

Support de cours pour enseignants
d'Architecture et de Génie Civil

Module 11 :
Développement durable et acier
inoxydable

Définitions

- **Gaz à Effet de Serre (GES)** : Équivalent-tonnes de CO₂ émis /1 tonne d'acier¹.
- **Potentiel de Réchauffement Global (PRG)** : Rapport, sans dimension, de l'aptitude de différents gaz à effet de serre (**GES**) à piéger la chaleur dans l'atmosphère par comparaison à celle du dioxyde de carbone (CO₂)⁷. Par exemple, le **PRG** du méthane est 21. Le **GES** primaire émis lors de la fabrication de l'acier est du CO₂.
- **Consommation d'énergie primaire (GJ/t)** : Consommation d'énergie nécessaire pour produire 1 tonne de matériau primaire (l'acier par exemple)¹.
- **Besoins bruts en énergie (GER)** : Quantité totale d'énergie nécessaire pour un produit⁸.
- **Efficacité des matériaux** : Mesure la quantité de matériau qui n'est pas éliminée de manière permanente, par enfouissement ou incinération, par rapport à la production d'acier brut¹.

Définitions

- **Inventaire du cycle de vie (ICV)** : Procédure structurée, globale et normalisée au niveau international. Elle quantifie toutes les émissions produites, les ressources consommées, les impacts environnementaux et sanitaires induits ainsi que l'épuisement des ressources tout au long du cycle de vie complet d'un produit³.
- **Coût Global de Possession (CGP)** : Outil pour estimer le coût total d'un bien dans la durée, incluant les coûts d'acquisition, d'utilisation, d'entretien et de destruction en fin de vie⁴.
- **Analyse du Cycle de Vie (ACV)** : Pour un système de produits et d'activités, c'est un outil d'aide à la quantification et à l'évaluation du fardeau environnemental et des impacts associés, de l'extraction des matières brutes jusqu'à la fin de vie puis de la gestion des déchets. Cet outil est de plus en plus utilisé par l'industrie, les gouvernements et les associations environnementales pour aider à la prise de décision dans les stratégies liées à l'environnement et au choix des matériaux.

Définitions

Indicateurs de sécurité :

■ Taux de Fréquence :

Nombre d'accidents avec arrêt de travail/1 million d'heures travaillées¹.

Indicateurs de recyclage :

- **Taux de recyclage** : Proportion de matériau collecté en fin de vie et qui rentre dans la chaîne de recyclage (par opposition à la proportion de matériau mis en décharge)⁵.
- **Contenu recyclé** : Proportion, en unité de masse, de matériau recyclé post- ou pré-utilisation incluse dans un produit⁶.
- **Fardeau de résidus solides (FRS)** : Il comprend les déchets miniers, les résidus, le mâchefer et les cendres de centrales électriques.

Commentaires sur les indicateurs :

Les indicateurs de recyclage ne prennent pas en compte la « dévalorisation* »



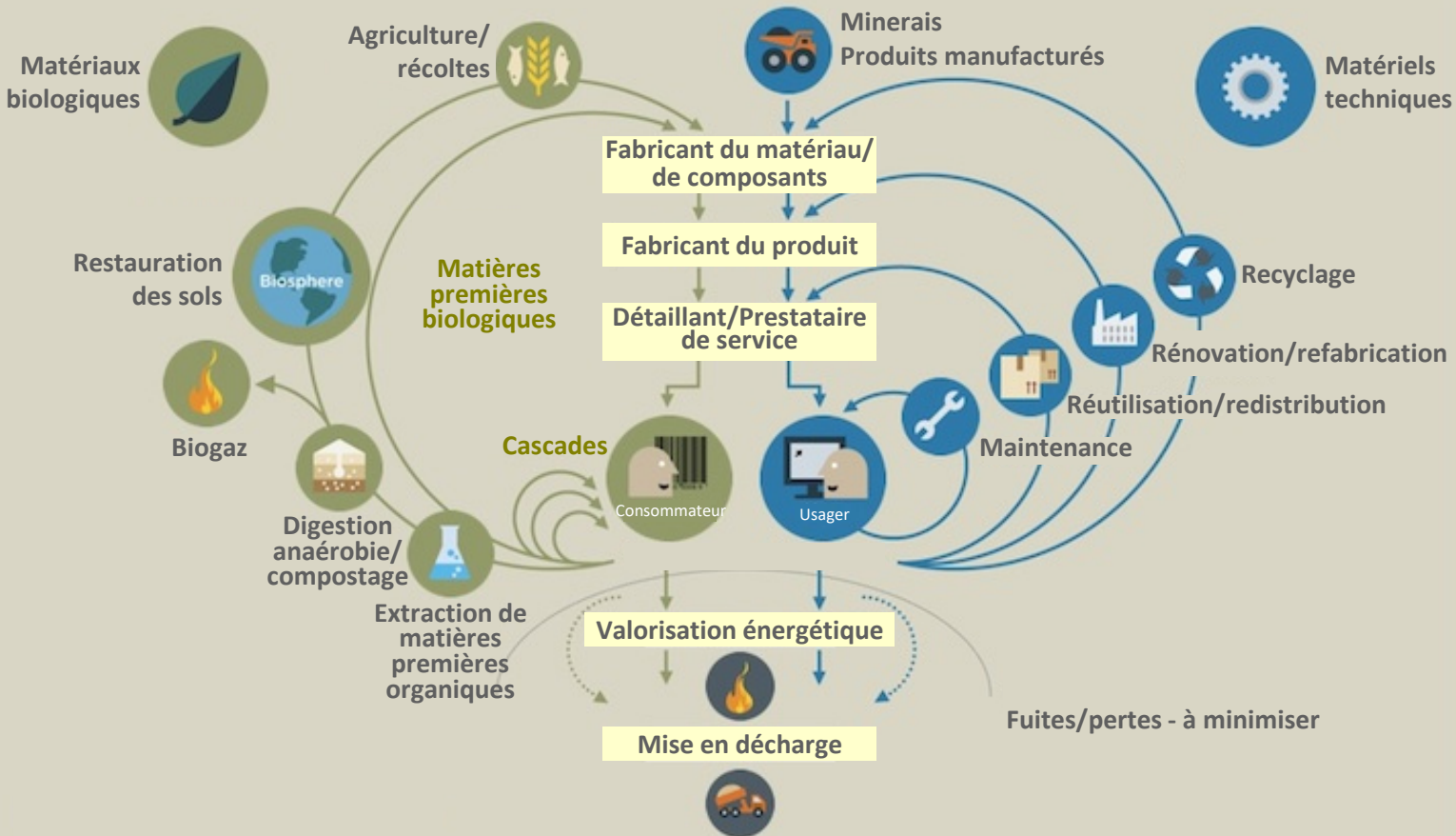
Les métaux peuvent être recyclés sans perte de qualité. Comme les liaisons métalliques sont restituées après fusion et solidification, les métaux retrouvent leurs performances originales, même après plusieurs boucles de recyclage. Ceci permet de les utiliser de manière répétitive pour les mêmes applications.

Les caractéristiques de performance de la plupart des matériaux non métalliques, à l'inverse, se dégradent après recyclage⁴⁵.

*dévalorisation ou décyclage (de l'anglais « downcycling »)

La dévalorisation est préférable à la mise en décharge mais on reste loin de l'économie circulaire^{46,47}

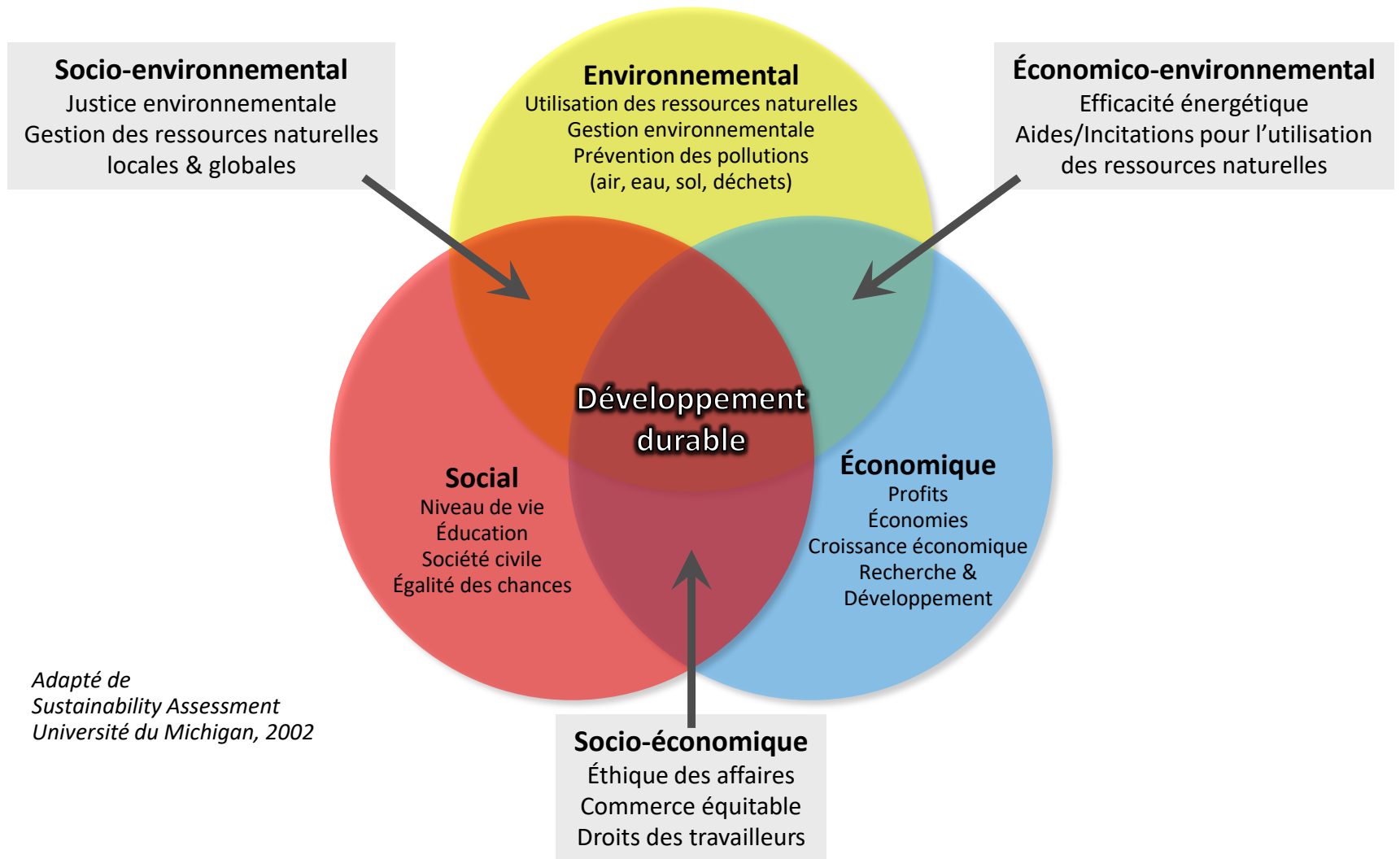
L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE, UN SYSTÈME INDUSTRIEL QUI SE RECONSTITUE PAR NATURE



Source : Ellen McArthur Foundation circular economy team

Collecter les déchets métalliques pour produire de nouveaux alliages est une des boucles de recyclage les plus courtes

L'économie circulaire vise à établir des boucles de ressources fermées, reproduisant les écosystèmes naturels, dans le fonctionnement de notre société et de notre économie.



Développement durable

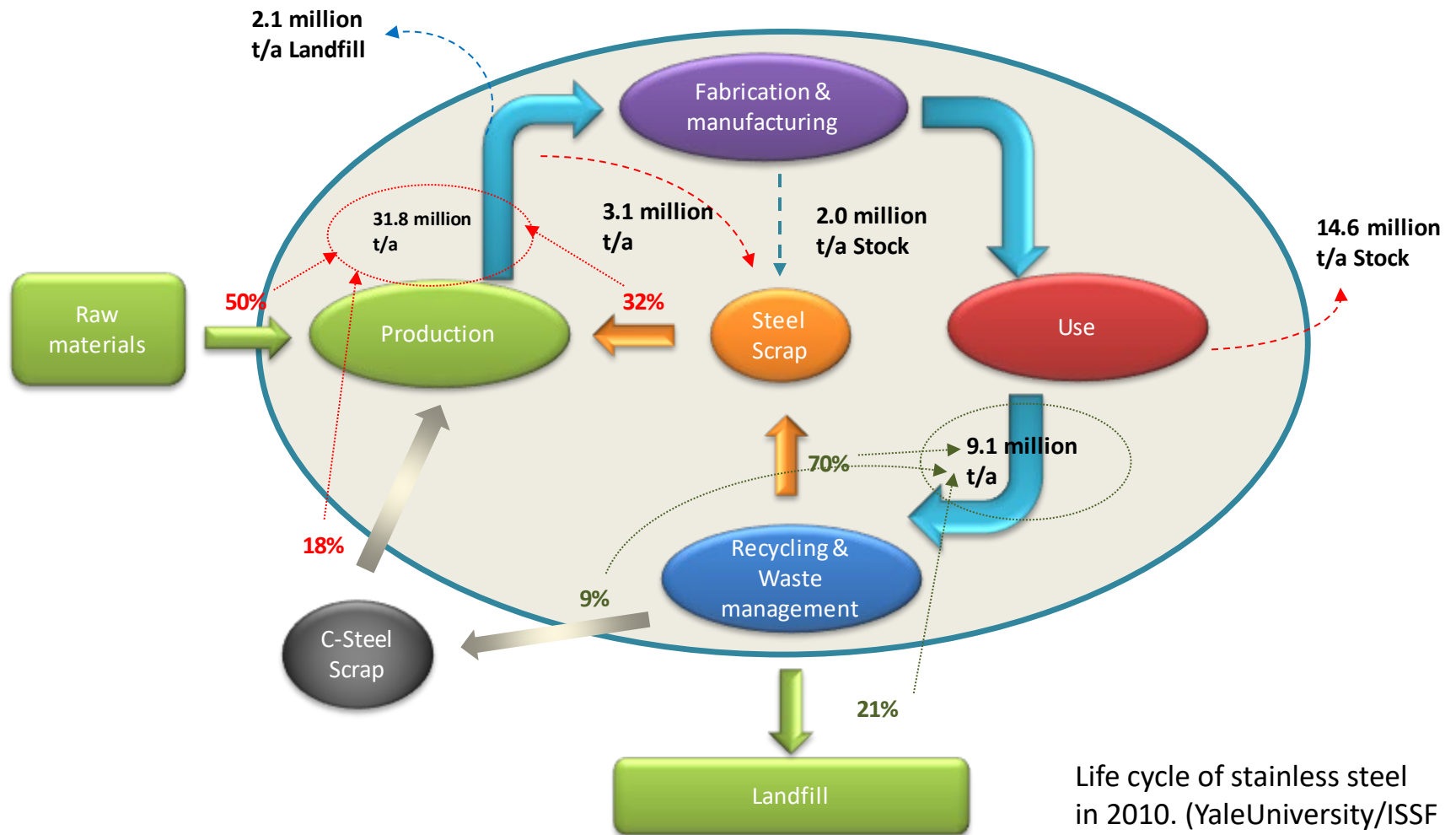
« Le développement durable concerne le cycle complet d'un produit de construction, de l'acquisition des matières premières jusqu'à sa destruction finale et la gestion des déchets en passant par sa conception, son calcul, sa fabrication et son utilisation. » (Rossi, B. 2012)⁹

Développement Durable et acier inoxydable :

1. Environnement
2. Social
3. Économique

1. Environnemental

Production ⇒ Utilisation ⇒ Recyclage ¹⁵

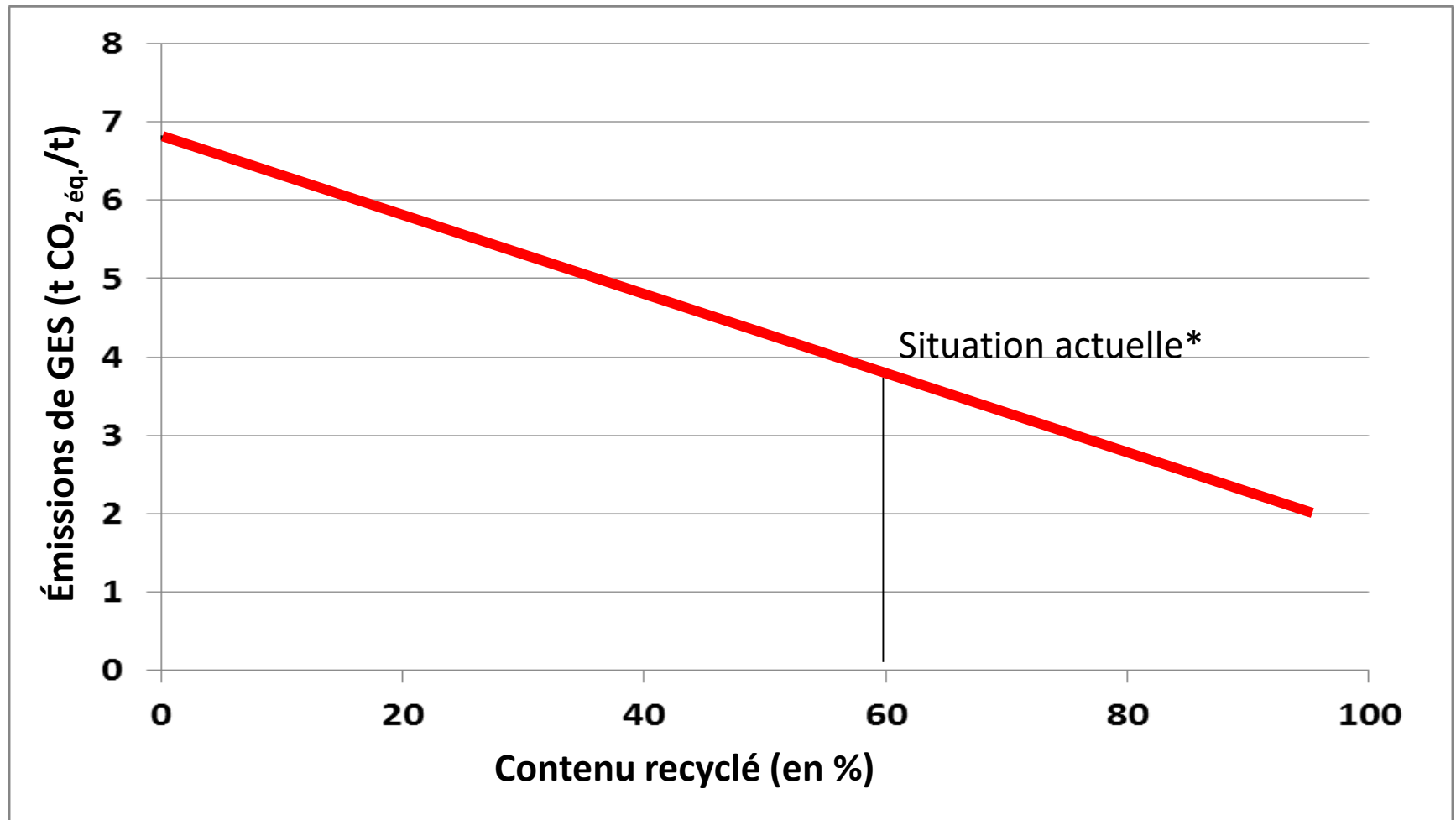


Life cycle of stainless steel in 2010. (YaleUniversity/ISSF stainless steel project 2013)

Compléments sur durée de vie et recyclage ^{15, 23-25}

Domaine d'utilisation	Durée de vie moyenne (années)	Vers décharge	Collecté pour recyclage		
			Total	Comme inox	Comme acier ordinaire
Bâtiment et infrastructure	50	8%	92%	95%	5%
Mobilité (automobiles)	14	13%	87%	85%	15%
Mobilité (autres)	30				
Machines	15	8%	92%	95%	5%
Electromenager et électronique	15	30%	70%	95%	5%
Produits métalliques	15	40%	60%	90%	20%

Émissions de GES vs Contenu Recyclé^{11,12,13,14}

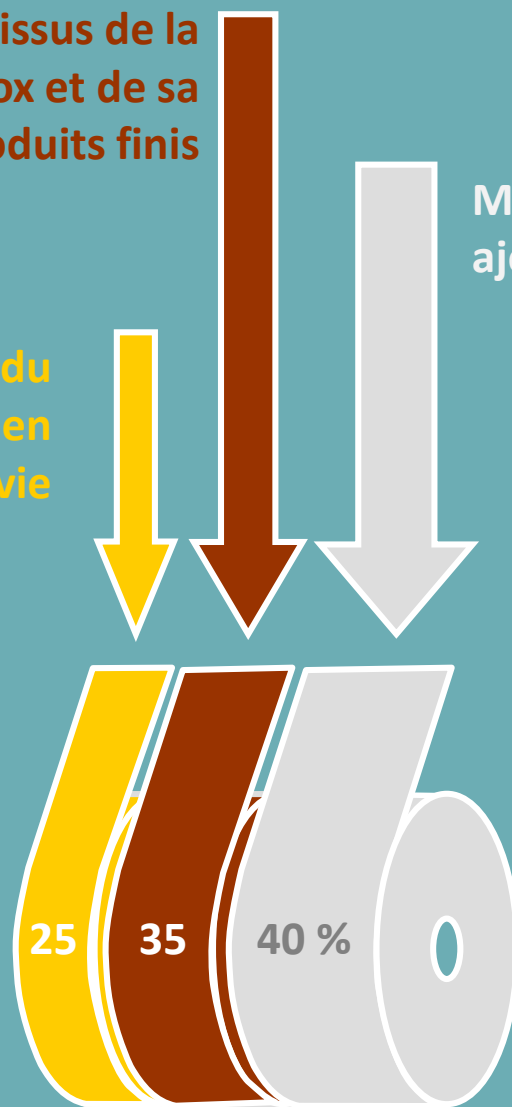


*Le pourcentage de contenu recyclé est limité par la quantité de ferrailles inox disponibles

Matériaux recyclés issus de la production d'inox et de sa transformation en produits finis

Matériaux issus du recyclage de produits en fin de vie

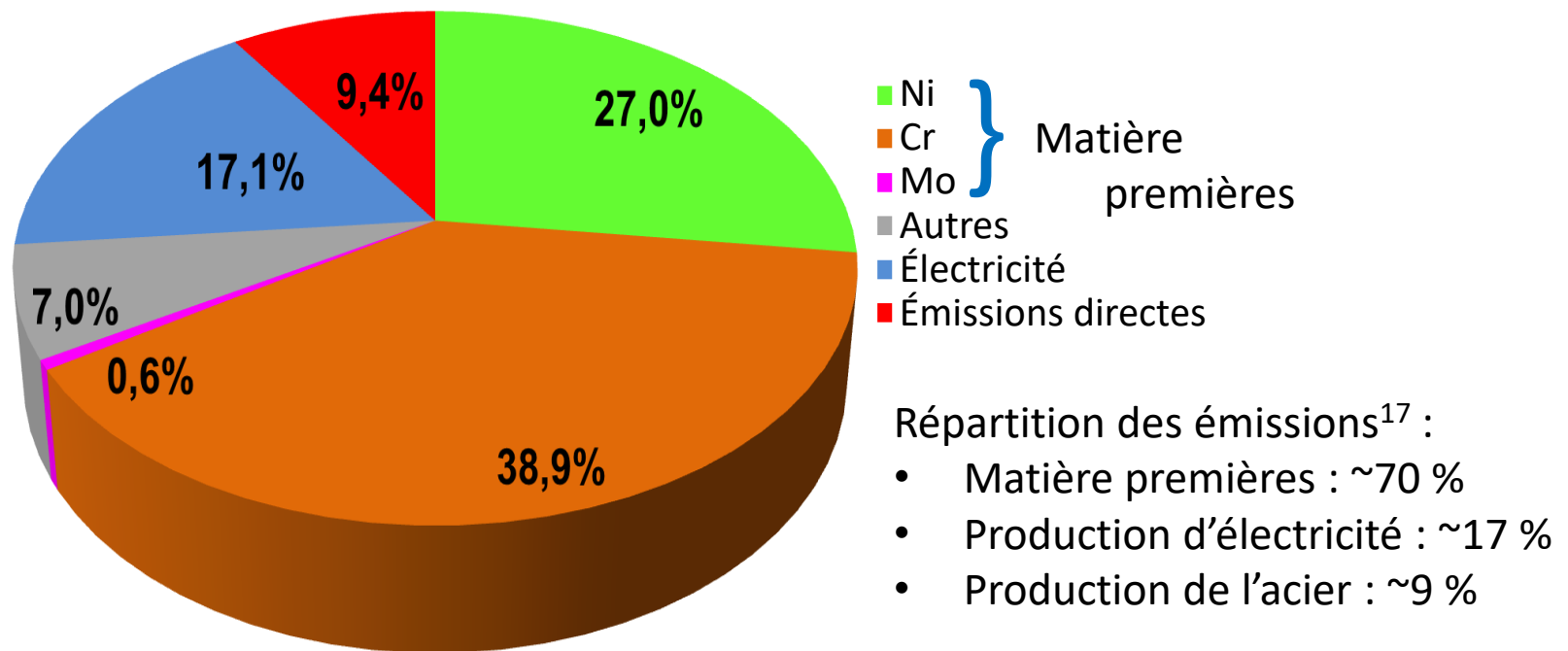
Matières premières ajoutées en complément



Contenu recyclé de l'acier inoxydable

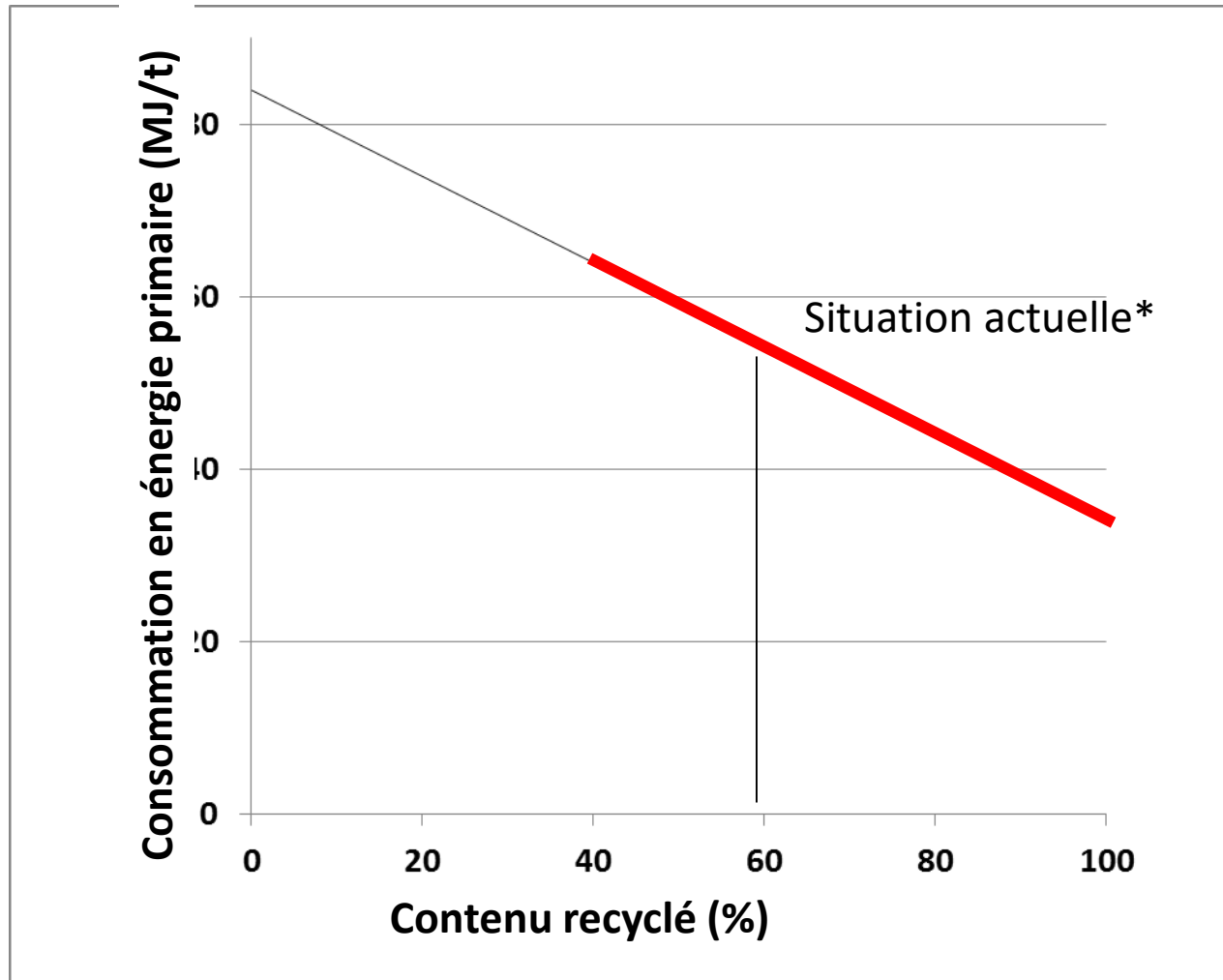
Émission de gaz à effet de serre (GES) pour l'acier inoxydable¹⁵

3,81 tonnes de CO₂ équivalent/1 tonne d'acier inoxydable¹⁶



Note : Ceci ne prend pas en compte le nickel issu de la filière fonte au nickel (Nickel Pig Iron) pour laquelle l'émission de GES pour le nickel est estimée au triple de la valeur utilisée ici. La Chine est actuellement le seul pays à utiliser cette filière

Consommation en énergie primaire¹⁸



* Le pourcentage de contenu recyclé est limité par la quantité de ferrailles inox disponibles

Impacts environnementaux pour la production, de l'extraction des matières premières à la sortie d'usine¹⁹

Métaux	Procédé de fabrication	GER (MJ/kg)	PRG (kg CO ₂ éq/kg)	PA (kg SO ₂ éq/kg)	FRS (kg/kg)
Acier inoxydable	Four électrique et AOD (décarburation argon-oxygène)	75	6,8	0,051	6,4
Acier	Filière intégrée (haut-fourneau et convertisseur à oxygène)	23	2,3	0,020	2,4
Aluminium	Procédé Bayer, Electrolyse Hall-Heroult	361	35,7	0,230	16,9
Cuivre	Pyrométallurgie/conversion et électro-raffinage	33	3,3	0,040	64
	Lixiviation en tas puis électro-récupération ou extraction par solvant	64	6,2	-	125

GER : Consommation Brute en Énergie (*Gross Energy Requirement*)

PRG : Potentiel de Réchauffement Global

PA : Potentiel d'Acidification

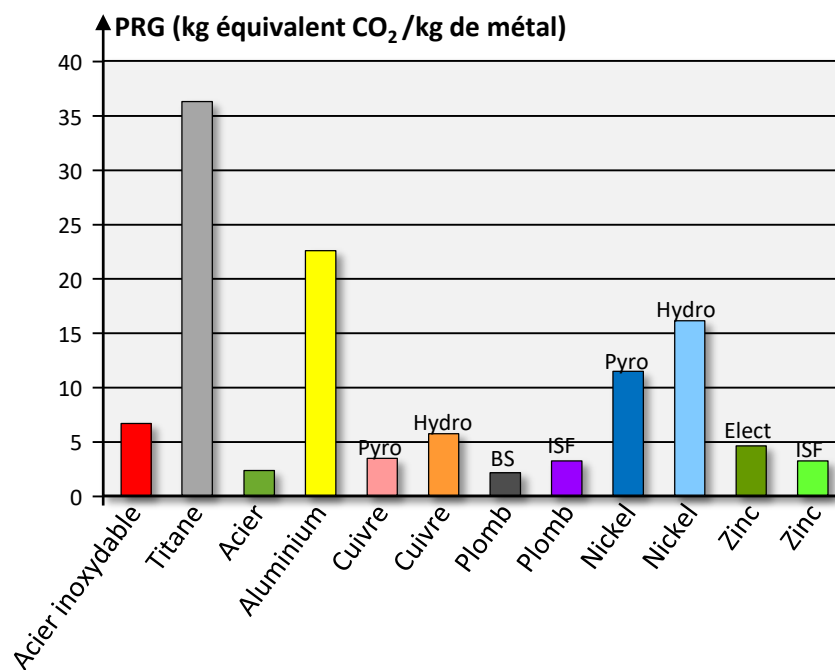
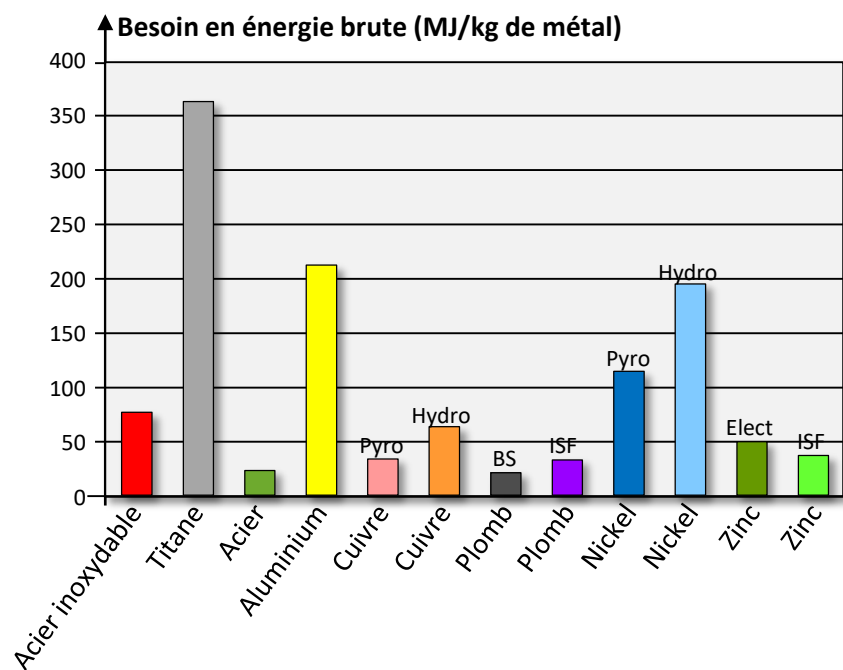
FRS : Fardeau de Résidus Solides

Impacts environnementaux pour la production des métaux, de l'extraction des matières premières à la sortie d'usine²⁰

Consommation en énergie brute pour la production de divers métaux, des matières premières à la sortie de l'usine

Potentiel de Réchauffement Global (PRG) pour la production de divers métaux, des matières premières à la sortie de l'usine

(sans aucun contenu recyclé)



On n'utilise pas les mêmes quantités de matériaux pour remplir une même fonction ou une même utilisation²¹

Exemple :

Impacts environnementaux potentiels indicatifs pour 3 revêtements de parois

Matériau	Consommation en énergie primaire (MJ/m ²)	PRG (kg CO ₂ -éq./m ²)	Scénario de fin de vie
Stratifié haute pression comme le Trespa®	759,3	23,9	50% réutilisation + 50% en décharge
Plâtre de base	144,2	12,7	Non recyclé
Acier inoxydable 0,5 mm	140,5	7,2	RR = 95%
Acier inoxydable 0,8 mm	191,7	11,3	RR = 95%

RR : Recyclage-réutilisation

Efficacité des matériaux



Réduire :

la quantité de matières premières pour produire l'acier inoxydable (40 %), afin de diminuer les émissions de CO₂.

Réutiliser :

La durabilité des aciers inoxydables rend sa réutilisation particulièrement importante.

Exemples : bouteilles, gobelets, tasses, pailles...

L'usage unique de plastiques devient progressivement interdit





Exemple de réutilisation!²²

Après 50 ans d'utilisation, ces panneaux en acier inoxydable étaient sales et rayés. A l'occasion de la rénovation du hall, les vieux panneaux ont été démontés, nettoyés, polis à nouveau puis réutilisés.

Efficacité des matériaux



Recycler :

L'acier inoxydable est recyclable à 100 % et toutes les ferrailles inox collectées (82 %) sont réutilisées.

Produire de l'acier inoxydable à zéro-déchet ⇒ Les laitiers et les poussières sont les principaux résidus et sous-produits de la fabrication de l'acier mais ils sont recyclables. A titre d'exemple, les laitiers peuvent être utilisés dans les enrobés routiers.

LEED* et données ICV pour l'acier inoxydable

- **L'U.S. Green Building Council** a publié la version 4 du LEED* en 2013
 - La nouvelle version contient des modifications favorables à l'acier inoxydable :
 - l'importance de la durée de vie est accrue
 - exigences plus strictes sur les émissions de COV** (ceci pose problème à quelques matériaux tels que les plastiques)
- **L'U.S. General Services Administration** (qui gère les bâtiments et les propriétés du gouvernement US) a récemment approuvé l'utilisation du LEED*
 - Le fédéral et les états exigent de plus en plus le LEED ou des certifications similaires pour les bâtiments neufs ou modifiés

*LEED : « Leadership in Energy and Environment Design ».

**COV : Composants Organiques Volatiles. Pour l'acier inoxydable, très faibles émissions lors de la production et de la fabrication (pas encore de données disponibles) et aucune pendant l'utilisation

Statut « LEED* Or »



Bâtiment durable avec acier inoxydable : le centre de congrès David L. Lawrence à Pittsburgh (2003)²⁶

Toiture :

- Acier inoxydable de nuance S30400
- Dimensions : 280 × 96 m
- Enveloppe de 23 000 m² , épaisseur 0,6 mm, poids environ 136 tonnes

Bâtiment durable avec l'acier inoxydable : le statut « LEED* Or »



Le statut « **LEED Or** » récompense :

- Le redéveloppement de friches industrielles
- Les solutions de transports alternatifs
- La réduction de l'utilisation de l'eau
- L'efficacité énergétique
- L'utilisation de matériaux n'émettant pas ou peu de produits toxiques
- Les conceptions innovantes

*LEED : *Leadership in Energy and Environment Design.*

Développement durable en Génie Civil avec l'inox : La jetée Progreso ²⁷



A Progreso (Mexique), une jetée a été construite en 1970.

L'environnement marin a entraîné la corrosion des armatures en acier au carbone et la structure s'est effondrée.

Développement durable en Génie Civil avec l'inox : La jetée Progreso



La jetée voisine a été construite entre 1937 et 1941 en utilisant des ronds à béton en acier inoxydable.

Développement durable en Génie Civil avec l'inox : La jetée Progreso



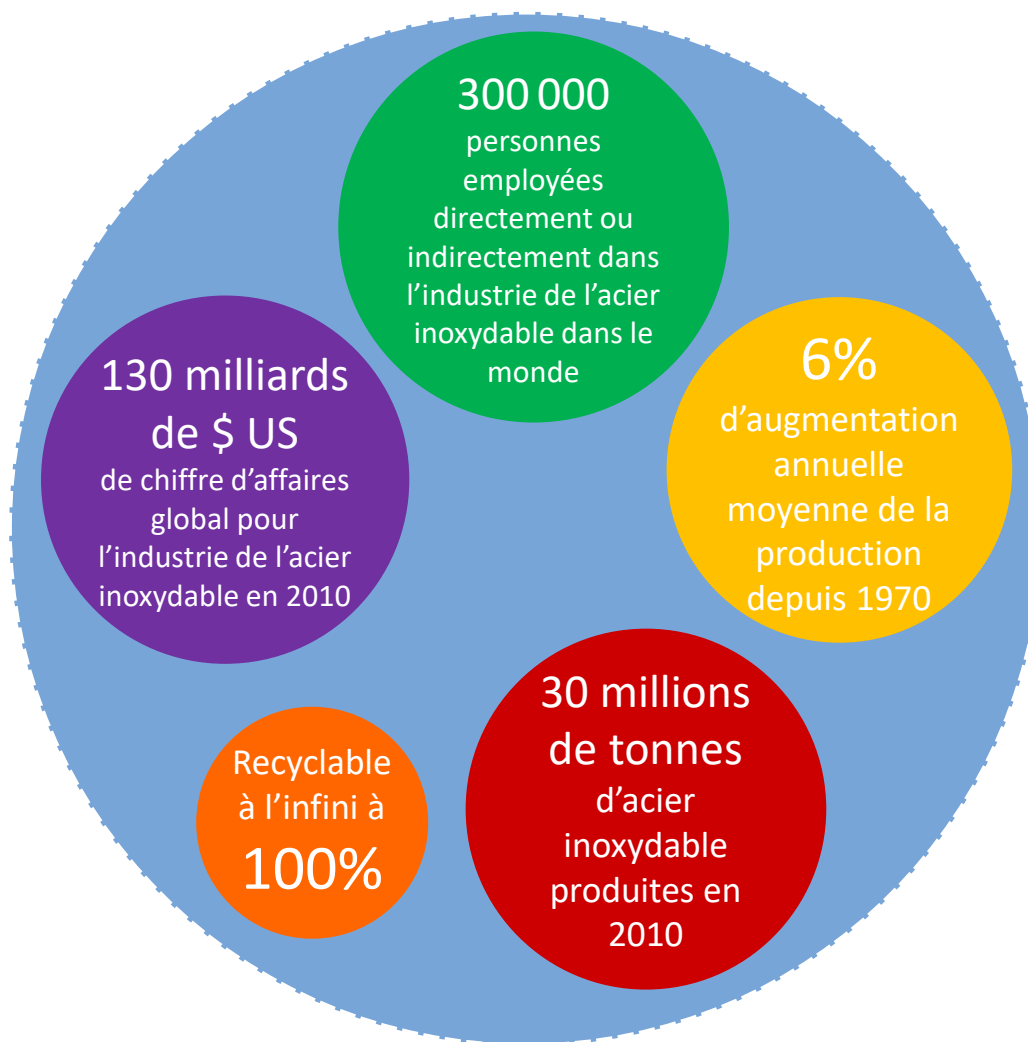
Depuis sa construction, elle n'a nécessité aucun d'entretien et est restée comme neuve.

2. Social

Un matériau de développement durable est sans danger pour les personnes qui le produisent, l'utilisent et le recyclent.

- L'acier inoxydable est sans danger lors de sa production, et de son utilisation. Pour ces raisons, c'est le matériau de prédilection pour les applications médicales, alimentaires, ménagères et équipement de restauration.
- La sécurité et la santé des employés sur les lieux de travail sont prioritaires dans l'industrie des aciers inoxydables.
- L'acier inoxydable améliore aussi la qualité de vie en rendant les progrès techniques possibles. Par exemple, les installations qui nous fournissent l'eau potable, la nourriture et les soins, ne seraient pas aussi hygiéniques et efficaces sans acier inoxydable.

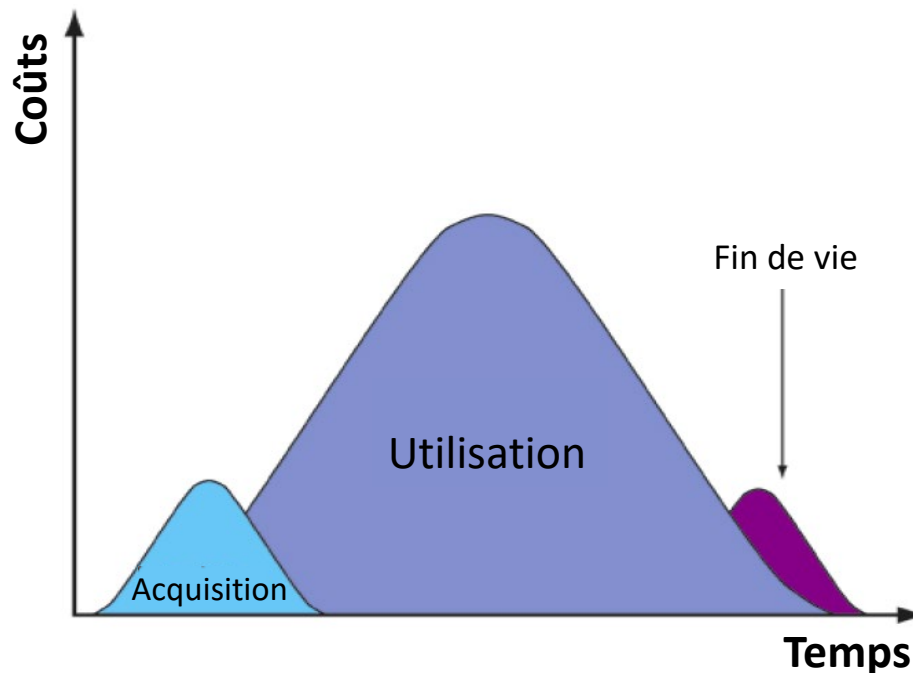
3. Données économiques



Coût Global de Possession (CGP)³⁰

- Le CGP prend en compte les coûts d'un bien tout au long de son cycle de vie, lorsqu'il remplit ses exigences de performance (ISO 15686-5).
- Pour un produit, le CGP est la somme de tous les coûts subis pendant le cycle de vie :

Conception ⇒ Fabrication ⇒ Utilisation ⇒ Fin de vie



Source : Méthodologie du coût du cycle de vie. Commission Européenne

Coût Global de Possession (CGP)

Le calcul du CGP permet d'aider à choisir le meilleur investissement ou à comparer différentes options.

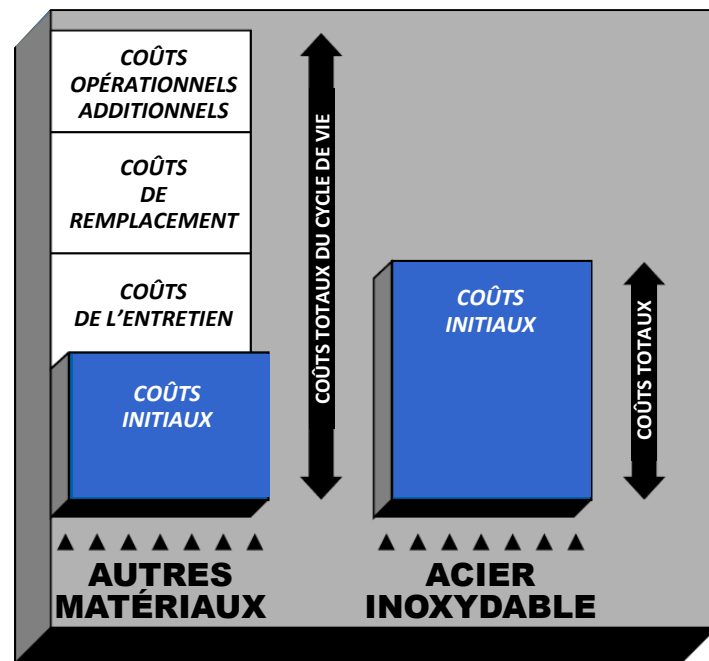
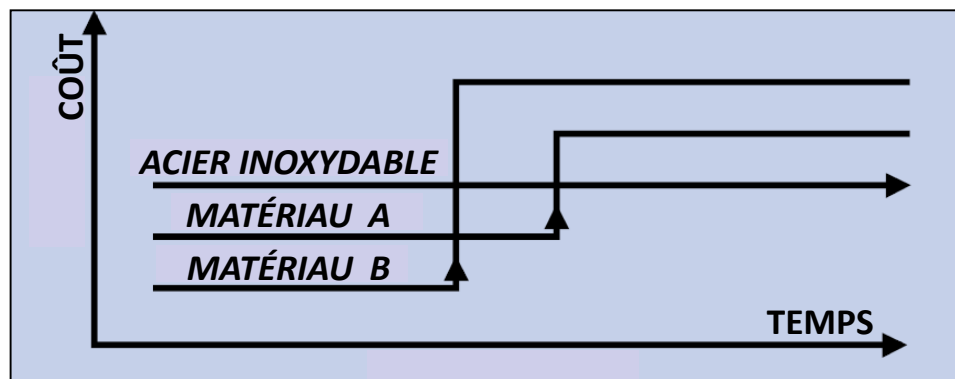
Tous les coûts sont à la valeur actuelle avant l'addition :

Coût Global de Possession (CGP)	Coûts initiaux d'acquisition des matériels (AC)	Coût d'installation et de fabrication des matériels (IC)	Coûts des opérations de maintenance (OC)	Coûts des pertes de production lors des temps d'arrêt (LP)	Coût de remplacement des matériels (RC)
CGP	AC	IC	$+$ $\sum_{n=1}^N \frac{OC}{(1+i)^n}$	$+$ $\sum_{n=1}^N \frac{LP}{(1+i)^n}$	$+$ $\sum_{n=1}^N \frac{RC}{(1+i)^n}$

où : N = Durée de vie désirée i = Taux d'intérêt réel n = Année de l'événement

L'acier inoxydable n'est pas cher si l'on prend en compte le Coût Global de Possession vie³¹

Le coût des réalisations utilisant d'autres matériaux augmente notablement dans le temps alors que celles en acier inoxydable demeurent généralement constant

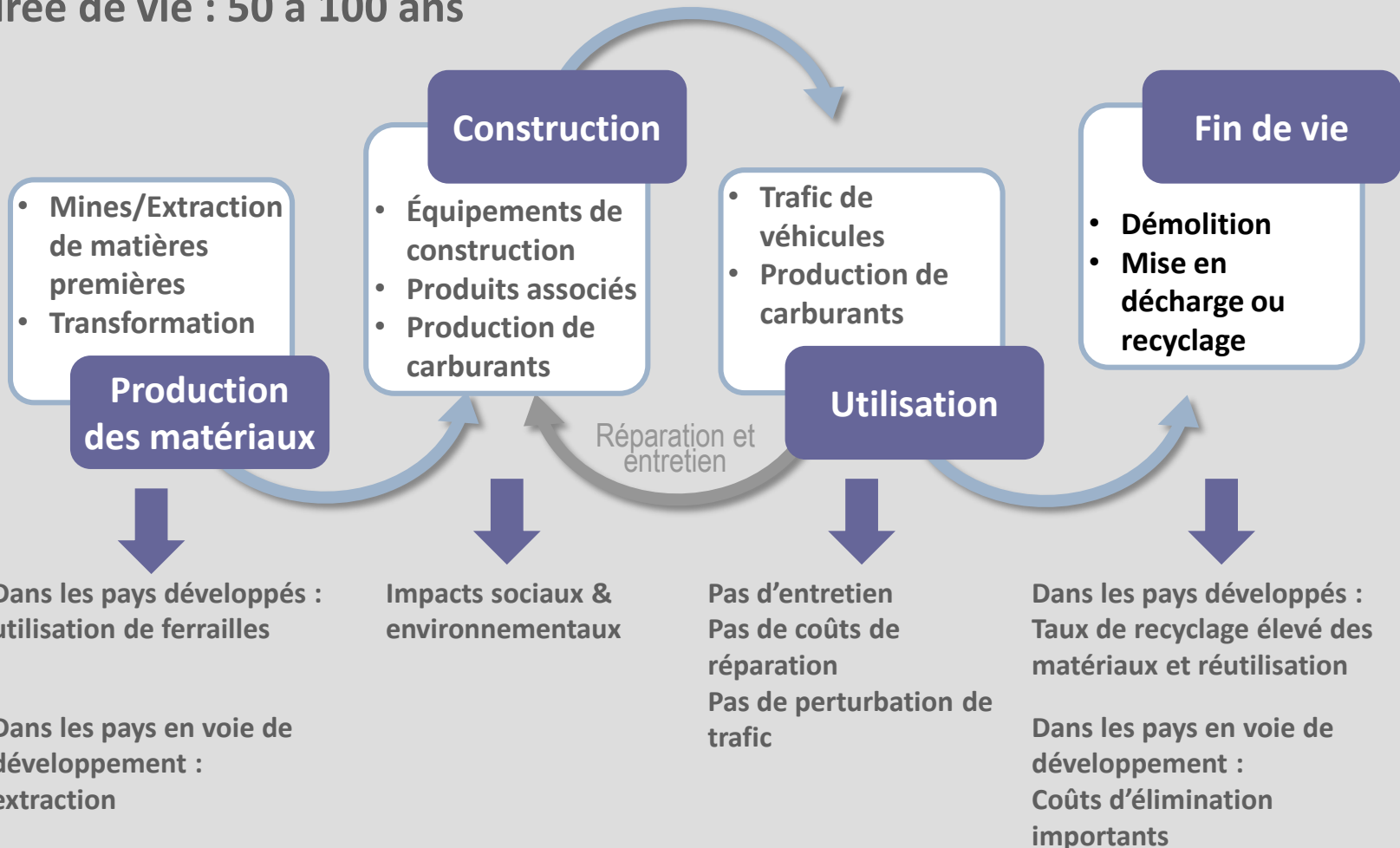


« La corrosion des métaux coûte à l'économie américaine plus de 300 milliards de \$ par an. On estime qu'environ un tiers de ce coût (100 milliards de \$) serait évité si l'on utilisait une technologie mieux adaptée. Cela commence dès la phase de conception par le choix d'un matériau anticorrosion comme l'acier inoxydable, et en quantifiant les coûts initiaux et futurs, incluant l'entretien, avec les techniques d'analyse du coût du cycle de vie (ACV +CGP). »

Exemple de CGP : Ponts

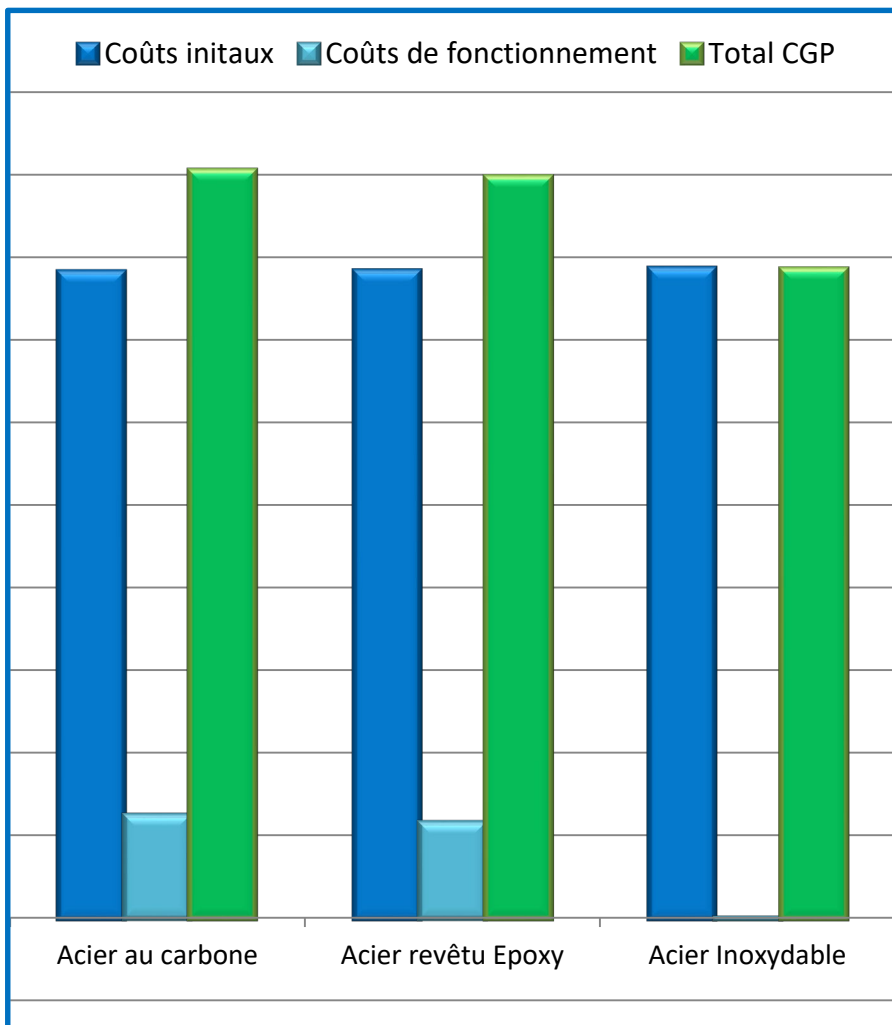
Exemple de phases de cycle de vie d'un pont en acier inoxydable et leurs impacts sur l'environnement dans différentes parties du monde

Durée de vie : 50 à 100 ans



Exemple de CGP : Ponts

Bilan du coût du cycle de vie d'un pont autoroutier en béton armé³²



Description	Armatures en acier au carbone	Armatures en acier revêtu époxy	Armatures en acier inoxydable
Coût des matières premières	8 197	31 420	88 646
Coûts de fabrication	0	0	0
Autres coûts de construction	15 611 354	15 611 354	15 611 354
Coûts initiaux	15 19 551	15 642 74	15 700 000
Entretien	0	0	0
Remplacement	256 239	76 872	-141
Perte d'exploitation	2 218 524	2 218 524	0
Matériaux autres	0	0	0
Coûts de fonctionnement	2 247 763	2 295 396	-141
Total Coût de Possession	18 094 314	17 937 170	15 699 859

Exemple de CGP : Toiture

Coût de Possession d'une toiture^{33,34,35}



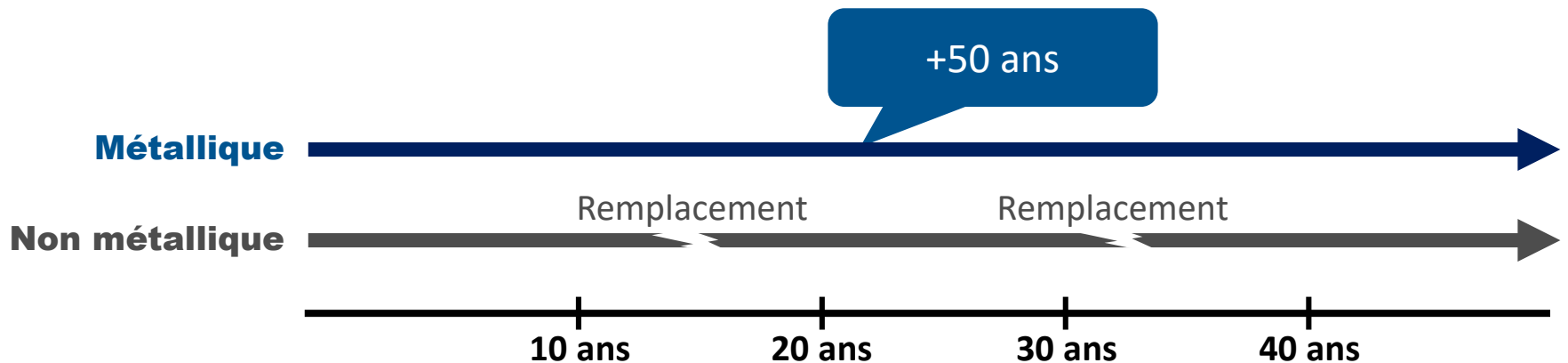
Systèmes de toitures conventionnelles, ≈30 ans



Systèmes de toitures métalliques, 40 à 50 ans



Systèmes de toitures en acier inoxydable, plus de 50 ans

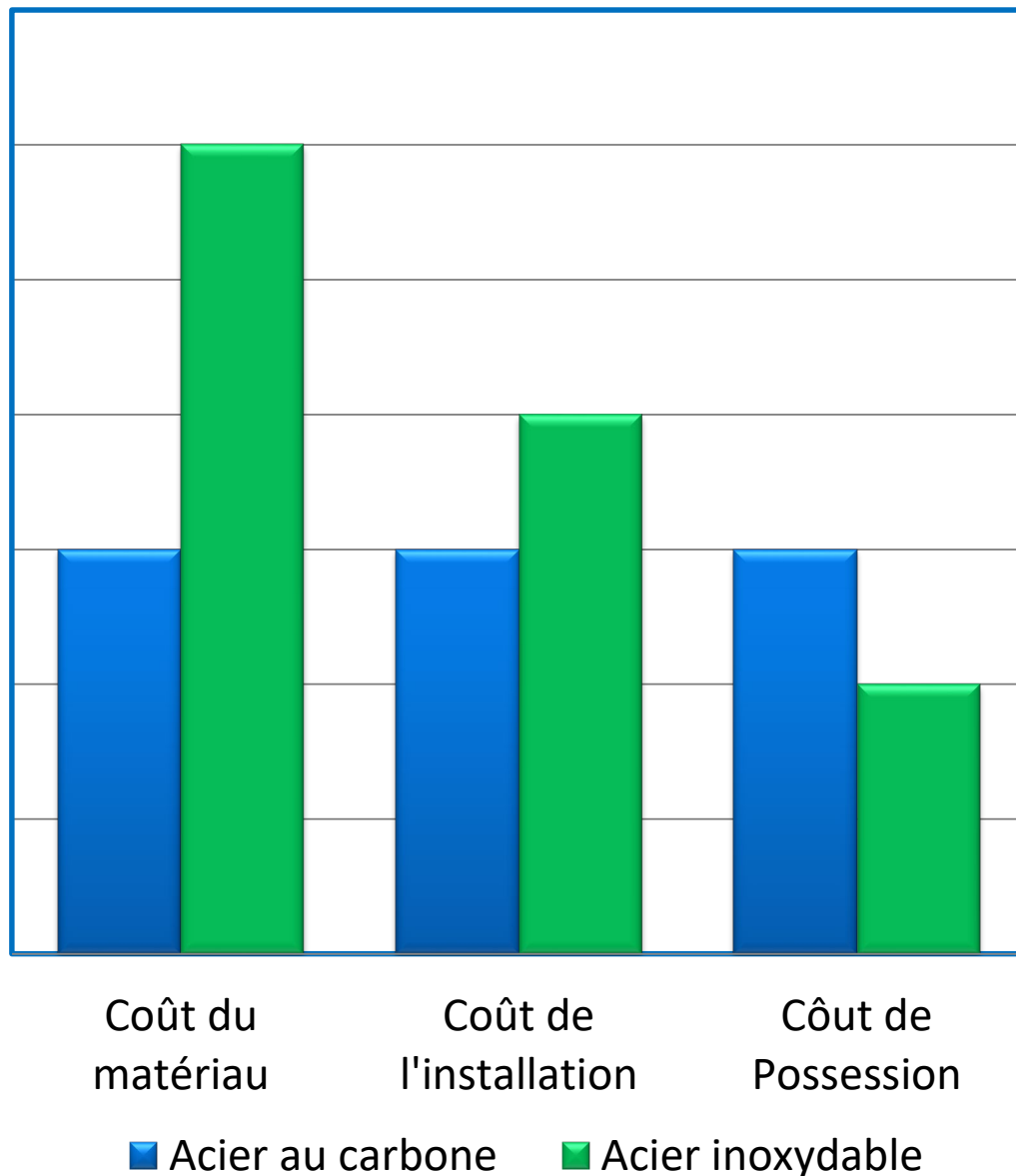


Exemple de CGP : Toiture

Comparaison du coût d'un acier au carbone galvanisé de 0,6 mm avec celui d'un acier inoxydable de 0,4 mm en nuance 1.4401 :

Du fait des caractéristiques mécaniques de l'acier inoxydable, l'épaisseur du matériau peut être réduite à 0,5 voire même 0,4 mm, conduisant ainsi à un poids plus faible (4,68 kg/m² pour l'acier au carbone galvanisé de 0,7 mm d'épaisseur et 3,12 kg/m² pour l'acier inoxydable de 0,4 mm).

Alors que l'acier au carbone a une durée de vie de 15 à 20 ans, celle de l'acier inoxydable correspond généralement à celle du bâtiment.



L'architecture en acier inoxydable est intemporelle⁴³



Hôtel Savoy, Londres, 1929



Empire State building, New York, 1931



Chrysler Building, New York, 1930



Passerelle Helix, Singapour, 2011





Tours Petronas, Kuala Lumpur, 1998



La « porte des nuages », surnommée le « Jelly Bean », Chicago, 2008

Comparaison des coûts du cycle de vie^{36,37,38,39,40}

Structures	Terminé en	Matériau	Hauteur	Entretien
Tour Eiffel Paris 	1889	Fer puddlé	324 m	Tous les 7 ans. Chaque campagne de peinture dure environ 1 an et demi (15 mois). Elle demande 50 à 60 tonnes de peinture, 25 peintres, 1500 pinceaux, 5000 disques de meulage et 1500 tenues de travail.
Chrysler Building (toiture et entrée) 	1930 (toiture en 1929)	Acier inoxydable austénitique (nuance 302)	319 m	Deux fois en 1951 puis en 1961 et en 1995. La solution de nettoyage de 1961 est inconnue. Un détergent peu agressif, dégraissant et abrasif, a été utilisé en 1995.



Qu'est-ce qui fait que l'acier inoxydable est un matériau « Vert » ?

Évaluation environnementale de l'acier inoxydable⁴¹

Quelle est la teneur en matériaux recyclés ?	60 %
Est-il recyclable à 100 % ?	Oui
Offre-t-il une durée de vie importante ?	Oui (il réduit la fréquence d'entretien et de démolition)
Contient-il une part recyclable ?	Oui (à la fois post-consommation et post-fabrication)
Est-ce que les déchets de construction peuvent éviter l'enfouissement ?	Oui (valeur élevée de la ferraille inox et réutilisation)
Peut-il être récupéré et réutilisé lors d'une rénovation ?	Oui
Est-ce un matériau à faible émission ?	Oui (pas de revêtement = zéro émission)
Peut-il améliorer la qualité de l'air intérieur ?	Oui (aucun composé organique volatil, ne facilite pas le développement bactérien, conduites résistantes à la corrosion)
Permet-il d'éviter l'usage de matériaux toxiques ?	Oui (barrières anti-termite de longue durée, relargage de toiture minimal)
Peut-il aider à économiser l'énergie ?	Oui (brise-soleil, toitures, inserts de balcons)
Peut-il aider à générer de l'énergie propre ?	Oui (supports de panneaux solaires, filtration des gaz de centrales thermiques....)
Peut-il aider à conserver l'eau ?	Oui (conduites d'eau et réservoirs résistant à la corrosion et aux séismes, donc sans pertes)
Est-ce que les panneaux réfléchissants ajoutent de la luminosité naturelle ?	Oui
Peut-il allonger la vie d'autres matériaux ?	Oui (ancrages de pierre et de maçonnerie, fixations pour le bois et des métaux comme Al et les métaux à longue durée de vie...)

CONCLUSIONS

- Le développement durable constitue un important défi pour le futur de l'acier inoxydable. Des efforts ont été réalisés pour réduire son empreinte carbone en augmentant la recyclabilité et en améliorant les procédés.
- L'acier inoxydable possède un ensemble de propriétés qui devraient être prises en compte dans les décisions de choix des matériaux en phase conception :
 - Caractéristiques mécaniques
 - Propriétés de résistance à la corrosion
 - Résistance au feu
 - Recyclabilité
 - Longue durée de vie
 - Faibles coûts de maintenance
 - Neutre et hygiénique
 - Esthétique
 - Neutre pour l'eau de pluie

Références et sources (1/3)

1. <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:a5cd469c-89cb-4d57-9ad8-13a0d86d65f0/Sustainability+indicator+definitions+and+relevance.pdf>
2. <http://ghginstitute.org/2010/06/28/what-is-a-global-warming-potential/>
3. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
4. <https://www.gsa.gov/portal/content/101197>
5. Recycled content is defined in accordance with the ISO Standard 14021 -Environmental labels and declarations - Self declared environmental claims (Type II environmental labeling).
6. <http://www.greenspec.co.uk/building-design/recycled-content/>
7. <http://www.fao.org/docrep/u2246e/u2246e02.htm>
8. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
9. Source: Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
10. B. Rossi. ArcelorMittal International Scientific Network in Steel Construction Sustainability Workshop and Third Plenary Meeting, Bruxelles, 2010.
11. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
13. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
14. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>

Références et sources (2/3)

15. ISSF [https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF Stainless Steel and CO2.pdf](https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_Stainless_Steel_and_CO2.pdf). Data from European and Japanese ISSF members
16. Based on 2013 data, including 60% scrap content (and therefore 40% new materials) and energy contribution to GHG
17. Data provided by ISSF, estimates calculated by SCM. Includes 60% recycled content
18. ISSF www.worldstainless.org. Data from European and Japanese ISSF members
19. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
20. T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin. Assessing the environmental impact of metal production processes. Journal of Cleaner Production 15 (2007), 838-848.
21. B. Rossi. Stainless steel in structures: Fourth International Structural Stainless Steel Experts Seminar. Ascot, UK. 6-7 December 2012.
22. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural.
23. <http://www.worldstainless.org/Files/issf/Animations/Recycling/flash.html>
24. <https://www.drkarenslee.com/comparing-reusable-bottles-stainless-steel-glass-plastic/>
25. Yale University/ISSF Stainless Steel Project, 2013
26. The Greening of a Convention Centre. Nickel, Volume 23, Number 3, June 2008, 6-9.
27. <https://www.nickelinstitute.org/Sustainability/LifeCycleManagement/LifeCycleAssessments/LCAPProgress/Pier.aspx>
28. International Stainless Steel Forum www.worldstainless.org
29. World Steel Association
30. A. Dusart, H. El-Deeb, N. Jaouhari, D. Ka, L.Ruf . Final Report ISSF Workshop. Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2011.

Références et sources (3/3)

31. http://www.ssina.com/download_a_file/lifecycle.pdf
32. https://www.nickelinstitute.org/nickel-magazine/nickel-magazine-vol-31-no1-2016/www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/RoofingTech_EN.pdf
33. <http://www.ametalsystems.com/RoofLifecycleCostComparison.aspx>
34. <http://www.metalroofing.com/v2/content/guide/costs/life-cycle-costs.cfm>
35. <https://www.tou Eiffel.paris/en>
36. https://en.wikipedia.org/wiki/Eiffel_Tower
37. <http://corrosion-doctors.org/Landmarks/Eiffel.htm>
38. http://en.wikipedia.org/wiki/Chrysler_Building#
39. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
40. C. Houska. Sustainable Stainless Steel Architectural. Construction Canada, September 2008, 58-72.
41. Nickel Development Institute. Timeless Stainless Architecture. Reference Book Series No 11 023, 2001
42. G. Gedge. Structural uses of stainless steel — buildings and civil engineering. Journal of Constructional Steel Research 64 (2008), 1194–1198.
43. <http://www.metalsforbuildings.eu/>
44. <http://www.circle-economy.com/circular-economy/>
45. <http://www.irishenvironment.com/iepedia/circular-economy/>

Merci !

Annexe

Recyclage d'autres matériaux

Il s'agit d'une question complexe.

L'objectif ici est de donner quelques idées sur d'autres matériaux à des fins de comparaison.

Les sources correspondantes sont fournies

Compléments sur le recyclage : ciments et bétons

www.wbcserver.org/wbcserver/publications/cd_files/datas/business-solutions/cement/pdf/CSI-RecyclingConcrete-FullReport.pdf

- 20 % maximum du béton concassé peut être réutilisé dans de nouveaux bétons.
 - seulement en tant que granulats et pas pour le ciment qu'il contient
 - le béton ainsi produit est de qualité inférieure qui ne convient pas pour toutes les applications
- Il semble que la plupart des bétons issus de démolitions aille dans les soubassements de routes et en décharge (aucun chiffre précis n'est disponible)
- Le concassage et le transport des bétons de démolition sont les principales opérations de recyclage à comparer avec l'extraction locale des granulats .
- En général, le recyclage se traduit toujours par une dévalorisation (décyclage).
- Réutiliser du béton de démolition en moellons est seulement marginal aujourd'hui mais cela peut devenir le chemin le plus court pour réutiliser sans « dévalorisation ». Difficile toutefois à mettre en œuvre !

Compléments sur le recyclage : plastiques

<http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/?section=topics&topic=RecyclePlastics&page=materials>

- **Les déchets internes** (créés à la source de la production) sont pratiquement recyclés à 100 %
- **Le recyclage des plastiques usagés** est un gros problème :
 - La collecte prend du temps et elle est coûteuse
 - Trier des déchets de plastiques mélangés est difficile – la contamination est inévitable.
 - Enlever les étiquettes avec un taux de réussite de 100 % est presque impossible
 - Les contaminations de toutes sortes compromettent les réutilisations dans des applications « hi-tech »
 - ⇒ Le plastique recyclé (sauf dans l'usine de production) est réutilisé dans des applications de plus bas niveau (décyclage) : PETE* : tapis bon marché, moquettes... PE** et PP** : pots de fleurs, bancs de jardins publics...
 - ⇒ ou peut éventuellement être brûlé, pire enfoui ou pire encore se retrouver à flotter dans les océans.

*PET ou PETE : polytéréphtalate d'éthylène

**PE : polyéthylène

***PP : polypropylène

Compléments sur le recyclage : bois*

- La meilleure option de recyclage est bien sûr de réutiliser le bois. Il apparaît que de nombreux efforts sont faits pour collecter, reconditionner et réutiliser le bois et ses dérivés. Quelle quantité est réutilisée? C'est difficile de le savoir.
- Le bois non traité a trouvé un nombre croissant de nouveaux usages : produits agricoles et horticoles, litières pour animaux, surfaces de halles équestres...
- Le bois traité (les traitements chimiques destinés à le protéger contre la pourriture, les champignons, les insectes et les UV) contient des produits chimiques nocifs qui limitent fortement son usage. Sa plus grande réutilisation actuelle est la fabrication de panneaux de particules mais ce qu'il advient de ces panneaux en fin de vie n'est pas clair.
- Il doit être souligné que la déforestation globale allant en augmentant sur la planète, on ne parle plus de ressources illimitées pour le bois, particulièrement dans les pays du Nord où il faut un siècle pour qu'un arbre arrive à maturité.

<https://dtsc.ca.gov/toxics-in-products/treated-wood-waste/>

<https://woodrecyclers.org/about-waste-wood/wood-recycling-information/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Wood_preservation

<http://www.wasteminz.org.nz/wp-content/uploads/Scott-Rhodes.pdf>

<http://www.brighthub.com/environment/green-living/articles/106146.aspx>

*bois de charpente et de construction