

Décarbonation des projets d'infrastructure avec les palplanches acier

26 juin 2023
François Fohl



Agenda

1. Décarbonation du groupe ArcelorMittal
2. Palplanches dans l'économie circulaire
3. Notions de base – EPD & ACV
4. Etudes environnementale – Mur de quai & Parking souterrain
5. Intégration de critères environnementaux dans les appels d'offres
6. Projets reels avec EcoSheetPile Plus

Nos engagements

-35%

Scope 1 & 2 CO₂ intensité
jusqu'à 2030 en Europe*



Net zero

Emissions CO₂ jusqu'en
2050



SBTi

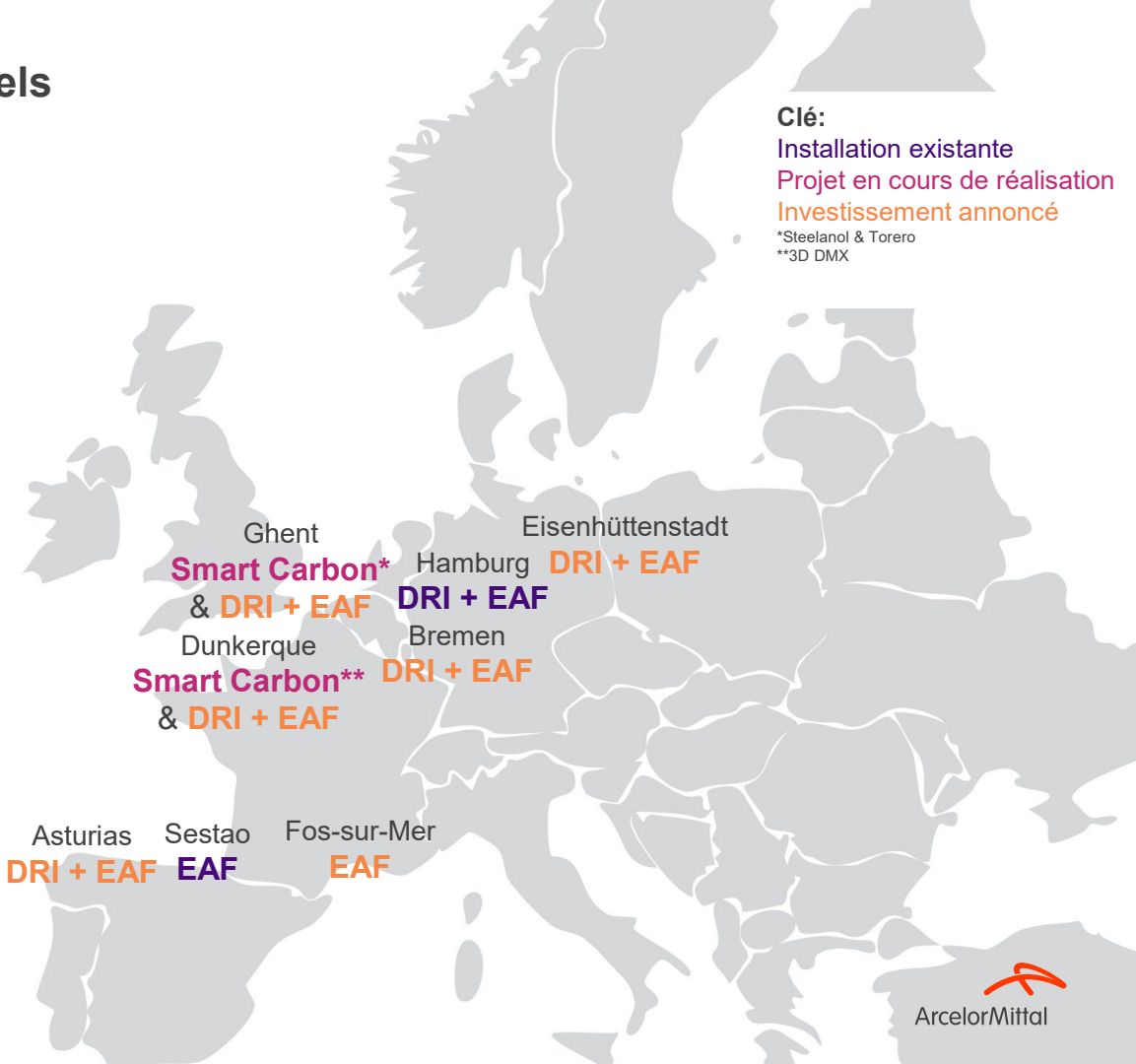
Officiellement engagé aux
'science-based targets'



Investitions - Annoncements officiels

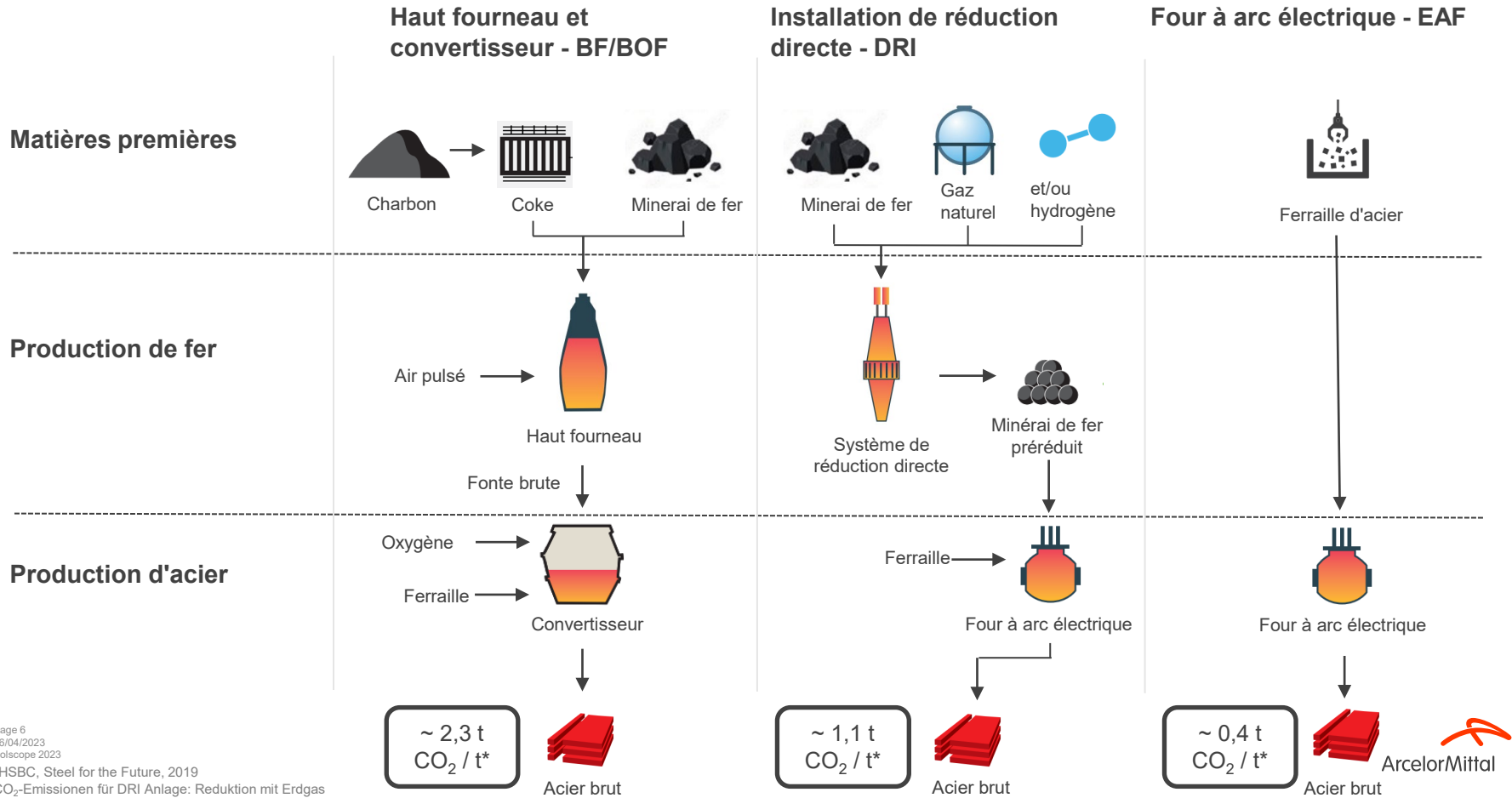
Clé:
Installation existante
Projet en cours de réalisation
Investissement annoncé

*Steelanol & Torero
**3D DMX



DRI = Direct reduced iron (minerai de fer préreduit)
EAF = Electric arc furnace (four à arc électrique)

Production d'acier - 3 voies différentes



Palplanches d'ArcelorMittal

Usines et gamme de produits



Usines

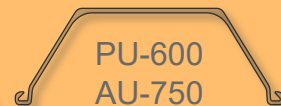
Belval
Luxemburg

AZ-600
AZ-700
AZ-800



AS-500

PU-600
AU-750



Dabrowa
Polen

GU-600

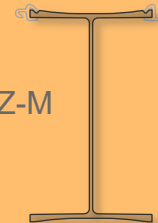


GU-400



Differdange
Luxemburg

HZ-M



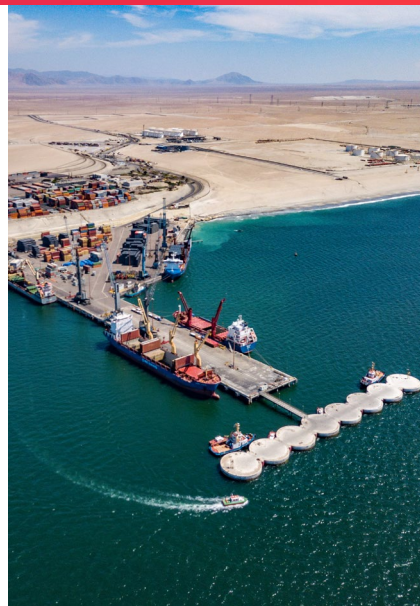
4 applications principales pour les palplanches acier



Solutions
pour les infrastructures
et la mobilité



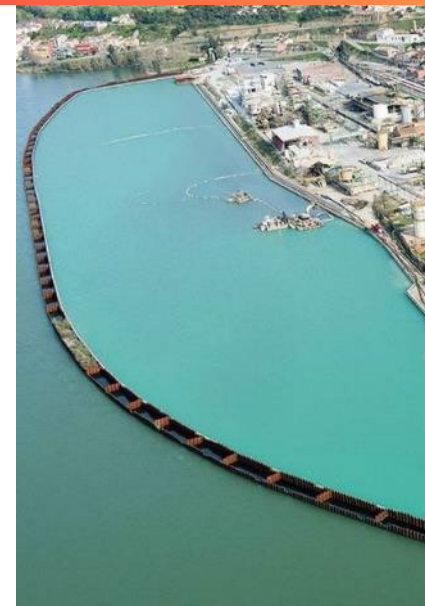
Solutions
pour le transport
maritime et fluvial



Solutions
pour la prévention
des risques naturels



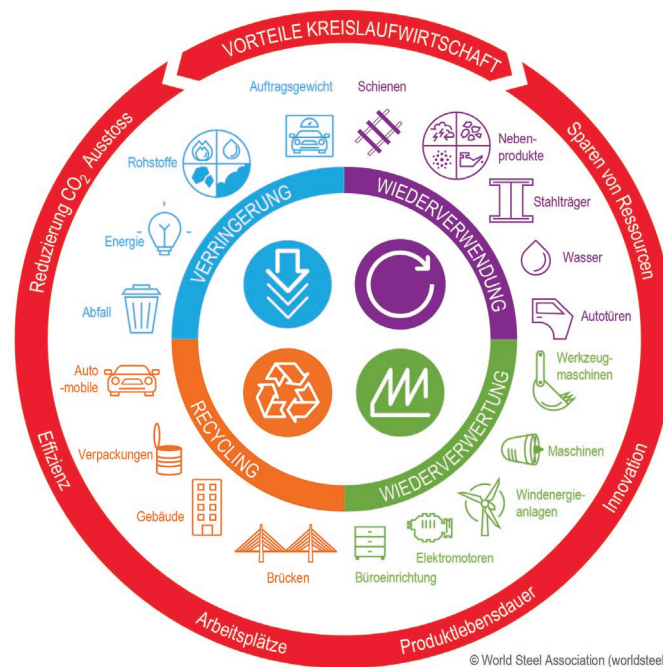
Solutions
pour la protection
de l'environnement



Les palplanches en acier : Un produit dans l'esprit de l'économie circulaire

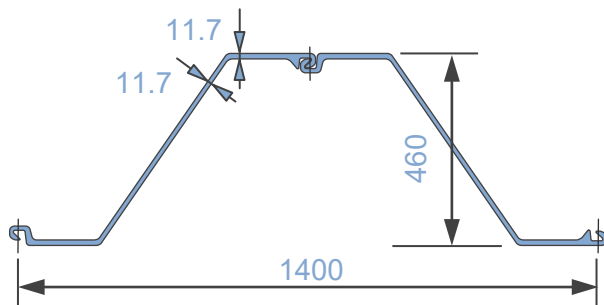
Les palplanches en acier peuvent marquer des points en particulier pour les principes suivants de l'économie circulaire :

- **Réduire**: Grâce à l'optimisation des solutions de palplanches, les profilés utilisés sont devenus de plus en plus légers au cours des dernières décennies, tout en répondant aux mêmes exigences.
- **Réutiliser** : Lorsque les palplanches sont utilisées pour des projets temporaires, elles peuvent être retirées après leur utilisation et réutilisées jusqu'à 10 fois.
- **Recycler** : L'acier est recyclable à 100 % et peut être recyclé infiniment, sans perte de qualité.

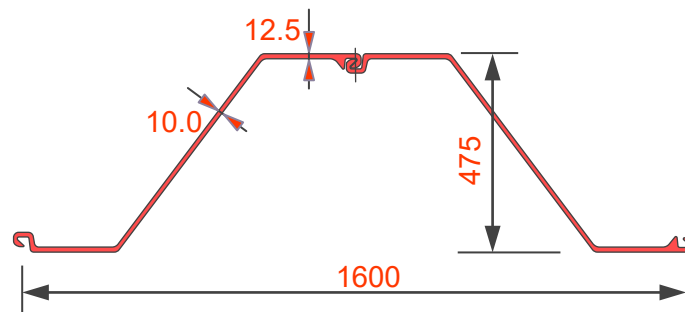


Réduire - profilés et nuances d'acier

Choisir les **profilés** et **nuances d'acier** en fonction des applications et des caractéristiques géotechniques des sols



AZ 26-700-0.5 (2008)

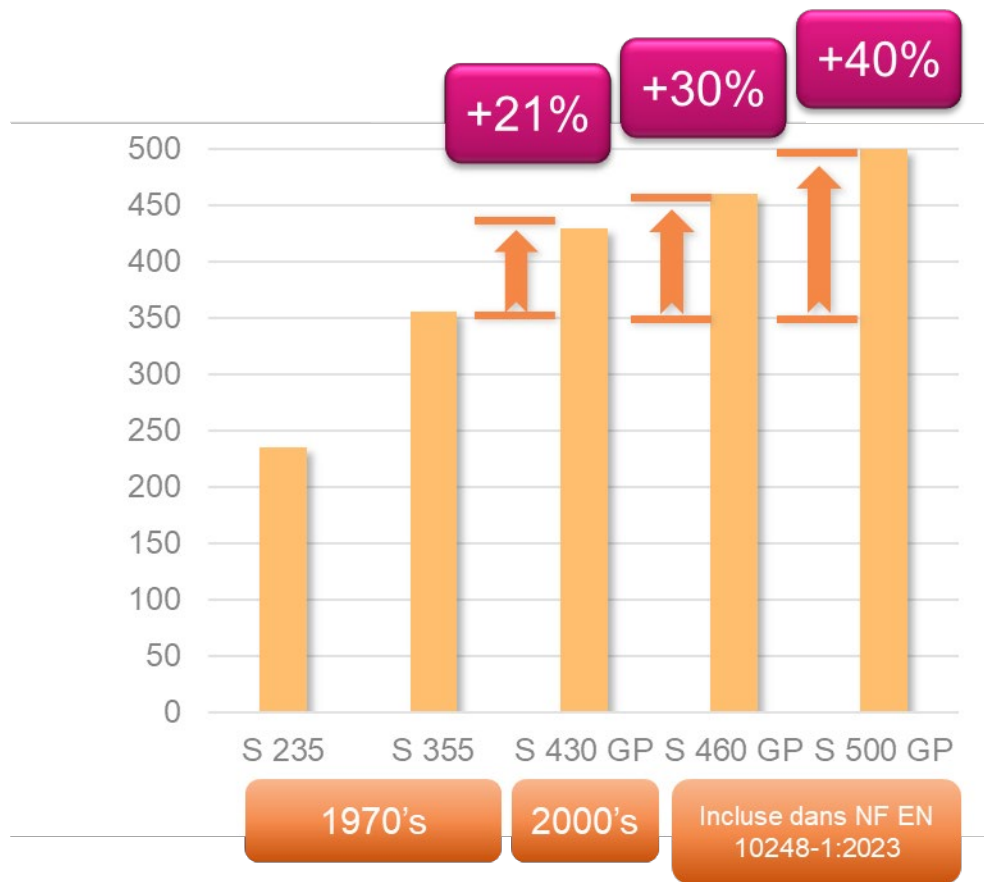


AZ 25-800 (2015)

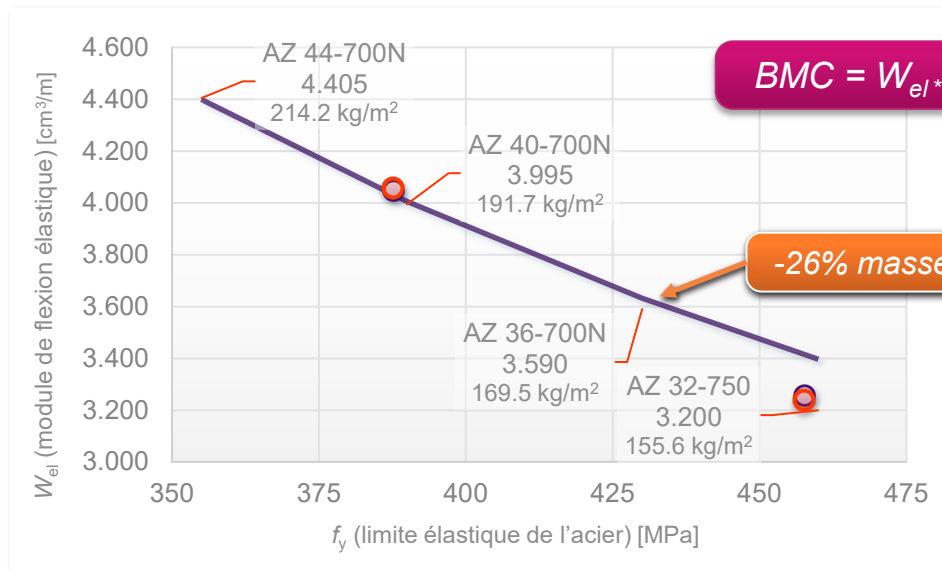
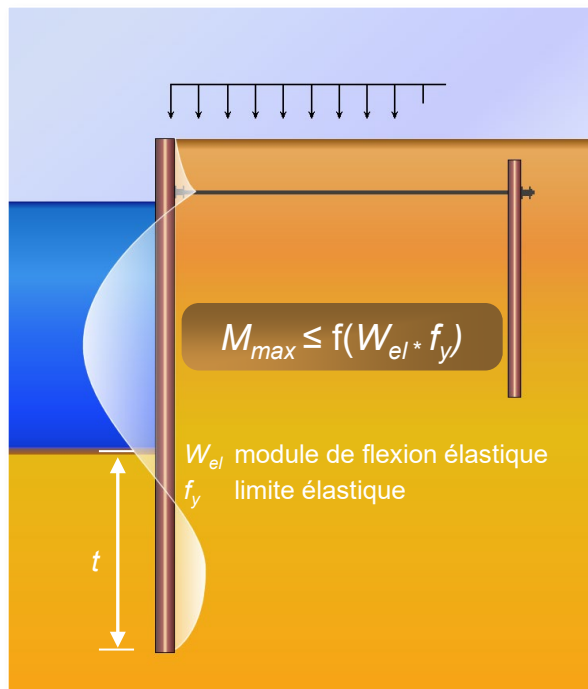
| | W_{el} (cm ³ /m) | masse (kg/m ²) | Δ masse (%) |
|---------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| AZ 26-700-0.5 | 2 515 | 141,8 | |
| AZ 25-800 | 2 500 | 128,2 | -9,6% |

W_{el} : module de flexion élastique

Réduire– profilés et nuances d'acier



Solution optimale



Pour un même moment de flexion $M_{max}^{(x)}$
 haute limite élastique (nuance d'acier)
 ⇒ palplanche plus légère
 ⇒ solution plus économique
 (à vérifier: battabilité!)

Réutiliser



Suppression du PN 288 | Agde | France



Batardeau | Arsenal de Brest | France

palplanches peuvent être (ré)utilisées plusieurs fois avant d'être recyclées

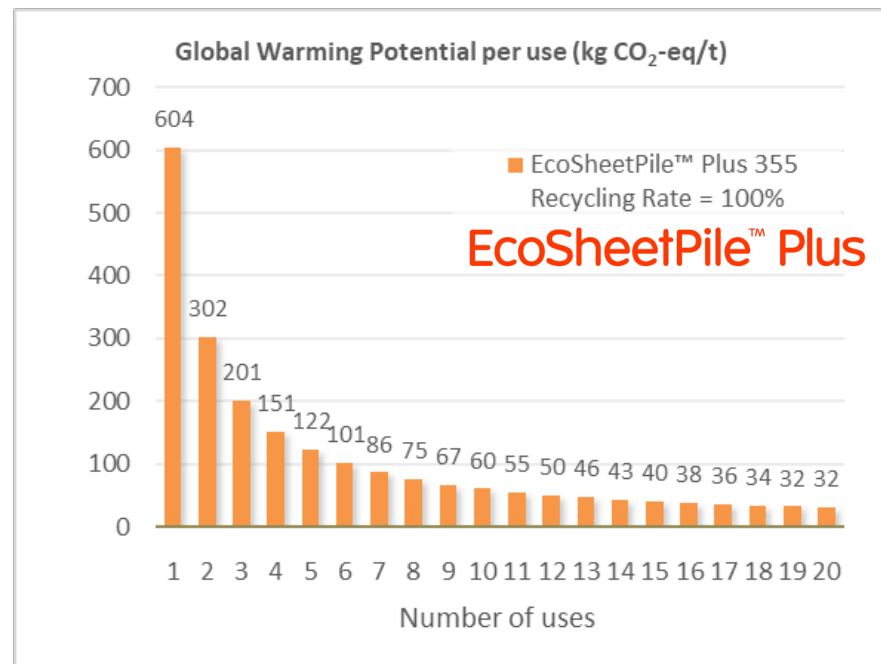
Réutiliser

Impact environnemental décroît en fonction du nombre d'utilisations

- Impact global = 604 kg CO₂-eq/t
- 5 utilisations ⇒ 5 x 122 kg CO₂-eq/t

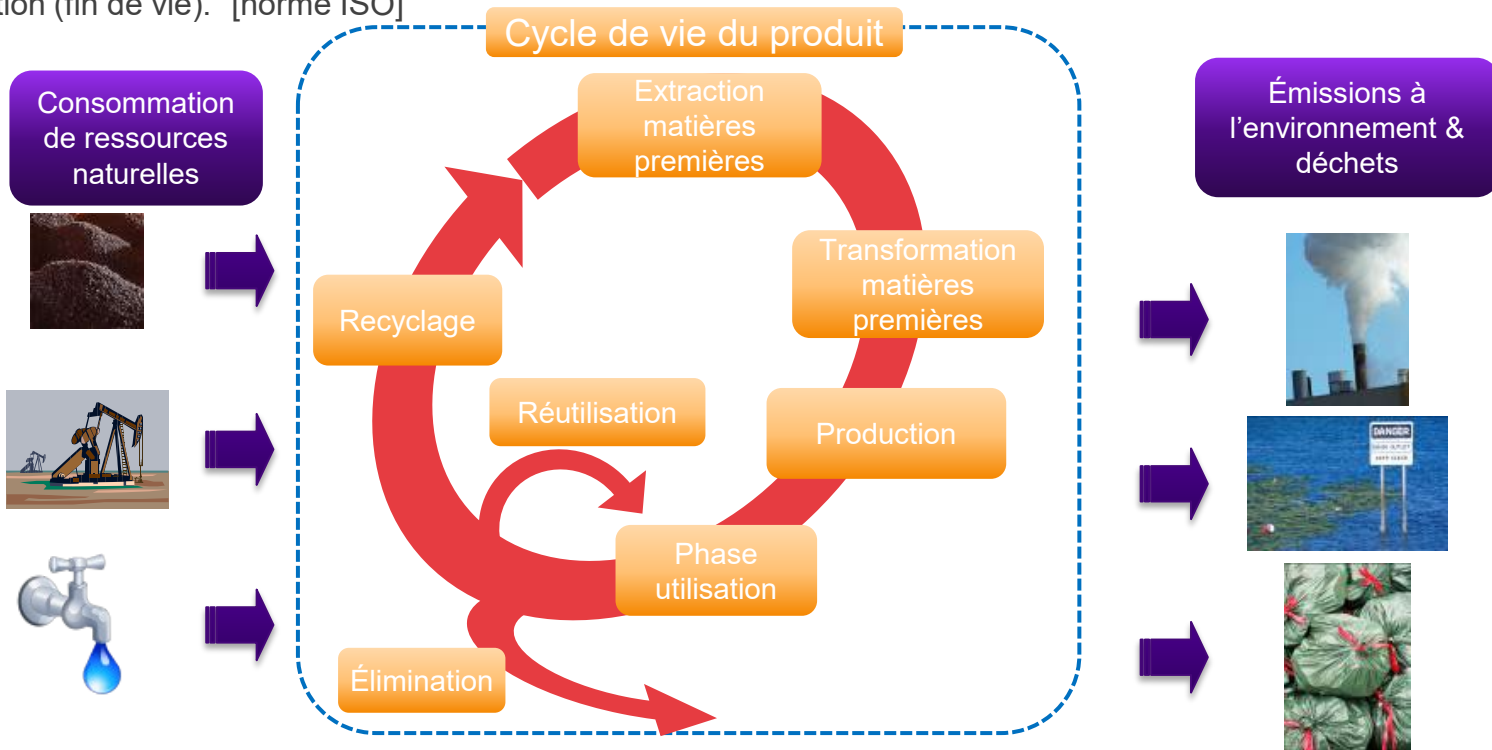
Hypothèses

- EPD EcoSheetPile Plus 355
- Recyclage fin de vie = 100%
- Impacts entre les différentes utilisations non considérées (transport, endommagement éventuel)



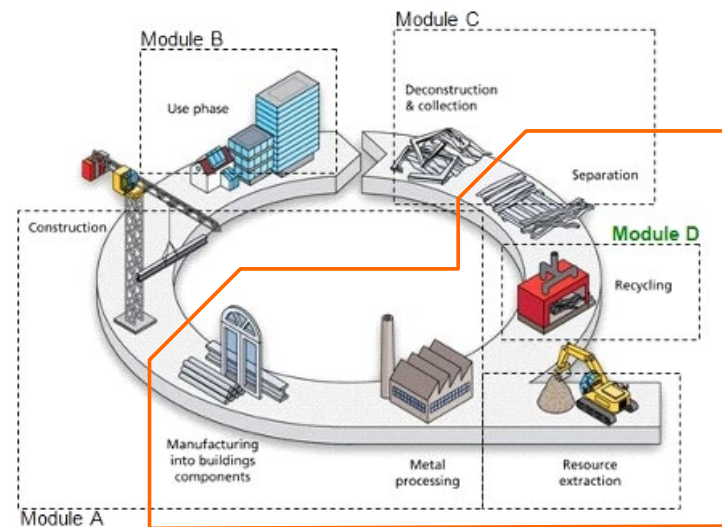
ACV (Analyse du Cycle de Vie). Définition & principes

“Analyse des impacts environnementaux potentiels d’un produit ou service pendant sa phase de production, d’utilisation ou d’élimination (fin de vie).” [norme ISO]

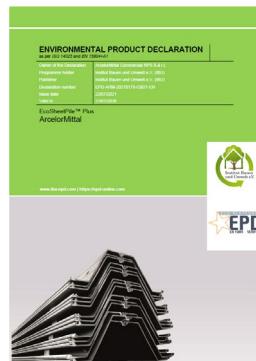
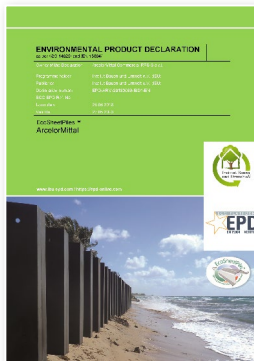


EPD ou DEP (Déclaration Environnementale de Produit)

- document public enregistré et **validé par un organisme / expert indépendant** qui communique des informations **transparentes** et **comparables** sur l'impact environnemental des produits pendant leur cycle de vie (EN 15804 & ISO 14025).
- Unité déclaré: 1 t
- ne peut être utilisé pour affirmer qu'un produit est meilleur du point de vue environnemental que d'autres produits équivalents ou alternatives



Spécifique pour la France:
Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES), document similaire à une DEP



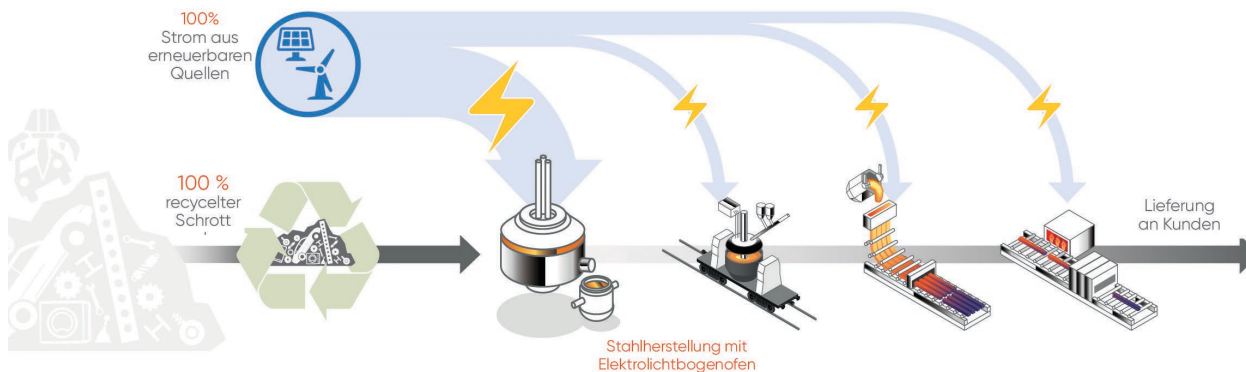
ArcelorMittal Sheet Piling EPDs

| Global Warming Potential [kg CO ₂ -eq per t] | | | |
|---|---|--|--|
| Opérateur de programme | IBU (DE) | | INIES (FR) |
| EPD | EcoSheetPile™ ⁽¹⁾ (2018) | EcoSheetPile™ Plus (2021) | EcoSheetPile™ Plus ⁽¹⁾ (2023) |
| Caractéristiques | 100 % ferraille Electricité mix standard | 100 % ferraille 100 % électricité renouvelable | 100 % ferraille 100 % électricité renouvelable |
| Modules A1 – A3 [kg CO ₂ e/ t] | 520 | 370 | 377 |
| | reference | - 30 % | - 28 % |

⁽¹⁾ not yet peer-reviewed, not published yet.

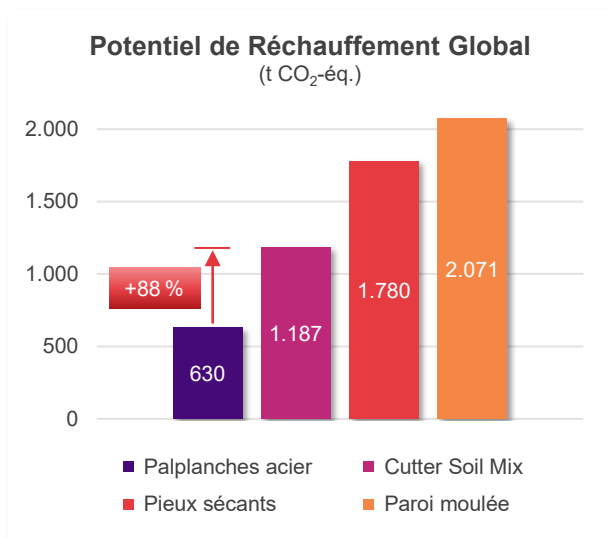
Les palplanches EcoSheetPile™ Plus font partie de l'initiative 'XCarb® De source recyclées et renouvelables' d'ArcelorMittal

- Produit à **100 % d'acier recyclé** et de **100 % électricité renouvelable**
- Pendant la production des palplanches EcoSheetPile™ Plus on émet **81 % moins de gaz à effet de serre** que pour les aciers conventionnels*
- Les impacts environnementaux de la production sont considérés avec des DEP
- Nos clients peuvent réduire leurs empreinte environnementale avec EcoSheetPile Plus



ACV sur base d'un cas d'étude (bureau d'études Witteveen & Bos – NL) 2020

- ACV calculée par notre R&D, validé par un expert indépendant (institut TNO NL)
- conception de la structure faite par le bureau d'études hollandais Witteveen + Bos pour ArcelorMittal
- solutions analysées pour les murs d'enceinte: palplanches acier permanentes, pieux sécants, *Cutter Soil Mix* et paroi moulée
- sols typiques de la région d'Amsterdam (NL)

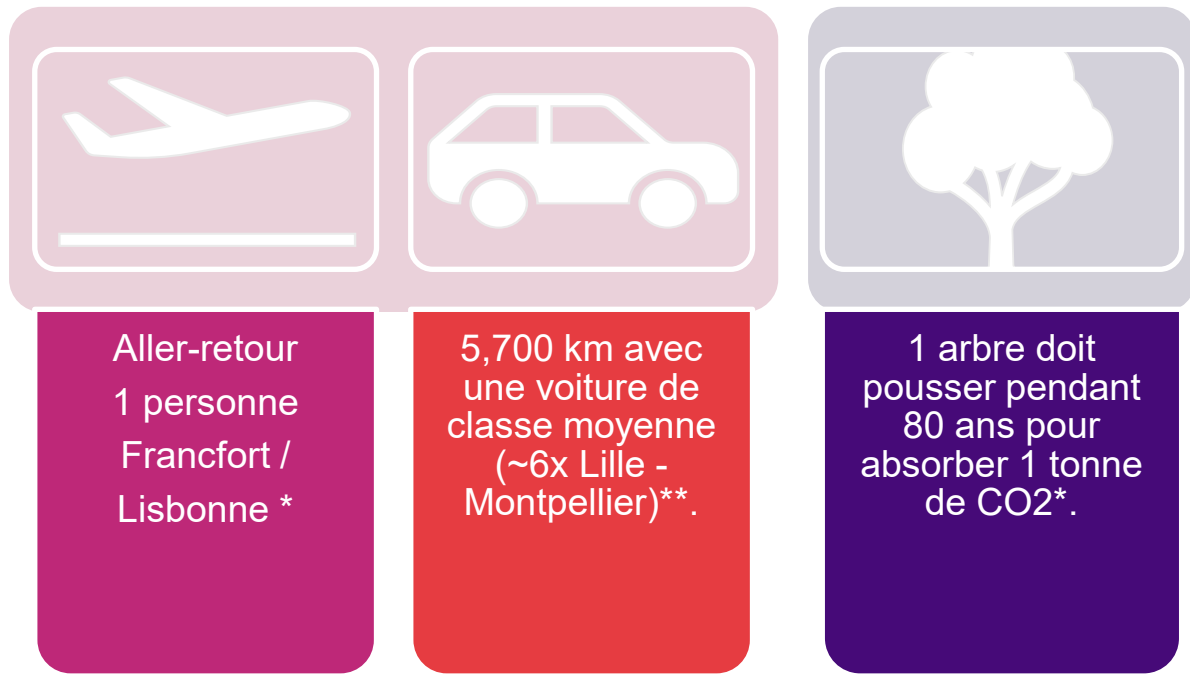


Scénario de base
(plusieurs scénarios ont été analysés)



Empreinte carbone - Comparaison

correspond à 1 tonne de CO₂ :



*Tagesschau: <https://www.tagesschau.de/multimedia/bilder/grafik-co2-101.html#:~:text=Eine%20Tonne%20CO2%20entspricht%20etwa,Kilometer%20mit%20einem%20Mittelklasse%20Benziner.>

** Carbon Footprint, VW Golf 1.4 TSI, Gasoline, 125 PS, 2015, Emissions: 0,174 kg Co2/km, <https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>

Prise en compte des critères environnementaux dans les appels d'offres publics

- ArcelorMittal Palplanches soutient l'**intégration de critères environnementaux** dans les appels d'offres publics
- Exigences élémentaires : Utilisation de matériaux de construction recyclés et recyclables,..
- Méthodes de monétarisation :
 - **Monétarisation** de l'impact environnemental
 - Prise en compte globale (pas de limitation aux émissions de CO2).
 - Déjà utilisée aux Pays-Bas dans les appels d'offres publics (méthode EMVI)
- Marchés publics: directive européenne 2014 – **offre économiquement la plus avantageuse** ... critère de choix des offres basé sur le coût «déterminé selon une approche globale qui peut être fondée sur le coût du cycle de vie»,



Prise en compte des critères environnementaux dans les appels d'offres

Critères environnementaux élémentaires

En pratique : cahier des charges de l'entrepreneur

- Les palplanches doivent être issues d'une production durable. Cela inclut l'utilisation de matériaux recyclés (par ex. **ferraille**).
- L'utilisation d'électricité issue **d'énergies renouvelables**
- Les procédés de production à **faibles émissions**.
- La preuve de ces critères doit être apportée par **un contrôle effectué par un tiers**.

Autres possibilités

- Description de la construction / cahier des charges
 - Plafonds / seuils pour les émissions de gaz à effet de serre générées par la production d'une tonne d'un matériau de construction.
- **La preuve de ces critères doit être apportée par un contrôle de tiers (EPD selon EN 15804 et ISO 14025)**
- Taux minimum de ferraille recyclée dans l'acier (par ex. 90 %)



Prise en compte des critères environnementaux dans les appels d'offres

Méthode de monétarisation

- Les Pays-Bas encouragent la durabilité dans les grands projets de construction et d'infrastructure.
 - Outre des facteurs tels que le prix, l'esthétique, la durée de construction, etc., la durabilité est également prise en compte dans les procédures d'appel d'offres.
 - Il existe une incitation financière pour les projets dont la durabilité est prouvée, mot-clé : **shadow price**
- Internalisation des impacts environnementaux



Prise en compte des critères environnementaux dans les appels d'offres

Méthode de monétarisation - Procédure

- Les impacts environnementaux d'un projet sont analysés.
→ L'ensemble du cycle de vie est pris en compte, de l'extraction des matières premières à l'élimination.
- Tous les impacts environnementaux générés par le projet sont monétarisés à l'aide de prix fictifs / facteurs de pondération.
- Le résultat est la valeur ECI (Environmental Cost Indicator, indicateur de coût environnemental).
- La valeur ECI permet de comparer la durabilité des différentes variantes de projet.

| Impact category | Unit equivalent | Shadow price (€/kg eq.) |
|--------------------------------|--|-------------------------|
| Abiotic depletion of materials | Kg Sb eq. | 0,16 |
| Depletion of fossil fuels | Kg Sb eq. | 0,16 |
| Climate change | Kg CO ₂ eq. | 0,05 |
| Ozone Depletion | Kg CFK 11 eq. | 30,00 |
| Particle matter formation | Kg C ₂ H ₄ eq. | 2,00 |
| Acidification | Kg (PO ₄) ³ eq. | 4,00 |
| Eutrophication | Kg 1,4-DB eq. | 9,00 |
| Human toxicity | Kg 1,4-DB eq. | 0,09 |
| Sweet water ecotoxicity | Kg 1,4-DB eq. | 0,03 |
| Marine water ecotoxicity | Kg 1,4-DB eq. | 0,0001 |
| Ground ecotoxicity | Kg 1,4-DB eq. | 0,06 |

Abbildung: 12 Umweltindikatoren zur Beurteilung der Nachhaltigkeit eines Projektes (TNO Bericht)

Les offres avec un ECI inférieur bénéficient d'un rabais fictif et peuvent remporter le marché même si le prix de l'offre était plus élevé !

Soutien d'ArcelorMittal Palplanches

- Bureau technique et assistance technique
- Optimisation des solutions de palplanches
 - Économie de masse grâce à des qualités d'acier supérieures
 - Variantes
 - Minimisation de l'empreinte carbone de la solution de palplanches
- Déclarations ACV : Quantification de l'empreinte carbone des palplanches (production, transport, étape d'élimination et potentiel de recyclage et de réutilisation)

© ArcelorMittal Sheet Piling | 2021 - 2023

Project Generic Example

LCA | 2.235,0 tonnes
Based on EPD EcoSheetPile™ Plus 355 available at <http://www.epd.org>
Modules C3 and D adapted for: 0,0 % Reuse | 95,0 %

| Parameter | Unit | A1-A3 |
|-----------|--|----------|
| GWP | [t CO ₂ -eq.] | 8,27E+02 |
| ODP | [t CFC11-eq.] | 1,25E-10 |
| AP | [t SO ₂ -eq.] | 2,12E-00 |
| EP | [t PO ₄ ³⁻ -eq.] | 1,75E-01 |
| POCP | [t ethene-eq.] | 2,58E-01 |
| ADPE | [t Sb-eq.] | 1,09E-03 |
| ADPF | [MJ] | 9,50E+06 |

GWP = Global warming potential; ODP = Ozone depletion potential
POCP = Photochemical ozone creation potential; ADPE = Abiotic depletion potential for fossil resources.

| Parameter | Unit | RES |
|-----------|-------------------|----------|
| PERE | [MJ] | 1,72E+07 |
| PERM | [MJ] | 0 |
| PERT | [MJ] | 1,72E+07 |
| PENRE | [MJ] | 9,86E+06 |
| PENRM | [MJ] | 0 |
| PENRT | [MJ] | 9,86E+06 |
| SM | [t] | 2,56E+03 |
| RSF | [MJ] | 0 |
| NRSF | [MJ] | 0 |
| FW | [m ³] | 3,07E+03 |

PERE = Use of renewable primary energy excluding renewable primary energy resources used as raw materials; PERT = Total use of primary energy excluding non-renewable primary energy resources used as raw materials; PENRT = Total use of non-renewable secondary energy; NRSF = Use of non-renewable secondary energy.

| Parameter | Unit | OUTPUT FLOWS |
|-----------|------|--------------|
| HWD | [t] | 4,05E-06 |
| NHWD | [t] | 1,11E+01 |
| RWD | [t] | 1,15E-01 |
| CRU | [t] | 0 |
| MFR | [t] | 0 |
| MER | [t] | 0 |
| EEE | [MJ] | 0 |
| EET | [MJ] | 0 |

HWD = Hazardous waste disposed; NHWD = Non hazardous waste disposed; RWD = Radioactive waste disposed; CRU = Components for reuse; MFR = Materials for recycling; MER = Materials for energy recovery; EEE = Exported electrical energy; EET = Exported thermal energy.

Life Cycle Assessment - LCA | v 1.7.2 - January 2023 Page - 2 / 3 - Printed 20.01.2023

© ArcelorMittal Sheet Piling | 2021 - 2023

Project Generic Example Date Jan 20, 2023

LCA | EcoSheetPile™ Plus 355

Description Order 14000000000
Author François Fohl - ArcelorMittal Sheet Piling

EPD (basis) EcoSheetPile™ Plus 355
LCA Modules C3 and D adapted for: 0,0 % Reuse | 95,0 % Recycling | 5,0 % Landfill

Steel sheet piles

| Calculation model | Reuse / Recycle / Landfill (%) |
|------------------------|---|
| Data | Reuse 0,0 % Recycling 95,0 % Landfill 5,0 % Total 100,0 % Recycling rate 95,0 % |
| Total mass | 2.235,0 tonnes |
| Profiles / Description | Profile: PU 12 in S 355 GP |

Transport

| Mode | Distance | Description |
|--------------|-----------------|--|
| 1 - Rail | 328 km | rail: electric cargo train, EU-27 |
| 2 - Water | 1.285 km | water (sea): container ship (27,5 kt deadweight tonnage) |
| Total | 1.613 km | |

Mode Itinerary

| | |
|-----------|-------------------------------|
| 1 - Rail | Belval (LU) - Anvers (BE) |
| 2 - Water | Anvers (BE) - Kalundborg (DK) |

GWP [t CO₂-eq.] - Global Warming Potential

Modules A1-A3: Raw material supply, Transport & Manufacturing (Cradle to Gate); A4: Transport from the gate to the site; C3: Waste processing; D: Reuse, Recovery or Recycling potential.

Life Cycle Assessment - LCA | v 1.7.2 - January 2023 Page - 1 / 3 - Printed 20.01.2023

EcoSheetPile™ Plus

Mur de quai de 200 m sur le
Canal Seine-Nord-Europe à
Ribécourt, France

910 t HZ 880M A-12 / AZ 13-770

XCarb®
De sources recyclées
et renouvelables



ArcelorMittal

© NGE Fondations

Projet – Extension du canal Nord-Seine-Europe

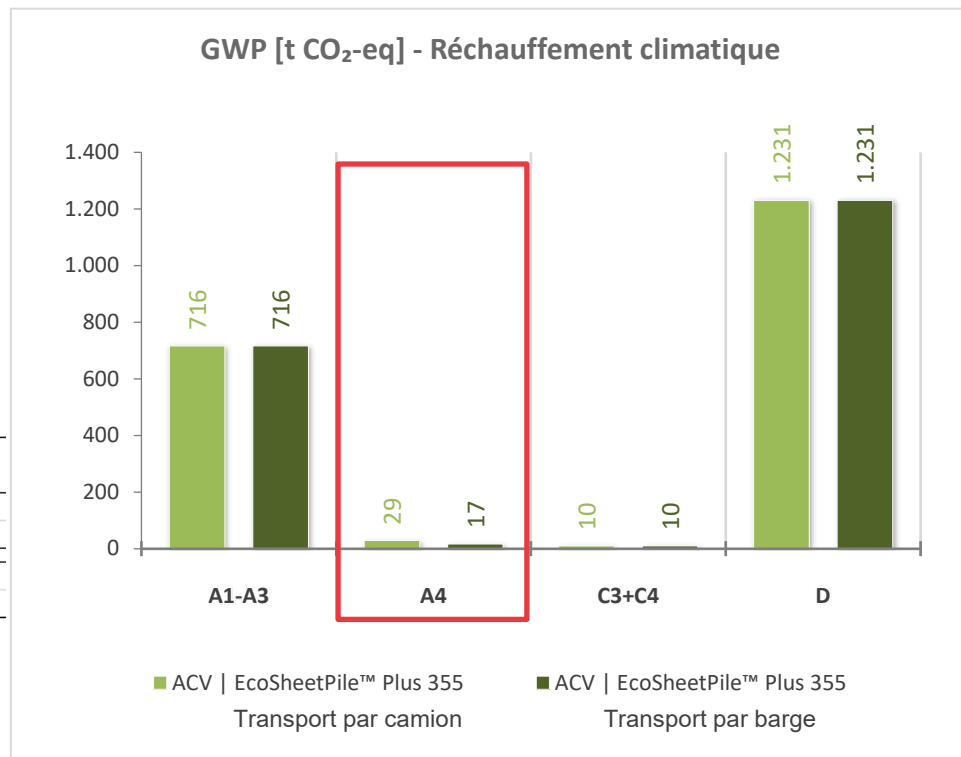
- Quay de Ribécourt-Dreslincourt et quay de Pimprez
- 1.936 t de palplanches AZ 13-770 et HZ 880M A
- S 355 GP
- Longueur de palplanches: ~ 15 m



Extension du canal Nord-Seine-Europe – Influence du transport

- EPD EcoSheetPile Plus
- 1.936 t de palplanches AZ 13-770 et HZ 880M A
- Transport par camion ou barge:
 - Esch-Belval (LU) – Ribécourt (FR)

| | | | | | |
|-----------------------|---|-----------|---------|---------|-------------------|
| DEP (base) | EcoSheetPiles™ | | | | |
| ACV | Modules C3 et D modifiés: 0,0 % Réutilisation 75,0 % Recyclage 25,0 % Déchets | | | | |
| Palplanches | | | | | |
| Modèle de calculs | Réutilisation / Recyclage / Déchets (%) | | | | |
| Données | Réutilisation | Recyclage | Déchets | Total | Taux de recyclage |
| | 0,0 % | 75,0 % | 25,0 % | 100,0 % | 75,0 % |
| Masse totale | 1.936,0 tonnes | | | | |
| Profils / Description | H2M 880M A et AZ 13-770 | | | | |

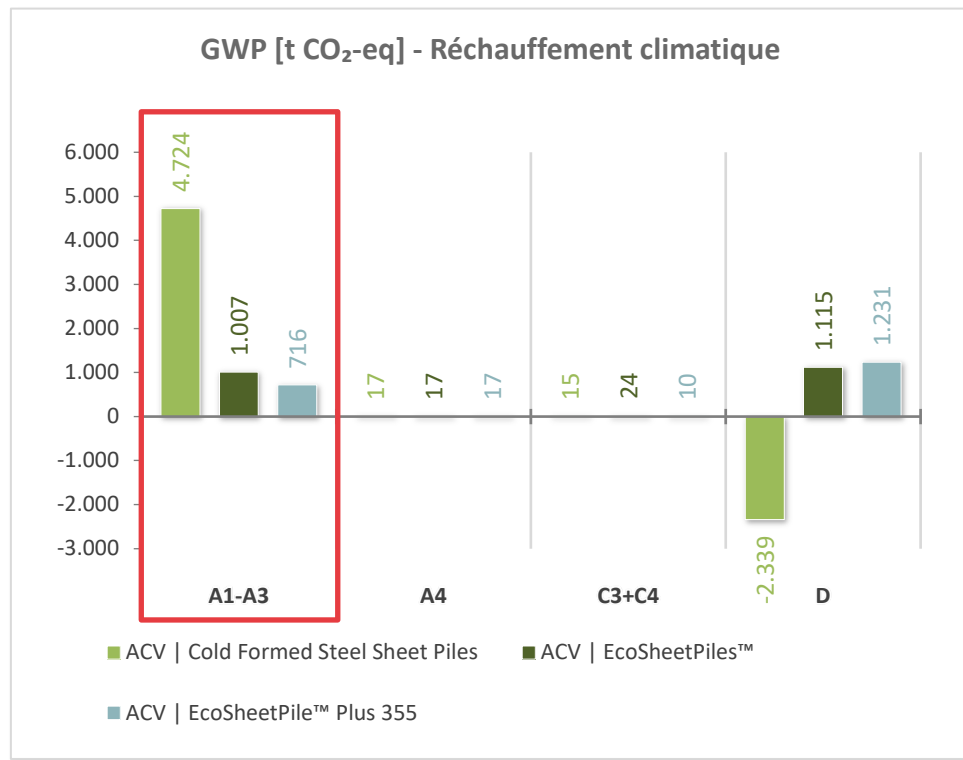


Extension du canal Nord-Seine-Europe – Influence de la production

- EPD EcoSheetPile Plus,
EPD EcoSheetPile et
EPD Cold Formed Sheet Piles
- 1.936 t de palplanches AZ 13-770 et HZ 880M A
- Transport par barge:
 - Esch-Belval (LU) – Ribécourt (FR)

- 4000 t CO₂e

- 85 % CO₂e



EcoSheetPile™ Plus

Quai RoRo à Le Havre,
France

937 t AZ 27-800, AZ 38-700, AZ 40-700

XCarb®
De sources recyclées
et renouvelables



EcoSheetPile™ Plus

Ouvrage hydraulique du Tenu
à Machecoul , France

371 t AZ 14-700 & AZ 36-700N

XCarb®
De sources recyclées
et renouvelables



EcoSheetPile™ Plus

Rénovation d'écluses à
Méricourt, France

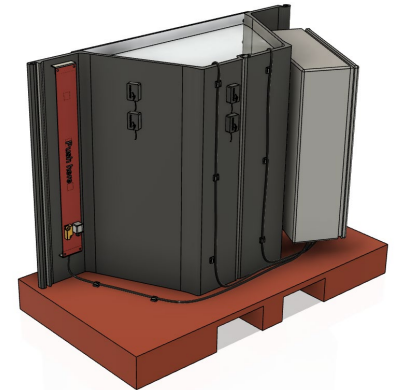
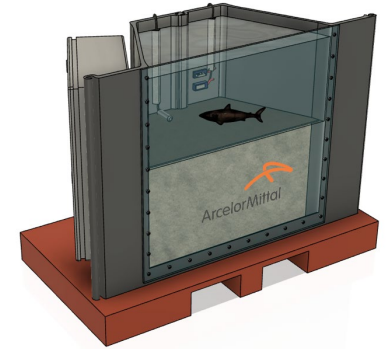
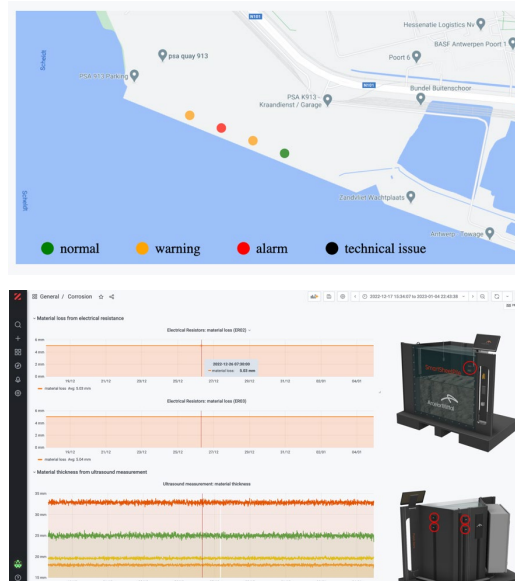
1.670 t PU 32+1.0

XCarb®
De sources recyclées
et renouvelables



SmartSheetPile Demonstrator

- Showcase how the sensors are installed and connected
- Directly interact with the sensors and see in real-time the effects on the specific dashboards
- Demonstrate the high added value of our concept



Merci de votre attention!



ArcelorMittal



Documents importants:

Documentation:

Scannez le QR-Code

Ou visitez

<https://sheetpiling.arcelormittal.com/download-center/>

Questions:

francois.fohl@arcelormittal.com

