



Séquence GIM2 – Concevoir

Séquence Interaction PRCD-Mat. Axe Déf. Plastique

1 ED de 2h40
1 ED de 1h20
2 TP de 4h00

Axe Fonderie
1 ED de 2h40
1 ED de 1h20
2 TP de 4h00

1 Test de 1h20
Coefficient 1

Séquence
Simulation Numérique
des PRCD
1 ED de 1h20
1 ED de 2h40
3 TP de 4h00

1 Test de 1h20
Coefficient 1

Séquence CAO Formes Complexes

3 TP de 4h00

Coefficient 1

Séquence Usinage Formes Complexes

1 ED de 4h00
1 ED de 1h20
1 Test de 1h20
1 TP de 4h00
2 ED de 1h20
2 TP de 4h00

Coefficient 3

Séquence ACV
3 ED de 1h20

1 Test de 10"
Question de cours

Plan

Introduction

Qu'est ce que l'ACV

Comment construire une ACV

Impacts CO₂ et efficacité énergétique

Exercice d'application

Conclusion

Introduction

Pourquoi l'ACV

Rôle croissant des questions environnementales

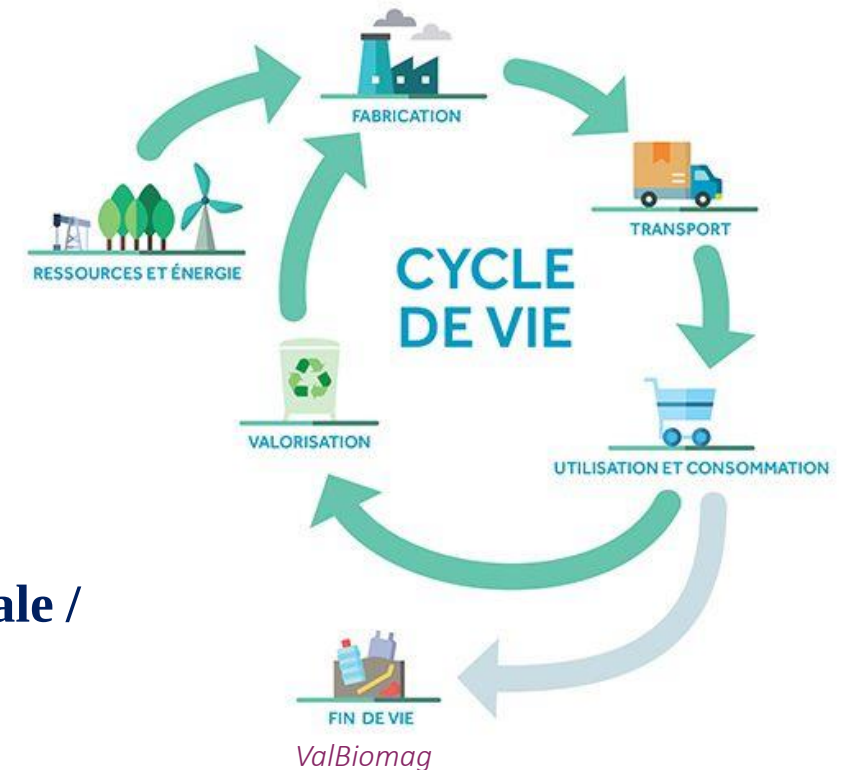
Réduire les impacts environnementaux des activités humaines



Mise en place de mesures combinant: efficacité environnementale / coûts contraintes économiques

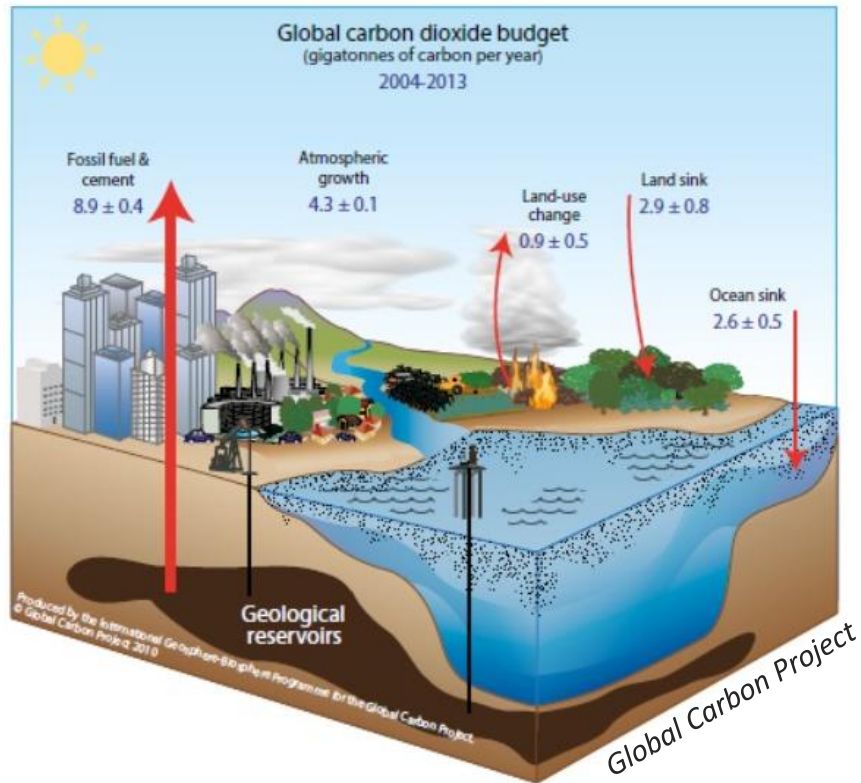


Besoin d'un outil d'aide à la décision: ACV

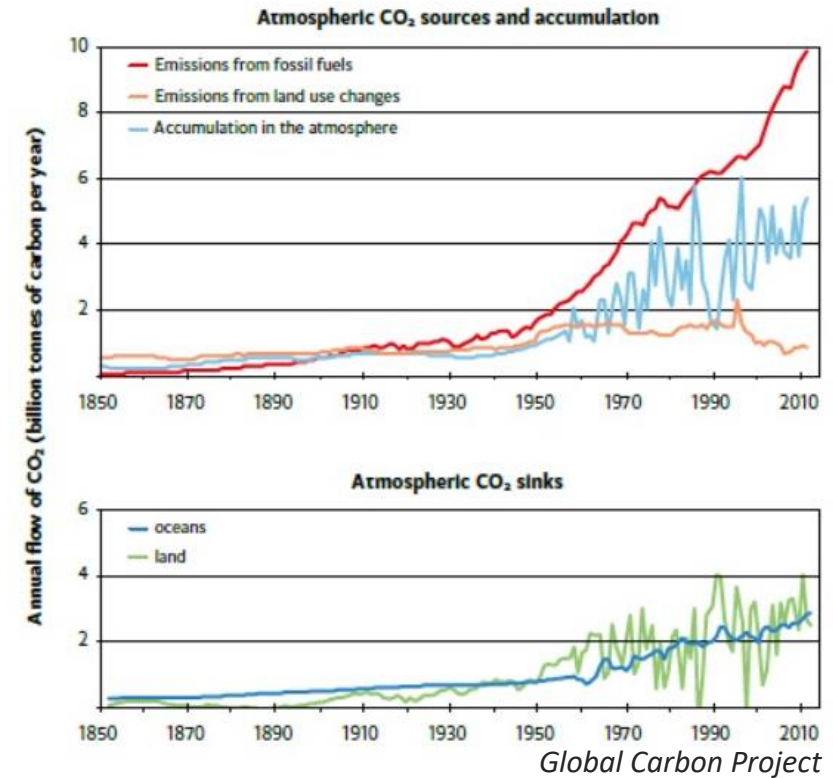


Introduction

Contexte: effet de serre et changement climatique



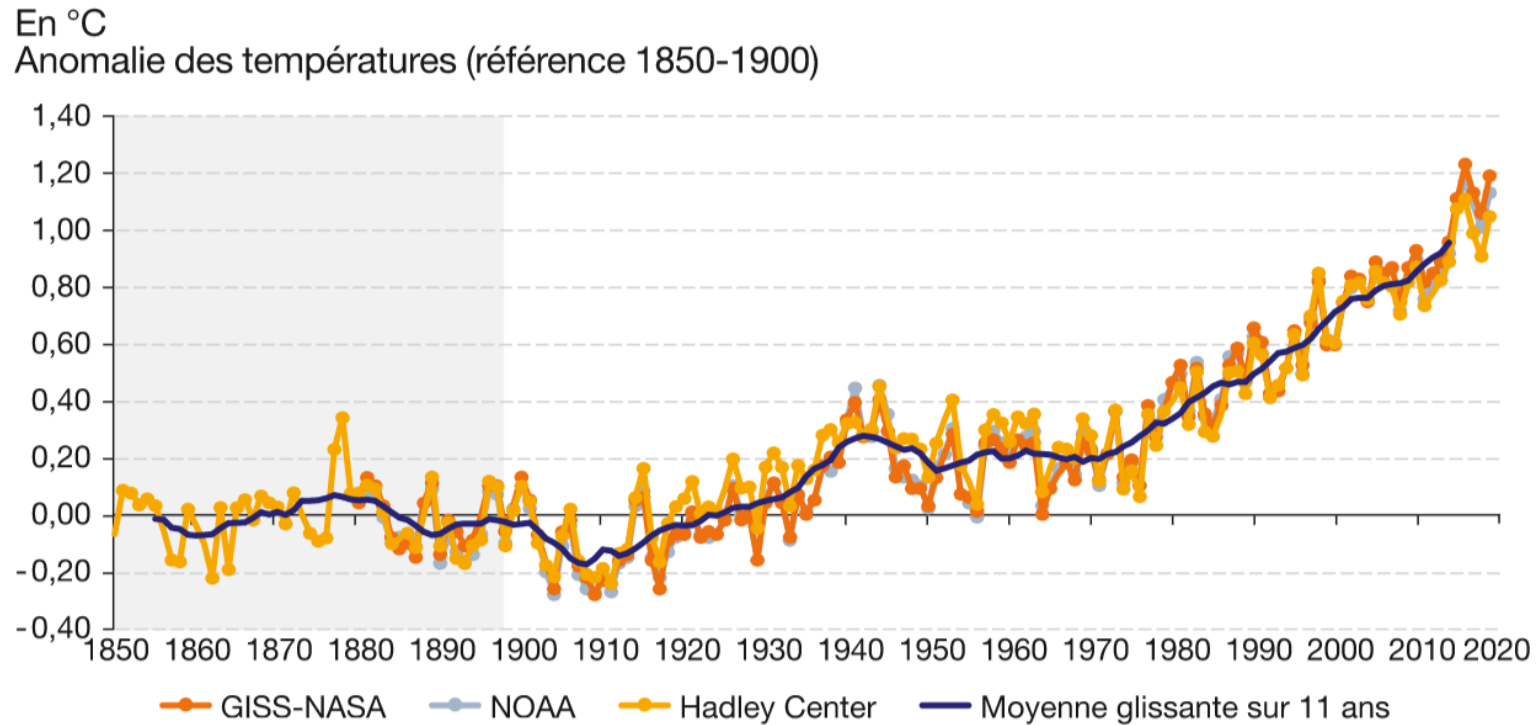
Cycle CO₂



Accumulation du CO₂ dans l'atmosphère

Introduction

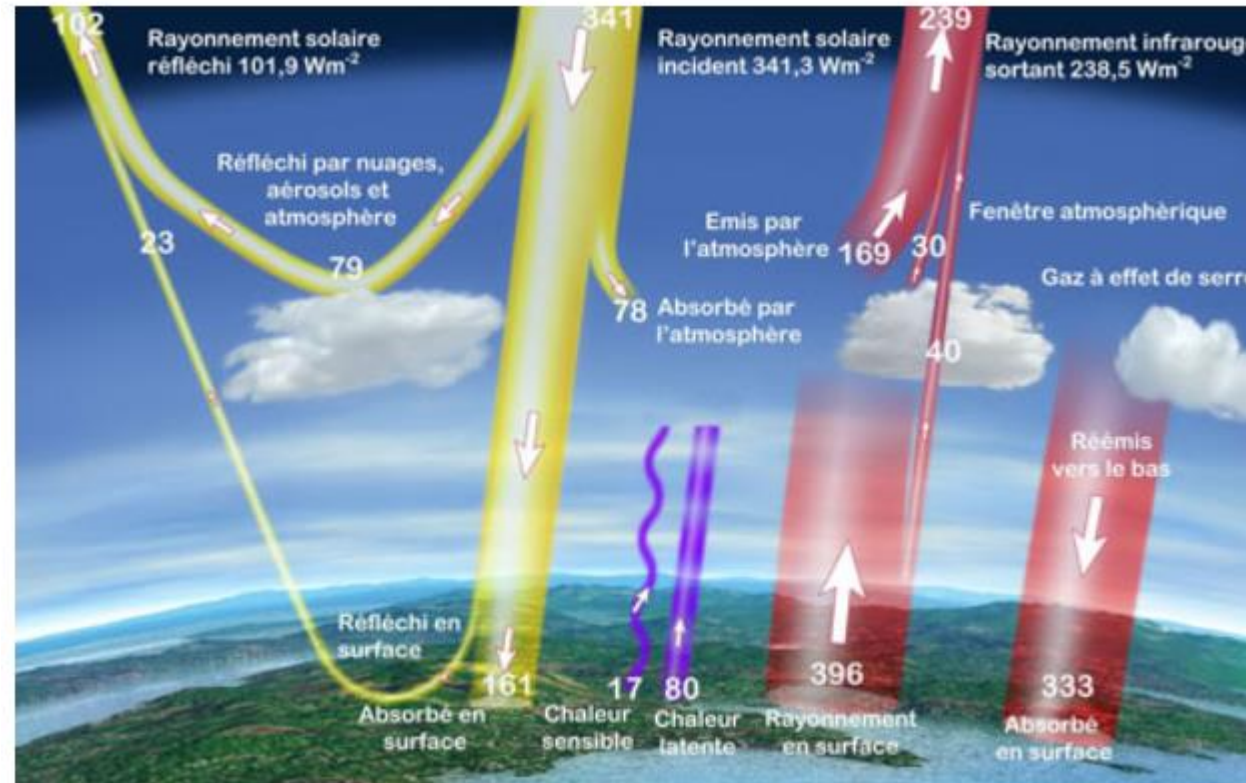
Contexte: effet de serre et changement climatique



Anomalies de températures

Introduction

Contexte: effet de serre et changement climatique



Météo France

Différentes composantes de l'effet de serre

Introduction

Contexte: effet de serre et changement climatique

Pouvoir de Réchauffement des Gaz (PRG)

- Défini la capacité d'absorption des infrarouges sur une durée
- Puissance radiative renvoyée vers le sol cumulée pour 100 ans
- Valeur relative au CO₂

PRG de différents gaz

Gaz	Formule	PRG sur 20 ans (relatif au CO ₂)	PRG sur 100 ans (relatif au CO ₂)
Dioxyde de carbone	CO ₂	1	1
Méthane	CH ₄	72	25
Protoxyde d'azote	N ₂ O	289	298
Perfluorocarbures	C _n F _{2n+2}	440 à 12 000	7 400 à 12 200
Hydrofluorocarbures	C _n H _m F _p	5 210 à 8 630	120 à 14 800
Hexafluorures de soufre	SF ₆	5 300 à 11 000	22 800

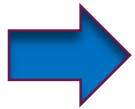
Cours Option « Matériaux et Environnement », année 2020-21 INSA Lyon V. MASSARDIER

Introduction

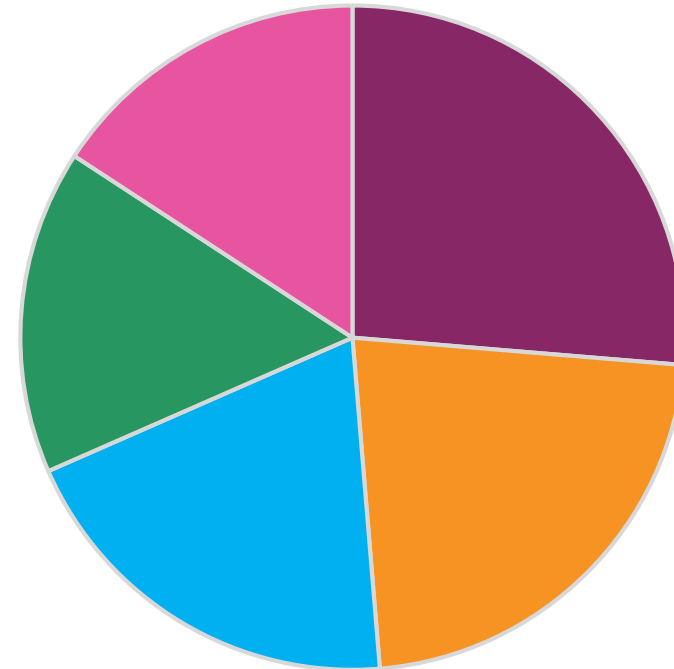
Contexte: effet de serre et changement climatique

Principe d'équivalent CO_2

L'émission en équivalent CO_2 est la quantité émise de dioxyde de carbone (CO_2) qui provoquerait le même forçage radiatif intégré, pour un horizon temporel donné,



27.1 kg eq CO_2 / jour

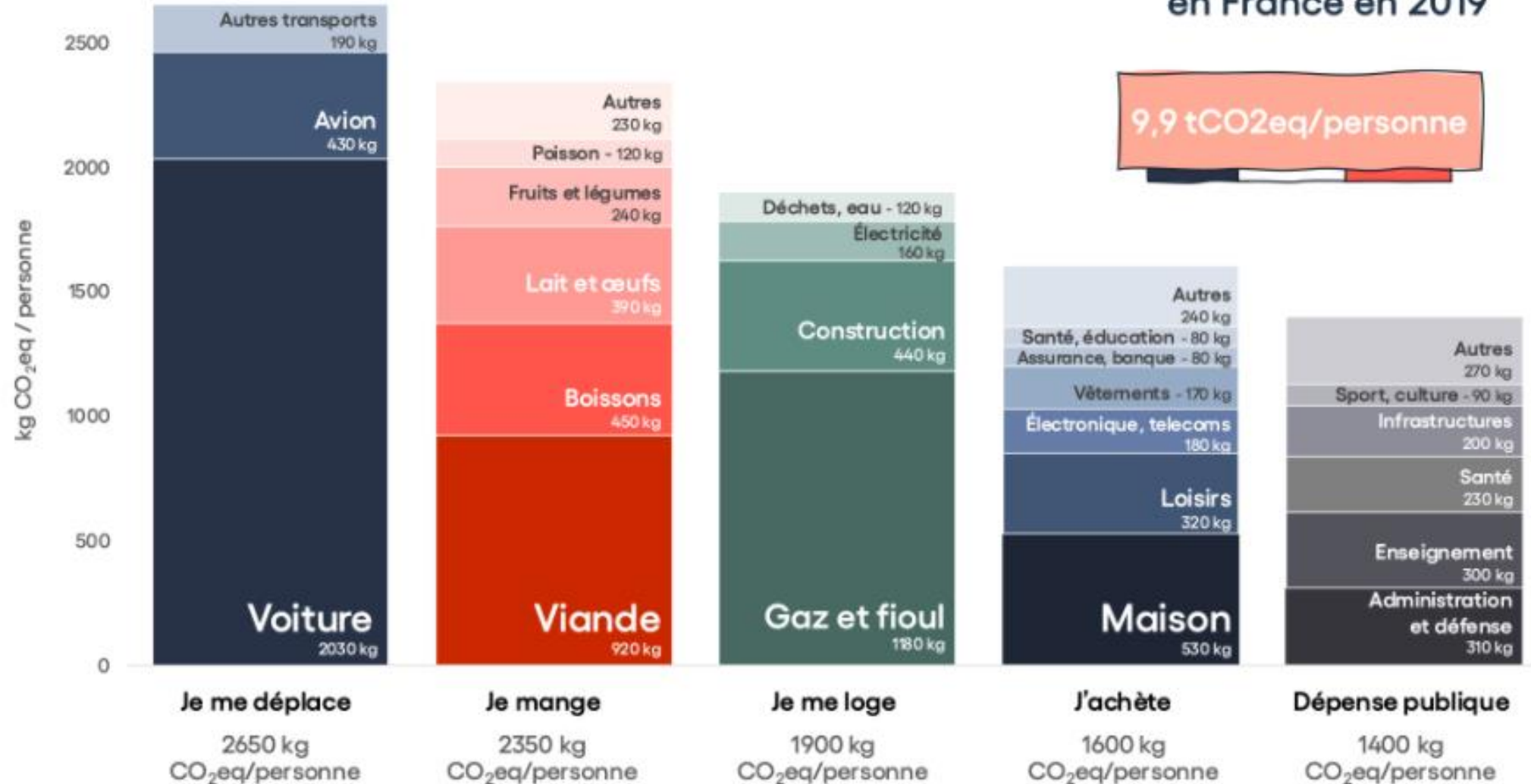


■ Voiture ■ Logement ■ Services ■ Technologies ■ Alimentation

Introduction : empreinte carbone/consommation

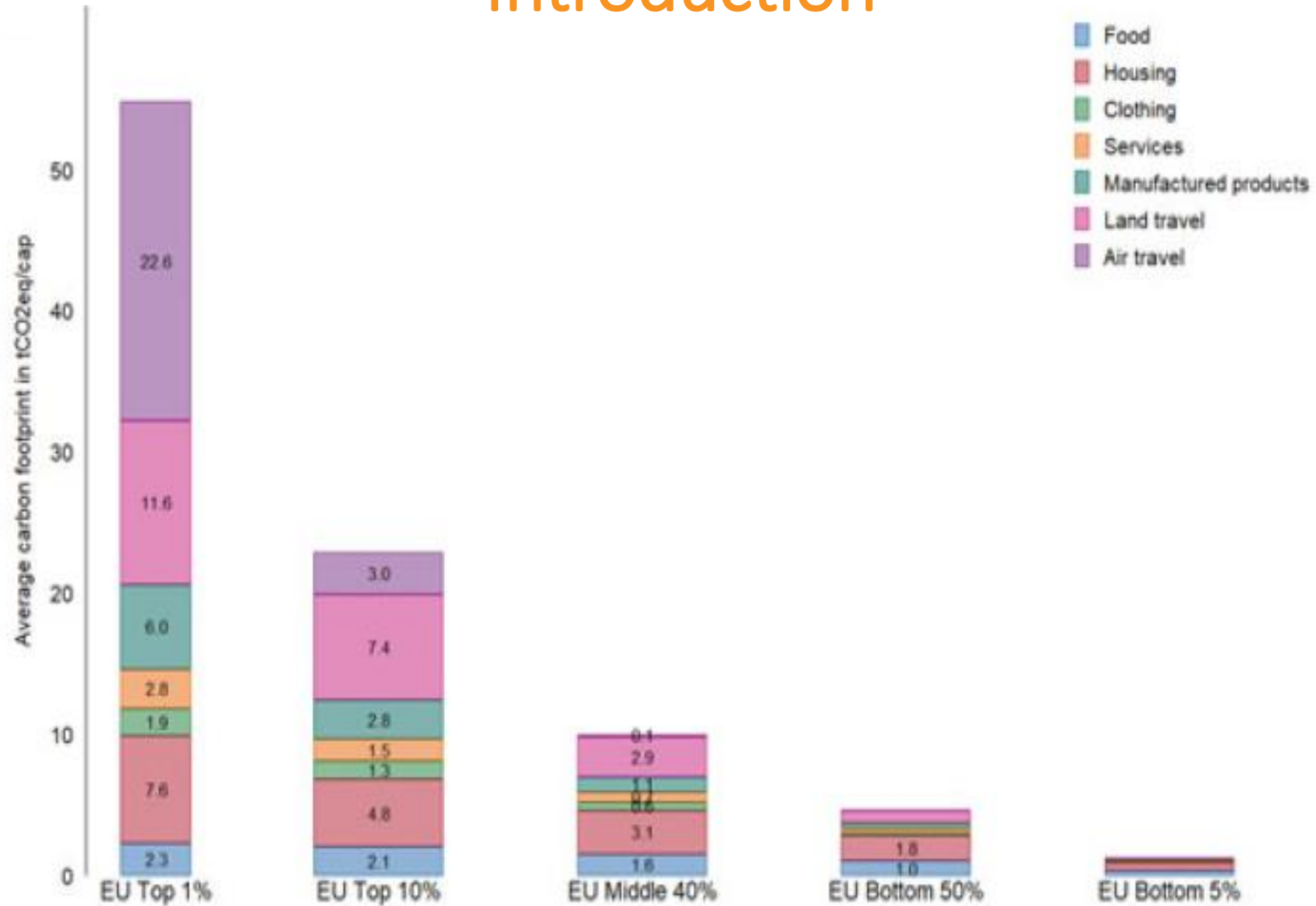
Empreinte carbone moyenne en France en 2019

9,9 tCO₂eq/personne



Répartition détaillée de l'impact CO₂

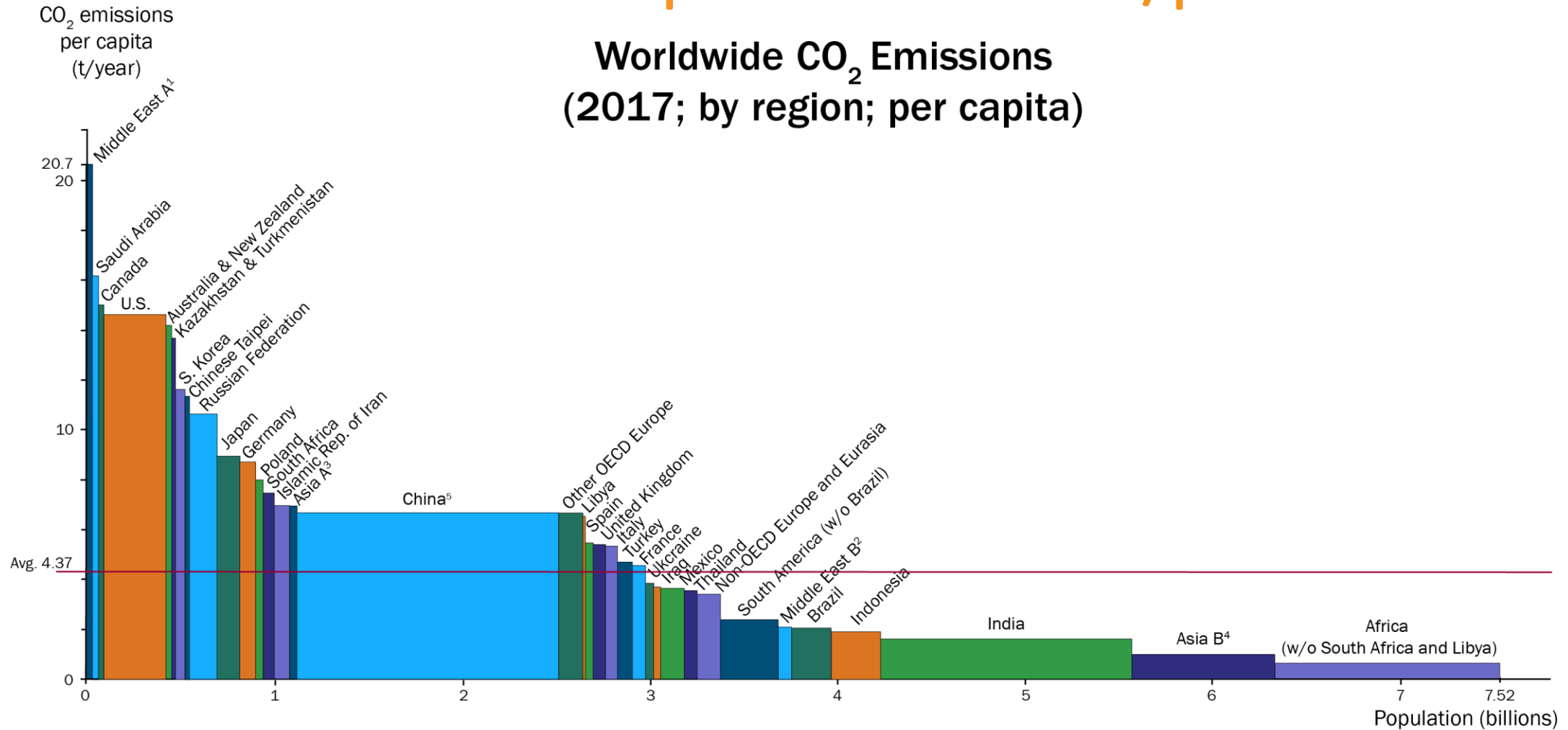
Introduction



Impact CO₂ vs revenu au sein de l'UE
(Ivanova 2020)

Introduction : empreinte carbone/production

Worldwide CO₂ Emissions (2017; by region; per capita)



Attribution:

Based on IEA data from IEA (2019) "World CO₂ Emissions from Fuel Combustion", 2019 edition, www.iea.org/statistics, All rights reserved; as modified by AQAL Capital GmbH and Tom Schulz.

This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

This Work is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported License

Notes:

Energy-related CO₂ emissions only; no other greenhouse gases

¹ Middle East A: Bahrain, Oman, Kuwait, Qatar, United Arab Emirates

² Middle East B: Israel, Jordan, Lebanon, Syrian Arab Republic, Yemen

³ Asia A: Brunei Darussalam, Malaysia, Mongolia, Singapore

⁴ Asia B: Asia w/o Asia A, China, India, Thailand, Chinese Taipei, Indonesia, Korea, Japan

⁵ China: People's Rep. of China, Hong Kong

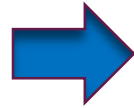
Version: 17-Dec-2019 by AQAL Capital GmbH (<https://aqalcapital.com>) and Tom Schulz

Introduction

Contexte: effet de serre et changement climatique

Ordre de grandeur

27.1 kg eq CO₂ / jour

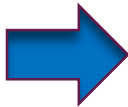


Electricité (en France)- pendant 24h	18.48kW
Electricité (en Chine)- pendant 24h	1.74kW
Trajet en voiture (Diesel)	205 km
Bois	14.6 kg

Eq CO₂ unité de comparaison

Introduction

Contexte: effet de serre et changement climatique

27.1 kg eq CO₂ / jour  18.48kW en France

Impact carbone du kWh en France?

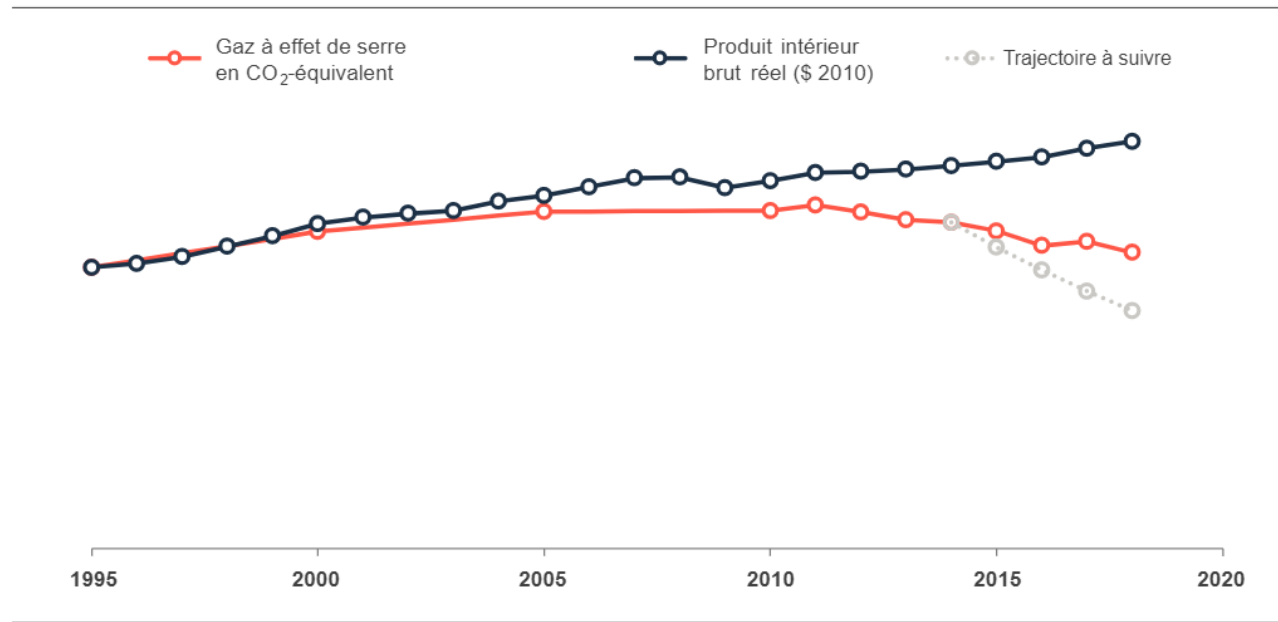
$$27100/24 = 1129.17 \text{ g / h}$$

$$1129.17/18.48 = 61\text{gCO}_2/\text{kWh}$$

Résultat très dépendant des pays et du mois de l'année

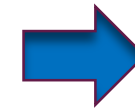
Introduction

Contexte: GES et enjeux socio-économiques



Banque mondiale (2020), SDES (2020)

Evolution des émissions GES et du PIB en France

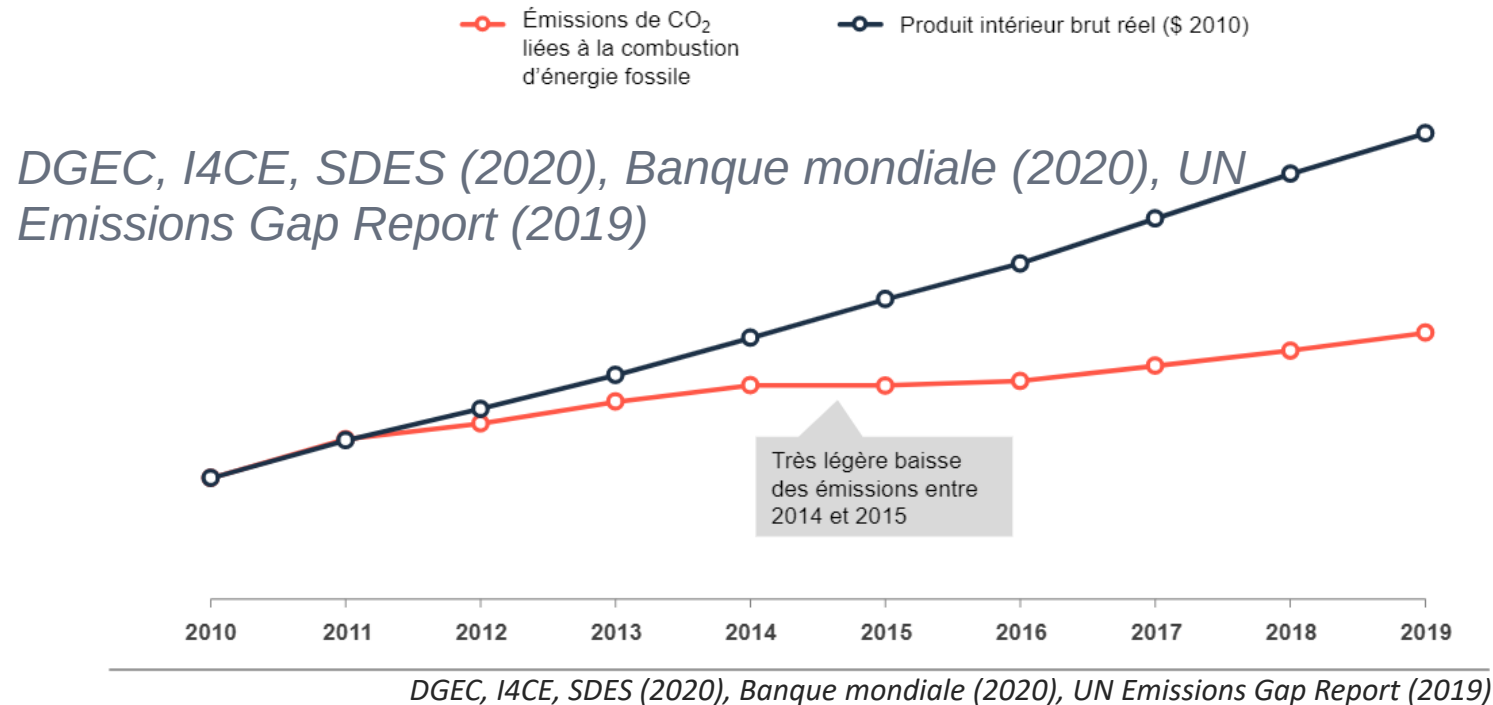


Notion de découplage

Biais de cette notion ???

Introduction

Contexte: GES et enjeux socio-économiques



Evolution des émissions GES et du PIB mondial

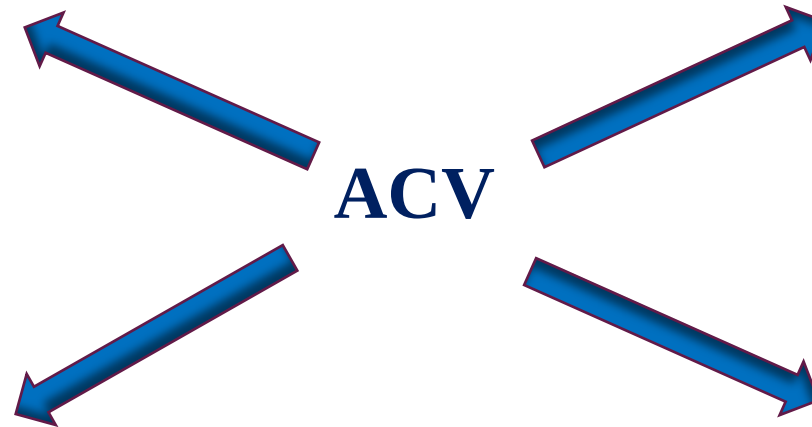
Découplage uniquement relatif

Introduction

Contexte: GES et enjeux socio-économiques

Priorise les processus à améliorer

Evite de déplacer la pollution



Ensemble de cycle de vie d'un produit

**Interactions performance environnementale /
fonctionnalité produit**

Introduction

Objectifs de la méthode ACV

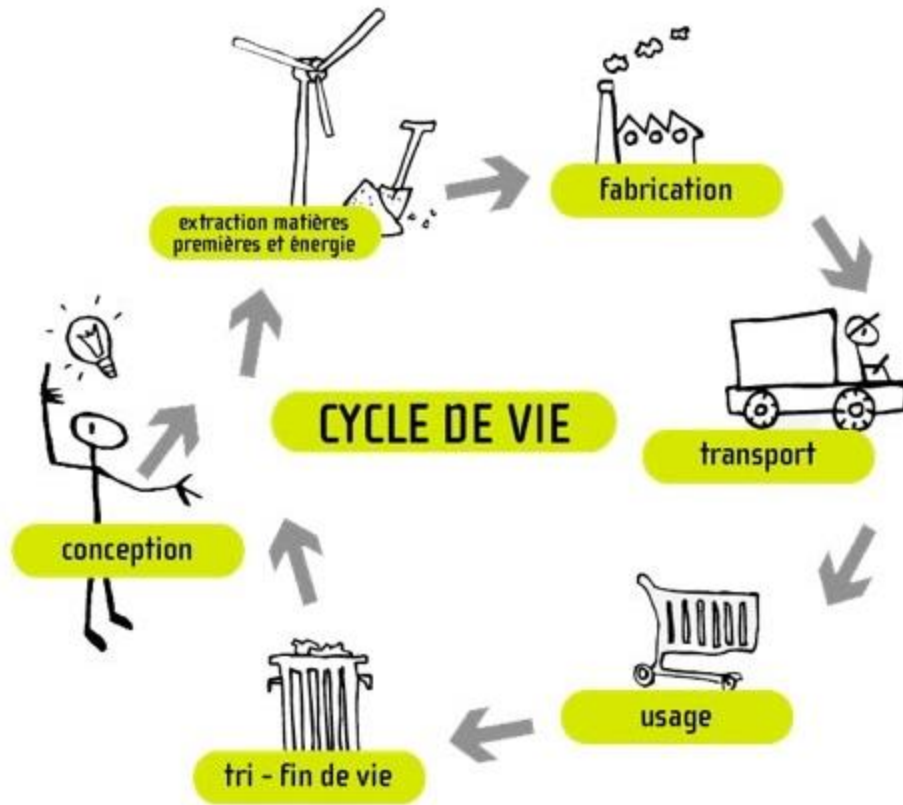
Identification de l'empreinte environnementale d'un produit ou d'une activité humaine.

Réalisation en 4 étapes:

- Définitions des objectifs et du champ d'étude
- Recueil des données des flux matières et énergies associées aux étapes du cycle de vie
- Évaluation des impacts environnementaux
- Interprétation des résultats obtenus en les comparant aux objectifs retenus

Qu'est ce que l'ACV

ACV produit



<https://www.eco-conception.fr/static/analyse-du-cycle-de-vie-acv.html>

Qu'est ce que l'ACV

ACV: méthode normalisée d'analyse de l'impact d'un produit sur l'environnement

Prendre en compte **toutes les étapes du cycle de vie** pour comprendre les impacts sur l'environnement du produit: du « berceau à la tombe »

Il s'agit d'un **problème global** multicritères, les impacts concernent la planète (et donc l'humanité) toute entière.

L'ACV est une méthode scientifiquement reconnue et normée.

Elle est cadrée par la série de normes:

ISO 1404x : Management environnemental – Analyse de Cycle de Vie

- ACV (ISO 14040 / ISO14044)

Source: <https://www.ademe.fr>



Qu'est ce que l'ACV

Simulation des impacts

Exemples

- Pourcentage de contenu recyclé dans un produit
- Distances de transports
- Consommation d'énergies fossiles à l'usage
- Besoin en matière première
- Scénarios prospectifs (prédiction des progrès techno sur l'utilisation de matières premières)

Savoir estimer la variabilité des impacts

Exercice : gobelet

Exemple (Level 2 sustainability)

Comparaison gobelets usage unique et multi-utilisations manifestation sportive



Carton
8g



PET
10g



PP
35g

Exercice : gobelet

Etapes prises en compte dans la limite du système

1-On suppose les mêmes étapes pour les 3 solutions

- Quel est l'impact carbone pour la production:

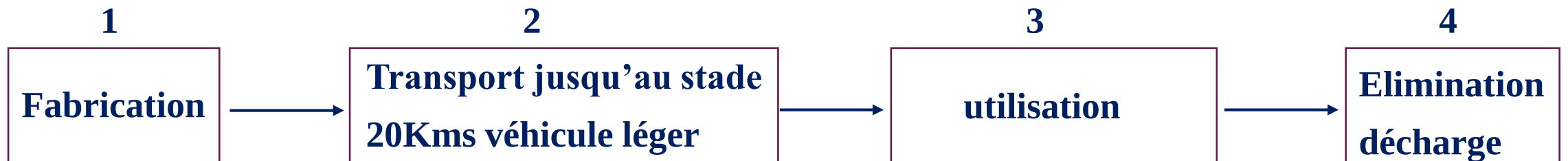


Carton
8g

PET
10g



PP
35g



Exercice : globelet

1-On suppose les mêmes étapes pour les 3 solutions

Résultats:



27.1 kg eq CO₂ / jour

150 globelets	Energie (MJ)	CO2 (Kg)

Exercice : gobelet

1-On suppose les mêmes étapes pour les 3 solutions

Prise en compte du transport:

Transport type	Transport energy (MJ/tonne.km)	CO2 footprint, source (kg/MJ)
Ocean freight	0.18	0.072
Coastal freight	0.27	0.072
River/canal freight	0.40	0.072
Rail freight	0.35	0.072
55 tonne (8 axle) truck	0.71	0.072
40 tonne (6 axle) truck	0.82	0.072
32 tonne (4 axle) truck	0.94	0.072
26 tonne (3 axle) truck	1.1	0.072
14 tonne (2 axle) truck	1.5	0.072
Light goods vehicle	2.2	0.072
Air freight - long haul	6.5	0.072
Air freight - short haul	13	0.072
Helicopter	55	0.072

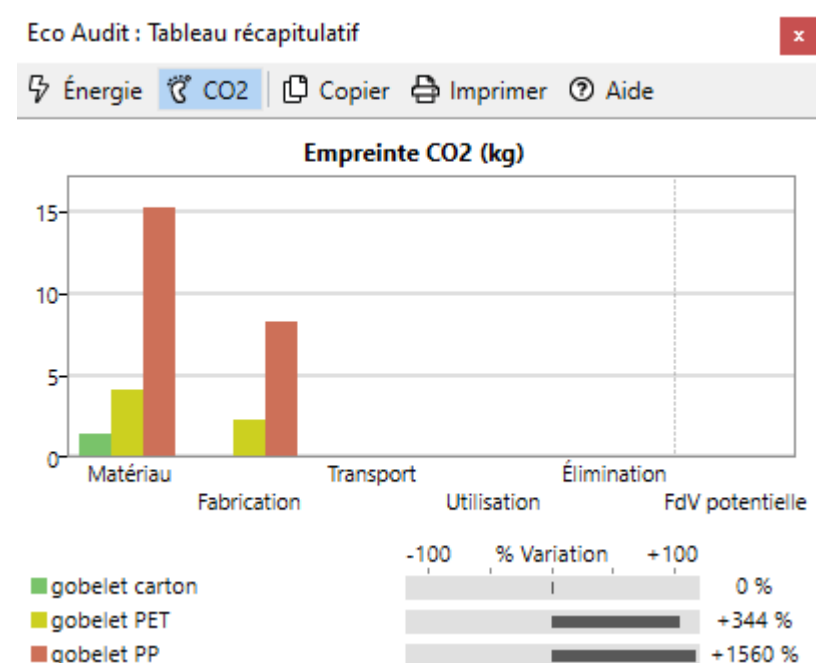
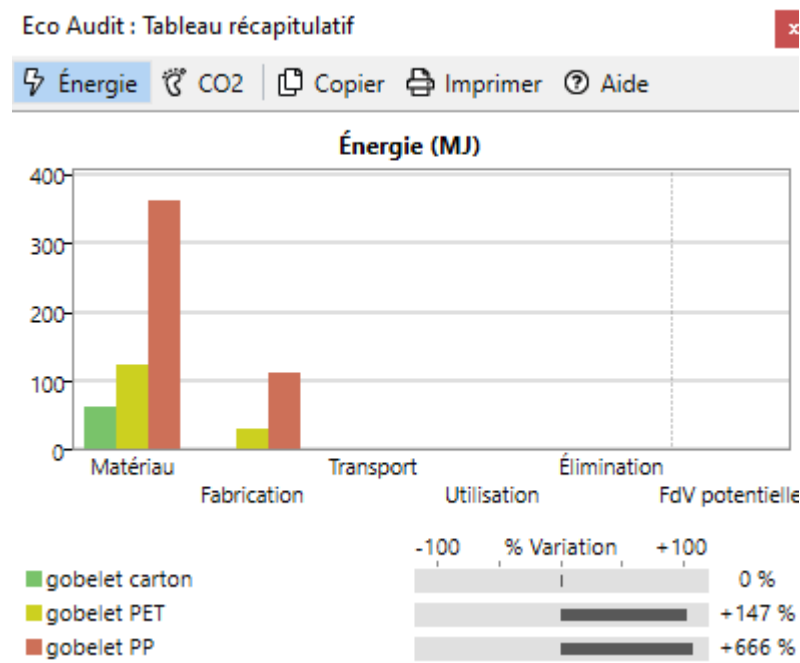
L'impact environnemental dépend du mode de transport utilisé

Attention hypothèse forte !

Exercice : gobelet

1-On suppose les mêmes étapes pour les 3 solutions

Résultats:



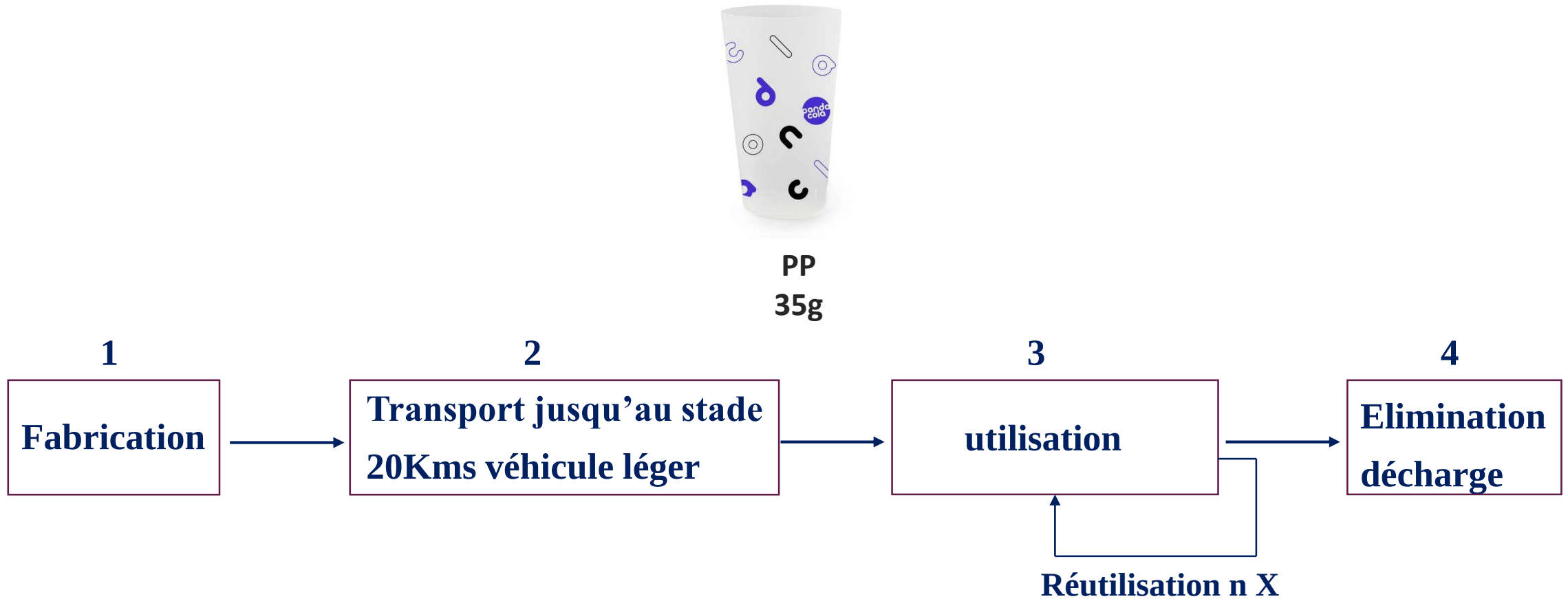
150 globelets	Energie (MJ)	CO2 (Kg)
Carton	62	1,42
PET	153	6,32
PolyPropylène	475	23,7



27.1 kg eq CO₂ / jour

Exercice : gobelet

2-On considère maintenant que les gobelets PP peuvent être réutilisés



Exercice : gobelet

2-On considère maintenant que les gobelets PP peuvent être réutilisés

Qté.	Nom du composant	Matériau	Teneur recyclée	Masse (kg)	Procédé primaire	Fin de vie
150	Gobelet	Polypropylène (PP)	Vierge (0 %)	0,035	Moulage de polymère	Réutilisation

Réutilisation pas clairement défini dans Granta

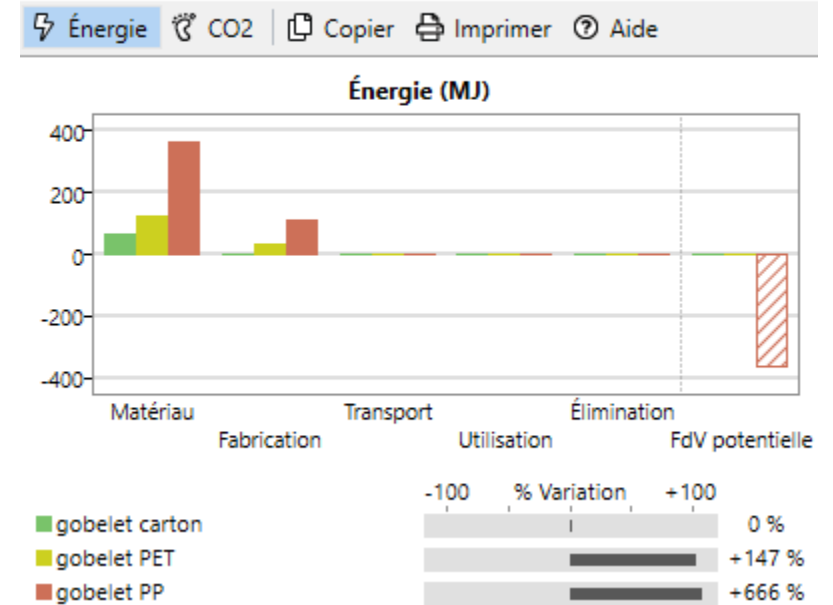
Solution: prendre en compte la réutilisation en divisant le nombre de produit par le nombre d'utilisation.

Si un produit est utilisé 100X son impact est 100X plus faible qu'un produit utilisé une seule fois.

Question:

Combien de fois doivent être réutilisés les gobelets pour que l'utilisation de la solution PP soit le moins impactante en CO2 ?

Eco Audit : Tableau récapitulatif



Exercice : gobelet

2-On considère maintenant que les gobelets PP peuvent être réutilisés

Matériau, fabrication et fin de vie ?						
Qté.	Nom du composant	Matériau	Teneur recyclée	Masse (kg)	Procédé primaire	Fin de vie
9	Gobelet	Polypropylène (PP)	Vierge (0 %)	0,035	Moulage de polymère	Réutilisation

Réponse:

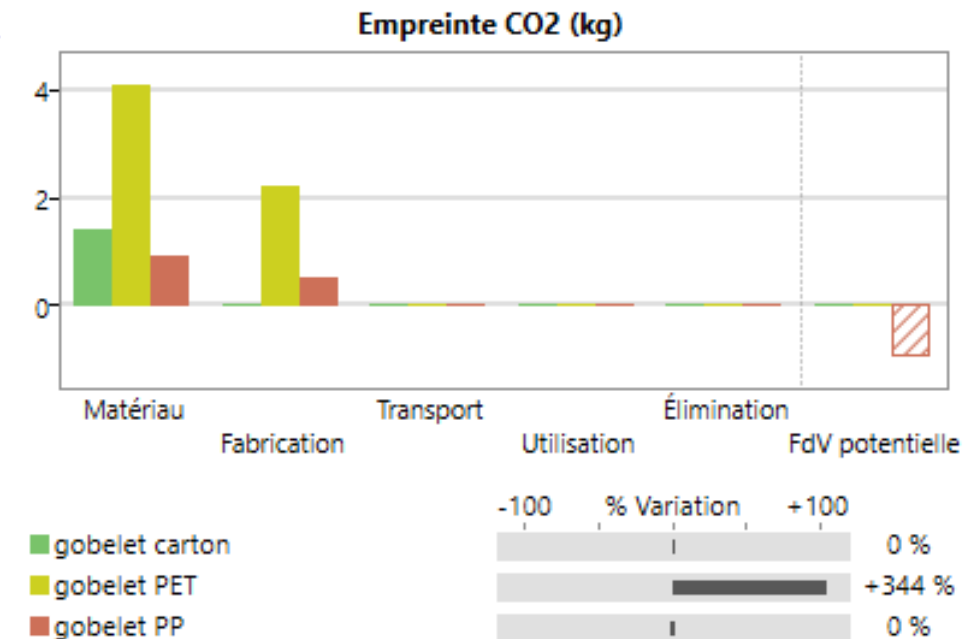
Produire 9 gobelets PP a le même impact carbone que produire 150 gobelets carton.

Il faut donc réutiliser au moins fois les gobelets pour que ce soit moins impactant si aucun $150/9 \approx 17$ de perte

/!\ Si le taux de perte est de 5%, il faut réinjecter 7,5 toute les 150 utilisations. L'impact n'est donc pas négligeable

Eco Audit : Tableau récapitulatif

⚡ Énergie **👤 CO2** 📄 Copier 🖨 Imprimer ? Aide



Exercice : gobelet

2-On considère maintenant que les gobelets PP peuvent être réutilisés

Matériau, fabrication et fin de vie ?						
Qté.	Nom du composant	Matériau	Teneur recyclée	Masse (kg)	Procédé primaire	Fin de vie
9	Gobelet	Polypropylène (PP)	Vierge (0 %)	0,035	Moulage de polymère	Réutilisation

Réponse:

Produire 9 gobelets PP a le même impact carbone que produire 150 gobelets carton.

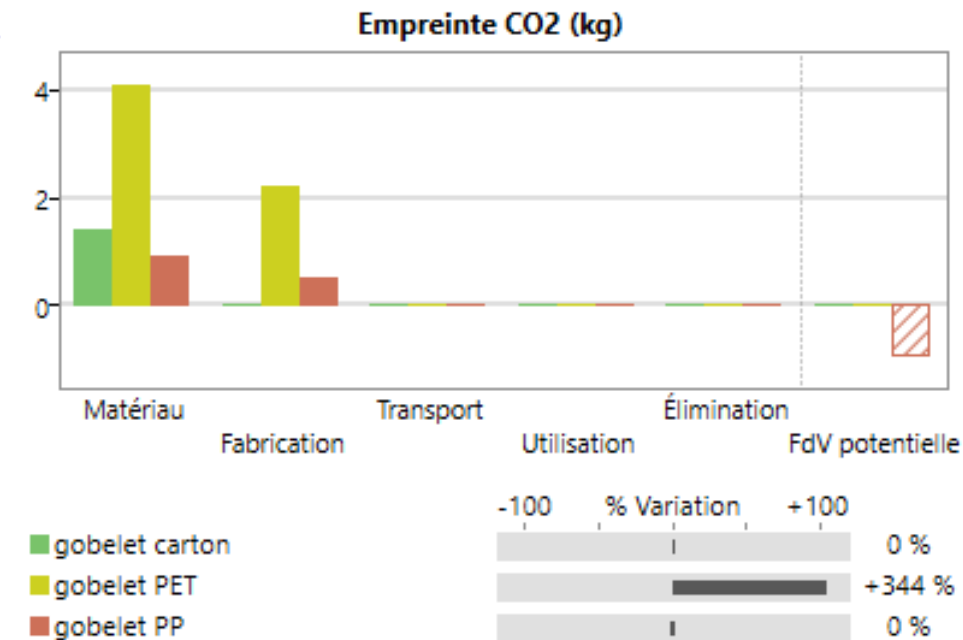
Il faut donc réutiliser au moins fois les gobelets pour que ce soit moins impactant si aucun $150/9 \approx 17$ de perte

/!\ Si le taux de perte est de 5%, il faut réinjecter 7,5 toute les 150 utilisations. L'impact n'est donc pas négligeable

→ Il faut donc considérer ce taux de perte dans les hypothèses de départ

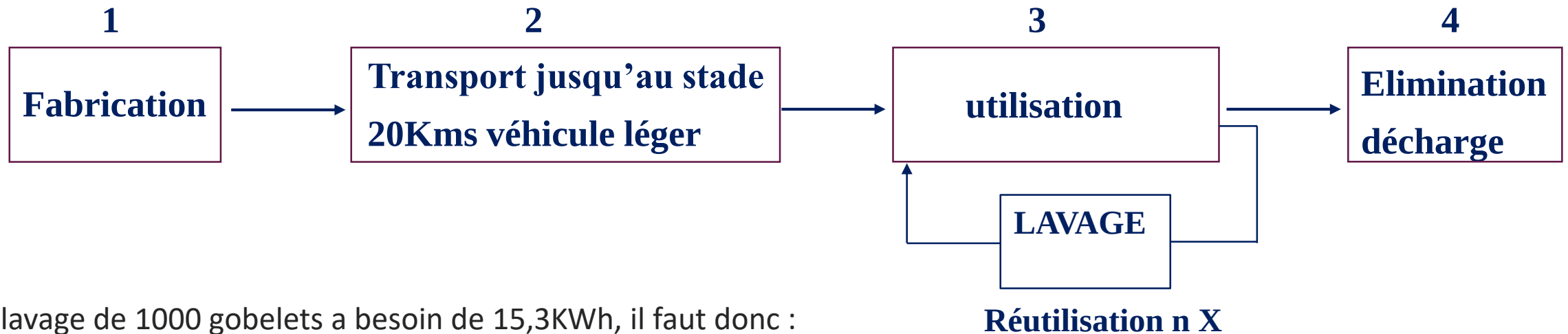
Eco Audit : Tableau récapitulatif

Énergie CO2 Copier Imprimer Aide



Exercice : gobelet

3-On considère maintenant tous les gobelets PP sont réutilisés 150 fois mais doivent être lavés à chaque utilisation



Le lavage de 1000 gobelets a besoin de 15,3KWh, il faut donc :

- 0,0153kWh pour laver 1 gobelet
- 2,295kWh pour laver 150 gobelets

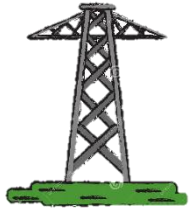
Lavage intégrer via une phase d'usage utilisant l'énergie électrique

Est il toujours intéressant d'utiliser un gobelet lavable ?

- utilisation, lavage en France ou en chine?

Qu'est ce que l'ACV

Lavage (PP)



→ **Equivalent énergie électrique consommée sur Granta**



Configuration pour 2.295 kWh. Eq CO2 de cette production d'énergie ?

Utilisation ?

Durée de vie du produit : Années

Pays d'utilisation :

Mode statique

☒ Le produit utilise l'énergie suivante :

Apport énergétique et énergie produite :

Puissance nominale : W

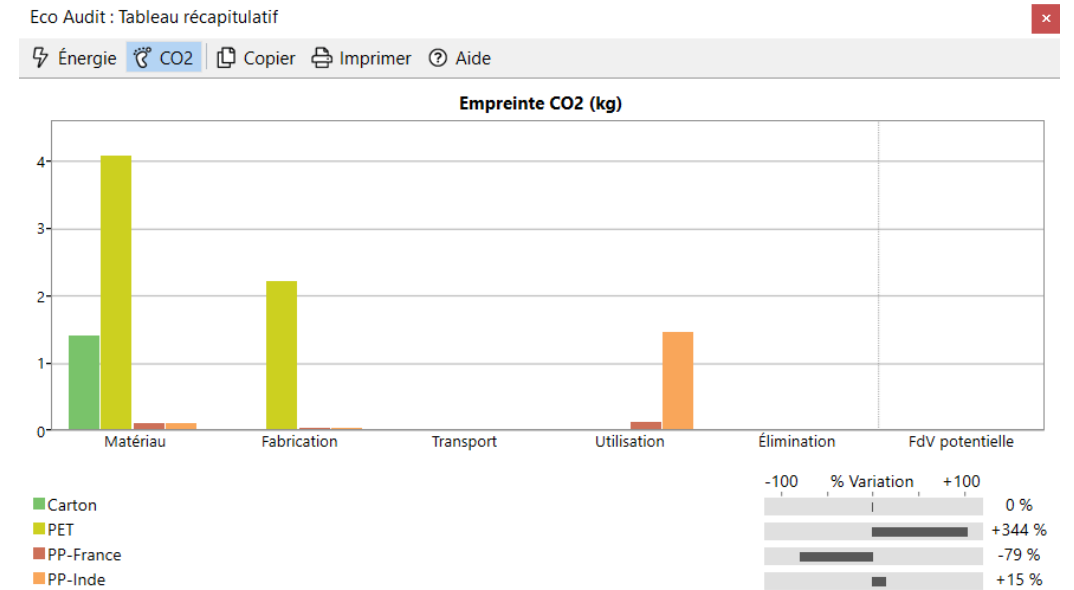
Utilisation : jours par an

Utilisation : heures par jour

Exercice : gobelet

3-On considère maintenant que tous les gobelets PP sont réutilisés 150 fois mais doivent être lavés à chaque utilisation

150 globelets	CO2 (Kg)
Carton	1,42
PET	6,32
PP (1/150) France	0.3
PP (1/150) Chine	1.64



Fort impact de l'empreinte carbone du kWh lors de la phase de lavage

Qu'est ce que l'ACV

Conclusion ED 1 (à retenir)

Ordre de grandeur et répartitions des impacts CO₂ d'un français en 2021

ACV priorise action à mener pour réduire l'impact environnemental

Calcul de l'impact carbone à partir du CO₂eq/kWh

Notion de CO₂eq/km/kg

Pour poursuivre

Liens utiles

<https://bonpote.com/>

<https://theshiftproject.org/>

<https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

<https://insightmaker.com/insight/1954/The-World3-Model-Classic-World-Simulation>

<https://www.eco-conception.fr/static/analyse-du-cycle-de-vie-acv.html>