

Analyse de la part des aciers de construction dans l'impact environnemental des ouvrages en béton armé :

IREX — 06.10.2021

Antoine Simon¹, Sébastien Maitenaz^{2,3}, Adélaïde Feraille³

¹Vinci, Rueil-Malmaison

²ISC, Vinci Construction France, Chevilly-Larue

³Laboratoire Navier, Ecole des Ponts ParisTech, Université Gustave Eiffel, CNRS, Marne-La-Vallée



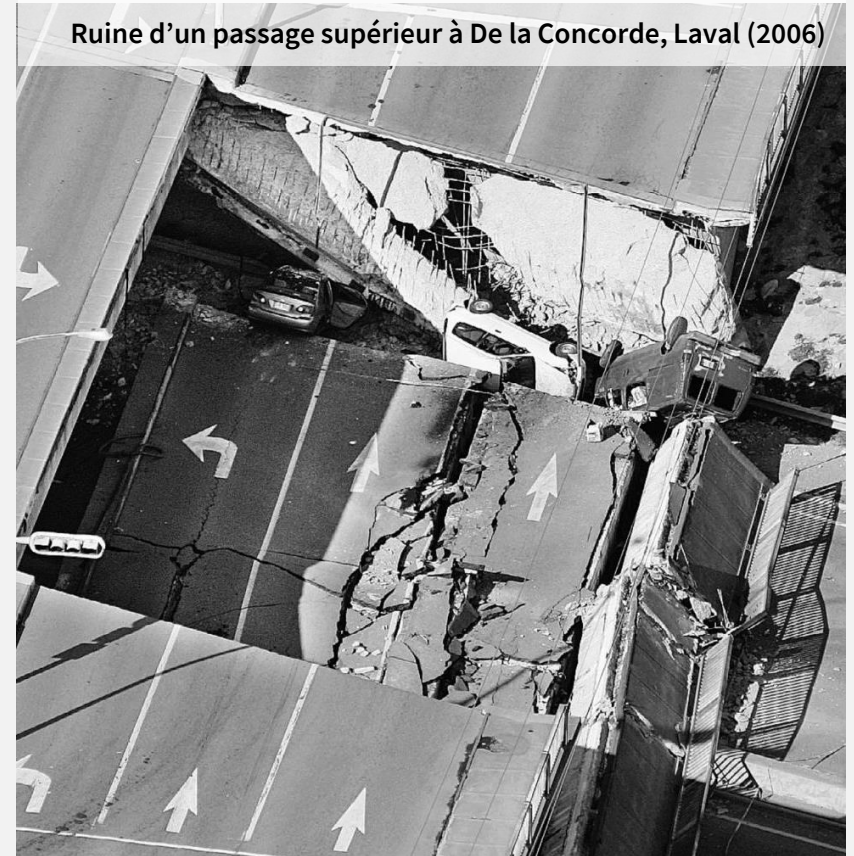
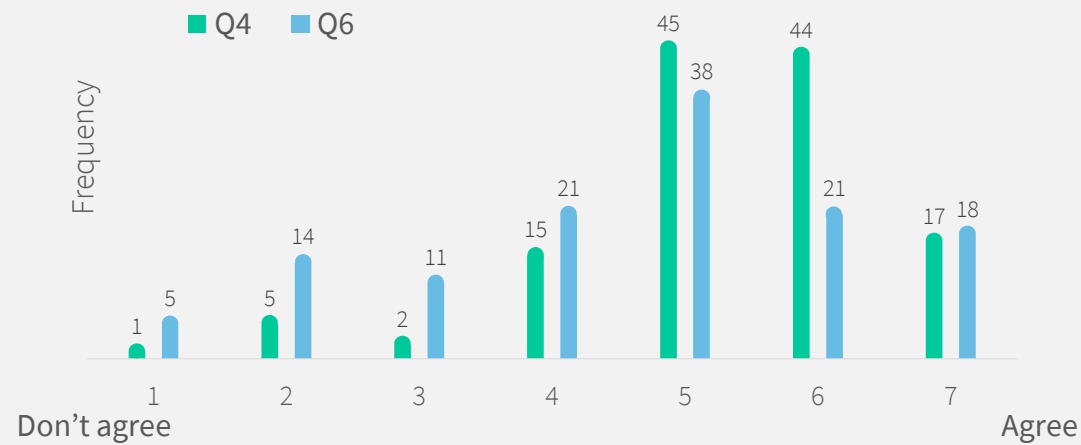
CONTEXTE

Un enjeu culturel

Questionnaire sur les habitudes de conception de 129 ingénieurs certifiés de l'IStructE
Source: MEICON

Q4: An easily constructed structure is more valued by the whole design team than a materially efficient structure.

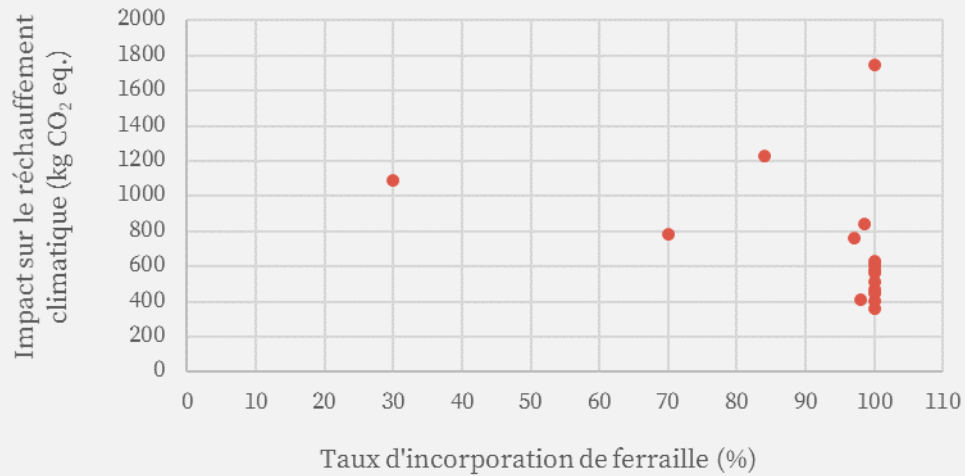
Q6: The potential for construction errors influences my structural member sizing decisions.



CONTEXTE

ACV de l'acier

Disparité des résultats affichés sur les FDES



Questions méthodologiques complexes :

- Manque d'uniformisation des données
- Sources non systématiquement précisées
- Vision béton et acier très différentes
- Méthodes d'allocation



1. Spécificité de l'inventaire du cycle de vie de l'acier

- GESTION DES COPRODUITS
- PRISE EN COMPTE DU RECYCLAGE
- INFLUENCE DES TAUX DE RECYCLAGE

2. Étude de cas : part de l'acier dans l'impact environnemental des structures

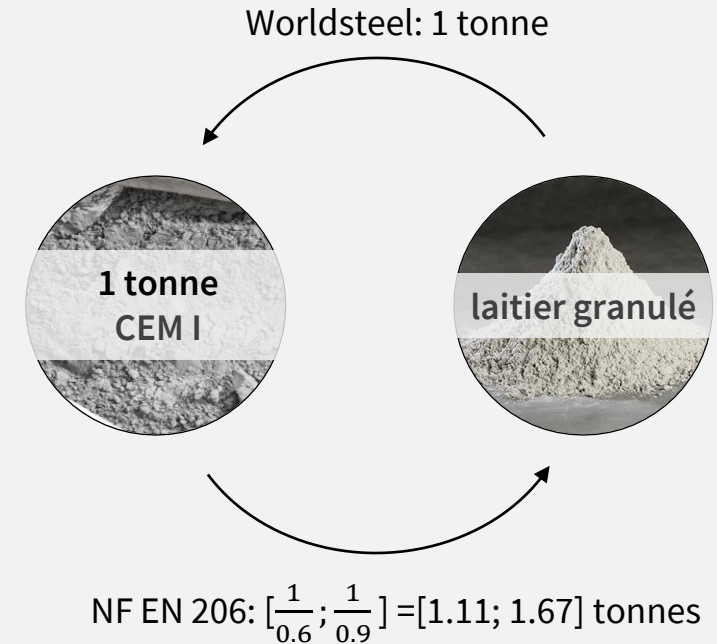
- INFLUENCE DU MODÈLE ACIER
- INFLUENCE DU MODÈLE BÉTON

3. Discussion

Gestion des coproduits

Expansion du système

- Méthode préconisée par World Steel
- Prendre en compte une production évitée de produit similaire
- Non conforme à la NF EN 15804 et la NF EN 206



Sources :

- 'LCA Methodology Report', World Steel Association, 2011.
- 'NF EN 206 + A1: Béton - Spécification, performance, production et conformité'. Nov. 2016.
- 'NF EN 15804: Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits'. 2012.

Gestion des coproduits

Allocation massique

$$ICV_{cp} = \frac{m_{cp}}{\sum_i m_{cp,i}} \cdot ICV_t$$

- ICV_{cp} : inventaire du cycle de vie du coproduit cp
- ICV_t : inventaire du cycle de vie de l'ensemble des coproduits obtenus (acier compris)
- m_{cp} : masse de coproduit cp

Gestion des coproduits

Allocation massique



→ 1680 kg CO₂ eq.

→ Laitier de haut fourneau
280 kg → 1310 kg CO₂ eq. / tonne



→ ~ [750 – 800] kg CO₂ eq.

Sources :

- 'EPD A1-A3 Ecocem'. MRPI, 2014.
- Ecocem, 'Vision 2020: Sustainability Report'. Ecocem group, 2017.
- ATILH
- G.P. Hammond, C.I. Jones, Embodied energy and carbon in construction materials, Proc. Inst. Civ. Eng. Energy 161 (2) (2008) 87–98 (and subsequent online revisions available from), www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/.

Gestion des coproduits

Allocation économique

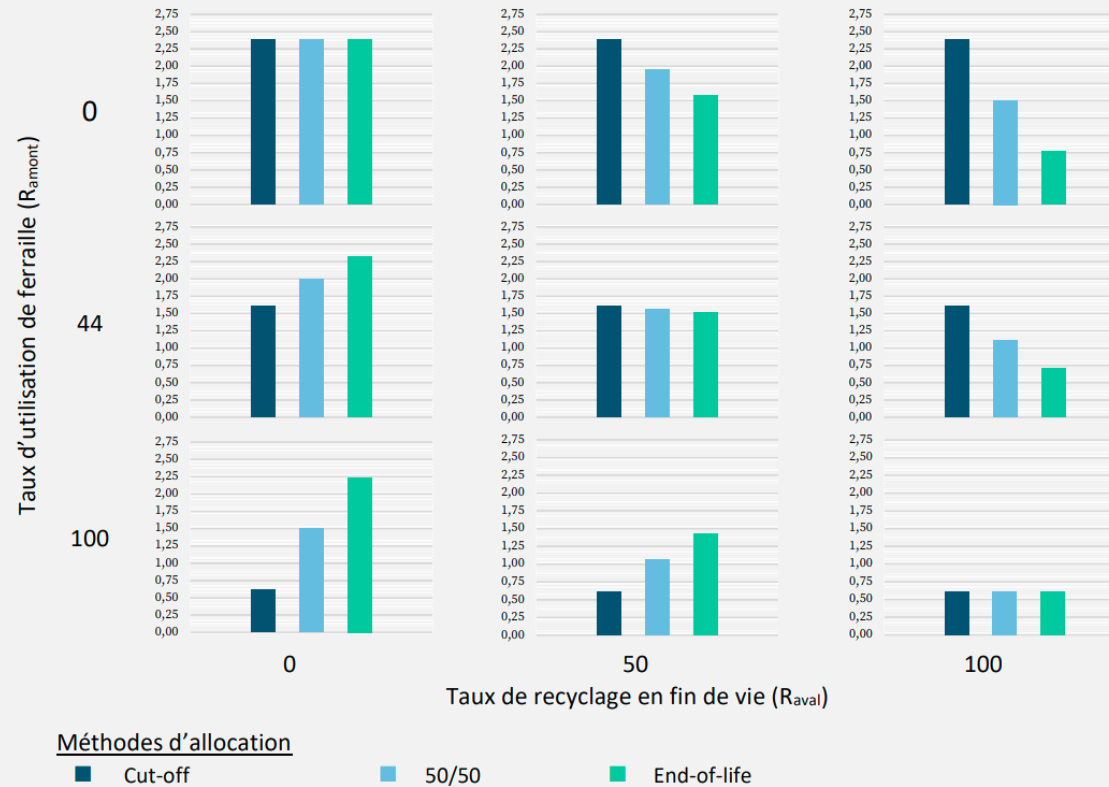
$$ICV_{cp} = \frac{m_{cp} p_{cp}}{\sum_i m_{cp,i} p_{cp,i}} \cdot ICV_t$$

- ICV_{cp} : inventaire du cycle de vie du coproduit cp
- ICV_t : inventaire du cycle de vie de l'ensemble des coproduits obtenus (acier compris)
- m_{cp} : masse de coproduit cp
- p_{cp} : prix massique du coproduit cp

Prise en compte du recyclage

Méthodes	Principe	Intérêts/Inconvénients
Cut-Off	Prise en compte du recyclage amont uniquement	<ul style="list-style-type: none"> • Fiabilité du taux de recyclage pris en compte • Pas d'incitation au recyclage en fin de vie
50 – 50	Répartition équitable entre le recyclage amont et le recyclage aval	<ul style="list-style-type: none"> • Introduit un équilibre • Ne récompense pas forcément les bons acteurs
End-of-life (World Steel)	Prise en compte du recyclage aval uniquement	<ul style="list-style-type: none"> • Incitation à concevoir des produits plus facilement recyclables • Moins d'intérêt à utiliser de la ferraille en production

Prise en compte du recyclage

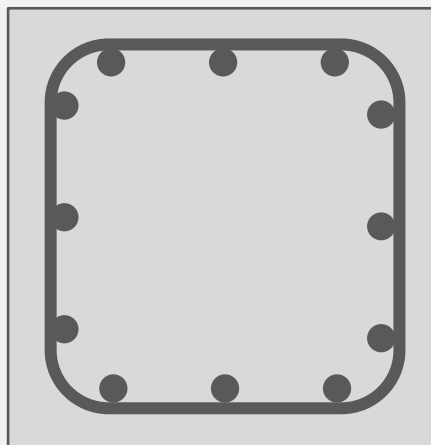


Etude de la variation de l'impact sur le réchauffement climatique (kg CO2 eq.) de la production d'un kg d'armatures selon la méthode d'allocation choisie

Hypothèses sur les modèles aciers

- Allocation cut-off
- Coproduits considérés comme des déchets
- Modèles construits avec la base **EcoInvent v3.6** à partir des procédés:
 - Six modèles acier:
 - 01_Reinforcement: *Ecoinvent reinforcing steel, GLO*
 - 02_Metal_Working: *Ecoinvent metal working, GLO*
 - 03_Mix_1_S_44: $R_{\text{amount}} = 44 \%$
 - 04_Mix_2_S_85: $R_{\text{amount}} = 85 \%$
 - 05_Mix_3_S_95: $R_{\text{amount}} = 95 \%$
 - 06_Mix_4_S_100: $R_{\text{amount}} = 100 \%$
 - Deux modèles béton :
 - C25/30: *concrete, 25MPa*
 - C45/55: *concrete, 45MPa*.

Influence du modèle acier



Béton C25/30 :

$$1\text{m}^3 \text{ de béton} \times 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Aciers passifs : modèle « Reinforcement »

$$100 \text{ kg/m}^3 \times 1.94 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} = 194 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Béton C25/30 :

$$1\text{m}^3 \text{ de béton} \times 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Aciers passifs : modèle « Mix_1_S_44 »

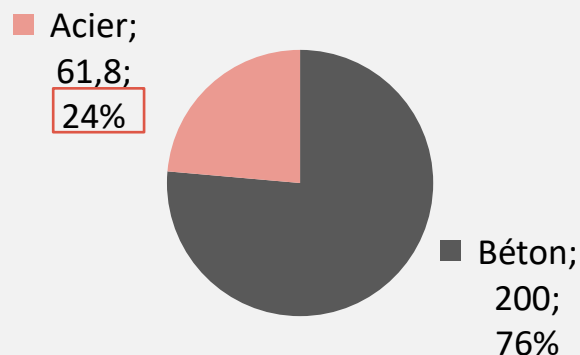
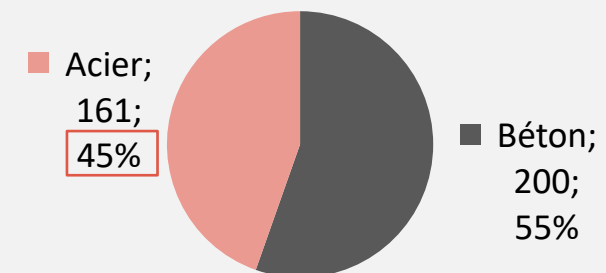
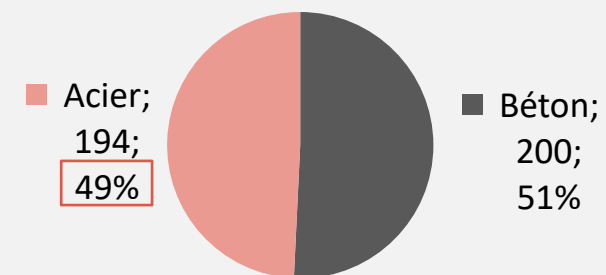
$$100 \text{ kg/m}^3 \times 1.61 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} = 161 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Béton C25/30 :

$$1\text{m}^3 \text{ de béton} \times 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

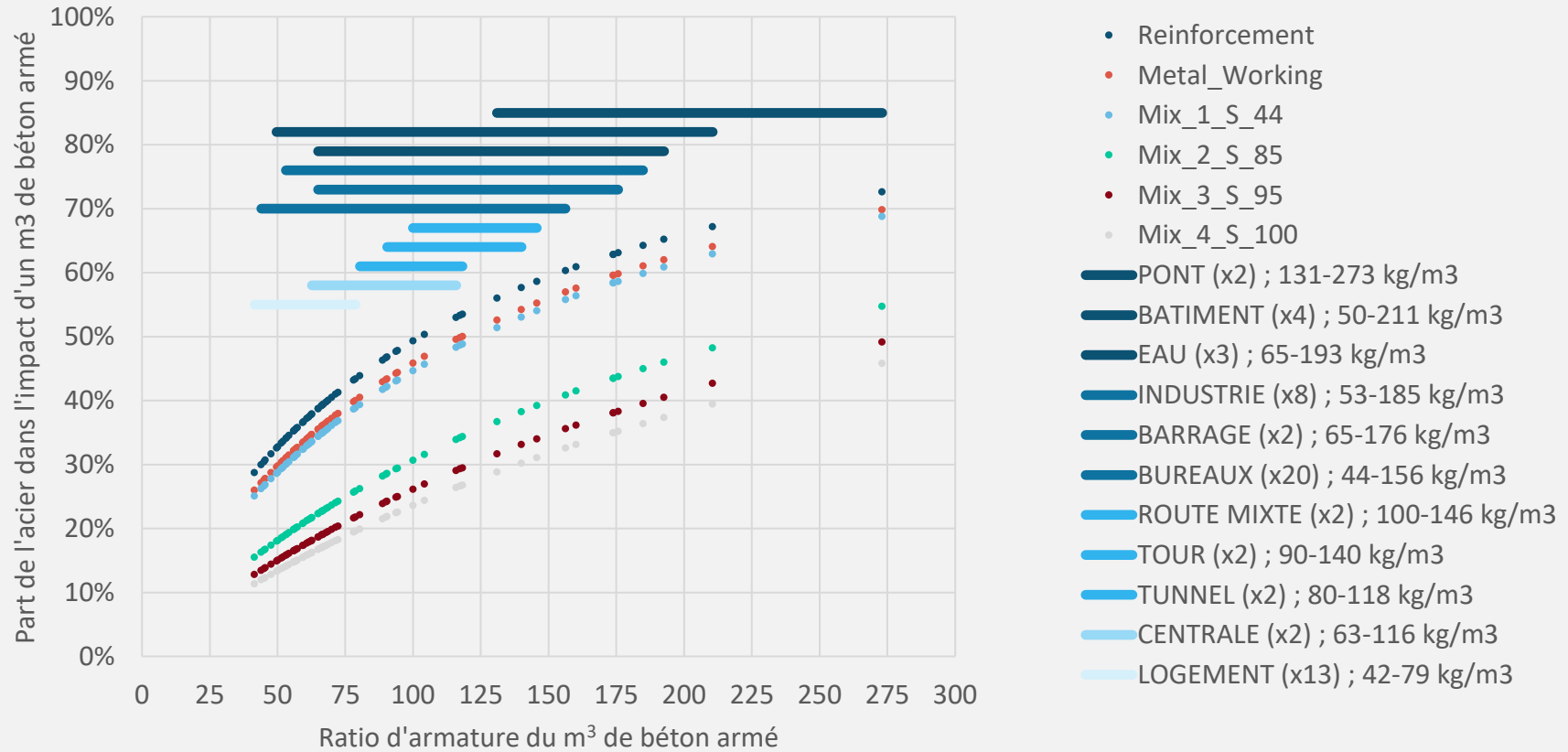
Aciers passifs : modèle « Mix_4_S_100 »

$$100 \text{ kg/m}^3 \times 0.618 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} = 61.8 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

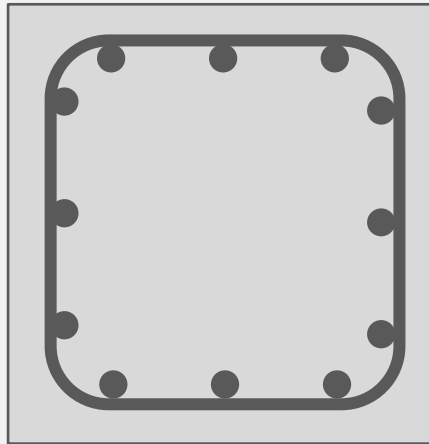


Influence du modèle acier

Part de l'acier dans l'impact sur le réchauffement climatique d'un m³ de béton armé C25/30 en fonction du ratio d'armatures



Influence du modèle béton



Béton C25/30 :

$$1\text{m}^3 \text{ de béton} \times 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Aciers passifs : modèle « Mix_2_S_85 »

$$100 \text{ kg/m}^3 \times 0.88 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} = 88 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Béton C45/55 :

$$1\text{m}^3 \text{ de béton} \times 329 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 329 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Aciers passifs : modèle « Mix_2_S_85 »

$$100 \text{ kg/m}^3 \times 0.88 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} = 88 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Béton C25/30 :

$$1\text{m}^3 \text{ de béton} \times 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 200 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Aciers passifs : modèle « Mix_4_S_100 »

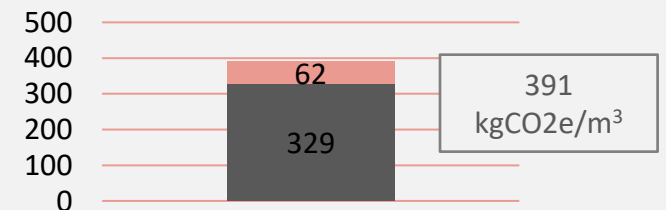
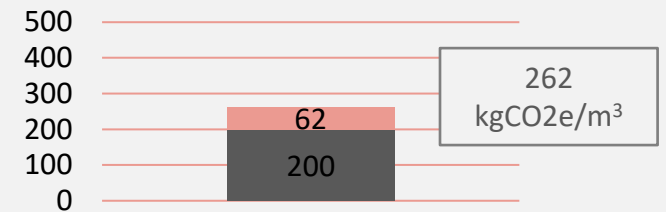
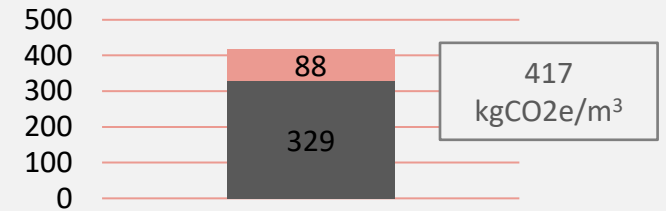
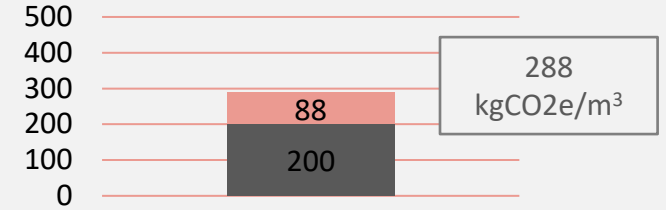
$$100 \text{ kg/m}^3 \times 0.62 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} = 62 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

Béton C45/55 :

$$1\text{m}^3 \text{ de béton} \times 329 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3 = 329 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$

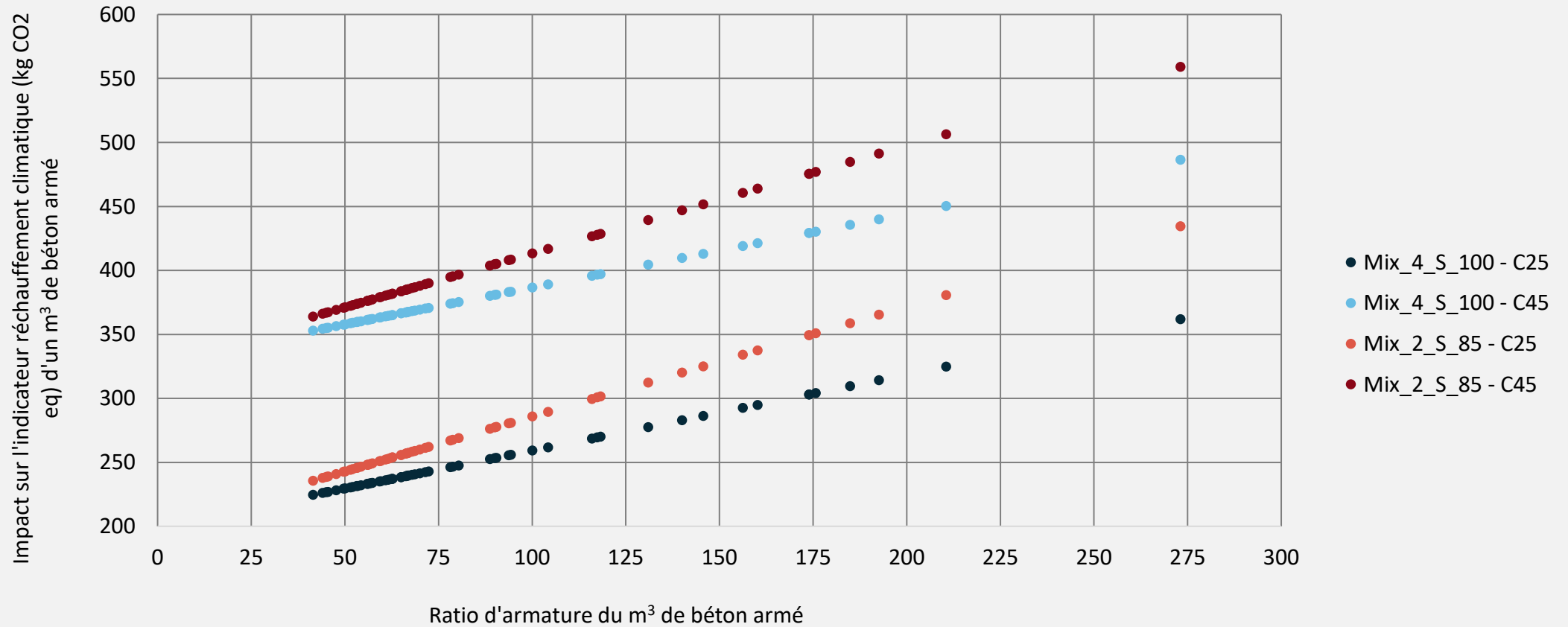
Aciers passifs : modèle « Mix_4_S_100 »

$$100 \text{ kg/m}^3 \times 0.618 \text{ kgCO}_2\text{e/kg} = 61.8 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^3$$



Influence du modèle béton

Influence de la nuance du béton et du modèle d'acier sur l'indicateur réchauffement climatique



Conclusion

- Étude de l'impact de l'acier et du béton sur des projets construits
- Mise en avant de l'ordre de grandeur de ces impacts
- Clarification de la sensibilité des facteurs intervenant dans l'impact environnemental de l'acier

Merci !