerciële benedenverdieping).

De spatialisering is relevanter voor het luik 'Bouw' en wordt daarom in het volgende daaraan gewijde deel uitgewerkt.

Tot slot zijn de veronderstellingen in het algemeen identiek voor de scenario's met en zonder BBP:

- Bouw: gebruik van dezelfde standaardwanden;
- Exploitatie: dezelfde evolutie van de energiebehoeften en verdeling tussen gebruik en energievectoren, dezelfde rendementen van de technische installaties, enz.;
- Mobiliteit: dezelfde modale aandelen.

Alleen het aantal totale verplaatsingen en de verdeling ervan volgens de afgelegde afstanden verschillen (luik Mobiliteit).

## 2.2. Bouwluik

### 2.2.1. Hypotheses

#### 2.2.1.1. In aanmerking genomen waarden voor de bepaling van de activiteitsgegevens

De beoordeling van de emissies voor het Bouwluik vereist een verdere ontwikkeling van de spatialisering. Nu de gemiddelde bouwprofielen van de gebouwen, de vloeroppervlakten en de maximale grondinnames bekend zijn, is de volgende stap de nauwkeurigere bepaling van de geometrische kenmerken van de gebouwen en de vaststelling van de gemiddelde bouwprofielen van de gebouwen voor elke bestemming. ( $\bar{n}$ ). Het principe bestaat erin deze vast te stellen voor 4 bestemmingen (voorzieningen, kantoren, handel en hotel) en die voor de huisvestingsbestemming af te trekken, rekening houdend met de hierboven opgelegde beperkingen.

	Scenario GGB + BBP	Scenario GGB zonder BBP
Huisvesting	9,64	6,16
Voorzieningen	4	2
Kantoren	6	5
Handel	4,5	2
Hotel	13	9

**Tabel 2: Gemiddelde bouwprofielen van de bestemmingen (ARIES, 2023)**

Vertrekkende hiervan maakt het ontwikkelde berekeningsinstrument het mogelijk om voor elke bestemming twee gehelen van gebouwen in te voeren, elk met een eigen bouwprofiel ( $n_1$  en  $n_2$ ), zodat voor deze bestemming de maximale bebouwbare oppervlakte, de totale

vloeroppervlakte en het gemiddelde bouwprofiel ( $\bar{n}$ ) in acht worden genomen. Eenvoudigheidshalve wordt aangenomen dat de gebouwen parallellepipedisch zijn.

De tool maakt het vervolgens mogelijk het aantal gebouwen en de verhouding lengte/breedte te bepalen voor de aldus verkregen groepen gebouwen teneinde geometrisch realistische constructies te verkrijgen (vermijden van te diepe woongebouwen, hoge gebouwen met een te geringe lengte en breedte, enz.).

Zo wordt voor het bovengrondse deel van elk gebouw het volgende bepaald:

- De oppervlakte van de vloerplaat (deze wordt als geïsoleerd beschouwd, aangezien hij het verwarmde volume van het gebouw scheidt van de onverwarmde ondergrondse parkeergarage);
- De dakoppervlakte;
- De oppervlakte van de andere vloeren dan de vloerplaat;
- De oppervlakte van de gevels (ondoorzichtige delen);
- De oppervlakte van de beglaasde delen van de gevels;
- De oppervlakte van de binnenmuren.

Daartoe is een reeks veronderstellingen nodig: hoogte van de niveaus en dikte van de vloeren (aangenomen dat deze voor alle niveaus gelijk zijn), aandeel van de beglaasde oppervlakken, aandeel van de binnenmuren ten opzichte van het totale oppervlak van de bovengrondse buitenmuren. Deze gegevens kunnen worden gedifferentieerd naar bestemming.

Met de aanwezigheid van ondergrondse verdiepingen kan eveneens rekening worden gehouden door het aantal niveaus en hun hoogte (identiek voor alle niveaus) en hun grondinname (percentage van de oppervlakte van de vloerplaat van het gebouw boven de grond) in te voeren. Ook deze gegevens kunnen worden gedifferentieerd naar bestemming. De basisspatialisering houdt rekening met 2 kelderverdiepingen, onder de volledige grondinname van het gebouw.

### **2.2.1.2. Emissiefactoren voor het 'Bouw'-luik**

In een basisscenario wordt aangenomen dat de gebouwen op traditionele wijze worden gebouwd, volgens de huidige normen, met dragende constructies en betonnen gevels. De prestaties van de muren met warmteverlies (gevels, daken en vloerplaten die in direct contact staan met de grond of met een aangrenzende onverwarmde ruimte (zoals een ondergrondse parkeergarage of kelders) zijn in overeenstemming met de huidige EPB-eisen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.<sup>5</sup>

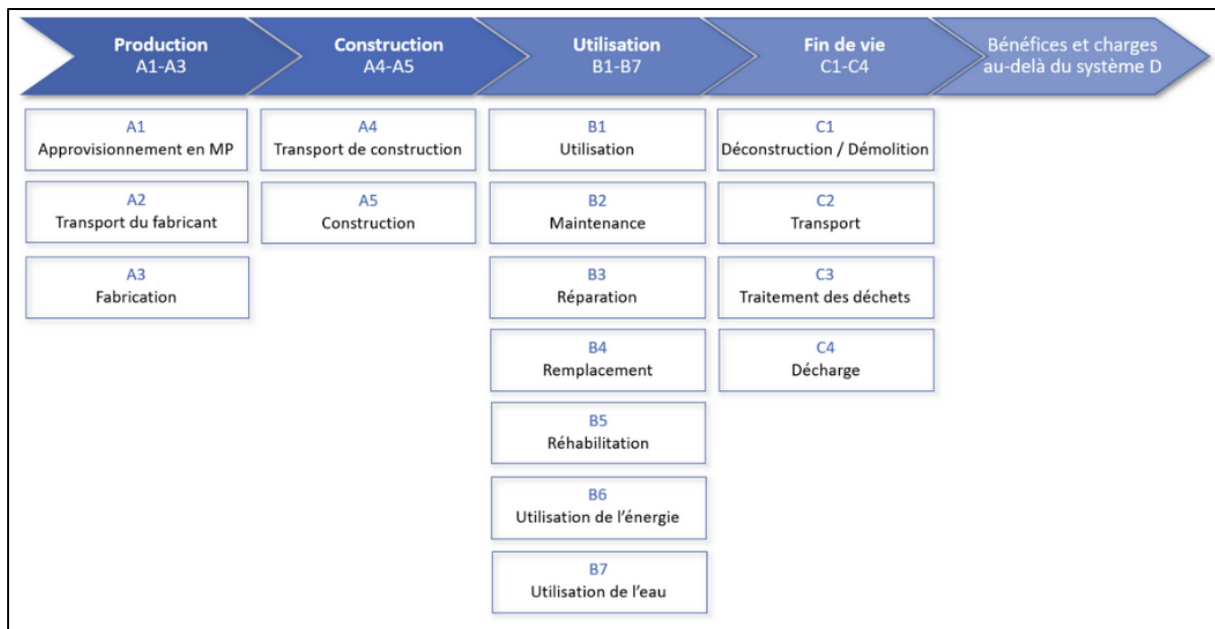
De emissiefactoren zijn bepaald voor elk van de typische muren gedefinieerd in het onderdeel *Bouw*, met behulp van de *One Click LCA*-software. De voor de levenscyclus van de gebouwen in aanmerking genomen berekeningsperiode is 60 jaar.

De door deze software gebruikte methodologie is gebaseerd op de norm EN 15978 (Duurzaamheid van constructies - Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen - Rekenmethode).

<sup>5</sup>  $U_{\max}$ -waarde = 0,24 W/m<sup>2</sup>.K voor alle relevante muren vanaf 1 januari 2021.

Deze is gebaseerd op een verdeling van de levenscyclus in verschillende fasen, modules genoemd, die op hun beurt zijn onderverdeeld in submodules, zoals weergegeven in onderstaande figuur:

- Module A: Productie van de materialen (A1-A3) en Bouw (A4-A5);
- Module B: Gebruik van de gebouwen (B1-B7);
- Module C: Levens einde (C1-C4);
- Module D: Baten en lasten buiten het systeem (dit omvat het potentieel voor hergebruik, terugwinning en recycling van materialen, uitvoer van lokale energieproductie, enz.). Het opnemen van deze module in de beoordeling maakt het mogelijk rekening te houden met aspecten van het projectontwerp die gericht zijn op het bevorderen van hergebruik, terugwinning en recycling van materialen die later in andere constructies of producten worden aangewend. Dit worden vermeden emissies genoemd. De daadwerkelijke nuttige toepassing van materialen is echter onvoorspelbaar.



MP = 'Matières premières', grondstoffen

**Figuur2: Stadia in de levenscyclus van een gebouw (INIES, 2022)**

Qua gegevens wordt de software, afhankelijk van het materiaal, gevoed met waarden uit de EPD (*Environmental Product Declaration*), de FDES ('Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire', Frankrijk) of generieke waarden die door de software worden bepaald. Deze documenten leveren de emissiefactoren voor de verschillende modules. Sommige gegevens kunnen echter ontbreken.

Daarom worden in deze koolstofbalans op constructieniveau de volgende modules in aanmerking genomen: A1 tot A5, B3, B4, B5, C2 tot C4. De emissies in verband met gebruik (submodule B1) en onderhoud (submodule B2) worden niet in aanmerking genomen. De emissies in verband met energieverbruik (submodule B6) worden beoordeeld in het

Exploitatietuik, terwijl de emissies in verband met het waterverbruik (submodule B7) niet worden beoordeeld.

Hier is ervoor gekozen module D niet in aanmerking te nemen, gezien het willekeurige karakter van de nuttige toepassing van materialen.

De samenstelling van de typische muren is weergegeven in de onderstaande tabellen, met hun belangrijkste kenmerken, respectievelijk voor het bouwscenario 'Basisstructuur' in beton en voor het bouwscenario 'Alternatieve structuur', waarbij de gebouwen geheel of gedeeltelijk bestaan uit een houten structuur voor de vloeroppervlakken (zie analyse in *punt 2.6.1. Bouw – Alternatieve structuur*). De structuur van de parkings wordt in beide bouwscenario's geacht uit beton te bestaan, evenals de geïsoleerde vloerplaat die deze parking scheidt van het verwarmde volume (vloerplaat op het gelijkvloers).

Milieueffectenrapport - Koolstofbalans  
 Ontwerp van gedeeltelijke wijziging van het GBP – GGB 15 'Heizel'

Ondergronds/ Bovengronds	Element	Component	Dikte [m]	Oppervlakte emassa [kg/m <sup>2</sup> ]	Volume [m <sup>3</sup> ]	Oppervlakte voor 1 m <sup>2</sup> scheidings wand [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> ]	Kenmerken	Aanduiding One Click LCA
Ondergronds	Vloerplaat	Beton	0,3				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m <sup>3</sup> ; 17,5 lbs/ft <sup>3</sup> totaal cement)
		Wapeningen staal		100			Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615
		Afdichting					Polyethyleen folie	Polyethyleen afdichtingsfolie voor platen, dikte 150 micron, standaard gegeven (MDEGD)
	Muur tegen de grond	Beton	0,6				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m <sup>3</sup> ; 17,5 lbs/ft <sup>3</sup> totaal cement)
		Wapeningen staal		100			Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615
Bovengronds	Geïsoleerde vloerplaat	Beton	0,2				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m <sup>3</sup> ; 17,5 lbs/ft <sup>3</sup> totaal cement)
		Wapeningen staal		100			Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615
		Isolatie	2 x 0,08				Polyurethaan	PUR isolatieplaat, aluminium bekleding, L=0,022 W/mK, R=3,6 m <sup>2</sup> K/W, 80 mm, 2,688 kg/m <sup>2</sup> , Lambda=0,022 W/(m.K), Powerdeck, Powerwall, Powerroof, Powerline en Powerline C (Recticel).
		Beton	0,05				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m <sup>3</sup> ; 17,5 lbs/ft <sup>3</sup> totaal cement)
		Terracottategels	0,017					Vloertegel, Frans gemiddelde, 37,2 kg/m <sup>2</sup> (CTMNC)
	Buitenmuur	Deklaag gips		8,5				Pleistercoating voor wanden en plafonds, 8,5 kg/m <sup>2</sup> , STANDAARD GEGEVEN (DED)
		Betonblokken	0,2				Blokken 20 x 50 x 20/25 cm	Betonpaneel, dikke zijwaartse verbinding, B40, 200x500x200/250 mm, 179,1 kg/m <sup>2</sup> (CERIB)
		Dampscherm		0,18			Polypropyleen membraan	Dampmembraan van polypropyleen, Frans gemiddelde, 0,18 kg/m <sup>2</sup> (MDEGD)
		Isolatie	0,08				Polyurethaan	PUR isolatieplaat, aluminium bekleding, L=0,022 W/mK, R=3,6 m <sup>2</sup> K/W, 80 mm, 2,688 kg/m <sup>2</sup> , Lambda=0,022 W/(m.K), Powerdeck, Powerwall, Powerroof, Powerline en Powerline C (Recticel).
		Bepoistering op isolatie		4,8				Buitenkant poedercoating, 4,8 kg/m <sup>2</sup> (SIPEV)

Ondergro nds/ Bovengro nds	Element	Component	Dikte	Oppervlakt emassa	Volume	Oppervlakt e voor 1 m <sup>2</sup> scheidings wand	Kenmerken	Aanduiding One Click LCA
	Binnenmuur	Deklaag gips		8.5				Pleistercoating voor wanden en plafonds, 8,5 kg/m <sup>2</sup> , STANDAARD GEGEVEN (DED)
		Beton	0,2				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m <sup>3</sup> ; 17,5 lbs/ft <sup>3</sup> totaal cement)
		Wapeningen staal		100			Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615
		Deklaag gips		8.5				Pleistercoating voor wanden en plafonds, 8,5 kg/m <sup>2</sup> , STANDAARD GEGEVEN (DED)
	Binnenvloer	Deklaag gips		8,5				Pleistercoating voor wanden en plafonds, 8,5 kg/m <sup>2</sup> , STANDAARD GEGEVEN (DED)
		Beton	0,2				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m <sup>3</sup> ; 17,5 lbs/ft <sup>3</sup> totaal cement)
		Wapeningen staal		100			Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615
		Terracottategels	0,017					Vloertegel, Frans gemiddelde, 37,2 kg/m <sup>2</sup> (CTMNC)
	Dak	Deklaag gips		8,5				Pleistercoating voor wanden en plafonds, 8,5 kg/m <sup>2</sup> , STANDAARD GEGEVEN (DED)
		Beton	0,3				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m <sup>3</sup> ; 17,5 lbs/ft <sup>3</sup> totaal cement)
		Wapeningen staal		100				Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615
		Dampscherm		0,18			Nieuw staal	Dampmembraan van polypropyleen, Frans gemiddelde, 0,18 kg/m <sup>2</sup> (MDEGD)
		Isolatie	2 x 0,08				Polyurethaan	PUR isolatieplaat, aluminium bekleding, L=0,022 W/mK, R=3,6 m <sup>2</sup> K/W, 80 mm, 2,688 kg/m <sup>2</sup> , Lambda=0,022 W/(m.K), Powerdeck, Powerwall, Powerroof, Powerline en Powerline C (Recticel).
		Afdichting EPDM roofing	0,0015					EPDM dakbedekking, 1,5 mm, 1,95 kg/m <sup>2</sup> , 1300 kg/m <sup>3</sup> , RubberGard (Firestone Building Products)
Venster	Aluminium raam + dubbele beglazing						Aluminium raam, 24,27 kg/m <sup>2</sup> , 2,3 m <sup>2</sup> /stuk (Professionele organisatie die ontwerpers, fabrikanten en installateurs van buitenschrijnwerk in aluminium profielen vertegenwoordigt)	

**Tabel 3: Samenstelling van typische muren - bouwscenario 'Basisstructuur' (ARIES, 2023)**



Milieueffectenrapport - Koolstofbalans  
 Ontwerp van gedeeltelijke wijziging van het GBP – GGB 15 'Heizel'

Ondergronds/ Bovengronds	Element	Component	Dikte [m]	Oppervlakte emassa [kg/m²]	Volume [m³]	Oppervlakte voor 1 m² scheidings wand [m²/m²]	Kenmerken	Aanduiding One Click LCA	
Ondergronds	Vloerplaat	Beton	0,3				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m3; 17,5 lbs/ft3 totaal cement)	
		Wapeningen staal		100			Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615	
		Afdichting					Polyethyleen folie	Polyethyleen afdichtingsfolie voor platen, dikte 150 micron, standaard gegeven (MDEGD)	
	Muur tegen de grond	Beton	0,6				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m3; 17,5 lbs/ft3 totaal cement)	
		Wapeningen staal			100		Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615	
Bovengronds	Geïsoleerde vloerplaat	Beton	0,2				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m3; 17,5 lbs/ft3 totaal cement)	
		Wapeningen staal			100		Nieuw staal	Wapeningsstaal (rebar), generiek, 0% gerecycleerd materiaal (alleen nieuwe materialen), A615	
		Isolatie	2 x 0,08				Polyurethaan	PUR isolatieplaat, aluminium bekleding, L=0,022 W/mK, R=3,6 m2K/W, 80 mm, 2,688 kg/m2, Lambda=0,022 W/(m.K), Powerdeck, Powerwall, Powerroof, Powerline en Powerline C (Recticel).	
		Beton	0,05				Sterkteklasse C25/30 met cement CEM II (30% vliegas)	Stortklaar beton, normale sterkte, generiek, C25/30 (3600/4400 PSI) met CEM II/B-V, 30% vliegasgehalte (280 kg/m3; 17,5 lbs/ft3 totaal cement)	
		Terracottategels	0,017					Vloertegel, Frans gemiddelde, 37,2 kg/m2 (CTMNC)	
	Buitenmuur	Gipskartonplaat	0,0125					Gipsplaat, normaal, generiek, 6,5-25 mm (0,25-0,98 in), 10.725 kg/m2 (2,20 lbs/ft2) (voor 12,5 mm/0,49 in), 858 kg/m3 (53,6 lbs/ft3)	
		Dampscherm			0,18			Polypropyleen membraan	Dampmembraan van polypropyleen, Frans gemiddelde, 0,18 kg/m2 (MDEGD)
		Skelet in hout				0,02			Houten skeletelement, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), 517,4 kg/m3 (Bois de France)
		Isolatie	0,145				0,92	Houtvezelplaat	Houtvezelisolatieplaat, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), L=0,039 W/mK, R=3,7 m2K/W, 145 mm, 16,7 kg/m2, 115 kg/m3, Lambda=0,039 W/(m.K), PAVAWALL® SMART 145 mm (SOPREMA SAS).



Ondergronds/ Bovengronds	Element	Component	Dikte	Oppervlakte emassa	Volume	Oppervlakte voor 1 m <sup>2</sup> scheidings wand	Kenmerken	Aanduiding One Click LCA
		Isolatie	0,025				Houtwolpaneel	Houtwolcementpaneel, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), L= 0,083 W/mK, R= 0,30 m2K/W, 25 mm, 10,4 kg/m2, 416 kg/m3, Lambda=0,083 W/(m.K), ORGANIC PURE 25mm (KNAUF).
		Regenscherm		0,2			Polypropyleen membraan	Polypropyleen dakbaan, Frans gemiddelde, 0,2 kg/m2 (MDEGD)
		Houten bekleding	0,02					Behandelde houten bekleding, generiek, 15-40 mm (0,59-1,57 in), 9,75 kg/m2 (1,99 lbs/ft2) (voor 15 mm/0,59 in), 525 kg/m3 (32,8 lbs/ft3), min. G4-1
	Binnenmuur	Gipskartonplaat	0,0125					Gipsplaat, normaal, generiek, 6,5-25 mm (0,25-0,98 in), 10.725 kg/m2 (2,20 lbs/ft2) (voor 12,5 mm/0,49 in), 858 kg/m3 (53,6 lbs/ft3), 50% gerecycleerd gips.
		Skelet in hout			0,02			Houten skeletelement, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), 517,4 kg/m3 (Bois de France)
		Isolatie	0,145			0,92	Houtvezelplaat	Houtvezelisolatieplaat, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), L=0,039 W/mK, R=3,7 m2K/W, 145 mm, 16,7 kg/m2, 115 kg/m3, Lambda=0,039 W/(m.K), PAVAWALL® SMART 145 mm (SOPREMA SAS).
		Gipskartonplaat	0,125					Gipsplaat, normaal, generiek, 6,5-25 mm (0,25-0,98 in), 10.725 kg/m2 (2,20 lbs/ft2) (voor 12,5 mm/0,49 in), 858 kg/m3 (53,6 lbs/ft3), 50% gerecycleerd gips.
	Binnenvloer	Gipskartonplaat	0,0125					Gipsplaat, normaal, generiek, 6,5-25 mm (0,25-0,98 in), 10.725 kg/m2 (2,20 lbs/ft2) (voor 12,5 mm/0,49 in), 858 kg/m3 (53,6 lbs/ft3), 50% gerecycleerd gips.
		Vloer op balken			0,02			Houten plankenvloer op houten balken, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), 72,81 kg/m2 (Bois de France)
		Houtvezelisolatie plaat	0,145			0,92		Houtvezelisolatieplaat, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), L=0,039 W/mK, R=3,7 m2K/W, 145 mm, 16,7 kg/m2, 115 kg/m3, Lambda=0,039 W/(m.K), PAVAWALL® SMART 145 mm (SOPREMA SAS).
		Linoleum						Akoestische linoleumvloer, breedte: 2,0 m, 3,515 kg/m2, geluidsdemping = 18 dB, Voor FORBO FLOORING SYSTEMS: Marmoleum Decibel Voor GERFLOR : Linoleum acoustic PLUS (KALEI)
	Dak	Gipskartonplaat	0,0125					Gipsplaat, normaal, generiek, 6,5-25 mm (0,25-0,98 in), 10.725 kg/m2 (2,20 lbs/ft2) (voor 12,5 mm/0,49 in), 858 kg/m3 (53,6 lbs/ft3), 50% gerecycleerd gips.
		Vloer op balken	1					Houten plankenvloer op houten balken, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), 72,81 kg/m2 (Bois de France)
		Dampscherm		0,18				Dampmembraan van polypropyleen, Frans gemiddelde, 0,18 kg/m2 (MDEGD)

Ondergronds/ Bovengronds	Element	Component	Dikte	Oppervlakt emassa	Volume	Oppervlakt e voor 1 m <sup>2</sup> scheidings wand	Kenmerken	Aanduiding One Click LCA
		Isolatie	0,145			0,92	Houtvezelplaat	Houtvezelisolatieplaat, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), L=0,039 W/mK, R=3,7 m2K/W, 145 mm, 16,7 kg/m2, 115 kg/m3, Lambda=0,039 W/(m.K), PAVAWALL® SMART 145 mm (SOPREMA SAS).
		PUR isolatie	0,08					PUR isolatieplaat, aluminium bekleding, L=0,022 W/mK, R=3,6 m2K/W, 80 mm, 2,688 kg/m2, Lambda=0,022 W/(m.K), Powerdeck, Powerwall, Powerroof, Powerline en Powerline C (Rectical).
		Afdichting EPDM roofing	0,0015					EPDM dakbedekking, 1,5 mm, 1,95 kg/m2, 1300 kg/m3, RubberGard (Firestone Building Products)
	Venster	Houten raam + dubbele beglazing						Ramen met dubbele beglazing en houten kozijn, 30,7 kg/m2, 1,4 W/m2K, biogene CO2 niet afgetrokken (voor CML), collectief ESF bruikbaar door elke onderneming die in Frankrijk dubbele beglazing voor ramen en deuren produceert, akoestisch of standaard, in tropisch hout. (INSTITUT TECHNOLOGIQUE FCBA)

**Tabel 4: Samenstelling van typische muren - bouwscenario 'Alternatieve structuur' (ARIES, 2023)**

De voor de verschillende scheidingswanden verkregen emissiefactoren (waarden per oppervlakte-eenheid) staan in onderstaande tabel.

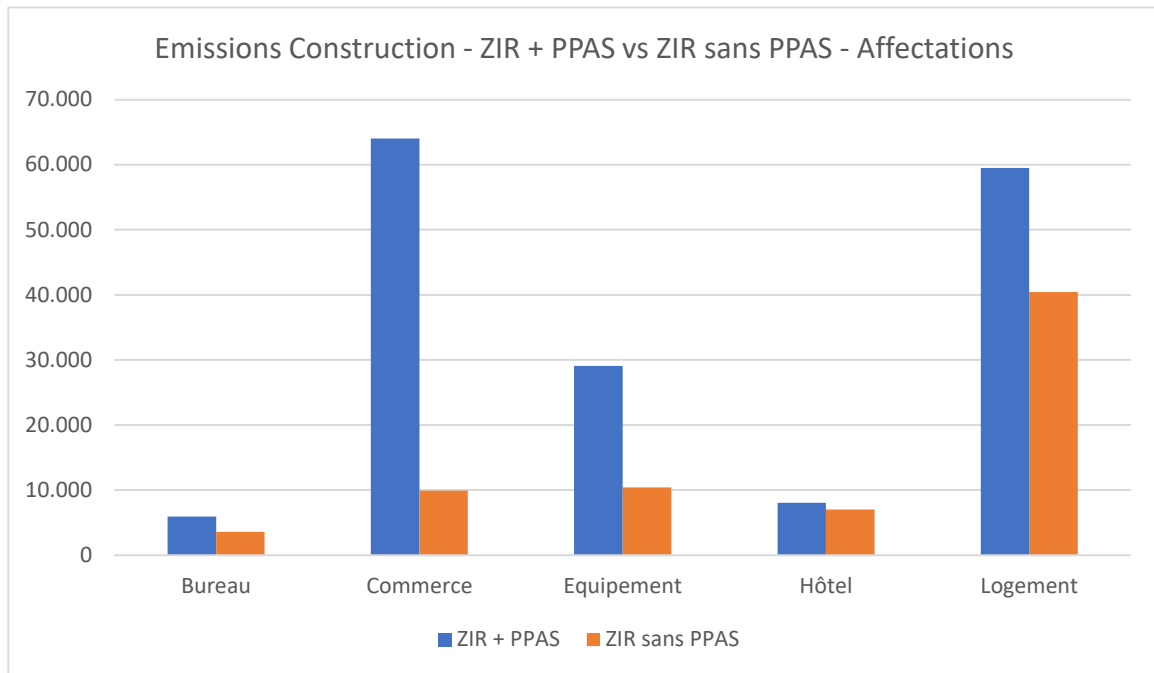
Ondergronds/Bovengronds	Element	Basisstructuur	Alternatieve structuur
Ondergronds	Vloerplaat	155	155
	Muur tegen de grond	213	213
Bovengronds	Geïsoleerde vloerplaat	281	281
	Buitenmuur	46	37
	Binnenmuur	139	19
	Binnenvloer	252	66
	Dak	213	83
	Venster	91	120

**Tabel 5: Emissiefactoren per eenheid wandoppervlak [kgCO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup>]  
(ARIES, 2023)**

De emissiefactoren zijn voor beide scenario's uiteraard gelijk voor de ondergrondse delen en de geïsoleerde vloerplaat, die uit beton bestaan. Hierbij dient opgemerkt dat in het geval van de basisstructuur de samenstelling van de binnenmuren meer beton bevat dan de gevels, hetgeen de hogere emissiefactor verklaart.

## 2.2.2. Resultaten

De onderstaande grafiek toont de globale emissies voor het Bouwluik, volgens de verschillende bestemmingen, voor respectievelijk de scenario's met en zonder BBP. Deze emissies worden uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-equivalent.



**Figuur 3: Emissies van het Bouwluik verdeeld volgens de bestemmingen [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

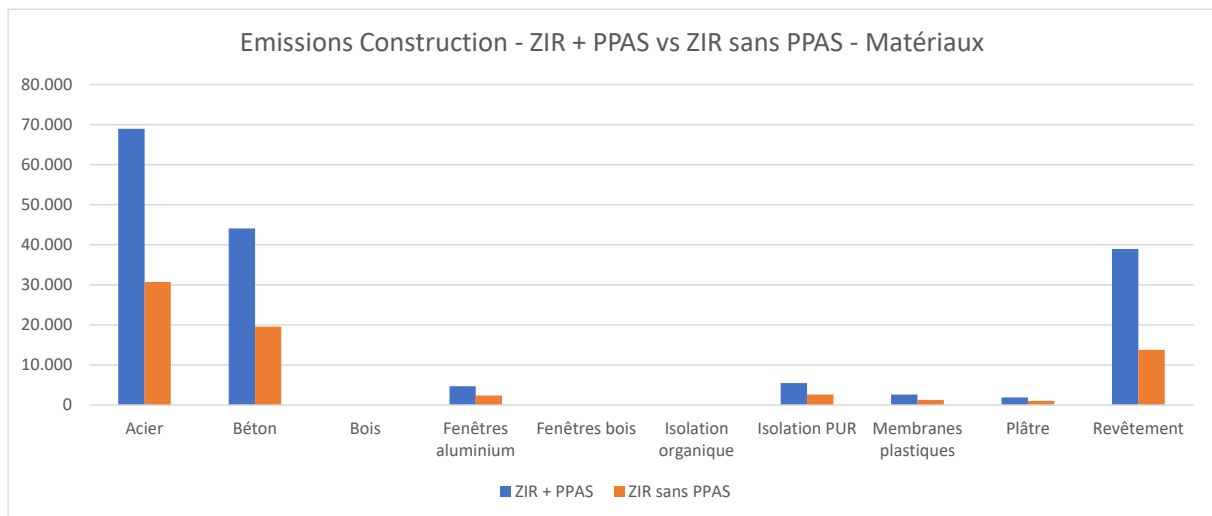
Onderstaande tabel toont de verschillende resultaten, eveneens uitgesplitst volgens de in EN 15978 gedefinieerde levenscyclusmodules (A: Productie en bouw – B: Gebruik – C: Levens einde). Het is belangrijk te onthouden dat de emissies van module B alleen de submodules B3 (reparatie), B4 (vervanging) en B5 (renovatie) omvatten. Ze omvatten niet de emissies van module B6, met betrekking tot het energieverbruik, die worden behandeld in het Exploitatieluik.

Scenario	Bestemming	Module A:	Module B	Module C:	Totaal
<b>GGB + BBP</b>	Huisvesting	51.446	6.439	1.636	59.522
	Voorzieningen	24.384	3.640	1.060	29.084
	Kantoren	5.062	702	179	5.943
	Handelszaken	53.018	8.880	2.134	64.033
	Hotel	6.904	938	189	8.031
	<b>Totaal</b>	<b>140.815</b>	<b>20.600</b>	<b>5.199</b>	<b>166.613</b>
	<b>Aandeel</b>	<b>85%</b>	<b>12%</b>	<b>3%</b>	<b>100%</b>
<b>GGB zonder BBP</b>	Huisvesting	34.936	4.304	1.212	40.452
	Voorzieningen	8.878	1.078	470	10.427
	Kantoren	3.027	414	113	3.554
	Handel	8.491	986	431	9.908
	Hotel	6.008	814	178	7.000
	<b>Totaal</b>	<b>61.342</b>	<b>7.596</b>	<b>2.404</b>	<b>71.342</b>
	<b>Aandeel</b>	<b>86%</b>	<b>11%</b>	<b>3%</b>	<b>100%</b>

**Tabel 6: Emissies van het Bouwluik verdeeld volgens de bestemmingen en de levenscyclusmodules [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

De productie en het gebruik van materialen overheersen en zijn goed voor ongeveer 85% van de totale emissies van het Constructieluik, voor de in aanmerking genomen submodules (zie *punt 2.2.1.2. Emissiefactoren voor het 'Bouw'-luik*).

De onderstaande grafiek en de onderstaande tabel tonen de totale emissies voor het Bouwluik, per materiaalcategorie, voor respectievelijk de scenario's met en zonder BBP. Deze emissies worden uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-equivalent.



**Figuur 4: Emissies van het Bouwluik verdeeld volgens de materiaalcategorieën [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

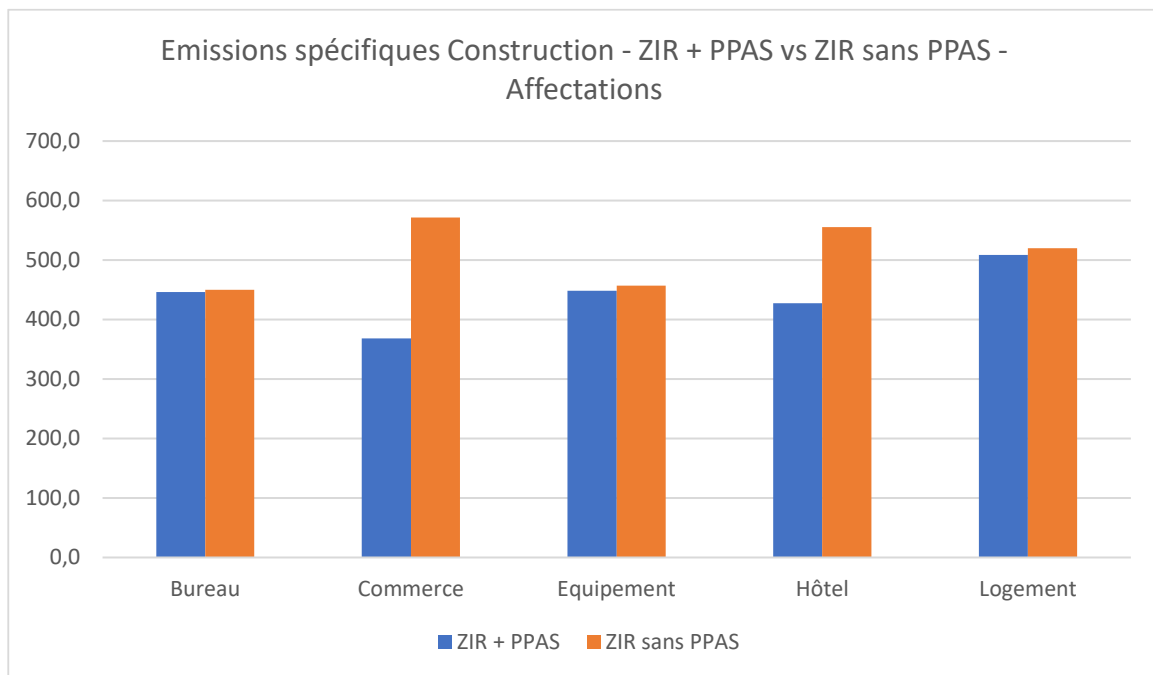
Scenario	Categorie van materialen	Emissies [tCO <sub>2</sub> eq]	Aandeel
<b>GGB + BBP</b>	Staal	68.943	41,4%
	Beton	44.039	26,4%
	Aluminium ramen	4.675	2,8%
	Isolatie	5.482	3,3%
	Kunststof membranen	2.643	1,6%
	Pleister	1.875	1,1%
	Bekleding	38.958	23,4%
	<b>Totaal</b>	<b>166.613</b>	<b>100,0%</b>
<b>GGB zonder BBP</b>	Staal	30.699	43,0%
	Beton	19.590	27,5%
	Aluminium ramen	2.353	3,3%
	Isolatie	2.644	3,7%
	Kunststof membranen	1.271	1,8%
	Pleister	1.008	1,4%
	Bekleding	13.776	19,3%
	<b>Totaal</b>	<b>71.342</b>	<b>100,0%</b>

**Tabel 7: Emissies van het Bouwluik verdeeld volgens de materiaalcategorieën [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

De orde van grootte van de emissies per materiaalcategorie, in termen van aandeel, blijft tussen de scenario's vergelijkbaar. Staal neemt het grootste deel voor zijn rekening (naar rato van 40-45%), gevolgd door beton, ten belope van ongeveer 25-30%. Bekleding (vloertegels en gevelpleister) is goed voor ongeveer 20-25%. De overige posten (ramen, isolatie, kunststof membranen en pleister) zijn samen goed voor ongeveer 10% van de emissies.

Het is belangrijk te onderstrepen dat de resultaten zeer gevoelig zijn voor de hypothesen die voor de materialen worden geformuleerd (zie *Punt 2.2.1.2. Emissiefactoren voor het 'Bouw'-luik*), vooral in het geval van staal, waarvoor nieuwe materialen in aanmerking zijn genomen. In het geval van staal met een aandeel gerecycleerd materiaal kan de emissiefactor worden gehalveerd, afhankelijk van het aandeel ervan<sup>6</sup>. Hetzelfde geldt voor beton, waar de emissiefactor sterk afhankelijk is van het type cement (klinkeraandeel). Hier is uitgegaan van cement van het type CEM II dat 30% vliegas bevat.<sup>7</sup>

De **specifieke emissies** per vloeroppervlak zijn weergegeven in onderstaande grafiek en in onderstaande tabel voor de gehele levenscyclus.



**Figuur 5: Specifieke emissies van het Bouwluik per bestemming [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

<sup>6</sup> Zie met name de 'Base Carbone' van ADEME, die een emissiefactor geeft voor nieuw staal (2.211 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton) en gerecycleerd staal (938 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton), zonder evenwel enige informatie te vermelden over het percentage gerecycleerd staal.

<sup>7</sup> Het gaat dus om cement met tussen 50 en 64% klinker, en dus om een 'gemiddeld' cement.

		Totale emissies [tCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]	Vloeroppervlakte – Nieuwbouw [m <sup>2</sup> ]	Specifieke emissies [kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]
<b>GGB + BBP</b>	Huisvesting	59.522	117.000	508,7
	Voorzieningen	29.084	68.026	427,5
	Kantoren	5.943	13.252	448,5
	Handel	64.033	174.000	368,0
	Hotel	8.031	18.000	446,2
	<b>Globaal</b>	<b>166.613</b>	<b>390.278</b>	<b>426,9</b>
<b>GGB zonder BBP</b>	Huisvesting	40.452	77.825,4	519,8
	Voorzieningen	10.427	18.786,5	555,0
	Kantoren	3.554	7.782,5	456,7
	Handel	9.908	17.333	571,6
	Hotel	7.000	15.565,1	449,8
	<b>Globaal</b>	<b>71.342</b>	<b>137.293</b>	<b>519,6</b>

**Tabel 8: Specifieke emissies doorheen de levenscyclus – Bouwluik (ARIES, 2023)**

De verkregen orden van grootte zijn vergelijkbaar van bestemming tot bestemming en van scenario tot scenario. De onderlinge verschillen zijn toe te schrijven aan de geometrie van de gebouwen en de verhouding tussen de verschillende muurtypes. In het geval van voorzieningen en handelszaken zijn de specifieke emissies hoger in het geval van het GGB-scenario zonder BBP, vanwege een groter aandeel horizontale oppervlakken (vloeren, vloerplaten, daken), waarvoor de specifieke emissiefactoren hoger zijn.

Bestemmingen met grote horizontale oppervlakken (vloerplaten, vloeren) in vergelijking met andere wanden (winkels)

Ter informatie: in het geval van woningen kan de verkregen orde van grootte worden vergeleken met de  $I_{c,construction}$ -eis van de Franse thermische regelgeving RE 2020. Deze regelgeving bevat namelijk eisen in verband met de impact van projecten in termen van broeikasgasemissies, in tegenstelling tot de Belgische regionale wetgeving.

Voor collectieve woningen (waarvoor het ontwerp hypothetisch gezien volledig is samengesteld) moet deze indicator lager zijn dan<sup>8</sup>:

- 740 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> voor de constructies tussen 2022 en 2024;
- 650 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> voor de constructies tussen 2024 en 2027;
- 580 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> voor de constructies tussen 2028 en 2030;

<sup>8</sup> 'Décret n° 2021-1004 du 29 juillet 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine' (decreet nr. 2021-1004 van 29 juli 2021 betreffende de eisen inzake energie- en milieuprestaties voor bouwwerken in Europees Frankrijk, gepubliceerd in het 'Journal Officiel de la République française' op 31 juli 2021).



- 490 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> voor de constructies vanaf 2031.

Hierbij dient vermeld dat deze indicator verschillende parameters omvat die specifiek zijn voor de gebruikte berekeningsmethode (differentiatie van de resultaten naar gelang van de geografische ligging, de aanwezigheid van zolderruimte, enz.). Het gaat dus niet om een absolute en strikte vergelijking, maar om een algemene verificatie van de orde van grootte van de verkregen waarden.

De orde van grootte komt ook overeen met de eis voor kantoorgebouwen ( $I_{c,construction} \leq 980$  kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup> tussen 2022 en 2024 en  $\leq 590$  kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup> vanaf 2031)<sup>9</sup>.

Voor de andere bestemmingen die in de GGB-programma's met of zonder BBP worden beoogd, worden momenteel geen eisen gesteld.

## 2.3. Exploitatieluik

### 2.3.1. Hypotheses

#### 2.3.1.1. Berekeningsprincipes

Zoals eerder gezegd bestaat de beoordeling uit het bepalen van het **eindenergieverbruik** dat vervolgens wordt omgezet in broeikasgasemissies. Voor elke bestemming moeten verschillende reeksen hypothesen worden gemaakt, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen nieuwe gebouwen en bestaande gebouwen die gehandhaafd worden, aangezien de uitgangssituatie tussen deze twee reeksen sterk kan verschillen (bv. in termen van technische installaties of prestaties van de buitenschil). Gezien deze specifieke kenmerken wordt ook een gedifferentieerde methodologie tussen nieuwe en bestaande gebouwen toegepast.

Gezien de reikwijdte van de gehanteerde analyseperimeter (60 jaar), waarin technologische ontwikkelingen kunnen plaatsvinden, wordt ook een temporele evolutie van bepaalde parameters in aanmerking genomen. Voorts zijn de in aanmerking genomen energievectoren gas en elektriciteit. Energievectoren zoals stookolie werden namelijk buiten beschouwing gelaten gezien het grote aandeel nieuwe gebouwen waarvoor dit type brandstof niet zal worden gebruikt.

Bijgevolg hebben de hypothesen betrekking op het volgende:

- De **specifieke eindverbruiken** (voor nieuwe gebouwen) of de **specifieke jaarlijkse energiebehoeften** (voor bestaande gebouwen), alsmede de verdeling ervan naar gebruik (verwarming, sanitair warm water, koeling, ander gebruik van gas en elektriciteit) en naar energievectoren;
- De **rendementen van de technische installaties**, waarvoor de volgende veronderstellingen worden gemaakt:
  - Verwarming en sanitair warm water:
    - Gas: gascondensatieketels;

<sup>9</sup>Décret n° 2022-305 du 1<sup>er</sup> mars 2022 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments de bureaux et d'enseignement primaire ou secondaire en France métropolitaine' (decreet nr. 2022-305 van 1 maart 2022 betreffende de eisen inzake energie- en milieuprestaties voor gebouwen van kantoren en lagere en middelbare scholen in Europees Frankrijk, gepubliceerd in het 'Journal Officiel de la République française' op 3 maart 2022).

- Elektriciteit (uitgezonderd geothermie): warmtepompen van het type lucht/water;
- Elektriciteit (geothermie): warmtepompen van het type water/water;
- Koeling: alleen elektriciteit;
- Andere vormen van gebruik:
  - Gas (bv. koken);
  - Elektriciteit (verlichting, ventilatie, huishoudelijke apparaten, kantoorapparatuur, enz.).

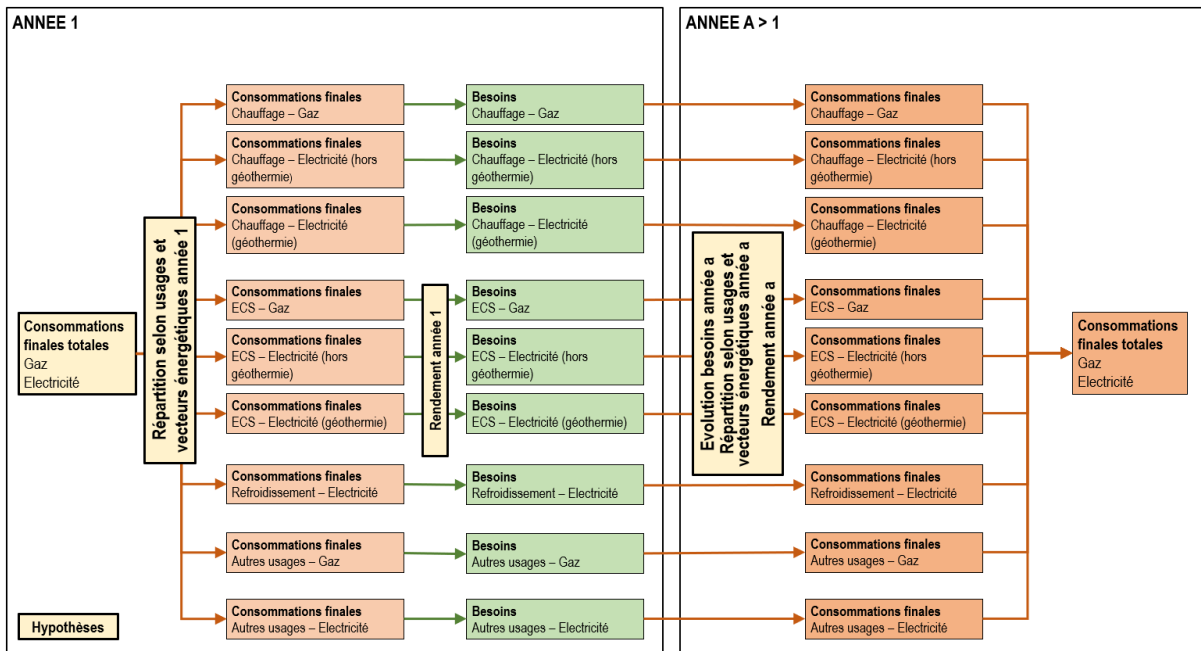
Aangenomen wordt dat de technische installaties van alle gebouwen om de 20 jaar in hun geheel worden vervangen. In de analyseperiode van 60 jaar worden bijgevolg drie perioden in aanmerking genomen.

In het geval van bestaande gebouwen wordt uitgegaan van het specifieke eindverbruik uit gewestelijke gegevens. De huidige gegevens worden gebruikt als startgegevens voor het jaar 2031 (jaar 1). Deze eindverbruiken worden uitgesplitst naar gelang van het gebruik en de beschouwde energievectoren. De overeenkomstige specifieke behoeften (per m<sup>2</sup> vloeroppervlak) worden vervolgens berekend door toepassing van de verschillende rendementen van de installaties die in de hypothesen zijn vastgesteld.

Deze methodologie heeft tot doel het eindverbruik voor jaar 2 en later te kunnen herberekenen door de aldus verkregen behoeften, de verdeling ervan per gebruik en de rendementen te variëren.

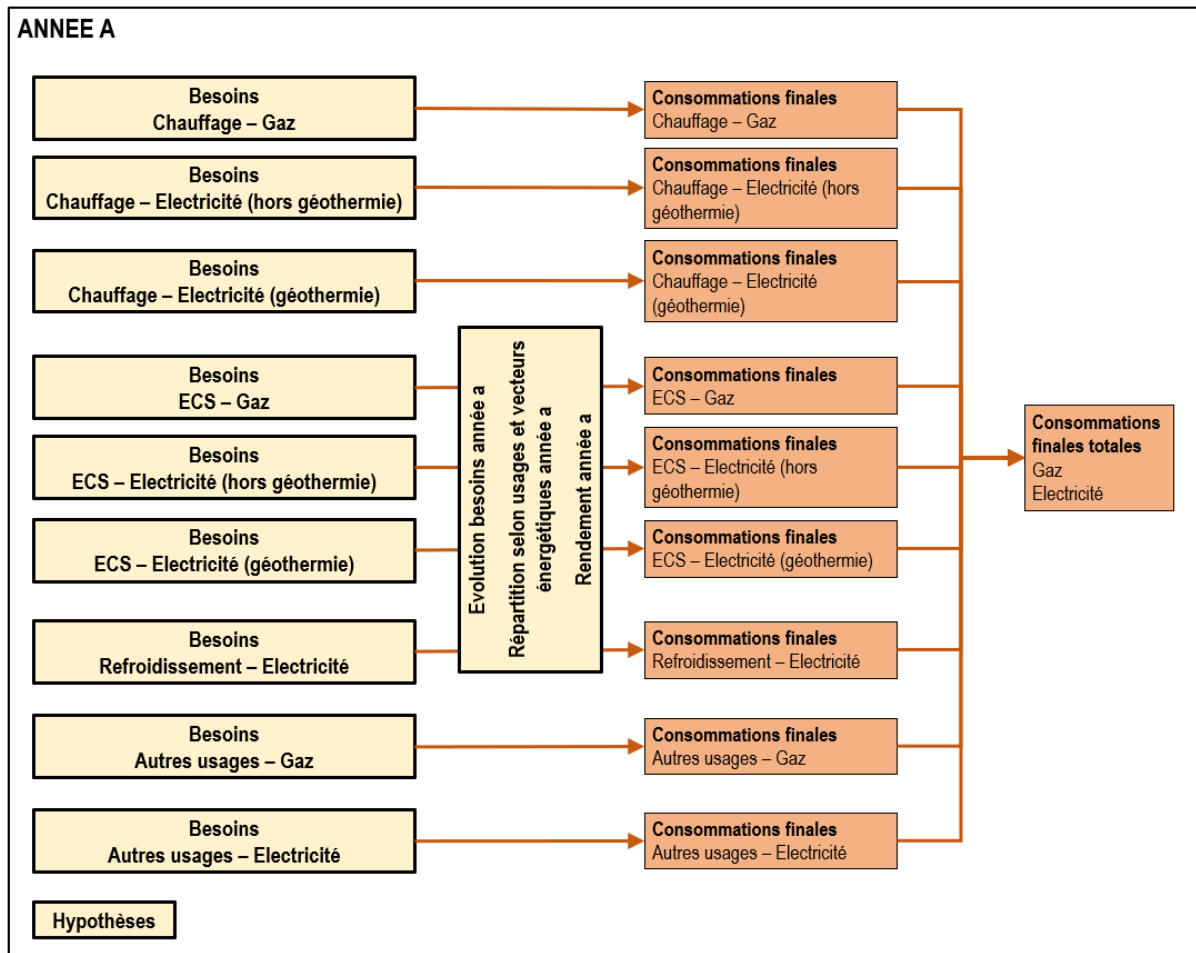
In hypothese volgen de specifieke energiebehoeften een lineair dalende evolutie tot een bepaalde waarde wordt bereikt in een bepaald jaar, en vervolgens een constante evolutie voor de volgende jaren. De verdeling van deze behoeften over de energievectoren volgt een evolutie in stappen van 20 jaar, logischerwijs volgens de vervanging van de technische installaties. De behoeften worden omgezet in eindenergieverbruik via het rendement van de technische installaties, dat eveneens in dezelfde stappen evolueert.

De onderstaande figuur illustreert schematisch de voor bestaande gebouwen aangenomen methodologie.



**Figuur 6: Principe voor de beoordeling van het eindenergieverbruik - Bestaande gebouwen (ARIES, 2023)**

Voor nieuwe gebouwen bestaat de aanpak erin uit te gaan van de specifieke behoeften en het eindenergieverbruik te bepalen door de overeenkomstige rendementen toe te passen. Net als bij bestaande gebouwen volgen de energiebehoeften een lineair dalende trend tot een bepaalde waarde in een bepaald jaar, en vervolgens een constante trend voor de daaropvolgende jaren. Ook de verdeling van deze behoeften over de energievectoren en het rendement van de technische installaties volgen een evolutie in stappen van 20 jaar, logischerwijs na de vervanging ervan.



**Figuur 7: Principe voor de beoordeling van het eindenergieverbruik - Nieuwe gebouwen (ARIES, 2023)**

In het geval van nieuwe gebouwen, waarvoor er meer speelruimte is, kan ook rekening worden gehouden met **lokale elektriciteitsproductie** door middel van fotovoltaïsche panelen.

In het geval van het Koning Boudewijnstadion ten slotte worden de broeikasgasemissies berekend op basis van de reële jaarlijkse eindverbruiksgegevens voor respectievelijk gas en elektriciteit. De hypothesen bestaan erin deze om te zetten in behoeften door het rendement van de installaties toe te passen, en vervolgens een verdeelsleutel voor deze behoeften toe te passen volgens het gebruik in jaar 1. De redenering is vergelijkbaar met die voor andere bestaande gebouwen: het uiteindelijke energieverbruik van de volgende jaren wordt berekend door uit te gaan van behoeften die variëren in omvang en verdeling, en door de efficiëntie van de installaties toe te passen die na een periode van 20 jaar verbetert.

### **2.3.1.2. In aanmerking genomen waarden voor de bepaling van de activiteitsgegevens**

#### **A. Bestaande gebouwen (met uitzondering van het Koning Boudewijnstadion)**

De **specifieke eindenergieverbruiken** voor de bestaande gebouwen (met uitzondering van het Koning Boudewijnstadion) voor jaar 1 (2031) zijn, hypothetisch, gelijk aan de huidige waarden:

- Voor de residentiële sector: het eindverbruik wordt bepaald op basis van:
  - De energie-intensiteit van de Brusselse huishoudens<sup>10</sup>, d.w.z. het eindverbruik van brandstoffen en elektriciteit;
  - Op basis van de gemiddelde bruto oppervlakte van een woning in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, beschouwd als 100 m<sup>2</sup>.

In hypothese worden huishoudens hier gelijkgesteld met woningen.

In onderstaande tabel staan de energie-intensiteiten van de Brusselse huishoudens voor de jaren 2015 tot 2020, de in aanmerking genomen gemiddelde waarden, alsook het specifieke eindverbruik van energie dat van deze gemiddelden en van bovengenoemde gemiddelde oppervlakte wordt afgetrokken.

	<b>Energie-intensiteit Gemiddelde 2015-2020 [kWh/huishouden]</b>	<b>Specifiek eindverbruik [kWh/m<sup>2</sup>]</b>
Brandstof	10.947	110
Elektriciteit	2.610	26

**Tabel9: Energie-intensiteit en specifiek eindenergieverbruik  
(ARIES volgens Leefmilieu Brussel, 2023)**

- Voor de niet-residentiële bestemmingen: de specifieke eindenergieverbruiken zijn ontleend aan een studie over het energieverbruik in de tertiaire sector in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest van het ICEDD<sup>11</sup>, die in de onderstaande tabel is opgenomen.

<sup>10</sup> 'De energie-intensiteit van een activiteitensector is de verhouding tussen de hoeveelheid door die sector verbruikte energie en een variabele die representatief is voor het activiteitsniveau van die sector. [...] In de huisvestingssector komt de verbruikseenheid overeen met één huishouden. De energie-intensiteit van de huisvesting wordt dus bepaald in verhouding tot het aantal gezinnen [...]' (Bron: Leefmilieu Brussel)

<sup>11</sup> ICEDD (2021). *Studie over het specifieke energieverbruik van de tertiaire sector - Eindverslag*

	Specifiek eindverbruik	
	Gas [kWh/m <sup>2</sup> ]	Elektriciteit [kWh/m <sup>2</sup> ]
Voorzieningen*	125	60
Kantoren	85	85
Handel**	78	130
Hotel	60	117

\* 'Gemiddelde' waarde geëvalueerd op basis van het verbruik van theaters en culturele centra alsook kinderdagverblijven.

\*\* Exclusief supermarkten.

**Tabel 10: Specifiek eindenergieverbruik voor de andere bestemmingen dan huisvesting (ARIES volgens ICEDD, 2023)**

Qua **uitsplitsing** (verdeling) van de specifieke eindenergieverbruiken naar gebruik en energievectoren voor het begin van de berekeningen in jaar 1, worden in onderstaande tabel de volgende waarden in aanmerking genomen.

	Uitsplitsing volgens gebruik					Energievector					
	Huisvesting	Voorzieningen	Kantoren	Handel	Hotel		Huisvesting	Voorzieningen	Kantoren	Handel	Hotel
Verwarming	65%	55%	45%	40%	25%	▶ Gas	95%	95%	95%	95%	70%
						▶ Elektriciteit (uitgezonderd geothermie)	5%	5%	5%	5%	30%
						▶ Elektriciteit (geothermie)	0%	0%	0%	0%	0%
SWW	15%	5%	5%	5%	15%	▶ Gas	85%	100%	100%	75%	100%
						▶ Elektriciteit (uitgezonderd geothermie)	15%	0%	0%	25%	0%
						▶ Elektriciteit (geothermie)	0%	0%	0%	0%	0%
Koeling	0%	5%	5%	10%	10%	▶ Elektriciteit	100%	100%	100%	100%	100%
Ander gebruik van gas	5%	0%	0%	0%	20%	▶ Gas	100%	100%	100%	100%	100%
Ander gebruik van elektriciteit	15%	35%	45%	45%	30%	▶ Elektriciteit	100%	100%	100%	100%	100%

**Tabel 11: Uitsplitsing van het specifieke eindenergieverbruik per gebruik en energievector - Bestaande gebouwen - Jaar 1 (ARIES, 2023)**

Voor de residentiële sector wordt de opsplitsing naar gebruik bepaald op basis van de gegevens uit de energiebalans 2020 van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest<sup>12</sup>.

Voor de andere bestemmingen zijn de verdelingen bepaald op basis van de gegevens uit de studie van het ICEDD over het efficiëntiepotentieel voor warmte en koude in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest<sup>13</sup>.

Wat de **verdeling van de behoeften per energievectoren betreft** (in het geval van verwarming en sanitair warm water), worden de verhoudingen voor jaar 1 berekend op basis van de behoeften die rechtstreeks worden afgetrokken van het uitgesplitste eindverbruik waarop de verschillende rendementen van de technische installaties werden toegepast. In hypothese wordt deze verdeling gehandhaafd tot de eerste vervanging van de installaties, na 20 jaar. Zowel bij de eerste vervanging als bij de tweede vervanging 20 jaar later ligt de verdeling tussen de energievectoren in de hypothese vast. Ter vereenvoudiging wordt aangenomen dat deze verdeling na deze eerste vervanging dezelfde is, ongeacht het gebruik en of het voor verwarming of sanitair warm water is. De in aanmerking genomen waarden worden vermeld in onderstaande tabel.

Periode	Gas	Elektriciteit (uitgezonderd geothermie)	Elektriciteit (geothermie)
1 (2031-2050)	In mindering gebrachte aandelen volgens de behoeften berekend in jaar 1		
2 (2051-2070)	20%	60%	20%
3 (2071-2090)	10%	60%	30%

**Tabel 12: Verdeling van de behoeften tussen energievectoren - Alle bestemmingen - Verwarming en sanitair warm water (ARIES, 2023)**

Zoals eerder aangegeven volgen de specifieke behoeften aanvankelijk een lineaire daling tot een 'doeljaar' en vervolgens een constante ontwikkeling:

- In het geval van verwarming wordt ervan uitgegaan dat de behoeften in 2050 met 50% zullen zijn gedaald ten opzichte van 2031. Deze vermindering is ook 50% in het geval van sanitair warm water. Deze verminderingen zouden het gevolg moeten zijn van energierenovaties en een vermindering van de vraag (soberheid, enz.).
- Voor koeling en andere toepassingen wordt echter geen vermindering van de behoeften overwogen. In het geval van koeling zou een betere prestatie van de gebouwschil om oververhitting beter tegen te gaan inderdaad kunnen worden gecompenseerd door de temperatuurstijging ten gevolge van de klimaatverandering. In het geval van elektriciteitsgebruik, zoals huishoudelijke

<sup>12</sup> Verdeling van het eindverbruik van energie in het Brussels Gewest per sector en soort gebruik op basis van de Gewestelijke Energiebalans 2020 (versie v2020.2.3-2.2) (beschikbaar op de website van Leefmilieu Brussel: <https://leefmilieu.brussels/burgers/tools-en-data/het-milieu-stand-van-zaken/energie-stand-van-zaken> (geraadpleegd in februari 2023).

Verwarming: 65,5% - SWW: 14,6% - Elektrische apparatuur: 16,2% - Koken: 3,8%

<sup>13</sup> ICEDD (2021). *Efficiëntiepotentieel voor warmte en koude in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*

apparaten, zou een betere efficiëntie van de apparatuur kunnen worden gecompenseerd door een groter aantal apparaten.

Tot slot zijn de **in aanmerking genomen rendementen**<sup>14</sup> voor de technische installaties in de volgende tabel weergegeven, voor verwarming en sanitair warm water (ter vereenvoudiging wordt ervan uitgegaan dat de rendementen identiek te zijn). Ter vereenvoudiging wordt het totale rendement geacht gelijk te zijn aan het product van het productie-, distributie-, emissie- en regelrendement.

Periode	Gas				
	Productie	Distributie	Emissie	Regulering	Globaal
1 (2031-2050)	90%	85%	90%	85%	<b>59%</b>
2 (2051-2070)	105%	98%	98%	95%	<b>96%</b>
3 (2071-2090)	105%	98%	98%	95%	<b>96%</b>
	Elektriciteit (uitgezonderd geothermie)				
	Productie	Distributie	Emissie	Regulering	Globaal
1 (2031-2050)	300%	85%	90%	85%	<b>195%</b>
2 (2051-2070)	300%	98%	98%	95%	<b>274%</b>
3 (2071-2090)	300%	98%	98%	95%	<b>274%</b>
	Elektriciteit (geothermie)				
	Productie	Distributie	Emissie	Regulering	Globaal
1 (2031-2050)	450%	85%	90%	85%	<b>293%</b>
2 (2051-2070)	450%	98%	98%	95%	<b>411%</b>
3 (2071-2090)	450%	98%	98%	95%	<b>411%</b>

**Tabel 13: Technische installatierendementen - Verwarming en sanitair warm water - Alle bestemmingen - Bestaande gebouwen (ARIES, 2023)**

Voor periode 1 komen de productierendementen overeen met:

- Voor gas: een gasketel (niet-condenserend, 90%);
- Voor elektriciteit (uitgezonderd geothermie): een lucht/water warmtepomp met een COP<sup>15</sup> van 3;
- Voor elektriciteit (geothermie): een water/water warmtepomp met een COP van 4,5.

Voor latere periodes wordt uitgegaan van:

<sup>14</sup> De verhouding tussen de nuttige energie die een technische installatie levert (verwarming, koeling, enz.) en de energie die zij verbruikt om de dienst te verlenen die zij geacht wordt te leveren.

<sup>15</sup> Prestatiecoëfficiënt



- Voor gas: met een gascondensatieketel waarvan het productierendement 105% bedraagt. De distributie-, emissie- en regelingsrendementen worden eveneens verbeterd;
- Voor elektriciteit (uitgezonderd geothermie): met een lucht/water warmtepomp waarvan de COP 3 blijft. De distributie-, emissie- en regelingsrendementen zijn echter verbeterd;
- Voor elektriciteit (geothermie): met een water/water warmtepomp waarvan de COP 4,5 blijft. De distributie-, emissie- en regelingsrendementen zijn hier eveneens verbeterd;

Voor koeling zijn de rendementen opgenomen in de volgende tabel.

Periode	
1 (2031-2050)	200%
2 (2051-2070)	400%
3 (2071-2090)	400%

**Tabel 14: Technische installatierendementen - Koeling - Alle bestemmingen - Bestaande gebouwen (ARIES, 2023)**

De in aanmerking genomen rendementen voor de andere vormen van gebruik (gas en elektriciteit) worden gelijkgesteld aan 100%.

## B. Nieuwe gebouwen

De in aanmerking genomen waarden voor de jaarlijkse specifieke behoeften (kWh/m<sup>2</sup>) worden vermeld in onderstaande tabel. Voor verwarming zijn de waarden gebaseerd op de EPB-eis inzake netto verwarmingsbehoeften voor wooneenheden. Aangezien de regelgeving geen equivalent geeft voor de andere bestemmingen, wordt aangenomen dat deze eisen voor alle bestemmingen gelijk zijn. Voor koeling en andere vormen van gebruik van gas en elektriciteit worden de voor bestaande gebouwen berekende waarden in aanmerking genomen. Er wordt namelijk van uitgegaan dat de verbruiken, met name in verband met het koken van voeding of elektrische apparatuur (huishoudelijke apparaten, kantoorapparatuur, enz.) onafhankelijk zijn van het feit of ze nu betrekking hebben op bestaande of nieuwe gebouwen.

	Verwarming	Sanitair warm water	Koeling	Ander gebruik van gas	Ander gebruik van elektriciteit
Huisvesting	15	20	0	Idem bestaande gebouwen	
Voorzieningen	15	5		Idem bestaande gebouwen	
Kantoren	15	10		Idem bestaande gebouwen	
Handel	15	10		Idem bestaande gebouwen	
Hotel	15	10		Idem bestaande gebouwen	

**Tabel 15: Specifieke energiebehoeften – Alle bestemmingen – Nieuwe gebouwen – Koeling [kWh/m<sup>2</sup>] (ARIES, 2023)**

Zoals voor de bestaande gebouwen volgen de specifieke behoeften aanvankelijk een lineaire daling tot een 'doeljaar' en vervolgens een constante ontwikkeling:

- In het geval van verwarming wordt ervan uitgegaan dat de behoeften in 2050 met 20% zullen zijn gedaald ten opzichte van 2031. Deze vermindering is ook 20% in het geval van sanitair warm water. Deze vermindering is kleiner dan voor bestaande gebouwen, gezien de hogere prestaties van deze laatste wanneer zij worden ontworpen.
- Voor koeling en andere toepassingen wordt echter geen vermindering van de behoeften overwogen en dit om dezelfde redenen als bij de bestaande gebouwen.

Tot slot zijn de **in aanmerking genomen rendementen voor de technische installaties** in de volgende tabel weergegeven, voor verwarming en sanitair warm water (ter vereenvoudiging wordt ervan uitgegaan dat de rendementen identiek te zijn).

Periode	Gas				
	Productie	Distributie	Emissie	Regulering	Globaal
1 (2031-2050)	105%	98%	98%	95%	<b>96%</b>
2 (2051-2070)	105%	98%	98%	95%	<b>96%</b>
3 (2071-2090)	105%	98%	98%	95%	<b>96%</b>
Elektriciteit (uitgezonderd geothermie)					
	Productie	Distributie	Emissie	Regulering	Globaal
1 (2031-2050)	300%	98%	98%	95%	<b>274%</b>
2 (2051-2070)	300%	98%	98%	95%	<b>274%</b>
3 (2071-2090)	300%	98%	98%	95%	<b>274%</b>
Elektriciteit (geothermie)					
	Productie	Distributie	Emissie	Regulering	Globaal
1 (2031-2050)	450%	98%	98%	95%	<b>411%</b>
2 (2051-2070)	450%	98%	98%	95%	<b>411%</b>
3 (2071-2090)	450%	98%	98%	95%	<b>411%</b>

**Tabel 16: Technische installatierendementen - Verwarming en sanitair warm water - Alle bestemmingen - Nieuwe gebouwen (ARIES, 2023)**

Bij gebrek aan een duidelijke trend op lange termijn worden voor nieuwe gebouwen geen technologische ontwikkelingen in aanmerking genomen. Het gaat hierdoor om conservatieve hypothesen.

Ongeacht de periode stemmen de productierendementen overeen:

- Voor gas: met een gascondensatieketel waarvan het productierendement 105% bedraagt. De distributie-, emissie- en regelingsrendementen worden eveneens verbeterd;

- Voor elektriciteit (uitgezonderd geothermie): met een lucht/water warmtepomp waarvan de COP 3 blijft.
- Voor elektriciteit (geothermie): met een water/water warmtepomp waarvan de COP 4,5 blijft.

Voor koeling zijn de rendementen opgenomen in de volgende tabel.

Periode	
1 (2031-2050)	400%
2 (2051-2070)	400%
3 (2071-2090)	400%

**Tabel 17: Technische installatierendementen - Koeling - Alle bestemmingen - Bestaande gebouwen (ARIES, 2023)**

De in aanmerking genomen rendementen voor de andere vormen van gebruik (gas en elektriciteit) worden gelijkgesteld aan 100%.

**Bij de installatie van fotovoltaïsche panelen** wordt rekening gehouden met de volgende parameters:

- Benodigde oppervlakte aan panelen voor de productie van 1 kWp: 8 m<sup>2</sup>;
- Productie per geïnstalleerde kWp: 900 kWh/kWp;
- Correctiefactor om rekening te houden met het feit dat de positie van de panelen afwijkt van de ideale positie<sup>16</sup>): 0,90;
- Aandeel uitgeruste daken: 75% (om rekening te houden met de onmogelijkheden door beschaduwing).

In een voorzichtige hypothese wordt geen technologische evolutie over de analyseperiode in aanmerking genomen: de oppervlakte van de panelen die nodig zijn om 1 kWp te produceren blijft 8 m<sup>2</sup>.

### C. Koning Boudewijnstadion

In de bestaande toestand bedragen de reële **jaarlijkse eindverbruiken**:

- Voor gas: 1.863.110 kWh;
- Voor elektriciteit: 1.693.680 kWh.

De **in aanmerking genomen rendementen voor de technische installaties** zijn, bij wijze van veronderstelling, identiek aan die voor de andere bestaande gebouwen (zie *punt 2.3.1.2.A. Bestaande gebouwen (met uitzondering van het Koning Boudewijnstadion)*).

<sup>16</sup> De ideale positie komt overeen met een zuidelijke oriëntatie en een helling van 35°. Voor de eenvoud wordt ervan uitgegaan dat de panelen horizontaal liggen (geen schaduw van panelen op elkaar).

De hypothesen in verband met de verdeling van de behoeften volgens energievectoren staan in onderstaande tabel.

Periode	Gas	Elektriciteit	Geothermie
1 (2031-2050)	90%	10%	0%
2 (2051-2070)	30%	70%	0%
3 (2071-2090)	10%	90%	0%

**Tabel 18: Verdeling van de behoeften tussen energievectoren - Verwarming en sanitair warm water - Koning Boudewijnstadion (ARIES, 2023)**

De emissies zijn berekend op basis van de gegevens over het werkelijke eindverbruik van respectievelijk gas en elektriciteit. De hypothesen bestaan erin deze om te zetten in behoeften door het rendement van de installaties toe te passen, en vervolgens een verdeelsleutel voor deze behoeften toe te passen volgens het gebruik in jaar 1. De redenering is vergelijkbaar met die voor andere bestaande gebouwen: het uiteindelijke energieverbruik van de volgende jaren wordt berekend door uit te gaan van behoeften die variëren in omvang en verdeling, en door de efficiëntie van de installaties toe te passen die na een periode van 20 jaar verbetert.

### **2.3.1.3. Emissiefactoren voor het 'Exploitatie'-luik**

De in aanmerking genomen emissiefactoren zijn de volgende:

- Voor gas: 0,200 kgCO<sub>2</sub> eq/kWh<sup>17</sup>;
- Voor elektriciteit (net): 0,200 kgCO<sub>2</sub> eq/kWh<sup>18</sup>;
- Voor elektriciteit (fotovoltaïsch): 0,041 kgCO<sub>2</sub> eq/kWh<sup>19</sup>.

De emissiefactoren worden verondersteld constant te zijn gedurende de analyseperiode<sup>20</sup>.

### **2.3.2. Resultaten**

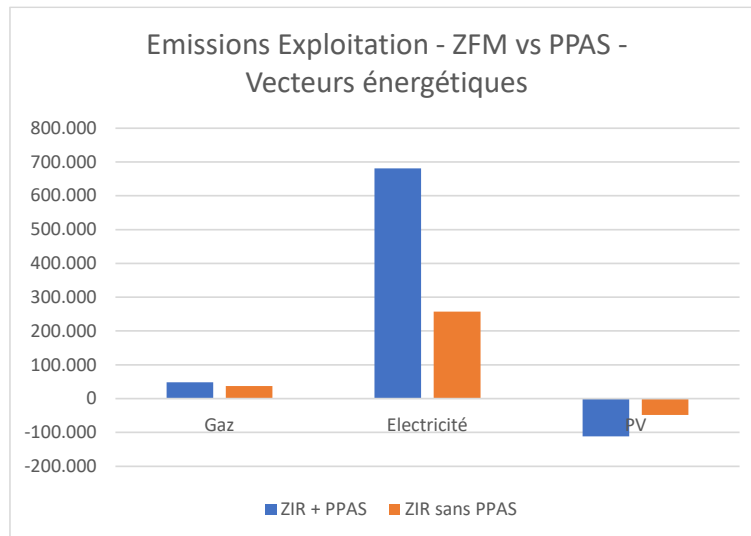
Onderstaande grafiek toont de globale emissies voor het Exploitatieluik, volgens de energievectoren (gas en elektriciteit), over de gehele analyseperiode (60 jaar), respectievelijk voor de scenario's met en zonder BBP. Deze emissies worden uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-equivalent. De aanwezigheid van fotovoltaïsche panelen (op de daken van nieuwe gebouwen) is in de linkergrafiek in aanmerking genomen en niet in de rechtergrafiek.

<sup>17</sup> ICEDD (2021). *Update of the impact assessment of federal Policies and Measures*

<sup>18</sup> Ibidem

<sup>19</sup> Gemiddelde waarde voor fotovoltaïsche daken volgens het IPCC (in bijlage III van het Assessment Report 5 – Technology-specific Cost and Performance Parameters).

<sup>20</sup> Voor elektriciteit voorzien de prognoses van de ICEDD-studie slechts een zeer marginale verandering: 0,340 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh in 2040 tegenover 0,350 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh vanaf 2026.



**Figuur 8: Emissies van het Exploitatieluik per energievecteur over de hele analyseperiode - Met PV (links) en zonder PV (rechts) [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

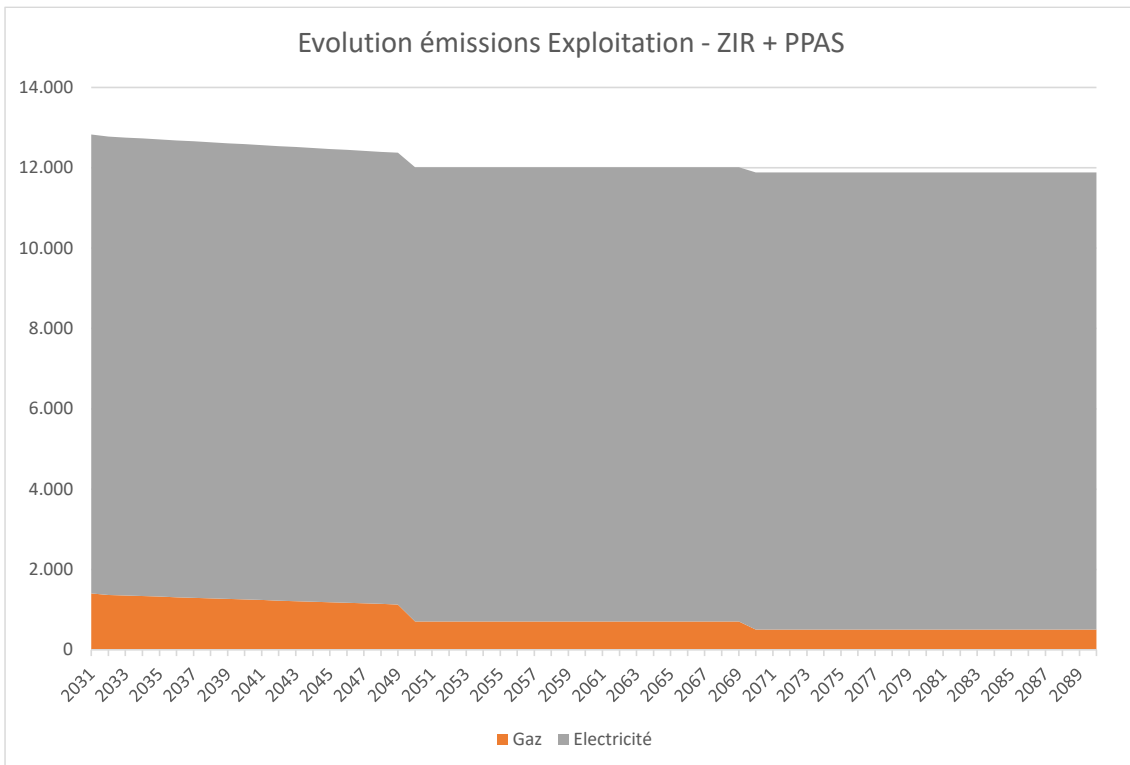
Onderstaande tabel vermeldt ook de emissies per energievecteur. De emissies die vermeden worden door de installatie van fotovoltaïsche panelen (PV) zijn eveneens weergegeven.

Scenario	Gas	Elektriciteit	Totaal (zonder PV)	PV	Totaal met PV
GGB + BBP	48.474	680.579	729.054	-111.706	617.348
	7%	93%	100%	-15%	85%
GGB zonder BBP	36.931	257.638	294.569	-47.830	246.739
	13%	87%	100%	-16%	84%

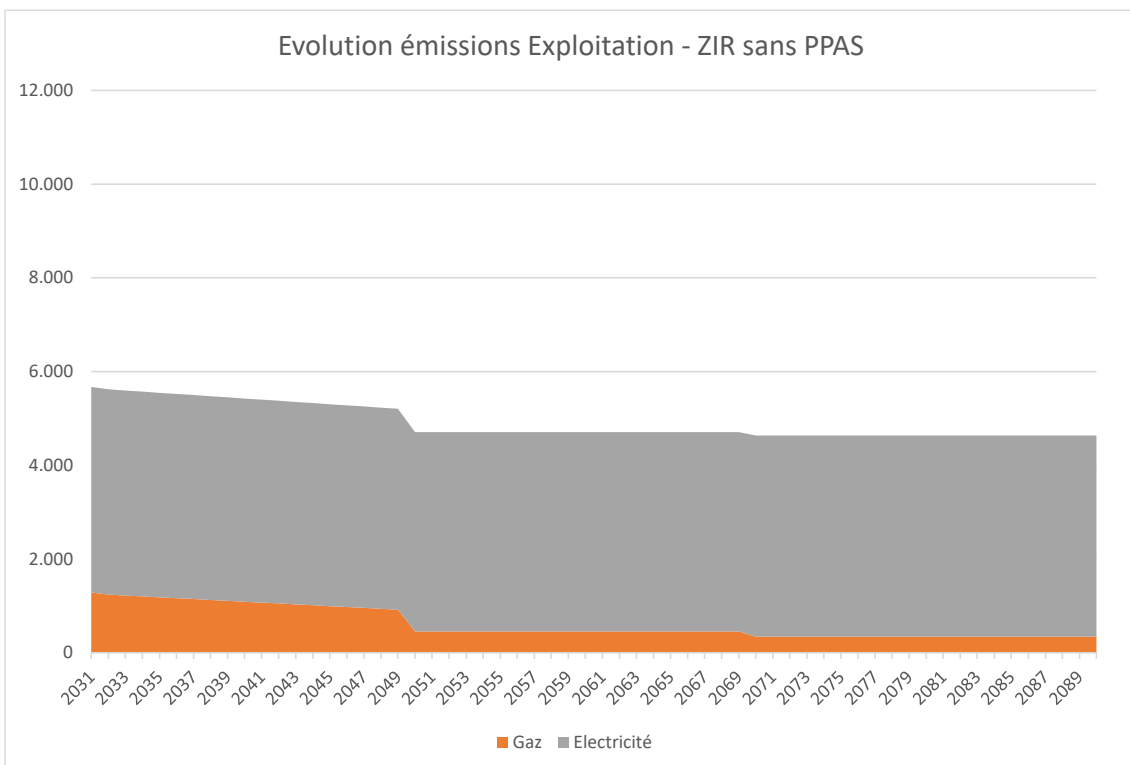
**Tabel 19: Emissies van het Exploitatieluik per energievecteur over de hele analyseperiode [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

Deze verhoudingen kunnen worden verklaard door de veronderstelde verandering in de behoefte aan gas en elektriciteit ten gunste van laatstgenoemde. In het bovenstaande wordt uitgegaan van een nettodaling van de gasbehoefte. De lokale productie van elektriciteit met behulp van horizontale fotovoltaïsche panelen op 75% van het oppervlak van de daken van nieuwe gebouwen leidt tot een vermindering van ongeveer 15% van de totale emissies in verband met energieverbruik.

Wat de **evolutie van de emissies in de tijd** betreft, tonen de onderstaande grafieken voor de scenario's met en zonder BBP een daling van de totale emissies met respectievelijk ongeveer 7% en 18% tegen 2090 in vergelijking met 2031 (zonder rekening te houden met de installatie van fotovoltaïsche panelen). Deze dalingen zijn bijna volledig toe te schrijven aan emissies in verband met gasverbruik, die volgens de gemaakte veronderstellingen met 62% afnemen in het geval van het GGB-scenario met BBP en met 71% in het geval van het GGB-scenario zonder BBP.



**Figuur 9: Evolutie van de emissies in verband met energieverbruik in de analyseperiode 2031-2090 – Scenario GGB + BBP [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**



**Figuur 10: Evolutie van de emissies in verband met energieverbruik in de analyseperiode 2031-2090 – Scenario GGB zonder BBP [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

De zeer geringe verandering in de emissies als gevolg van het elektriciteitsverbruik wordt verklaard door het feit dat wordt aangenomen dat het gebruik van gas in de toekomst drastisch zal afnemen en zal worden gecompenseerd door een toename van het gebruik van elektriciteit. Ook wordt aangenomen dat de behoefte aan elektriciteit (met name voor toepassingen die uitsluitend verband houden met elektriciteit, zoals huishoudelijke apparaten, enz.) in de analyseperiode niet zal afnemen.

De in 2050 en 2070 zichtbare niveauverschillen houden verband met de vervanging van technische installaties, die verondersteld wordt om de 20 jaar plaats te vinden (verhoging van de efficiëntie) en met de wijziging van de verdeling van de energiebehoeften naar gelang van de energiedragers en de toepassingen (zie *Punt 2.3.1. Hypotheses*).

De **specifieke emissies** per vloeroppervlak zijn als volgt voor de gehele levenscyclus. Er moet een onderscheid worden gemaakt tussen bestaande en nieuwe gebouwen, gezien de verschillen in energieprestatie. Aangezien de hypothesen voor beide scenario's identiek zijn, zijn de specifieke emissies ook identiek. Bijgevolg worden hieronder alleen de resultaten voor het GGB-scenario met BBP getoond, met uitzondering van de globale resultaten, die afhankelijk zijn van de vloeroppervlakten.

		Bestaand			Nieuw		
		Totale emissies (gas + elektriciteit) [tCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]	Vloeroppervlakte [m <sup>2</sup> ]	Totale emissies (gas + elektriciteit) [kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]	Totale emissies (gas + elektriciteit) [tCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]	Vloeroppervlakte [m <sup>2</sup> ]	Totale emissies (gas + elektriciteit) [kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]
<b>GGB + BBP</b>	Huisvesting	0	0	-	84.225	117.000	719.9
	Voorzieningen	5.205	2.980	1.747	84.413	68.026	1.241
	Kantoren	0	0	-	23.751	13.252	1.792
	Handel	8.517	3.000	2.839	437.241	174.000	2.707
	Hotel	0	0	-	40.576	18.000	2.254
	Stadion	45.126	28.820	1.566	0	-	-
	<b>Globaal</b>	<b>58.848</b>	<b>34.800</b>	<b>1.691</b>	<b>670.206</b>	<b>390.278</b>	<b>1.717</b>
<b>GGB zonder BBP</b>	<b>Globaal</b>	<b>122.614</b>	<b>57.271</b>	<b>2.141</b>	<b>171.928</b>	<b>137.293</b>	<b>1.252</b>

**Tabel 20: Specifieke emissies over de analyseduur – Exploitatiefuik (ARIES, 2023)**

De ordes van grootte zijn in grote lijnen gelijk voor elk gebruik, maar woningen onderscheiden zich door lagere specifieke emissies als gevolg van een lager eindverbruik. Voor commerciële gebouwen is er een klein verschil tussen bestaande en nieuwe gebouwen. Dit kan worden verklaard door het grote gewicht van het elektriciteitsverbruik, dat tijdens de analyseperiode niet afneemt en waarvoor de behoeften verondersteld worden constant te blijven (koeling en ander elektriciteitsgebruik, zie *Punt 2.3.1.2. In aanmerking genomen waarden voor de bepaling van de activiteitsgegevens*).

Men kan ook een indicatieve vergelijking maken, voor woongebouwen, van de verkregen specifieke emissies met de  $I_{c\text{-energie}}$ -vereiste van de Franse thermische regelgeving, die lager moet zijn dan (voor collectieve woningen die niet zijn aangesloten op een stadsverwarmingsnet):

- 560 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> voor de constructies tussen 2022 en 2024;
- 260 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> voor de constructies tussen 2024 en 2027;
- 260 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup> voor de constructies vanaf 2031.

De in het kader van deze koolstofbalans verkregen waarden zijn hoger dan deze waarden, hetgeen kan worden verklaard door het feit dat bij de vaststelling ervan rekening werd gehouden met de specifieke kenmerken van de Franse context (verschillen in energiemix, enz.). De in deze regelgeving in aanmerking genomen levensduur is ook 50 jaar en niet 60 jaar. Tot slot kan de orde van grootte die voor de emissies wordt verkregen, niettemin worden gevalideerd omdat er een aanzienlijke onzekerheid bestaat over de ontwikkeling van de verschillende parameters op basis waarvan de emissies worden berekend.

Dezelfde opmerking kan worden gemaakt voor de kantoren. Voor de andere bestemmingen die in de GGB + BBP-programma's of de GGB-programma's zonder BBP worden beoogd, worden momenteel geen eisen gesteld.

## 2.4. Mobiliteitsluik

### 2.4.1. Hypotheses

#### 2.4.1.1. Berekeningsprincipes

De methodologie bestaat erin het aantal passagiers.km (voor openbaar vervoer) of voertuig.km (voor personenauto's, taxi's, elektrische fietsen) te bepalen om deze via de emissiefactoren om te zetten in broeikasgasemissies.

Het aantal passagiers.km voor een bepaalde vervoerswijze wordt bepaald aan de hand van de volgende vergelijking.

$$n_{pkm,modus} = p_{modus} \cdot n_{verplaatsingen,tot,modus} \cdot \sum_{i=1}^n p_{d,i,modus} \cdot C_{d,i,modus}$$

Waarbij:

- $n_{pkm,modus}$ : passagiers.km voor de respectieve modus;
- $p_{modus}$ : modaal aandeel van de respectieve modus;
- $n_{verplaatsingen,tot,modus}$ : totaal aantal verplaatsingen voor de respectieve modus;
- $p_{d,i,modus}$ : aandeel van de verplaatsingen over een afstand die zich binnen een bepaalde afstandscategorie voor de respectieve modus situeert;
- $C_{d,i,modus}$ : midden van de afstandscategorie (bv. voor de afstandscategorie [10-20 km]): 15 km);
- $n$ : aantal afstandscategorieën.



Het principe bestaat erin de afgelegde afstanden ( $C_{d,i,modus}$ ) te beschouwen aan de hand van afstandscategorieën, waartussen de verplaatsingen van een bepaalde vervoerswijze ( $p_{d,i,modus} \cdot n_{verplaatsingen,tot,modus}$ ) zijn verdeeld (via de percentages  $p_{d,i,modus}$ ).

De 'globale' modi die in aanmerking worden genomen zijn de personenauto, de taxi, de bus, het openbaar vervoer, de fiets en het te voet gaan. Sommige van deze modi hebben subcategorieën naar type of motorisering, zoals blijkt uit onderstaande tabel.

'Globale' modus	Subcategorie
Personenwagen	Diesel
	Benzine
	Elektriciteit
	Andere
Taxi	Elektriciteit
	Thermisch
Openbaar vervoer	Metro
	Tram
	Bus
Fiets	Elektriciteit
	Normaal

**Tabel 21: 'Globale' vervoersmodi en in aanmerking genomen overeenkomstige subcategorieën (ARIES, 2023)**

Gezien het 60-jarige tijdsbestek van de analyse wordt rekening gehouden met temporele evoluties door middel van 'doelwaarden' voor 2030 en 2050 die zijn vastgesteld voor:

- De modale aandelen per 'globale' vervoersmodus ( $p_{modus}$ );
- Het totale aantal verplaatsingen ( $n_{verplaatsingen,tot,modus}$ );
- De verdeling van het aantal verplaatsingen per afstandscategorie ( $p_{d,i,modus}$ ).

Deze grootheden maken het mogelijk een aantal passagiers.km te berekenen voor deze horizonten 2030 en 2050. Tussen deze horizonten wordt uitgegaan van een lineaire evolutie. Wegens de grote onzekerheid van de mobiliteit in het algemeen wordt vervolgens voor de daaropvolgende jaren een constante evolutie aangenomen.

De passagiers.km die voor de 'globale' modi verkregen werden, worden vervolgens verdeeld over de subcategorieën van modi (met name wat betreft de motorisering van de personenwagens of het openbaar vervoer), via modale aandelen die voor deze laatste worden vastgesteld. Deze modale aandelen evolueren eveneens doorheen de tijd.

#### **2.4.1.2. In aanmerking genomen waarden voor de bepaling van de activiteitsgegevens**

De **modale aandelen die in aanmerking genomen werden voor de verschillende 'globale' modi** ( $p_{\text{modus}}$ ), zijn opgenomen in onderstaande tabel. De modale aandelen worden verondersteld identiek te zijn voor de scenario's met en zonder BBP.

'Globale' modus	2023	2030	2050
Personenwagen - Bestuurder	33%	24%	12%
Personenwagen - Passagier	15%	15%	20%
Taxi	1%	3%	5%
Openbaar vervoer	32%	32%	32%
Fiets	4%	12%	17%
Te voet	15%	14%	14%
<b>Totaal</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Tabel 22: Modale aandelen voor de 'globale' vervoersmodi (ARIES, 2023)**

De evolutie van het modale aandeel 'Personenwagen - Bestuurder' in 2030 werd overgenomen uit het 'Good Move'-plan<sup>21</sup>.

Het **totale aantal wekelijkse reizen per globale modus** ( $n_{\text{verplaatsingen,tot,modus}}$ ) in de bestaande situatie (2023) wordt in de volgende tabel voor elk scenario gegeven. In hypothese varieert het niet tot in 2030. Vervolgens neemt het lineair af tot 75% van de waarde in 2030 in 2050. Hoewel dit kan leiden tot een overschatting van de verplaatsingen, zijn de jaarlijkse resultaten eenvoudigweg afgeleid door de wekelijkse resultaten met 52 te vermenigvuldigen, ter vereenvoudiging en om een vermenigvuldiging van de hypothesen te vermijden.

'Globale' modus	GGB + BBP			GGB zonder BBP		
	2023	2030	2050	2023	2030	2050
Personenwagen - Bestuurder	223.746	162.724	61.022	80.675	58.673	22.002
Personenwagen - Passagier	101.703	101.703	101.703	36.670	36.670	36.670
Taxi	6.780	20.341	25.426	2.445	7.334	9.168
Openbaar vervoer	216.965	216.965	162.724	78.230	78.320	58.673
Fiets	27.121	81.362	86.447	9.779	29.336	31.170
Te voet	101.703	94.922	71.192	36.670	34.226	25.669
<b>Totaal</b>	<b>678.017</b>	<b>678.017</b>	<b>508.513</b>	<b>244.469</b>	<b>244.469</b>	<b>183.352</b>

**Tabel 23: Totaal aantal wekelijkse verplaatsingen per 'globale' modus - Scenario's GGB met BBP en GGB zonder BBP (ARIES, 2023)**

<sup>21</sup> Brussel Mobiliteit (2021). *Gewestelijk mobiliteitsplan 2020-2030. Strategisch en operationeel plan*

De **categorieën van afgelegde afstanden** en de **aandelen van uitgevoerde verplaatsingen in elk ervan** worden in onderstaande tabel voor elk scenario weergegeven. Aangenomen wordt dat deze niet variëren gedurende de analyseperiode.

Er zij op gewezen dat geen rekening wordt gehouden met de 'modus' Personenwagen - Passagier, aangezien de broeikasgasemissies van personenwagens onafhankelijk zijn van het aantal inzittenden (emissiefactoren uitgedrukt in gCO<sub>2</sub>/vkm<sup>22</sup>). De emissies veroorzaakt door het te voet gaan worden eveneens buiten beschouwing gelaten. Hierbij dient gepreciseerd dat verplaatsingen over langere afstanden, waarvoor de spreiding nul wordt verondersteld, in werkelijkheid wel degelijk kunnen voorkomen, maar worden verondersteld niet frequent te zijn en derhalve buiten beschouwing gelaten kunnen worden.

Scenario	'Globale' modus	Verdeling van de verplaatsingen per afstandscategorie											
		Afstandscategorie [km]	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	
<b>GGB + BBP</b>	Personenwagen - Bestuurder	20%	30%	12%	12%	10%	4%	3%	3%	2%	2%	2%	100%
	Taxi	37,5%	37,5%	12,5%	12,5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	Openbaar vervoer	35%	35%	15%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	Fiets	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
<b>GGB zonder BBP</b>	Personenwagen - Bestuurder	48%	21%	8%	6%	5%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	100%
	Taxi	37,5%	37,5%	12,5%	12,5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	Openbaar vervoer	35%	35%	15%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
	Fiets	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

**Tabel 24: Categorieën van afgelegde afstanden en verdeling van de verplaatsingen volgens deze categorieën - Scenario's GGB met BBP en GGB zonder BBP (ARIES, 2023)**

Wat de Personenwagen – Bestuurder betreft, werd in het geval van het scenario GGB met BBP een toename van het aantal verplaatsingen in de klasse [10-20] in aanmerking genomen om rekening te houden met het feit dat het programma een groot aandeel handelszaken omvat, die mogelijk verplaatsingen binnen het BHG of vanuit de periferie genereren.

### **2.4.1.3. Emissiefactoren voor het 'Mobiliteit'-luik**

De emissiefactoren voor de **personenwagens** hangen af van de verdeling over de motorisaties (benzine, diesel, elektriciteit, andere) en de evolutie ervan over de analyseperiode. Voor de leesbaarheid van het rapport zijn deze emissiefactoren in de bijlage opgenomen (zie *Punt 6.1. Emissiefactoren voor de personenwagens*).

De **taxi's** worden verondersteld volledig elektrisch aangedreven te zijn. De in aanmerking genomen emissiefactor is 100 g CO<sub>2</sub>-eq/vkm<sup>23</sup>.

Wat het **openbaar vervoer** betreft, is de verdeling over de subcategorieën als volgt:

<sup>22</sup> Voertuig.km

<sup>23</sup> Gemiddelde waarde, gebaseerd op 'Base Carbone' van ADEME.

- Metro: 70%;
- Tram: 15%;
- Bus: 15%.

Deze verhoudingen worden verondersteld constant te zijn gedurende de analyseperiode.

De in aanmerking genomen emissiefactoren zijn verstrekt door de MIVB<sup>24</sup> en opgenomen in onderstaande tabel.

Modus	Emissiefactor [gCO <sub>2</sub> eq/passagier.km]
Metro	20
Tram	30
Bus	110

**Tabel 25: Emissiefactoren voor het openbaar vervoer (MIVB, 2023)**

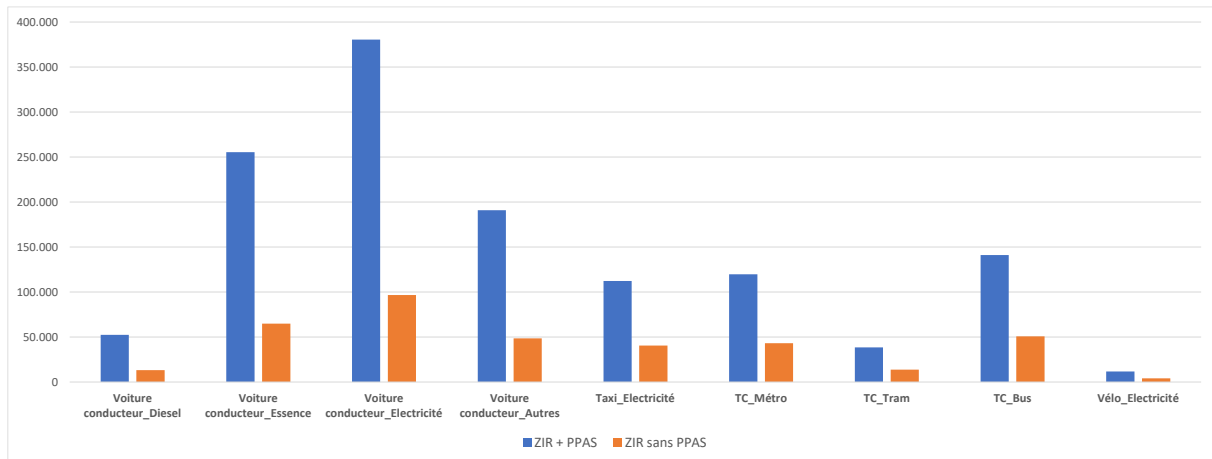
Voor **fietsen** wordt aangenomen dat 40% van de voertuigen elektrisch wordt ondersteund. De in aanmerking genomen emissiefactor is 11 gCO<sub>2</sub>-eq/vkm, een waarde overgenomen uit de 'Base Carbone' van ADEME<sup>25</sup>. De ontwikkeling ervan wordt verondersteld constant te zijn gedurende de gehele analyseperiode, op basis van de ontwikkeling van de emissiefactor voor de elektriciteitsproductie.

## 2.4.2. Resultaten

Onderstaande grafiek toont de globale emissies voor het Mobiliteitsluik, volgens de verschillende globale modi en de subcategorieën, over de gehele analyseperiode (60 jaar), respectievelijk voor de scenario's met en zonder BBP. Deze emissies worden uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-equivalent.

<sup>24</sup> Informatie beschikbaar op de website van de MIVB op de pagina Goed voor het milieu > Verbindingen: [https://www.stib-mivb.be/article.html?\\_guid=008a3561-2ac1-3410-22bc-d575f8441615&l=nl](https://www.stib-mivb.be/article.html?_guid=008a3561-2ac1-3410-22bc-d575f8441615&l=nl) (geraadpleegd in februari 2023)

<sup>25</sup> Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Frankrijk)



**Figuur 11: Emissies van het Mobiliteitsluik per modus over de hele analyseperiode [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

Onderstaande tabel vermeldt ook de emissies per modus.

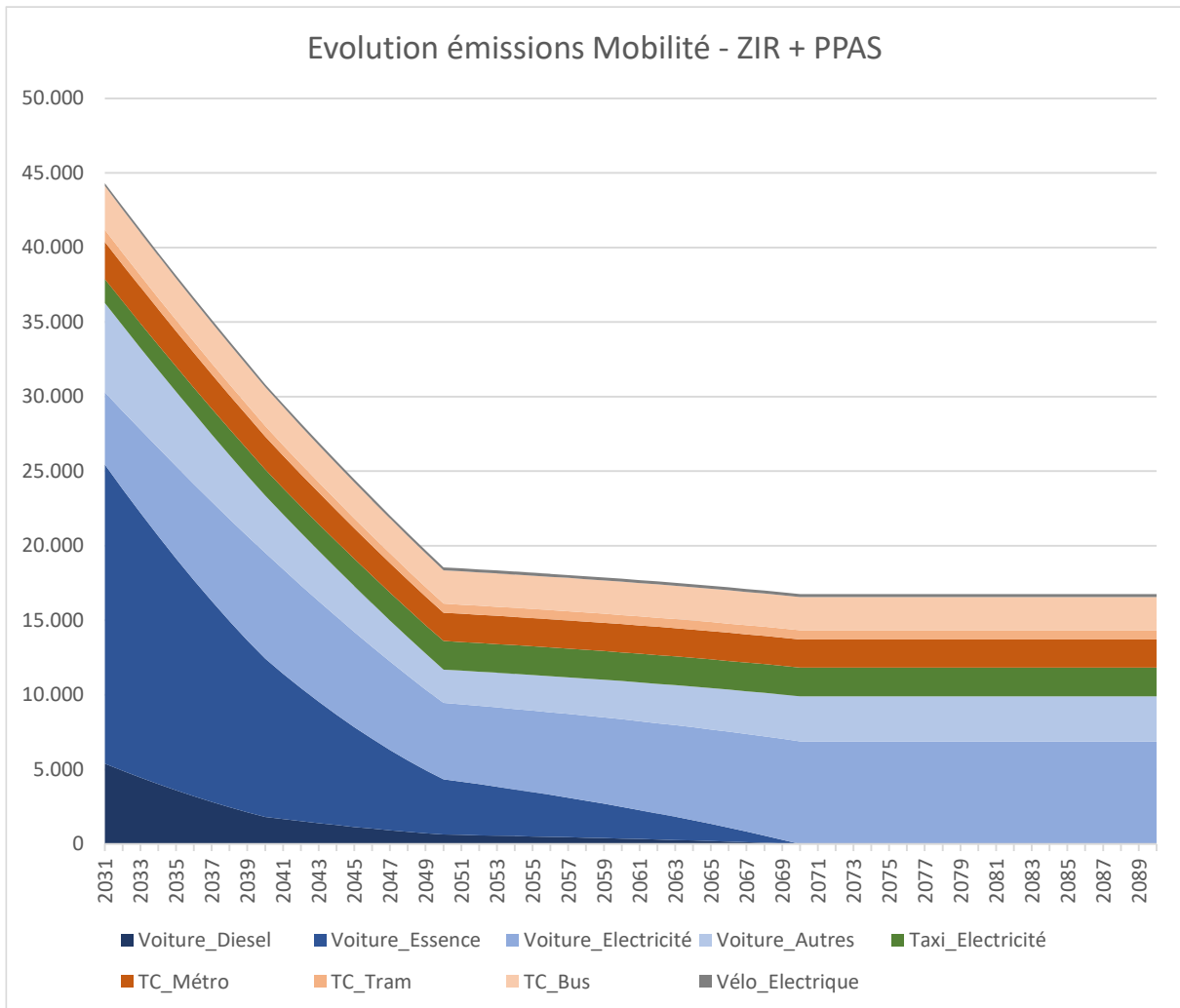
	Personenwagen					Taxi	Openbaar vervoer				Fiets	Totaal
	Diesel	Benzine	Elektriciteit	Andere	Totaal	Elektriciteit	Metro	Tram	Bus	Totaal	Elektriciteit	
<b>GGB + BBP</b>	52.553	255.419	380.612	190.994	<b>879.577</b>	<b>112.365</b>	119.727	38.484	141.106	<b>299.317</b>	<b>11.757</b>	1.303.016
	4,0%	19,6%	29,2%	14,7%	<b>68%</b>	<b>8,6%</b>	9,2%	3,0%	10,8%	<b>23%</b>	<b>0,9%</b>	100%
<b>GGB zonder BBP</b>	13.347	64.871	96.667	48.508	<b>223.394</b>	<b>40.515</b>	43.169	13.876	50.878	<b>107.923</b>	<b>4.239</b>	376.071
	3,5%	17,2%	25,7%	12,9%	<b>59%</b>	<b>10,8%</b>	11,5%	3,7%	13,5%	<b>29%</b>	<b>1,1%</b>	100%

**Tabel 26: Emissies van het Mobiliteitsluik per modus over de hele analyseperiode [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

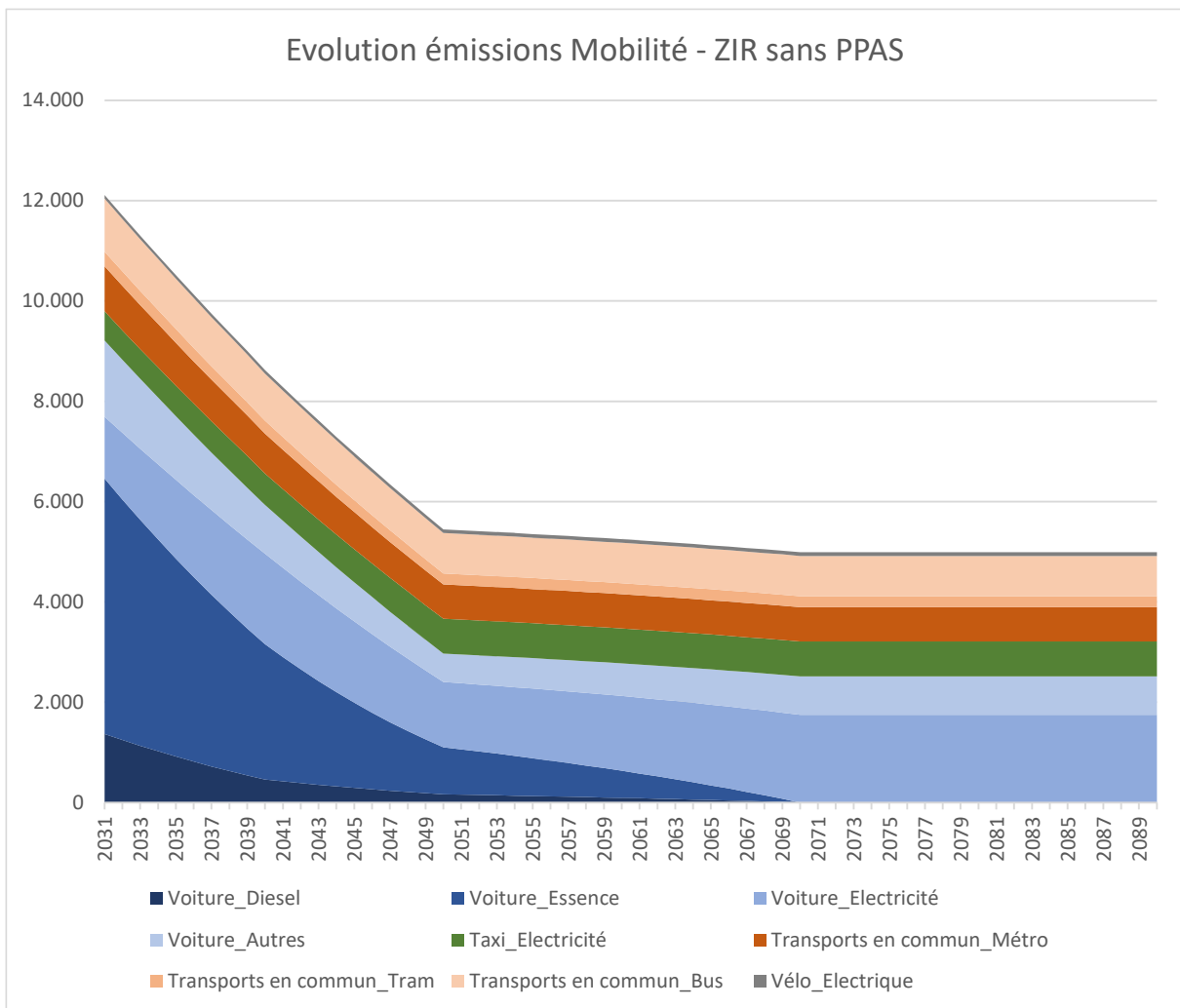
Op de schaal van de gehele analyseperiode zijn de meeste emissies toe te schrijven aan de personenwagen, ongeacht het scenario (68% in het geval van het GGB met BBP en 59% in het geval van het GGB zonder BBP), omdat de emissies voor de jaren vóór 2050 worden geëvalueerd. Het aandeel van de elektrische auto is dominant (tussen 25 en 30%), gezien de huidige en toekomstige ontwikkeling ervan. Wat het openbaar vervoer betreft, de tweede meest vervuilende globale modus in termen van mobiliteit (tussen 25 en 30%), heeft de bus het grootste aandeel, hetgeen wordt verklaard door de hypothesen die geformuleerd werden over de modale aandelen voor metro, tram en bus en door de emissiefactor per passagier.km, die hoger is dan die van de metro. Deze emissiefactor komt overeen met een huidige situatie, met een busvloot waarvan de samenstelling niet op de website van de MIVB wordt gespecificeerd. Bij gebrek aan gedetailleerde informatie werd deze emissiefactor als constant beschouwd voor de gehele analyseperiode, wat resulteert in een overschatting van de emissies.

Wat de **evolutie van de emissies in de tijd** betreft, tonen de onderstaande grafieken voor de scenario's met en zonder BBP een daling van de totale emissies met respectievelijk

ongeveer 59% en 62% tegen 2090 in vergelijking met 2031. Deze dalingen zijn bijna volledig toe te schrijven aan de emissies van personenwagens die tegen 2090 met 73% en tegen 2050 met een snelle daling van bijna 70% zijn afgenomen. Aangenomen wordt dat de meeste inspanningen vóór dat jaar worden geleverd (in termen van vermindering van het modale aandeel van auto's, het aandeel van auto's met verbrandingsmotor en vermindering van het aantal gemaakte verplaatsingen). De dalingen in verband met het openbaar vervoer zijn vooral het gevolg van de beoogde afname van het aantal verplaatsingen vóór 2050. De aandelen van taxi's en elektrische fietsen stijgen licht, als gevolg van de veronderstelde toename van de modale aandelen.



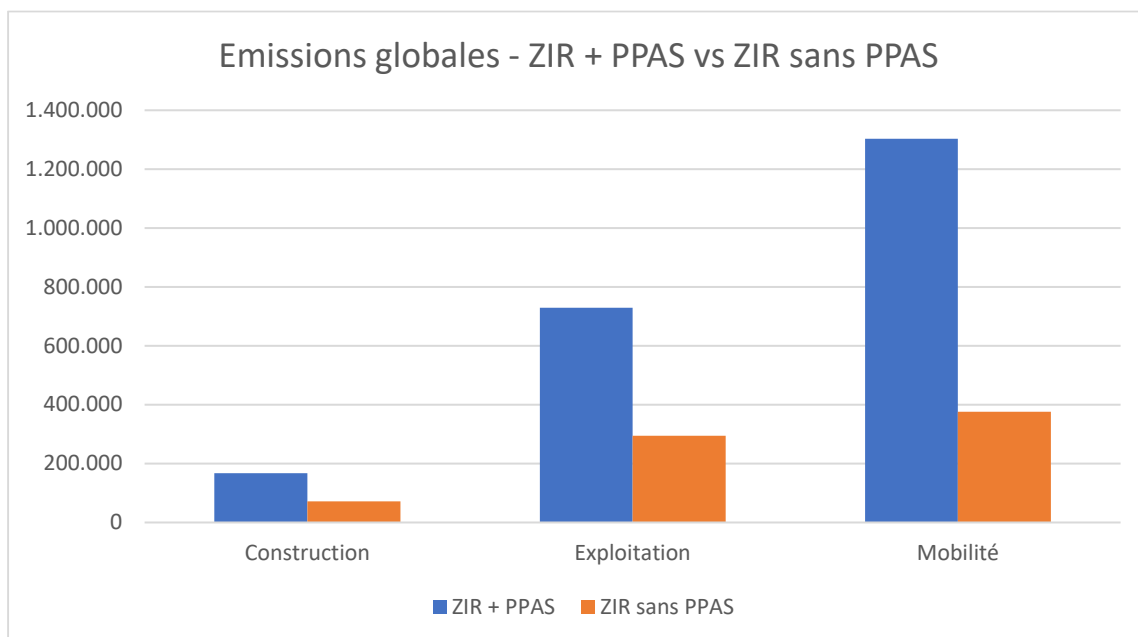
**Figuur 12: Evolutie van de emissies in verband met mobiliteit in de analyseperiode 2031-2090 – Scenario GGB + BBP [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**



**Figuur 13: Evolutie van de emissies in verband met mobiliteit in de analyseperiode 2031-2090 – Scenario GGB zonder BBP [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

## 2.5. Algemene resultaten

De onderstaande grafiek en tabel tonen de globale emissies voor elk luik (Bouw, Exploitatie, Mobiliteit) over de gehele analyseperiode (60 jaar) om de volledige levenscyclus van het project in aanmerking te nemen, respectievelijk voor de scenario's met en zonder BBP. Deze emissies worden uitgedrukt in ton CO<sub>2</sub>-equivalent. Er zij op gewezen dat de Exploitatie-emissies geen rekening houden met de emissies die worden vermeden door de lokale productie van elektriciteit via fotovoltaïsche panelen.



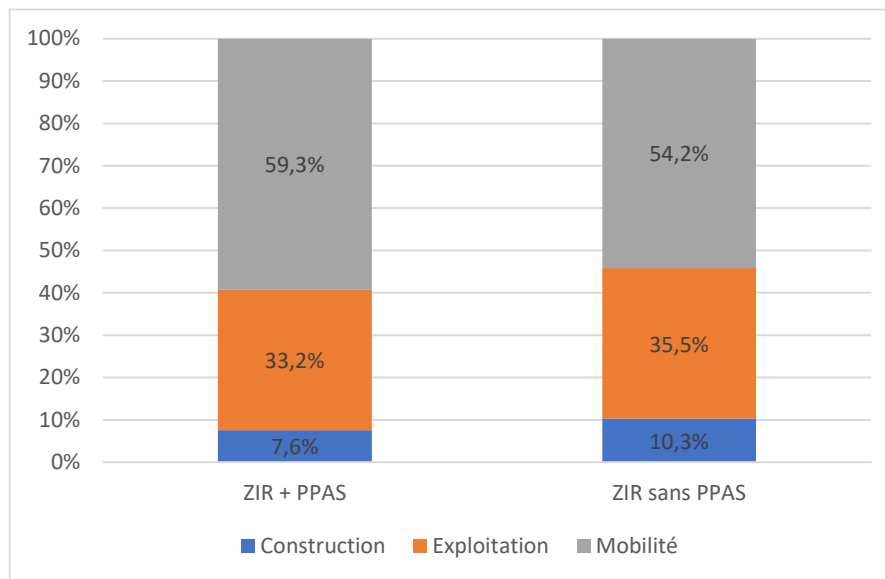
**Figuur 14: Totale emissies van de luiken Bouw, Exploitatie (zonder PV) en Mobiliteit in de analyseperiode – GGB met BBP en GGB zonder BBP [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

Scenario	Bouw	Exploitation	Mobiliteit	Totaal
GGB + BBP	166.613	729.054	1.303.016	2.198.683
	7,6%	33,2%	59,3%	100,0%
GGB zonder BBP	71.342	294.569	376.071	741.982
	10,3%	35,5%	54,2%	100,0%
GGB zonder BBP/ GGB + BBP	42,8%	40,4%	28,9%	33,7%

**Tabel 27: Totale emissies van de luiken Bouw, Exploitatie (zonder PV) en Mobiliteit in de analyseperiode [tCO<sub>2</sub>-eq] – GGB met en zonder BBP (ARIES, 2023)**

Onderstaande grafiek illustreert de verdeling van de emissies over de drie luiken, voor beide scenario's.





**Figuur 15: Verdeling van de totale emissies volgens de luiken Bouw, Exploitatie en Mobiliteit in de analyseperiode – GGB met en zonder BBP [%] (ARIES, 2023)**

Bij een vergelijking van de 3 luiken zijn de verhoudingen vergelijkbaar in omvang voor zowel het GGB met als zonder BBP. Het aandeel van de bouw ligt in de orde van 8-10%, dat van de exploitatie in de orde van 35% en dat van de mobiliteit in de orde van 55%. Indien alleen de bezettingsfase van de gebouwen in aanmerking wordt genomen, is het gewicht van de mobiliteit dus groter.

Er zij aan herinnerd dat de analyseperiode van 60 jaar een willekeurig vastgestelde periode is: de verhouding tussen de drie verkregen luiken varieert dienovereenkomstig. Het gewicht van de bouw neemt af in gevallen waarin de analyseperiode langer is, wat waarschijnlijk het geval zal zijn, aangezien de levensduur van gebouwen ook langer moet zijn.

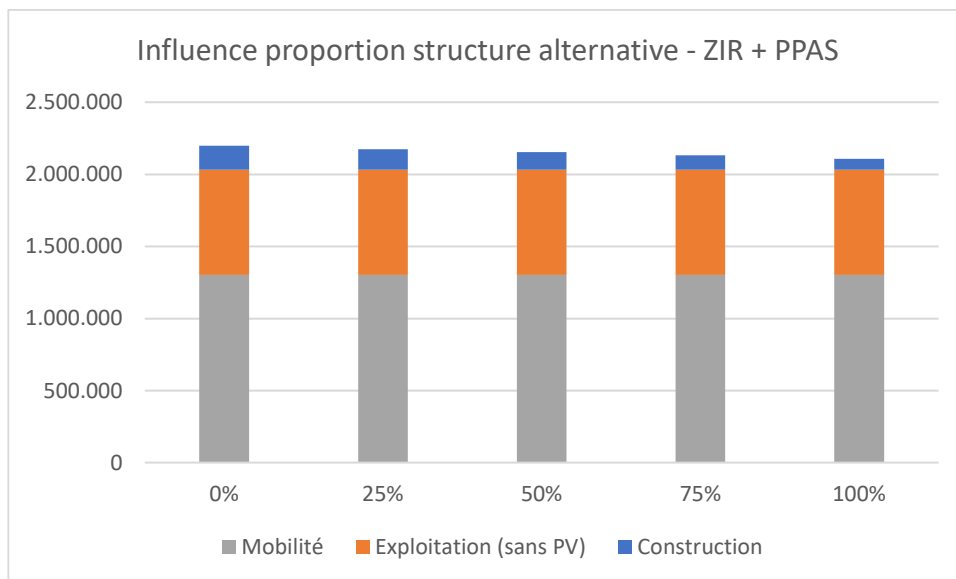
In het algemeen leidt de toepassing van het GGB-scenario zonder BBP, rekening houdend met de gemaakte veronderstellingen, tot een deling van de totale emissies door factor 3.

## 2.6. Verbeteringspistes en alternatieven

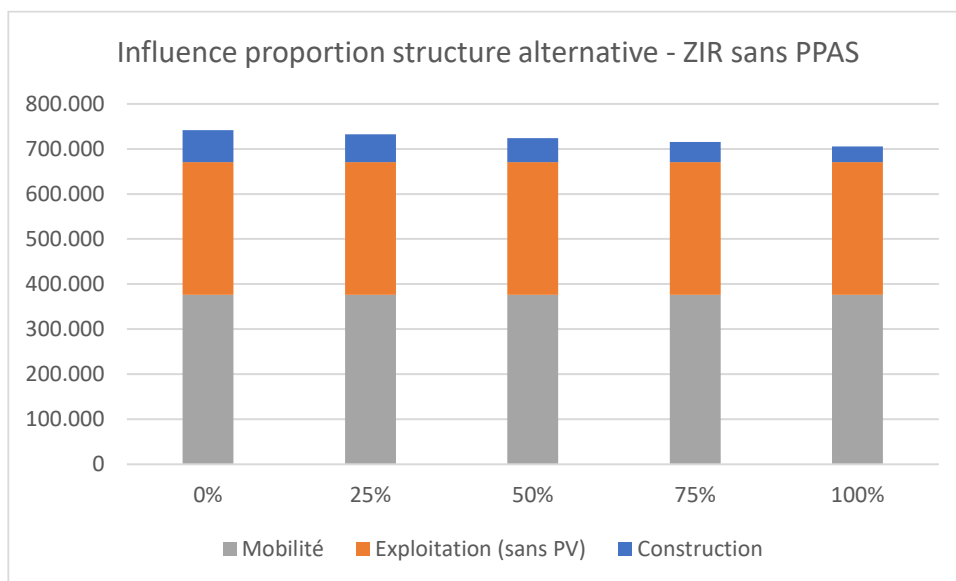
### 2.6.1. Bouw – Alternatieve structuur

De analyse had tot doel te bepalen in hoeverre de bouwgerelateerde emissies veranderen wanneer een deel van de structuur van de gebouwen, die op traditionele wijze als in beton gebouwd wordt beschouwd, wordt vervangen door een houten structuur (zie de beschrijving van typische muren met betrekking tot deze structuur in *Punt 2.2.1.2. Emissiefactoren voor het 'Bouw'-luik*). De beïnvloedende parameter is hier het aandeel van de vloeroppervlakte waar de overeenkomstige structuur wordt gewijzigd.

De volgende grafieken illustreren de evolutie van de emissies in functie van dit aandeel, respectievelijk voor de scenario's met en zonder BBP (de emissies in verband met de exploitatie houden geen rekening met de productie van elektriciteit met behulp van fotovoltaïsche panelen).



**Figuur 16: Invloed van het aandeel van vloeroppervlakte in alternatieve structuur – GGB met BBP [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**



**Figuur 17: Invloed van het aandeel van vloeroppervlakte in alternatieve structuur – GGB zonder BBP [tCO<sub>2</sub>-eq] (ARIES, 2023)**

Onderstaande tabellen vermelden de emissies in beide scenario's.

Luik	Aandeel van vloeroppervlakte in alternatieve structuur				
	0%	25%	50%	75%	100%
Bouw	166.613	142.567	121.219	99.872	75.825
Exploitatie	729.054	729.054	729.054	729.054	729.054
Mobiliteit	1.303.016	1.303.016	1.303.016	1.303.016	1.303.016
<b>Totaal</b>	<b>2.198.683</b>	<b>2.174.636</b>	<b>2.153.289</b>	<b>2.131.942</b>	<b>2.107.895</b>
<b>Vermindering Bouwluik</b>		<b>-14,4%</b>	<b>-27,2%</b>	<b>-40,1%</b>	<b>-54,5%</b>
<b>Vermindering totaal</b>		<b>-1,1%</b>	<b>-2,1%</b>	<b>-3,0%</b>	<b>-4,1%</b>

**Tabel 28: Invloed van het aandeel van vloeroppervlakte in alternatieve structuur = GGB met BBP [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

Luik	Aandeel van vloeroppervlakte in alternatieve structuur				
	0%	25%	50%	75%	100%
Bouw	71.342	61.622	53.069	44.515	34.795
Exploitatie	294.569	294.569	294.569	294.569	294.569
Mobiliteit	376.071	376.071	376.071	376.071	376.071
<b>Totaal</b>	<b>741.982</b>	<b>732.263</b>	<b>723.709</b>	<b>715.155</b>	<b>705.436</b>
<b>Vermindering Bouwluik</b>		<b>-13,6%</b>	<b>-25,6%</b>	<b>-37,6%</b>	<b>-51,2%</b>
<b>Vermindering totaal</b>		<b>-1,3%</b>	<b>-2,5 %</b>	<b>-3,6%</b>	<b>-4,9%</b>

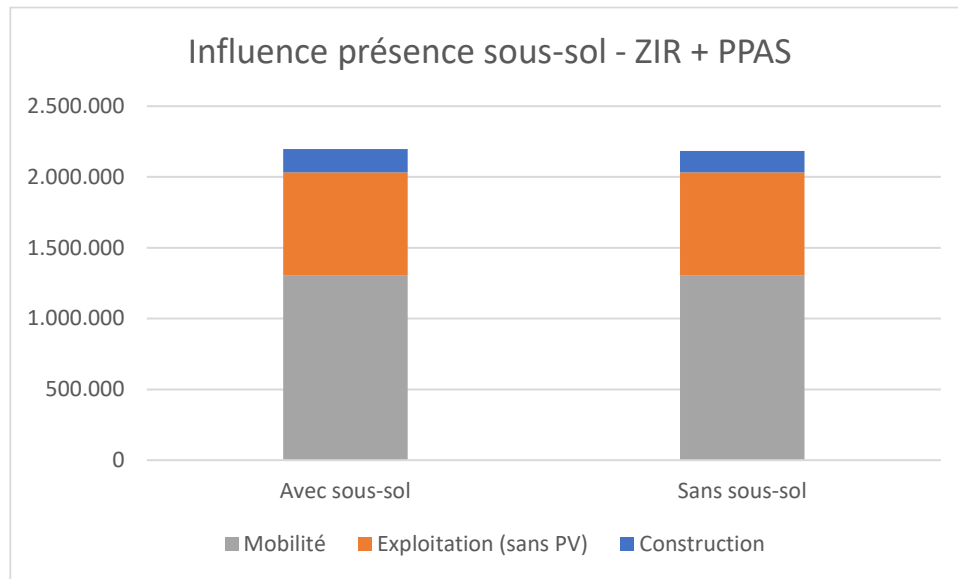
**Tabel 29: Invloed van het aandeel van vloeroppervlakte in alternatieve structuur = GGB zonder BBP [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

Louter in het licht van het Bouwluik alleen, nemen de emissies lineair af met het aandeel van de vloeroppervlakte in de alternatieve structuur en dit met respectievelijk 55% en 51% voor de scenario's met en zonder BBP in het geval waarin de basisstructuur volledig wordt vervangen door de alternatieve structuur.

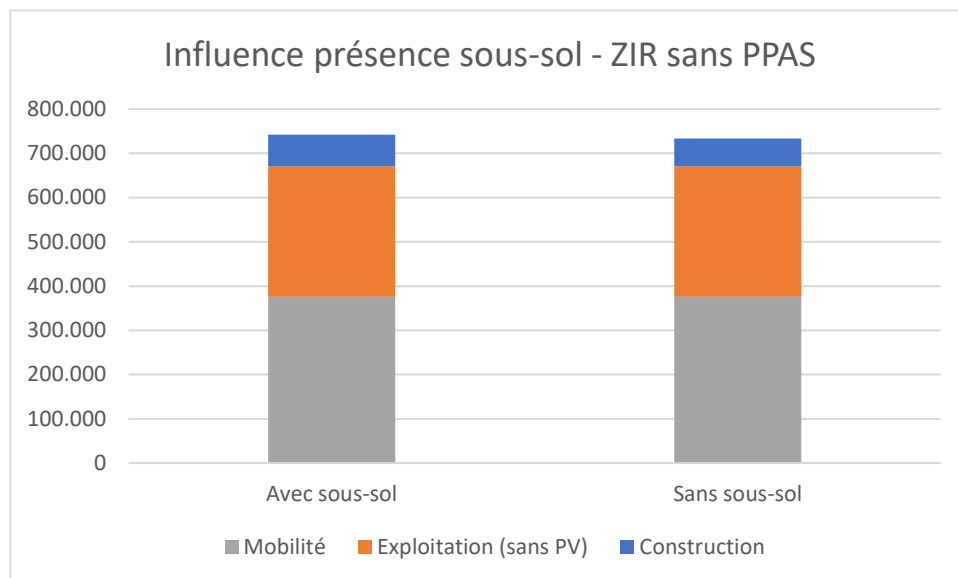
Wat de totale emissies van de 3 luiken betreft, ligt de totale vermindering in de orde van grootte van 5%, gezien het relatief beperkte gewicht van het Bouwluik.

## 2.6.2. Bouw – Schraping ondergrondse parkings

Ter herinnering: de spatialisering gaat uit van 2 kelderverdiepingen. De impact van hun totale schraping wordt geïllustreerd in de onderstaande grafieken (de emissies in verband met de exploitatie houden geen rekening met de productie van elektriciteit met behulp van fotovoltaïsche panelen).



**Figuur 18: Invloed van de schrapping van de kelderverdiepingen – GGB met BBP [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**



**Figuur 19: Invloed van de schrapping van de kelderverdiepingen – GGB zonder BBP [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

Onderstaande tabellen vermelden de emissies in beide scenario's.

Luik	GGB + BBP		GGB zonder BBP	
	Met kelderverdiepingen	Zonder kelderverdiepingen	Met kelderverdiepingen	Zonder kelderverdiepingen
Bouw	166.613	150.938	71.342	62.602
Exploitatie	729.054	729.054	294.569	294.569
Mobiliteit	1.303.016	1.303.016	376.071	376.071
<b>Totaal</b>	<b>2.198.683</b>	<b>2.183.008</b>	<b>741.982</b>	<b>733.242</b>
<b>Evolutie Bouwluik</b>	<b>100,0%</b>	<b>90,6%</b>	<b>100,0%</b>	<b>87,7%</b>
<b>Evolutie totaal</b>	<b>100,0%</b>	<b>99,3%</b>	<b>100,0%</b>	<b>98,8%</b>

**Tabel 30: Invloed van het aandeel van vloeroppervlakte in alternatieve structuur = GGB met BBP en GGB zonder BBP [tCO<sub>2</sub> eq] (ARIES, 2023)**

In het licht van het Bouwluik alleen, nemen de emissies met respectievelijk 9% en 12% af voor de scenario's met en zonder BBP, in het geval dat alle kelderverdiepingen worden geschrapt.

Wat de totale emissies van de 3 luiken betreft, is de totale vermindering verwaarloosbaar en ligt deze in de orde van grootte van 1%, gezien het relatief beperkte gewicht van het Bouwluik.

### 3. Aanbevelingen

- **Bouw:**
  - Overweeg het gebruik van houten constructies, maar zorg voor gelijkwaardige prestaties op het gebied van thermisch comfort, stabiliteit, enz.;
  - Gebruik zoveel mogelijk gerecycleerd staal en zorg daarbij voor gelijkwaardige prestaties op het gebied van stabiliteit;
  - Gebruik beton dat bestaat uit cement van het type CEM III met een laag klinkergehalte en zorg daarbij voor gelijkwaardige prestaties op het gebied van stabiliteit;
  - Beperk de vorming of versterking van warmte-eilanden door het gebruik van geschikte gevel-, dak- en bekledingsmaterialen + ...
- **Exploitatie:**
  - Verminder in de eerste plaats de energiebehoeften door de energieprestaties van de gebouwen te optimaliseren (rationeel energiegebruik):
    - Gebouwschil;
    - Implementatie van passieve systemen (free-cooling, enz.);
    - Implementatie van een gecentraliseerd systeem voor de productie van warmte: waardoor de aanpassing aan een andere energiebron met een efficiëntere technologie (geothermie, enz.) gemakkelijker wordt.

- Beperking van de distributieverliezen door de afstanden die de vloeistoffen moeten afleggen te verkleinen
- Voorzie in een tweede fase in de resterende energiebehoeften door gebruik te maken van technische installaties en door een beroep te doen op koolstofarme energiedragers;
- **Mobiliteit:**
  - Moedig het gebruik van minder vervuilende vervoermiddelen aan (openbaar vervoer, actieve vervoerswijzen, elektrische auto's).
  - Moedig het gemeenschappelijke gebruik van personenwagens aan door middel van installaties en inrichtingen binnen de perimeter

## 4. Conclusies

Het doel van deze koolstofbalans is het evalueren van de broeikasgasemissies die worden veroorzaakt door het GGB nr. 15 - Heizel bij de uitvoering van het programma volgens twee scenario's:

- met de toepassing van een BBP, waardoor de volledige ambitie van de Regering, inclusief de oprichting van een commercieel centrum met grootstedelijke dimensie, kan worden gerealiseerd
- zonder een BBP (met toepassing van voorschrift 18), waarbij de ontwikkeling wordt beperkt tot wat in een sterk gemengd gebied toegestaan is.

De analyse omvat drie componenten: emissies in verband met de constructie van de gebouwen, emissies in verband met de exploitatie van de gebouwen, als gevolg van het energieverbruik dat door de bezetting ervan wordt gegenereerd, en emissies in verband met de door het project veroorzaakte mobiliteit; Om de drie componenten in een benadering van het ontwikkelingsproject van het type levenscyclusanalyse in perspectief te plaatsen, werd willekeurig een tijdsbestek van 60 jaar vastgesteld. Om de nodige berekeningen tot een goed einde te brengen, werd een Excel-tool ontwikkeld.

Aangezien het gaat om een koolstofbalans met betrekking tot een plan van aanleg en niet om een welomschreven infrastructuurproject waarvoor mogelijk gedetailleerde informatie beschikbaar is (opmetingsstaat, aard van de materialen, enz.), moet voor elk van de twee bestudeerde scenario's eerst een spatialisering worden uitgevoerd op basis van algemene stedenbouwkundige gegevens (programma, enz.). Deze spatialisering bestaat uit het bepalen van de geometrie van fictieve gebouwen (aantal, grootte, vloeroppervlak, kelder), bepaald voor elke opdracht, volgens algemene stedenbouwkundige gegevens (programma, vloeroppervlakten, maximale grondinnames van de constructies).

Voor de evaluatie van de emissies voor elk van de drie luiken moeten er hypotheses worden geformuleerd. Voor de bouw gaat het om geometrische gegevens en standaard scheidingswanden waaruit de gebouwen zijn samengesteld, waarvan de gevolgen berekend werden met behulp van de *One Click LCA*-software. Voor de exploitatie betreffen de hypothesen de omvang en de verdeling van de energiebehoeften of het energieverbruik

(naargelang het een nieuw of bestaand gebouw betreft) volgens de gebruiks- en energievectoren en de efficiëntie van de technische installaties, alsook de temporele evolutie van deze grootheden. Wat ten slotte de Mobiliteit betreft, is de beoordeling gebaseerd op het aantal wekelijkse verplaatsingen en de verdeling daarvan per klasse van afgelegde afstand, voor verschillende vervoerswijzen en motorisaties, in functie van het programma.

Op globale schaal, in het licht van de emissies over de gehele analyseperiode, die als de conventionele duur van de levenscyclus van het project kan worden beschouwd, bedraagt het aandeel van de emissies te wijten aan de bouw ongeveer 8-10%, terwijl de emissies bij de exploitatie en de mobiliteit respectievelijk 35% en 55% bedragen. Dit wijst op het overwicht van de emissies van deze twee componenten. Deze verhoudingen zijn vergelijkbaar voor de verschillende scenario's. De totale emissies van het scenario zonder BBP bedragen ongeveer een derde van die van het scenario met BBP.

Op het niveau van de bouw domineren meer in detail de productie en het gebruik van materialen, die ongeveer 85% van de totale emissies van de bouwcomponent vertegenwoordigen. Wanneer de emissies per materiaalcategorie worden bekeken, is staal, gezien de hypothesen over de materiaaleigenschappen ervan, verantwoordelijk voor het grootste deel (in de orde van 40-45%), gevolgd door beton, voor ongeveer 25-30%. Deze verhoudingen zijn echter gevoelig en kunnen sterk variëren, met name wanneer er voor alles of een deel gerecycleerd staal wordt gebruikt in plaats van nieuw staal, zoals hier wordt overwogen, of door het soort cement dat in de samenstelling van het beton wordt gebruikt te variëren.

Wat het exploitatie betreft, zijn de emissies te wijten aan het gasverbruik goed voor ongeveer 10% van de emissies, terwijl de emissies in verband met het elektriciteitsverbruik de rest uitmaken (er werd geen rekening gehouden met andere energievectoren, noch met de lokale elektriciteitsproductie door middel van fotovoltaïsche panelen). Deze verhoudingen kunnen worden verklaard door de veronderstelde verandering in de behoefte aan gas en elektriciteit ten gunste van laatstgenoemde. In het bovenstaande wordt uitgegaan van een nettodaling van de gasbehoefte voor verwarming, sanitair warm water en de overige vormen van gebruik (koken, enz.). Wat de evolutie van de emissies in de tijd betreft, worden de berekende dalingen van de totale emissies geraamd op ongeveer 7% en 18% tegen 2090 in vergelijking met 2031 voor respectievelijk de scenario's met en zonder BBP (zonder rekening te houden met de installatie van fotovoltaïsche panelen). Deze dalingen zijn bijna volledig toe te schrijven aan de emissies in verband met het gasverbruik, terwijl de emissies van het elektriciteitsverbruik niet afnemen. Dit wordt opnieuw verklaard door de hypothesen betreffende de ontwikkeling van het gebruik van de energievectoren en de behoeften.

Wat de door het project teweeggebrachte mobiliteit betreft, zijn de meeste emissies toe te schrijven aan de personenwagen (respectievelijk ongeveer 70% voor het scenario met BBP en 60% voor het scenario zonder BBP), ongeacht het scenario, omdat de emissies voor de jaren vóór 2050 worden geëvalueerd. Het aandeel van de elektrische auto is dominant (tussen 25 en 30%), gezien de huidige en toekomstige ontwikkeling ervan. De bus vertegenwoordigt het belangrijkste aandeel van het openbaar vervoer (vergeleken met de metro en de tram). Wat de temporele evolutie van de emissies betreft, nemen de totale emissies voor beide scenario's tegen 2090 met ongeveer 60% af ten opzichte van 2031. Deze dalingen zijn bijna volledig toe te schrijven aan de emissies van personenwagens die tegen 2090 met ongeveer 75% en tegen 2050 met een snelle daling van bijna 70% zijn afgenomen. Aangenomen wordt dat het aandeel van verbrandingsmotoren (benzine en diesel) vanaf 2040 lineair zal afnemen tot nul in 2070, ten gunste van andere motorisaties. Over het algemeen wordt ervan uitgegaan dat de meeste inspanningen vóór 2050 worden geleverd (in termen van vermindering van het modale aandeel

van auto's, het aandeel van auto's met verbrandingsmotor en vermindering van het aantal gemaakte verplaatsingen).

Het is zeer duidelijk dat de **hefbomen voor maatregelen ter vermindering van het koolstofeffect van het project op het niveau van de exploitatie en de mobiliteit liggen**. Er kunnen zeer algemene aanbevelingen worden gedaan om in beide gevallen de behoefte aan energie en verplaatsingen te beperken. In het geval van de exploitatie gaat het om optimale energieprestaties, met name door de samenstelling van de gebouwschil, de toepassing van passieve en, voor zover mogelijk, *lowtech* systemen om te streven naar een zo groot mogelijke energieonafhankelijkheid, en een zekere mate van soberheid (vermindering van het aantal elektrische apparaten en van de frequentie en de duur van het gebruik ervan). In het geval van de mobiliteit maakt de toepassing van een functionele mix op de schaal van de perimeter het mogelijk het aantal verplaatsingen en de afgelegde afstanden te verminderen. Zowel het programma van het scenario GGB met BBP als dat van het scenario GGB zonder BBP omvat een bepaalde mix van woningen, kantoren, winkels en voorzieningen.

In een tweede fase kan het interessant zijn te analyseren hoe op passende wijze kan worden voorzien in de resterende behoeften voor deze twee luiken, door gebruik te maken van efficiënte technische installaties, voor zover die nog nodig zijn, en door energiedragers te gebruiken die de uitstoot van broeikasgassen beperken, en door het gebruik van minder vervuilende vervoerswijzen (openbaar vervoer, actieve vervoerswijzen, elektrische auto's) te bevorderen.

Er zij op gewezen dat de uitvoering van deze maatregelen op het gebied van mobiliteit deel moet uitmaken van de algemene maatregelen die door het Brussels Hoofdstedelijk Gewest worden genomen.

Wat de bouw betreft, werden aanvullende analyses uitgevoerd om te bepalen in welke mate de emissies variëren wanneer een deel van de bouwstructuur, die als traditioneel in beton wordt beschouwd, wordt vervangen door een houten structuur, en wanneer de twee kelderverdiepingen die in de basis worden beschouwd, volledig worden geschrapt. De vervanging van de betonstructuur door een houtstructuur voor het gehele gebouw halveert de emissies in verband met de bouw, waarbij dit effect lineair varieert voor gedeeltelijke vervangingen. Op de schaal van de totale emissies van de drie luiken samen bedraagt deze vermindering echter slechts ongeveer 5%. In het geval van de totale afschaffing van de kelderverdiepingen is de vermindering ongeveer 10% voor het bouwluik en 1% voor de drie luiken samen, d.w.z. een zeer marginaal effect.

In de zin dat alle broeikasgasemissies moeten worden vermeden, wordt niettemin aanbevolen de uitvoering van deze alternatieve configuraties te overwegen. Deze aanbevelingen kunnen worden gecombineerd met het gebruik van zoveel mogelijk gerecycleerd staal en beton uit CEM III-cement (met een laag klinkergehalte, vergeleken met CEM I-cement). Men mag niet vergeten dat het gebruik van 'alternatieve' materialen het mogelijk moet maken gelijkwaardige normen te behalen op het gebied van thermisch comfort, energie- en gezondheidsprestaties, stabiliteit, enz.

Nog steeds op het niveau van de bouw kan de architectuur van gebouwen bijdragen tot de beperking van de emissies, met name door zoveel mogelijk hergebruikte en gerecycleerde materialen te gebruiken. Voor nieuwe materialen leidt het gebruik van gestandaardiseerde structuren, die schaalvoordelen bij de productie ervan mogelijk maken, tot een vermindering van de emissies van een factor die als overheersend wordt aangemerkt. Bovendien maakt het ontwerpen van gebouwen met homogene bouwprofielen (zonder evenwel afbreuk te doen aan de architecturale, esthetische en gevoelige kwaliteiten van de constructies om elke monotonie



te vermijden, zoals in het geval van het garanderen van gelijkwaardige prestaties op het gebied van energie of stabiliteit) het ook gemakkelijker om eventuele latere ingrepen ter verbetering van de prestaties van de gebouwen uit te voeren.

## 5. Referenties

### 5.1. Referentiekader

#### België en Brussels Hoofdstedelijk Gewest

- Nationaal Energie- en Klimaatplan (NEKP) 2021-2030
- Brussels Hoofdstedelijk Gewest (2019). *Energie- en klimaatplan 2030*
- Brussels Hoofdstedelijk Gewest (2022). *Ontwerp van Gewestelijk Lucht-, Klimaat- , Energieplan 2023-2027*
- Brussel Mobiliteit (2021). Gewestelijk mobiliteitsplan 2020-2030. Strategisch en operationeel plan

#### Frankrijk

- 'Décret n° 2021-1004 du 29 juillet 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine' (decreet nr. 2021-1004 van 29 juli 2021 betreffende de eisen inzake energie- en milieuprestaties voor bouwwerken in Europees Frankrijk, gepubliceerd in het 'Journal Officiel de la République française' op 31 juli 2021).
- 'Décret n° 2022-305 du 1er mars 2022 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments de bureaux et d'enseignement primaire ou secondaire en France métropolitaine' (decreet nr. 2022-305 van 1 maart 2022 betreffende de eisen inzake energie- en milieuprestaties voor gebouwen van kantoren en lagere en middelbare scholen in Europees Frankrijk, gepubliceerd in het 'Journal Officiel de la République française' op 3 maart 2022).

### 5.2. Publicaties

- Federaal Planbureau (2022). *Wagenpark @2040*
- Federaal Planbureau (2022). *Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2040 - Methodologische bijlage*
- GIEC (2014). *Assessment report 5 – Annex III – Technology-specific Cost and Performance Parameters*
- ICEDD (2021). *Studie over het specifieke energieverbruik van de tertiaire sector - Eindverslag*
- ICEDD (2021). *Efficiëntiepotentieel voor warmte en koude in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*
- ICEDD (2021). *Update of the impact assessment of federal Policies and Measures*

### 5.3. Geraadpleegde websites

- Base Carbone (ADEME) : <https://www.bilans-ges.ademe.fr> (geraadpleegd in februari 2023)
- Leefmilieu Brussel: <https://leefmilieu.brussels> (geraadpleegd in februari 2023)
- Eurostat: <https://ec.europa.eu> (geraadpleegd in februari 2023)
- MIVB: <https://www.stib-mivb.be> (geraadpleegd in februari 2023)

## 6. Bijlagen

### 6.1. Emissiefactoren voor de personenwagen

Voor de **personenwagen** is de evolutie van de verdeling over de motorisaties (benzine, diesel, elektriciteit, andere) over de analyseperiode opgenomen in onderstaande tabel. Deze verdeling is gebaseerd op de prognoses van het Federaal Planbureau tot 2040.<sup>26</sup> Aangenomen wordt dat het aandeel van verbrandingsmotoren (benzine en diesel) vanaf 2040 lineair zal afnemen tot nul in 2070, ten gunste van andere motorisaties. Deze categorie 'Andere' omvat LPG<sup>27</sup>, CNG<sup>28</sup>, niet-plug-in hybriden (benzine, diesel) en plug-in hybriden (benzine, diesel). Er worden hypothesen geformuleerd over de verdeling van het wagenpark over deze voertuigtipes<sup>29</sup>, die voor de gehele analyseperiode verondersteld wordt constant te zijn.

<sup>26</sup> Federaal Planbureau (2022). *Wagenpark @2040*

<sup>27</sup> Vloeibaar petroleumgas

<sup>28</sup> 'Compressed Natural Gas' of gecompriemd aardgas

<sup>29</sup> Niet-oplaadbare hybrides benzine: 35% - Niet-oplaadbare hybrides diesel: 10%

Niet-oplaadbare hybrides benzine: 35% - Niet-oplaadbare hybrides diesel: 10%

CNG: 5%

LPG: 5%

Jaar	Diesel	Benzine	Elektriciteit	Andere
2.031	15,0%	45,0%	20,0%	20,0%
2032	14,2%	43,7%	22,3%	19,8%
2033	13,3%	42,4%	24,6%	19,7%
2034	12,5%	41,1%	26,9%	19,5%
2035	11,6%	39,8%	29,3%	19,4 %
2036	10,7%	38,4%	31,6%	19,2%
2037	9,9%	37,1%	34,0%	19,0%
2038	9,0%	35,7%	36,4%	18,9%
2039	8,1%	34,4%	38,8%	18,7%
2040	7,2%	33,0%	41,2%	18,6%
2041	6,9%	31,8%	42,6%	18,7%
2042	6,7%	30,5%	44,0%	18,8%
2043	6,4%	29,3%	45,3%	18,9%
2044	6,2%	28,1%	46,7%	19,1%
2045	5,9%	26,9%	48,0%	19,2%
2046	5,6%	25,8%	49,3%	19,3%
2047	5,4%	24,6%	50,6%	19,4 %
2048	5,1%	23,4%	51,9%	19,6%
2049	4,9%	22,3%	53,2%	19,7%
2050	4,6%	21,1%	54,5%	19,8%
2051	4,4%	20,3%	55,2%	20,1%
2052	4,3%	19,5%	55,9%	20,3%
2053	4,1%	18,7%	56,6%	20,6%
2054	3,9%	17,8%	57,4%	20,9%
2055	3,7%	16,9%	58,2%	21,2%
2056	3,5%	16,0%	59,0%	21,5%
2057	3,3%	15,1%	59,8%	21,8%
2058	3,1%	14,1%	60,7%	22,1%
2059	2,9%	13,1%	61,6%	22,4%
2060	2,7%	12,1%	62,5%	22,7%
2061	2,4 %	11,1%	63,4%	23,1%
2062	2,2%	10,0%	64,4%	23,4%
2063	1,9%	8,9%	65,4%	23,8%
2064	1,7%	7,7%	66,4%	24,2%
2065	1,4%	6,5%	67,5%	24,5%

Jaar	Diesel	Benzine	Elektriciteit	Andere
2066	1,2%	5,3%	68,6%	24,9%
2067	0,9%	4,1%	69,7%	25,3%
2068	0,6%	2,7%	70,9%	25,8%
2069	0,3%	1,4%	72,1%	26,2%
2070	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2071	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2072	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2073	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2074	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2075	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2076	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2077	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2078	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2079	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2080	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2081	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2082	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2083	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2084	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2085	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2086	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2087	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2088	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2089	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%
2090	0,0%	0,0%	73,3%	26,7%

**Tabel 31: Verdeling van personenwagens volgens motorisatie  
 (ARIES, volgens Federaal Planbureau, 2023)**

De emissiefactoren voor diesel- en benzineauto's staan in onderstaande tabel. Ze werden bepaald op basis van door het Federaal Planbureau verstrekte waarden voor het jaar 2040.<sup>30</sup> Voor elektrische auto's is de waarde gebaseerd op de Base Carbone van ADEME.<sup>31</sup> De evolutie van de emissiefactor is gebaseerd op de evolutie van de emissiefactor voor de elektriciteitsproductie, die verondersteld wordt constant te zijn (zie *Punt 2.3.1.3. Emissiefactoren voor het 'Exploitatie'*). Voor de categorie 'Andere' is de emissiefactor een gemiddelde van de door het Federaal Planbureau verstrekte emissiefactoren, gewogen met de hierboven vermelde verhoudingen.

---

<sup>30</sup> Federaal Planbureau (2022). *Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2040 - Methodologische bijlage*

<sup>31</sup> Databank van emissiefactoren van ADEME, online beschikbaar via de volgende link: <https://bilans-ges.ademe.fr> (geraadpleegd in januari 2021)

Jaar	Diesel [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]	Benzine [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]	Elektriciteit [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]	Andere [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]
2031	148	184	100	123
2032	148	184	100	123
2033	147	184	100	123
2034	147	185	100	122
2035	147	185	100	122
2036	147	185	100	122
2037	146	186	100	121
2038	146	186	100	121
2039	146	186	100	121
2040	146	187	100	120
2041	146	187	100	120
2042	146	187	100	120
2043	146	187	100	120
2044	146	187	100	120
2045	146	187	100	120
2046	146	187	100	120
2047	146	187	100	120
2048	146	187	100	120
2049	146	187	100	120
2050	146	187	100	120
2051	146	187	100	120
2052	146	187	100	120
2053	146	187	100	120
2054	146	187	100	120
2055	146	187	100	120
2056	146	187	100	120
2057	146	187	100	120
2058	146	187	100	120
2059	146	187	100	120
2060	146	187	100	120
2061	146	187	100	120
2062	146	187	100	120
2063	146	187	100	120
2064	146	187	100	120
2065	146	187	100	120

Jaar	Diesel [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]	Benzine [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]	Elektriciteit [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]	Andere [gCO <sub>2</sub> eq/vkm]
2066	146	187	100	120
2067	146	187	100	120
2068	146	187	100	120
2069	146	187	100	120
2070	146	187	100	120
2071	146	187	100	120
2072	146	187	100	120
2073	146	187	100	120
2074	146	187	100	120
2075	146	187	100	120
2076	146	187	100	120
2077	146	187	100	120
2078	146	187	100	120
2079	146	187	100	120
2080	146	187	100	120
2081	146	187	100	120
2082	146	187	100	120
2083	146	187	100	120
2084	146	187	100	120
2085	146	187	100	120
2086	146	187	100	120
2087	146	187	100	120
2088	146	187	100	120
2089	146	187	100	120
2090	146	187	100	120

**Tabel 32: Emissiefactoren van personenwagens volgens motorisatie  
 (ARIES, volgens Federaal Planbureau, 2023)**