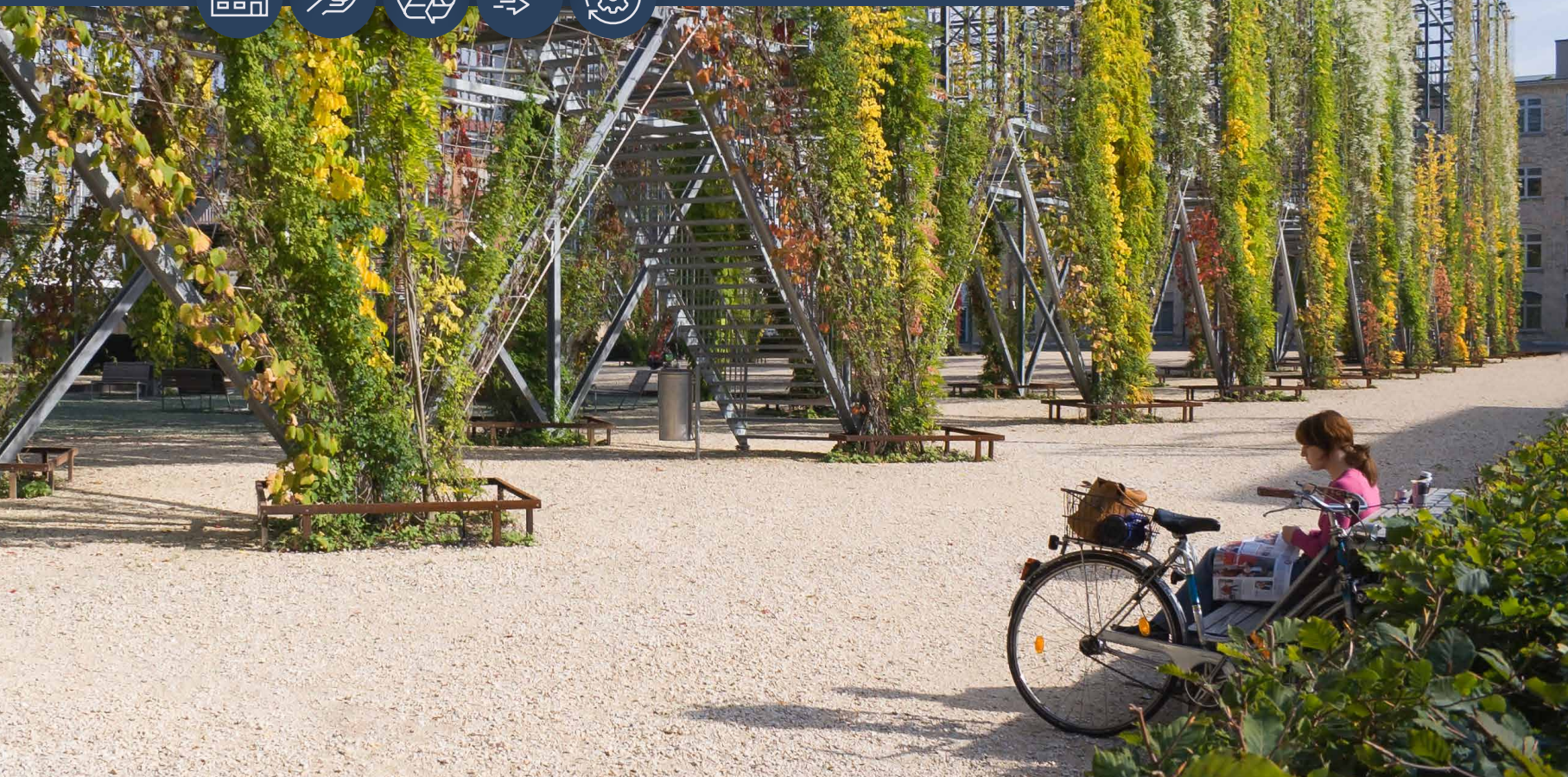


ACIER GALVANISÉ ET CONSTRUCTION DURABLE

SOLUTIONS POUR UNE
ÉCONOMIE CIRCULAIRE



L'EGGA (European General Galvanizers Association) est l'organisme professionnel du secteur de la galvanisation à façon en Europe. Il s'agit d'une fédération de 14 associations nationales qui représentent l'industrie européenne.

"L'Initiative européenne pour la galvanisation dans la construction durable" a commencé par des évaluations multipartites au début des années 2000 qui ont abouti à la publication, en 2008, du guide "Galvanisation et construction durable"¹ sous la direction du professeur Tom Woolley. Ce dernier est un grand défenseur de la construction écologique. Il a par ailleurs apporté un regard nouveau et passionnant sur la galvanisation à chaud et sa cohérence avec la conception durable.

Ce nouveau guide explique comment l'industrie de la galvanisation va de l'avant - en plaçant l'acier galvanisé à l'avant-garde des solutions pour lutter contre le changement climatique et mettre en place l'économie circulaire, aujourd'hui ancrée dans les politiques et les pratiques.

L'acier galvanisé peut offrir des solutions innovantes qui optimisent la durabilité et facilitent la circularité des structures et des pièces en acier. Ces solutions peuvent être facilement mises en œuvre en utilisant cette méthode simple et reconnue de protection de l'acier.

En couverture : MFO-Park, Zurich : l'acier galvanisé est mis en œuvre dans la réhabilitation d'un ancien site industriel.

ACIER GALVANISÉ ET CONSTRUCTION DURABLE

SOLUTIONS POUR UNE
ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Publié par l'EGGA | Septembre 2021

© Copyright 2021 European General Galvanizers Association

www.egga.com



Fabriquer



Recycler



Utiliser



Retransformer



Réemployer

SOMMAIRE

- 7 Le défi de la construction durable
- 9 L'acier galvanisé dans l'économie circulaire
- 18 L'acier galvanisé - mise en pratique de la politique d'économie circulaire
- 25 La conception des pièces en acier galvanisé en vue de leur réemploi
- 27 La robustesse de l'acier galvanisé : un atout pour le réemploi
- 37 La regalanisation des infrastructures en acier galvanisé
- 43 Le recyclage du zinc sur l'acier galvanisé
- 47 Réduire les émissions de carbone en évitant la maintenance
- 52 Durabilité des structures en acier galvanisé
- 57 Comment la galvanisation protège l'acier
- 63 L'industrie de la galvanisation
- 69 Déclarations environnementales de produits
- 72 La galvanisation pour des bâtiments sains
- 75 Références
- 77 Remerciements et crédits
- 78 Termes d'économie circulaire
- 79 Plus d'informations sur l'acier galvanisé



EN ISO 1461

Dans le présent document, l'expression "acier galvanisé" désigne les articles en acier qui ont été immergés dans du zinc en fusion après fabrication. Il s'agit du procédé de galvanisation à façon (ou "au trempé") qui est effectué conformément à la norme EN ISO 1461 pour obtenir un revêtement de zinc épais, résistant et couvrant complètement l'article en acier. Cette combinaison ne peut être obtenue avec d'autres types de revêtements de zinc.

Études de cas

- 13 The Green House (La maison verte) - conçue pour la flexibilité et le réemploi
- 16 Point d'information - prêt à être déplacé et réemployé
- 23 Conçu pour faciliter sa déconstruction - Fraunhofer IWKS
- 31 Tribune de Gramsbergen - renaissance après 40 ans
- 34 Dursley Treehouse (La maison dans les arbres à Dursley)
- 40 Centre d'étude sur l'énergie de Leeuwarden
- 45 House D6 (La maison D6) - logement réversible et durable
- 46 Penser à l'avenir - réutilisation de l'acier galvanisé
- 54 Pont de Lydlinch - construit en 1942 et en excellent état
- 56 Bâtiment ferroviaire en Bavière - 120 ans d'existence et toujours d'actualité
- 61 Opéra de Garsington - pavillon démontable
- 74 Please be seated (Veuillez-vous asseoir)



THE GREEN HOUSE

eat meet relax enjoy

LE DÉFI DE LA CONSTRUCTION DURABLE

Les préoccupations concernant les effets du changement climatique sont à la fois graves et urgentes

Pour éviter les effets néfastes du changement climatique, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a recommandé de réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre, dont le CO₂ est le plus important, afin d'atteindre la neutralité climatique d'ici 2050. L'objectif est de limiter le réchauffement de la planète à 1,5°C par rapport aux niveaux pré-industriels².

En regard de la croissance de la population mondiale et de la demande accrue de matériaux techniques qui en découle, maximiser la valeur des matières premières en maintenant les bâtiments, les infrastructures, les ressources et les matériaux en service le plus longtemps possible s'impose comme une nécessité absolue.

La première loi européenne sur le climat³, introduite par la Commission européenne en 2020, propose un objectif juridiquement obligatoire de zéro émission nette de gaz à effet de serre d'ici 2050 dans le cadre du Green Deal⁴ de l'UE. Ces objectifs ambitieux sont soutenus par des initiatives visant à faire

évoluer l'industrie vers un modèle durable fondé sur les principes de l'économie circulaire.

L'industrie de la galvanisation a accueilli favorablement cet intérêt croissant pour la création d'une économie circulaire, qui englobe la conception pour une durabilité maximale, la déconstruction, le désassemblage et la flexibilité, ainsi que la réutilisation, la récupération ou la retransformation des matériaux. Les structures et pièces en acier galvanisé sont des matériaux circulaires idéaux pour les bâtiments à faible émission de carbone.

Que ce soit pour les systèmes de transport, les infrastructures, le logement, l'industrie, l'agriculture ou l'énergie, l'acier est largement reconnu comme le "matériau permanent de l'économie circulaire".

Dans la recherche d'une durabilité optimale dans l'utilisation des matériaux, l'association de la galvanisation à chaud et de l'acier offre une solution quasi unique en matière de conception durable.

À gauche

The Green House (voir p12+13)



L'ACIER GALVANISÉ DANS L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

La construction dans l'économie circulaire

L'économie circulaire consiste à passer de modèles économiques linéaires, dans lesquels les produits sont fabriqués à partir de matières premières puis jetés à la fin de leur durée de vie utile, à des modèles économiques circulaires dans lesquels une conception intelligente permet de réparer, réutiliser, renvoyer et recycler les produits ou leurs pièces.

Une économie circulaire vise à reconstituer le capital, qu'il soit financier, manufacturier, humain, social ou naturel. Le concept d'économie circulaire favorise l'efficacité optimale des ressources. Il permet de s'assurer que les ressources sont affectées efficacement aux produits et services, de manière à maximiser le bien-être économique de chacun. Le coût de la réutilisation, de la réparation ou de la retransformation des produits doit être compétitif pour encourager ces pratiques. Le simple remplacement d'un produit par un nouveau ne devrait plus être la norme.

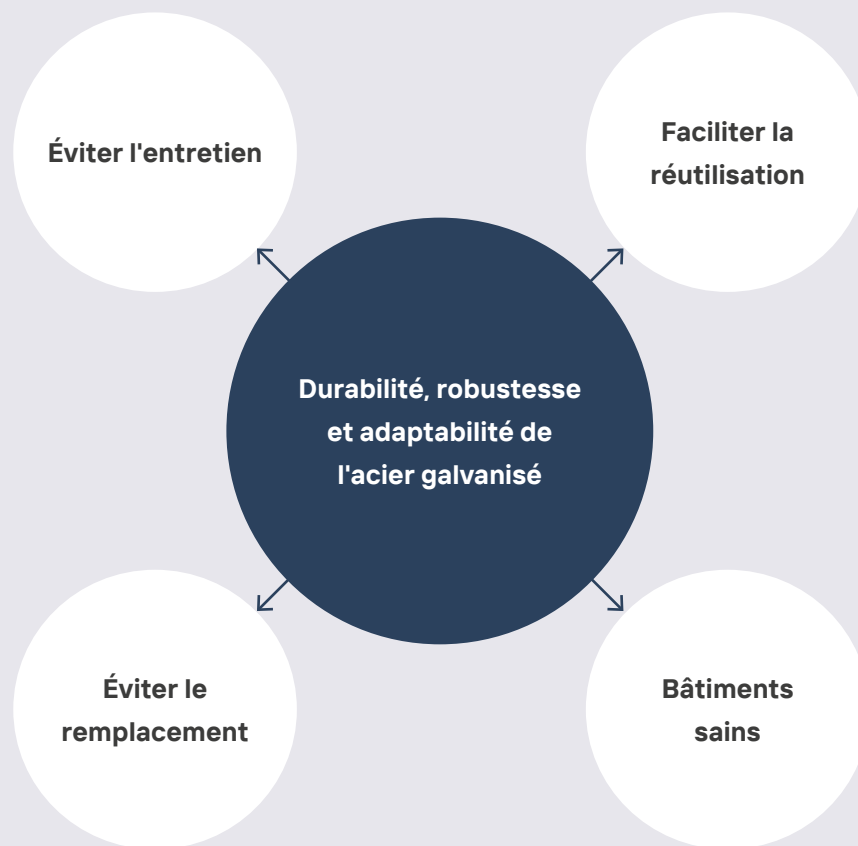
Une économie circulaire garantit également le maintien de la valeur d'un produit lorsqu'il atteint la fin de sa durée de vie utile, tout en réduisant ou en éliminant les déchets. Cette idée est fondamentale pour le concept "triple bottom line" du développement durable, qui met l'accent sur l'interaction entre les trois piliers environnementaux, sociaux et économiques. Sans une approche fondée sur le cycle de vie, il est impossible d'avoir une véritable économie circulaire.

Le secteur de la construction est une priorité pour l'économie circulaire car, sur la base du cycle de vie complet d'un bâtiment⁵, il est responsable de :

- 50% des matériaux extraits
- 50% de la consommation totale d'énergie
- 33% de la consommation d'eau
- 35% de la production de déchets

La construction circulaire consiste à réfléchir, dès le départ, à la manière de concevoir un bâtiment pour pouvoir démonter facilement ses composants à la fin de sa durée de vie et les réutiliser.

Caractéristiques de l'acier galvanisé





Si une solution de matériau était spécialement conçue pour l'économie circulaire, la galvanisation à chaud en serait un excellent exemple. Mais, elle existe déjà aujourd'hui et suit ces principes depuis des décennies.

Ci-dessus
The Silo, Copenhagen

Pour y parvenir, les constructeurs changent leur façon de penser :

- Concevoir des bâtiments flexibles et adaptables, qui assurent les fonctions de base pendant longtemps, mais qui peuvent en même temps être adaptés.
- Concevoir le bâtiment pour qu'il soit réutilisable. Au stade de la conception, tenir compte des possibilités de nouvelles fonctions et de futurs utilisateurs d'un bâtiment.
- S'assurer que les composants sont réutilisables et concevoir le bâtiment en fonction.
- Utiliser des ressources dont la valeur résiduelle est positive.

Pourquoi l'acier galvanisé ?

Le concept d'économie circulaire est fondamental pour optimiser la durabilité des matériaux. Sa reconnaissance avérée a remis au premier plan de la conception responsable, la simplicité, la robustesse, la durabilité et la recyclabilité inhérente des structures et composants métalliques. L'acier galvanisé à chaud en est une parfaite illustration :

- La galvanisation à chaud des produits en acier après leur fabrication offre les plus hauts niveaux de protection contre la corrosion.

- La structure ou le composant en acier atteindra souvent sa durée de vie théorique sans aucune maintenance.
- Le revêtement de galvanisation peut suivre la structure en acier à travers de multiples cycles de réutilisation.
- Un revêtement de galvanisation est intrinsèquement résistant au climat, car sa capacité de protection n'est pratiquement pas affectée par les changements de température et autres facteurs climatiques.
- Les revêtements de galvanisation sont liés à l'acier, ce qui permet de réutiliser le produit en acier avec le revêtement d'origine sans qu'il soit nécessaire de le recouvrir à nouveau (il suffit de penser aux poteaux d'échafaudage qui sont montés et démontés à plusieurs reprises autour de nos bâtiments).
- Les pièces en acier galvanisé qui ont atteint la fin de leur durée de vie ou qui sont désinstallées pour toute autre raison, peuvent être re galvanisées et rendues à leur usage initial.
- Lorsque les cycles de réutilisation arrivent à leur terme, l'acier et le zinc sont recyclés ensemble dans les procédés bien établis de recyclage de l'acier - le zinc étant renvoyé, sans perte de propriétés, vers les usines de production de zinc et, éventuellement, vers le procédé de galvanisation.



THE GREEN HOUSE (LA SERRE) – CONCEPTION POUR LA FLEXIBILITÉ ET LA RÉUTILISATION



Réemployer



The Green House
pourrait être
complètement
démontée et
reconstruite sur un
autre site.

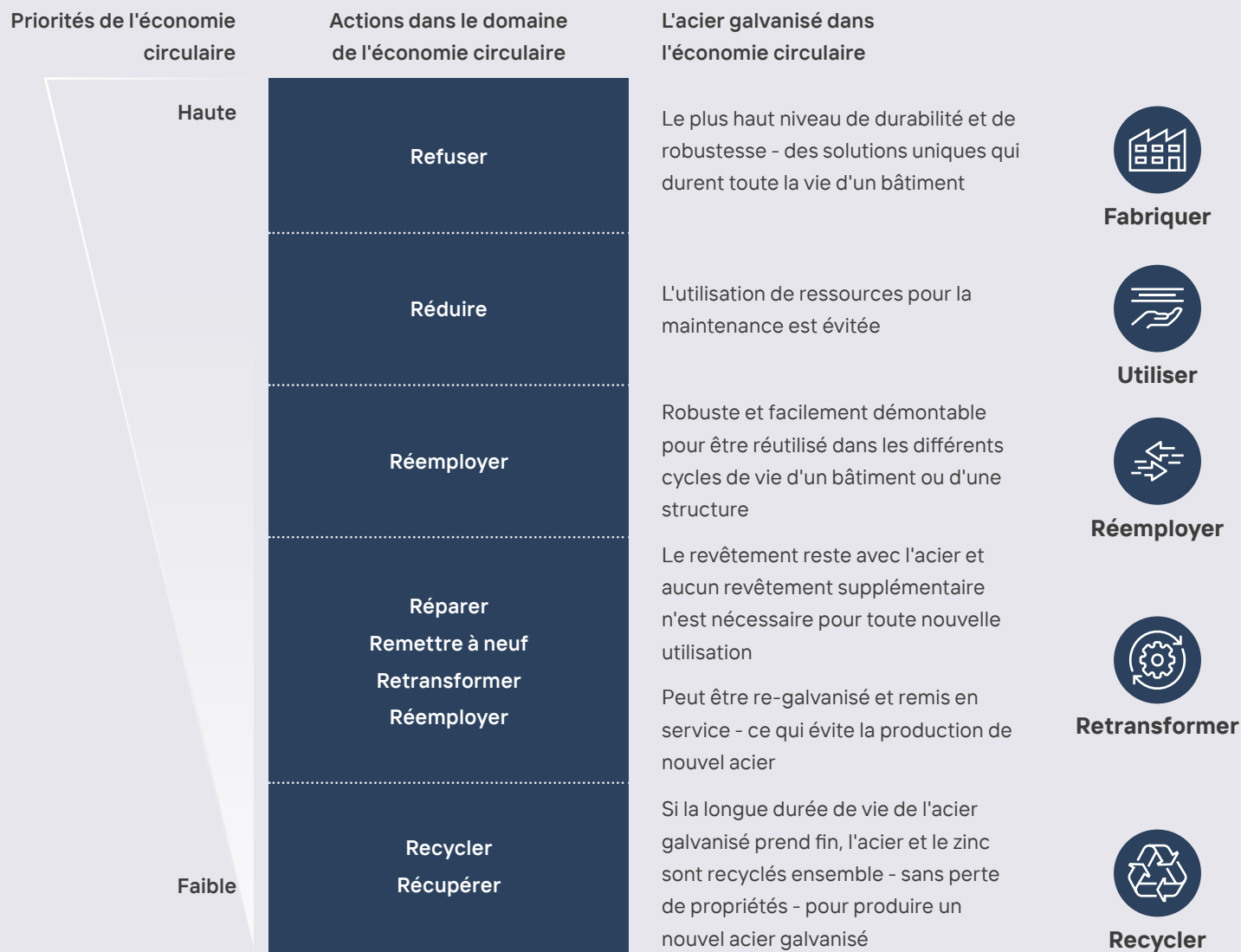
The Green House abrite un restaurant disposant de sa ferme urbaine intégrée et un centre de conférence. Fidèle aux principes de l'économie circulaire, l'ensemble du bâtiment peut être démonté. Grâce à leur degré de précision élevé, les composants en acier sont aisés à démonter et à remonter. L'armature en acier de The Green House se distingue par sa trame carrée, qui permet de réaliser plusieurs configurations de bâtiment avec un seul et même kit de construction.

L'ensemble a été conçu pour permettre de le démonter et le reconstruire sur un autre site, d'ici quinze ans. La réutilisation a également joué un rôle important dans le choix des matériaux du projet.

Le pavillon a été conçu comme un kit de construction générique avec une structure en acier composée de sections en acier galvanisé à chaud facilement démontables pour pouvoir être réutilisées. La galvanisation a également été utilisée pour les fermes en treillis de la façade, le toit (y compris la construction d'une petite serre sur le toit), les balustrades et l'escalier intérieur.

L'acier galvanisé à chaud souligne parfaitement le caractère audacieux de The Green House et de la serre d'agriculture urbaine. Les architectes ont également reconnu que la galvanisation à chaud se prête parfaitement au démontage et au remontage, car le revêtement ne sera pas endommagé au cours de ces opérations.

Les modèles hiérarchiques de l'économie circulaire illustrent l'importance de l'acier galvanisé



Mettre en œuvre l'économie circulaire

Les modèles hiérarchiques d'une économie circulaire illustrent très bien le rôle important de la galvanisation, qui favorise l'acier en tant que matériau circulaire. En effet, un revêtement de galvanisation devient partie intégrante de la structure en acier. Il résistera aux impacts et à l'abrasion pendant le démontage et la réutilisation de l'acier. Cette caractéristique est d'une grande valeur pour la réutilisation, le réusinage et le réemploi des structures et des pièces en acier.

La réduction du poids des produits, et donc de la quantité de matériaux utilisés, est la clé de l'économie circulaire. L'industrie sidérurgique a développé des grades d'acier à haute résistance et à haute résistance avancée pour de nombreuses applications. Ces grades contribuent à l'allègement du poids dans les applications, des éoliennes aux panneaux de construction et aux automobiles, car il faut moins d'acier pour obtenir la même résistance et la même fonctionnalité. En fournissant des niveaux maximums de protection contre la corrosion, la galvanisation permet d'utiliser des sections d'acier plus fines et plus légères, car les provisions supplémentaires pour les pertes dues à la corrosion pendant le service sont évitées.

L'acier peut être réutilisé ou réemployé de nombreuses façons, avec ou sans transformation. C'est déjà le cas pour les composants automobiles, les bâtiments, les rails de voies ferrées et de nombreuses autres applications. La réutilisation de l'acier n'est pas limitée à son application d'origine ; la réutilisation remonte à l'Antiquité (transformation des épées en socs de charrue). Les taux de réutilisation augmenteront à mesure que l'écoconception, la conception en vue de la réutilisation et du recyclage, et l'efficacité des ressources deviendront plus courantes.

Si les concepteurs veulent intégrer des éléments en acier réutilisables dans la partie structurelle d'un bâtiment, la galvanisation est le système de revêtement idéal. L'acier galvanisé ne souffrira pas des activités de démontage et de remontage, contrairement à l'acier peint qui devra être repeint ou au moins réparé. En outre, la galvanisation offre une durée de vie plus longue à l'acier que les autres systèmes de revêtement, ce qui permet de nombreuses réutilisations du matériau.

L'économie circulaire marque le passage d'une économie basée sur les produits à une économie basée sur les services. La réparation/entretien sera de plus en plus importante, tout comme les efforts visant à limiter la distance entre l'atelier de réparation et l'utilisateur, afin de minimiser l'impact environnemental. Cela stimulera les économies locales et augmentera la facilité d'usage pour l'utilisateur final.

Les produits en acier sont facilement réparables, ou l'ensemble du produit en acier réparé peut être re-galvanisé.

L'acier et le zinc sont recyclables à 100 % et peuvent être recyclés encore et encore pour créer de nouveaux produits en acier dans un circuit fermé de matériaux. L'acier recyclé conserve les caractéristiques intrinsèques de l'acier d'origine et ses propriétés magnétiques assurent une récupération facile et abordable pour le recyclage à partir de presque tous les flux de déchets, tandis que la valeur élevée des déchets d'acier garantit la viabilité économique du recyclage. Aujourd'hui, l'acier est le matériau le plus recyclé au monde. Plus de 650 millions de tonnes d'acier sont recyclées chaque année, y compris les déchets de pré-consommation et de post-consommation⁶.

POINT D'INFORMATION - PRÊT À ÊTRE DÉPLACÉ ET RÉEMPLOYÉ



Retransformer



Réemployer

Le projet Les Glòries, dans l'est de Barcelone, est l'une des opérations d'amélioration urbaine les plus importantes de la ville. Dans le nouvel aménagement de la zone, la mairie de Barcelone souhaitait mettre en place un point d'information sur le déploiement du projet à destination des résidents locaux, mais aussi des touristes.

Un concours fermé a été remporté par les architectes locaux Peris + Toral pour une structure temporaire qui pourrait être déplacée vers un autre endroit après sa mission de 4 ans en tant que point d'information.

Après une étude minutieuse des matériaux envisagés, le choix s'est porté sur une structure utilisant des tubes en acier galvanisé pour le cadre extérieur, combinée à une peau en polycarbonate translucide et à des modules internes en bois préfabriqués. Le tout a été livré dans le cadre d'un budget de 170 000 €.

La structure a pleinement rempli sa fonction depuis 2015. Récemment, la mairie de Barcelone a missionné Peris + Toral afin de réemployer la structure en tant que maison des jeunes (casal de joves en Catalan) dans le quartier St Martí.

Ci-dessous

La structure est facilement démontable et peut être déplacée et réutilisée avec un impact minimal sur le site





À gauche

L'acier galvanisé a été utilisé pour créer une structure temporaire destinée à protéger le bâtiment pendant la rénovation de la zone environnante. Les matériaux choisis devaient permettre de rendre la structure transparente, mais aussi de la déconstruire facilement pour lui donner une nouvelle vie

En bas à gauche

La structure est à la fois un point d'information et un lieu de location de vélos électriques

Ci-dessous

La structure est désormais réemployée par les architectes en tant que maison des jeunes dans un autre quartier de la ville



ACIER GALVANISÉ - MISE EN PRATIQUE DE LA POLITIQUE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Le plan d'action pour l'économie circulaire récemment adopté par la Commission européenne «Principes pour la conception des bâtiments»⁷ envisage trois scénarios clés (ou objectifs) pour parvenir à réduire les déchets, à optimiser l'utilisation des matériaux et à réduire les incidences environnementales des conceptions et des choix de matériaux tout au long du cycle de vie.

Les trois objectifs de la Commission sont présentés comme suit :

Durabilité

La durabilité des bâtiments dépend d'une meilleure conception, de l'amélioration des performances des produits de construction et du partage des informations. Les éléments structurels doivent durer aussi longtemps que le bâtiment, dans la mesure du possible. Si cela n'est pas possible en raison d'une obsolescence intrinsèque ou d'un changement anticipé des exigences, ils doivent être réutilisables, recyclables ou démontables.

Champ d'application des "Principes de l'économie circulaire de la CE pour la conception des bâtiments 2020".

Groupe cible	Objectifs spécifiques		
	Durabilité	Adaptabilité	Réduction des déchets
Utilisateurs de bâtiments, gestionnaires d'installations et propriétaires			
Équipes de conception			
Entrepreneurs et constructeurs			
Fabricants (de produits de construction)			
Équipes de déconstruction et de démolition			
Investisseurs, promoteurs et assureurs			
Gouvernement/régulateurs/autorités locales			

Adaptabilité

Prévenir la démolition prématurée des bâtiments en développant une nouvelle culture de la conception.

Réduire les déchets et faciliter une gestion des déchets de qualité

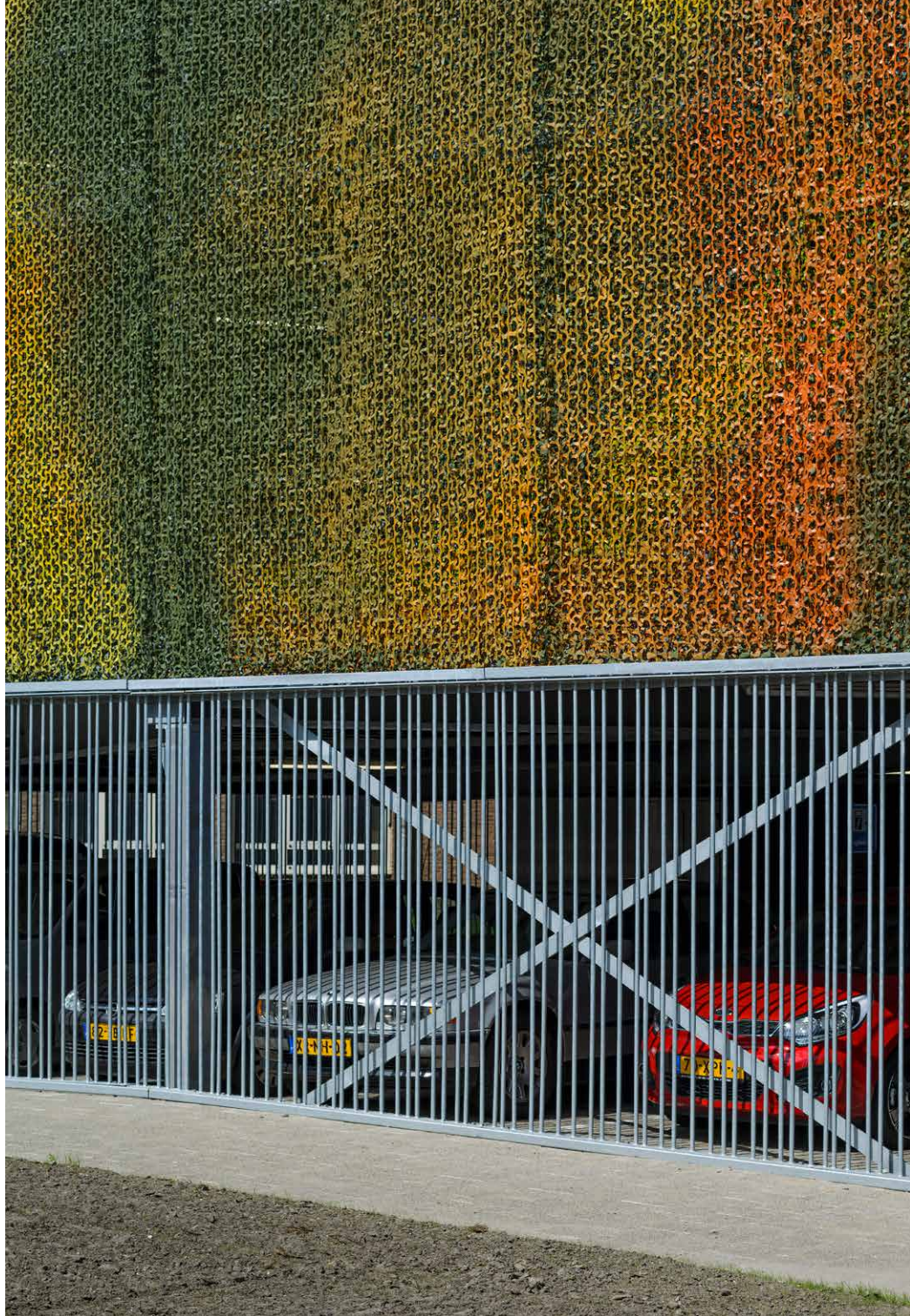
Concevoir des produits et des systèmes de manière à ce qu'ils puissent être facilement réutilisés, réparés, recyclés ou récupérés.

L'utilisation plus large de l'acier galvanisé à façon est parfaitement cohérente avec ces nouveaux objectifs de conception de bâtiments pour l'économie circulaire. Le haut niveau de durabilité de l'acier galvanisé est prouvé. Lorsque l'on construit avec de l'acier galvanisé, la réutilisation peut être une solution encore plus significative que ce qu'impliquent ces objectifs. La réutilisation est une approche précieuse à la fois pour fournir des bâtiments adaptables et pour réduire les déchets.

La Commission européenne a identifié les moyens par lesquels ces principes peuvent être mis en œuvre dans chaîne de valeur de la construction. Le tableau suivant synthétise les grands principes de cette politique, soulignant l'importance de la durabilité de l'acier galvanisé.

À droite

Parking à Moorsport, Leiden



Principes clés sur la durabilité et autres aspects des "Principes de l'économie circulaire de la CE pour la conception des bâtiments 2020".

Groupe cible	Motivations pour l'utilisation de l'acier galvanisé
Utilisateurs de bâtiments, gestionnaires d'installations et propriétaires	Minimiser le coût total de possession dans le temps Les propriétaires et les utilisateurs de bâtiments s'intéressent à des horizons globaux et à plus long terme. – Réduire le coût total par mètre carré/moyenne comparative. – Utiliser des outils pour améliorer la valeur du bâtiment. Favoriser la durabilité pendant la phase d'utilisation – Fournir des incitations par le biais de contrats basés sur la performance favorisant l'utilisation optimale du bâtiment.
Équipes de conception (ingénierie et architecture des bâtiments)	Il est essentiel d'avoir une connaissance des principes de l'économie circulaire pour concevoir les bâtiments et les matériels Les architectes et les concepteurs doivent connaître les exigences et les stratégies de conception, le concept d'évaluation du cycle de vie, le potentiel d'augmentation de la teneur en matériaux recyclés dans les produits, le potentiel de réutilisation future (produit, composant et bâtiment) ; la recyclabilité (future) et la capacité de transformation (potentiel de réutilisation et score de conception réversible des bâtiments). – Encourager les concepteurs à adopter une approche fondée sur le cycle de vie lors de la conception de nouveaux bâtiments. – Utiliser les guides existants sur la CDA* et le retour d'expérience de projets antérieurs en exemples. Les architectes et les concepteurs doivent tenir compte des coûts et des avantages sur l'ensemble du cycle de vie L'ensemble du cycle de vie doit prendre en compte le coût opérationnel du bâtiment ainsi que les changements potentiels d'utilisation du bâtiment. Ils comprennent les impacts et les avantages environnementaux et sociaux, la capacité de transformation, le potentiel de réutilisation et de recyclabilité.
Entrepreneurs et constructeurs	Utiliser des techniques de construction qui favorisent la durabilité des bâtiments et la résilience des matériaux – Simuler différents scénarios de durabilité et comparer les coûts. – Inclure les ressources nécessaires pour la résilience à une erreur d'installation. – Pour améliorer la durabilité du bâtiment, utiliser des techniques de construction qui facilitent l'entretien et les réparations des différentes parties du bâtiment et des produits et systèmes de construction.

*Conception en vue du désassemblage et de l'adaptabilité

Groupe cible	Motivations pour l'utilisation de l'acier galvanisé
Fabricants (de produits de construction)	Prendre en compte le niveau de durabilité potentiel pour l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, sur la base des preuves fournies par le CCV (coût du cycle de vie) du produit – Utiliser le calcul des coûts sur l'ensemble du cycle de vie et l'évaluation environnementale intégrée, avec des informations supplémentaires au-delà du cycle de vie du bâtiment. – Utiliser des produits qualitatifs et résistants, pour leurs qualités environnementales et d'usage. Les principes d'écoconception doivent être utilisés et la durabilité évaluée Les normes relatives aux produits, si elles ne sont pas encore élaborées, devraient inclure la durabilité et un système de vérification pour confirmer cette durabilité. Les solutions devraient être développées pour une plus grande adaptabilité Par exemple, dans les travaux, la préfabrication et les systèmes modulaires.
Investisseurs, promoteurs et assureurs	L'amélioration de la durabilité réduira le risque financier L'importance de la durabilité des produits et des matériaux devrait être promue dans le cadre de l'approche globale des bâtiments et des produits, ainsi que la manière appropriée de la prendre en compte financièrement. L'étude du coût du cycle de vie doit être encouragé lors de la préparation des décisions d'investissement Les flux de revenus accrus qui peuvent être générés par une conception réversible doivent être intégrés dans l'ensemble de l'analyse des coûts. – Capitaliser les risques futurs liés à la difficulté de déconstruire les bâtiments et au coût de la gestion des déchets. – Tenir compte de la valeur résiduelle des bâtiments afin de réaliser des économies sur les prêts hypothécaires et les flux financiers. – L'utilisation de la norme ISO pour les crédits CDA dans le cadre des marchés publics écologiques et des systèmes d'évaluation des bâtiments durables constitue une incitation à envisager à ce stade.
Gouvernement/ régulateurs/ autorités locales	Renforcer les politiques qui encouragent la réutilisation et le recyclage de haute qualité des bâtiments et des matériaux de construction Intégrer les approches du cycle de vie dans les politiques de construction. Fournir des incitations pour le développement de principes de conception pour des bâtiments circulaires et durables Les produits réversibles peuvent utiliser plus de ressources au départ (en raison d'une conception plus robuste, par exemple), mais permettent de récupérer ces ressources et de réutiliser le produit dans plusieurs cycles de vie.



CONÇU POUR LA DÉCONSTRUCTION – FRAUNHOFER IWKS



Recycler



Réemployer



Ci-dessus

Le Fraunhofer IWKS mène des recherches sur la récupération et la réutilisation des matériaux dans le cadre de l'économie circulaire

A gauche

La façade en acier galvanisé a été choisie pour faciliter la déconstruction et la réutilisation futures, ainsi que pour son esthétique naturelle

Le Fraunhofer IWKS (Institut pour le recyclage des matériaux et les stratégies de ressources) est à la pointe de la recherche sur l'utilisation responsable des ressources naturelles, selon le principe que les ressources doivent être utilisées et non consommées. Il se focalise sur la récupération des matériaux et la réintroduction de ces derniers dans de nouveaux cycles de produits.

L'institut Fraunhofer IWKS mènera désormais ses importants travaux de recherche dans un nouveau bâtiment à Hanau en Allemagne, construit selon les mêmes principes de durabilité que ceux qui régissent ses activités. Ce bureau et centre technique accueille 80 employés dans un bâtiment de 2 600m²

L'un des principaux objectifs était d'obtenir la certification "argent" du bâtiment conformément aux lignes directrices pour la construction durable des bâtiments fédéraux en Allemagne (BNB).

Conçu par hammerskause architekten bda, le bâtiment est construit avec des matériaux

exempts de substances nocives et pouvant être facilement séparés et réutilisés ou recyclés dans l'objectif d'une éventuelle déconstruction. Ce choix s'est traduit par l'utilisation massive d'acier galvanisé dans les façades du bâtiment. Le revêtement de galvanisation de ces façades développera une patine de surface très stable au cours des décennies à venir et créera une solution à la fois esthétique et durable.

"Un bâtiment durable et une infrastructure de recherche de haute technologie des plus modernes, c'est possible. À l'extérieur comme à l'intérieur, la durabilité et l'efficacité énergétique dans la construction étaient notre priorité absolue", a déclaré Andreas Meurer, membre du conseil d'administration de la Fraunhofer-Gesellschaft, lors de l'inauguration officielle du bâtiment, précisant ceci : "La façade est revêtue de tôles d'acier galvanisé, par exemple. L'acier apporte une contribution importante à la gestion zéro déchet. L'acier peut être entièrement recyclé. La boucle du cycle des matériaux est ainsi fermée, sans aucune perte de qualité."



CONCEPTION POUR LA RÉUTILISATION DE L'ACIER GALVANISÉ

Les bâtiments et structures en acier galvanisé peuvent être conçus avec un maximum de souplesse dans l'objectif que leurs matériaux de construction puissent bénéficier de cycles de vie multiples. Les conceptions futures des structures en acier deviendront plus modulaires, utiliseront des assemblages boulonnés pour faciliter la déconstruction et rendront les composants plus largement réutilisables. La galvanisation donne plus de valeur à ces composants réutilisés car ils ne nécessitent pas de traitement de protection

supplémentaire et les composants eux-mêmes seront en bon état au moment de la réutilisation.

Ce parking de 450 places situé à Moorsport, Leyde, Pays-Bas, est en acier galvanisé: il est ainsi facilement démontable et repositionnable à un autre endroit si et quand les plans de développement urbain l'exigeront. Conçu par l'agence d'architectes Paul de Ruiter, l'ensemble de la construction démontable comprend des poteaux, des poutres et des

À gauche et à droite

Ce parking de Moorsport à Leiden a été conçu en acier galvanisé pour pouvoir être facilement démonté et déplacé



panneaux de façade galvanisés dans une structure de 36,4 mètres de large et 80,4 mètres de long. La galvanisation facilite également l'utilisation de profils plus minces qui permettent à la lumière naturelle de pénétrer davantage dans le parking.

Ce parking combiné pour voitures et vélos à Francfort constitue un bon exemple de l'utilisation de l'acier galvanisé pour créer une structure flexible. La zone à proximité de la gare ferroviaire doit être réaménagée d'ici 6 à 7 ans, mais trouver des solutions à court terme était impératif pour le transport urbain. La structure a été conçue pour la déconstruction et utilise de l'acier galvanisé pour sa facilité de démontage et de réutilisation ultérieure.

Les bâtiments industriels et polyvalents à un seul étage profitent déjà des avantages de l'acier galvanisé ; l'optimisation future des assemblages et autres détails de conception renforcera encore le partenariat entre la galvanisation et la construction métallique⁸. Par exemple, l'utilisation de poutres boulonnées (plutôt que soudées) présente le double avantage d'améliorer les perspectives de réutilisation tout en augmentant la taille des structures qui peuvent être plongées dans un bain de galvanisation à chaud.



À gauche

Les assemblages boulonnés facilitent la réutilisation et augmentent la taille des structures qui peuvent être galvanisées

En bas

Parking temporaire et parc à vélos, Francfort



LA ROBUSTESSE DE L'ACIER GALVANISÉ POUR LA RÉUTILISATION

Les conceptions modulaires et standardisées utilisant des assemblages boulonnés permettent la réutilisation

La capacité de l'acier galvanisé à résister aux multiples cycles de vie d'une structure réutilisée est illustrée par l'utilisation croissante de systèmes de stationnement temporaire. Ceux-ci fournissent des solutions flexibles et rapides à mettre en œuvre pour augmenter les capacités de stationnement à l'endroit et au moment nécessaires.

Les systèmes de parking temporaires peuvent être démontés et réutilisés, soit immédiatement, soit stockés pour une utilisation ultérieure. La même approche peut être appliquée à d'autres structures en acier

si elles sont également conçues pour être réutilisées ; surtout quand elles bénéficient d'un revêtement de galvanisation robuste, résistant à l'abrasion et très durable qui accompagnera les pièces en acier tout au long de leurs multiples cycles de vie.

L'exemple des «100 places» à Stuttgart, illustré ci-dessous, a été mis en service en juillet 2018 et a été démonté en juin 2019 après 11 mois de service. Il n'a fallu que 7 jours pour le faire, puis le stocker, prêt à une nouvelle vie.

À droite

Les systèmes de parkings temporaires utilisent des conceptions modulaires et flexibles en acier galvanisé



La robustesse et la résistance à l'abrasion de l'acier galvanisé ont fait leurs preuves dans une grande variété d'applications, qu'il s'agisse d'échafaudages réutilisés un nombre incalculable de fois ou de ponts temporaires-permanents. Ces derniers, conçus pour être déployés rapidement dans des zones sinistrées, deviennent souvent un élément vital de l'infrastructure locale et peuvent rester en place plusieurs décennies avant d'être sollicités sur un autre lieu.

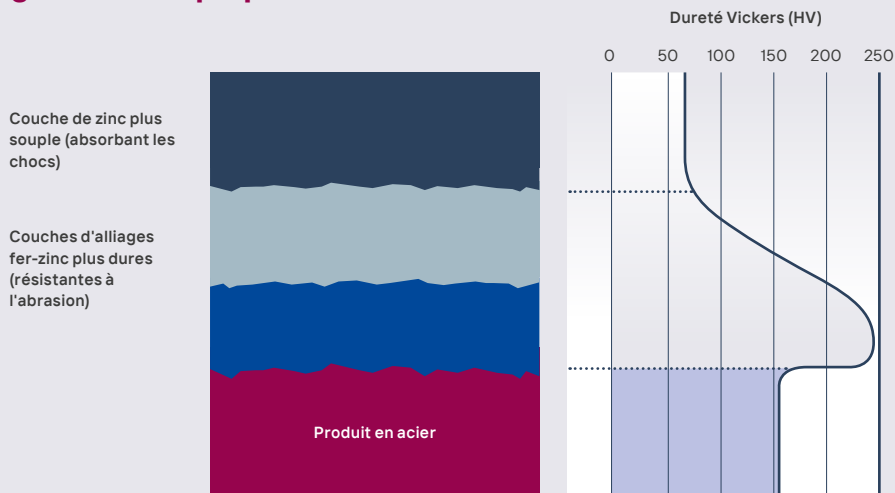
Ces mêmes principes et l'expérience acquise avec les structures temporaires et les composants réutilisables sont désormais appliqués à la conception de structures plus complexes, qui nécessitent des solutions flexibles pour l'économie circulaire.



Ci-dessus

La robustesse de l'acier galvanisé est importante pour des utilisations telles que les ponts temporaires-permanents

La solidité et la résistance à l'abrasion de l'acier galvanisé expliquées



L'acier galvanisé convient à un large éventail d'applications démontables et temporaires

Lorsque la ville de Rotterdam a célébré les 75 ans de son développement urbain, les architectes MVRDV ont eu l'idée de construire un escalier géant temporaire pour créer un point de vue unique sur la ville.

L'escalier en acier galvanisé de 29 mètres de haut ("De Trap" en néerlandais) pouvait être construit rapidement, puis déconstruit pour être réutilisé ultérieurement. Les visiteurs pouvaient marcher de la Stationsplein Groot Handelsgebouw jusqu'au toit du bâtiment Groot Handelsgebouw. Un cinéma sur le toit et des restaurants constituaient une incitation supplémentaire à parcourir les 57 mètres jusqu'au sommet.

De Trap est une installation innovante qui exploite la robustesse éprouvée des échafaudages en acier galvanisé





S.V. GRAMSBERGEN

PLUS
GRAMSBERGEN - BAALDERVELD

REGELING
SCHRIJVENHOED
IN AMSTERDAM

Van Braak
Zonweringen

KERKDIJK
TUINTECHNIEK

TRIBUNE D'HONNEUR À GRAMSBERGEN – LA RENAISSANCE APRÈS 40 ANS



Retransformer



Réemployer



Utiliser

Une tribune Elascon existante a été sauvée de la démolition grâce à l'enthousiasme et à l'esprit de décision d'un homme. À l'été 2011, Harry Haverkotte, ancien membre du conseil d'administration du SV Gramsbergen, a appris que ses voisins de Hoogeveen allaient déménager dans un nouveau parc sportif.

Le bon état de la tribune principale a attiré son attention et il l'a achetée pour 7 000 €, y compris le coût du démontage. La tribune avait été construite en 1976. À l'époque, le conseil d'administration de Hoogeveen avait attribué à la construction 139 200 florins néerlandais. Si vous convertissez ce montant à la valeur d'aujourd'hui, cela représente environ 163 000 €.

En deux ans, une magnifique tribune de 32 mètres de long est sortie de terre. Finalement, le stand n'a coûté que 35 000 € alors qu'un nouveau bâtiment aurait coûté au moins 200 000 €. Tout a été réutilisé, à l'exception des boulons, des écrous et des vieilles planches de bois.

Les planches ont été remplacées par de nouveaux sièges. La seule peinture décorative qui a dû être effectuée était celle de l'intérieur du toit.

L'excellent état de l'acier galvanisé a été confirmé lors du démontage. La structure extérieure a été exposée 40 ans aux intempéries, mais l'acier galvanisé était en parfait état et ne nécessitait pas une nouvelle galvanisation. Le revêtement de galvanisation restant a une épaisseur de plus de 100 µm et le stand durera encore de nombreuses décennies.

À gauche

La nouvelle tribune du SV Gramsbergen avait déjà été utilisée pendant des décennies par un autre club voisin

À droite

Après des décennies de service, l'acier galvanisé était prêt à être réutilisé directement sur le nouveau site





À gauche

La tribune originale Elascan a servi le club de Hoogeveens depuis sa construction en 1976



À l'extrême gauche

Lorsque Hoogeveens a déménagé dans un nouveau stade, le SV Gramsbergen a démonté la tribune pour la réutiliser sur son terrain

À gauche

Même les petits raccords en acier galvanisé étaient en assez bon état pour être démontés en vue d'une réutilisation directe



À gauche

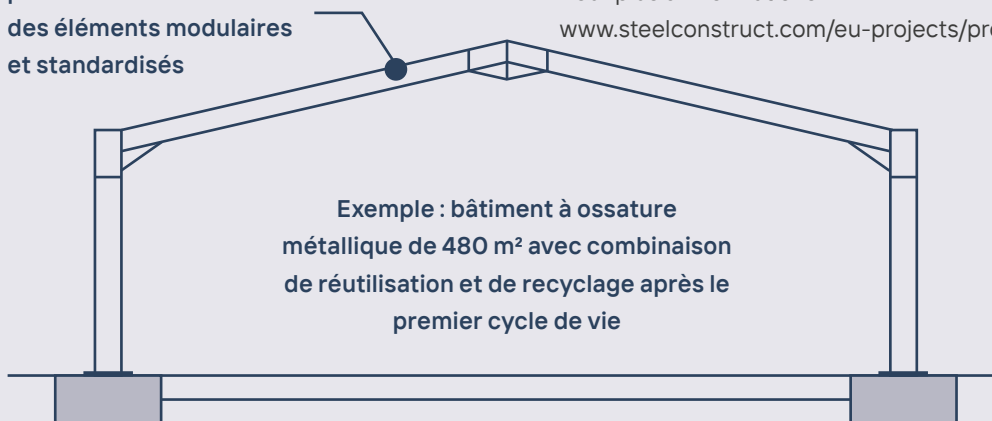
La tribune reconstruite du SV Gramsbergen est prête pour un nouveau cycle de vie. La durée de vie de son acier galvanisé pourrait atteindre 100 ans

Dispositions pour une plus grande réutilisation des structures en acier

PROGRESS (PROvisions for GREater reuse of Steel Structures) était un projet de l'UE financé par RFCS et axé sur la réutilisation des bâtiments à un étage⁸. L'étude et ses recommandations donnent un élan supplémentaire à l'utilisation future de l'acier galvanisé pour maximiser les possibilités de réutilisation.

Le projet a permis de formuler des recommandations et des informations pratiques sur la fabrication et la conception de bâtiments d'un étage en acier récupéré, ainsi que sur la conception de bâtiments destinés à être démontés et réutilisés.

Cadre de portique conçu pour être réutilisé avec des éléments modulaires et standardisés



Économie de carbone dans le cycle de vie de la prochaine réutilisation - 98 tonnes de CO₂



Avantage en termes de coût du cycle de vie - 24 000 euros

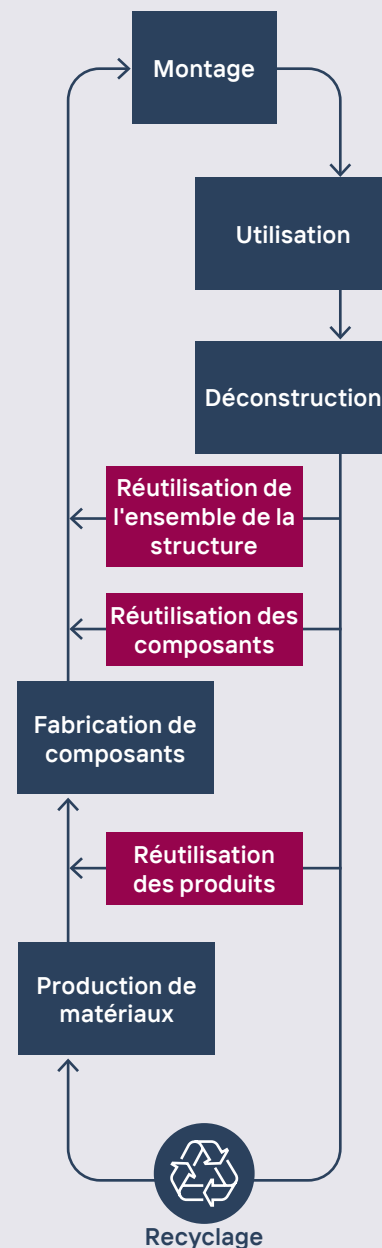
L'optimisation future des assemblages et d'autres détails de conception renforcera encore le partenariat entre la galvanisation et la construction métallique. Par exemple, l'utilisation d'assemblages boulonnés présente le double avantage d'améliorer les perspectives de réutilisation tout en augmentant la taille des structures qui peuvent être galvanisées à chaud.

"Les solutions en acier galvanisé sont préférables pour les structures avec de possibles cycles multiples de montage et de démontage".

Recommandations européennes pour la réutilisation des produits en acier dans les bâtiments de plain-pied

Pour plus d'informations :

www.steelconstruct.com/eu-projects/progress



DURSLEY TREEHOUSE (LA CABANE DANS LES ARBRES À DURSLEY)

Construite sur un petit terrain au centre de Dursley, en Angleterre, cette maison a été conçue pour avoir un impact minimal sur les arbres environnants et pour préserver l'habitat naturel du site. La Treehouse a suscité beaucoup d'intérêt pour sa belle structure en porte-à-faux, son faible impact environnemental et le romantisme de la vie dans une "cabane dans les arbres".

Le client tenait absolument à ce que l'impact de la maison sur le site soit très faible et aussi respectueux de l'environnement que possible.

La réutilisation de composants en acier galvanisé a constitué une partie très importante du projet. 76 panneaux de plancher en caillebotis d'acier, qui avaient déjà 20 ans de vécu et d'utilisation, ont été récupérés auprès d'une entreprise locale de fabrication de moteurs - les panneaux ont été nettoyés puis galvanisés pour former les principales allées autour de la maison.

Les balustrades des passerelles étaient initialement prévues en acier inoxydable, mais après mûre réflexion et en tenant compte des coûts, des clôtures à mouton en treillis métallique ont été réutilisées pour créer les panneaux de remplissage entre des profilés en acier galvanisé.

L'escalier en colimaçon a été acheté pour moins de 200 € dans un dépôt de ferraille, après avoir servi d'escalier de secours dans un magasin local pendant les 15 dernières années.

Pour poursuivre le thème de la réutilisation, le sol du premier étage est constitué d'ardoises recyclées provenant d'un garage Rolls-Royce local et le sol du deuxième étage est fait de bois de hêtre recyclé provenant du gymnase d'une école locale.

La préservation des 27 arbres a représenté une contrainte importante et dicté l'emplacement du bâtiment sur le site. Afin de protéger les racines des arbres, le sol devait rester intact, c'est pourquoi un bâtiment surélevé a été proposé.



Retransformer



Réemployer



Ci-dessus

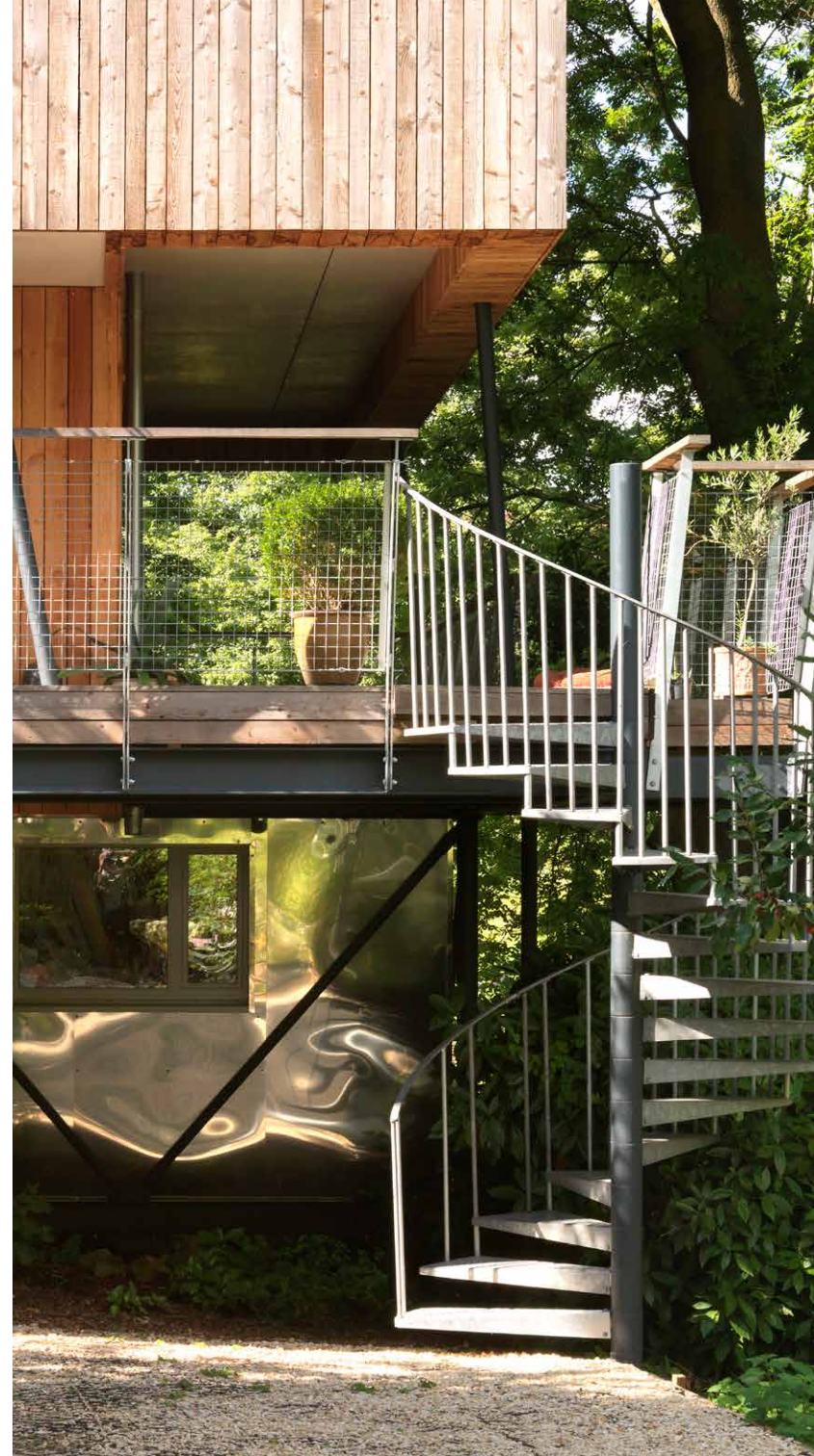
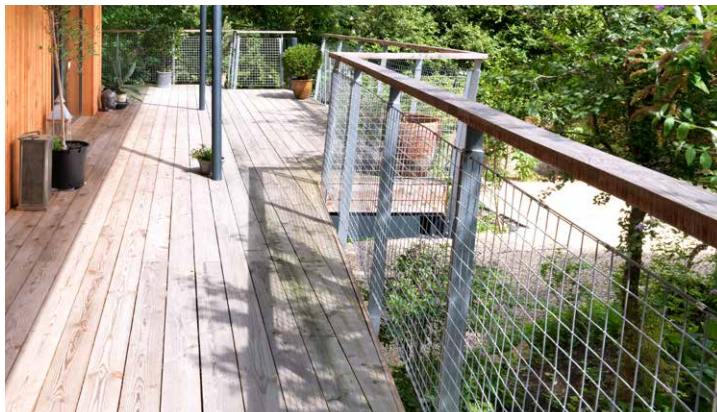
La réutilisation de composants en acier galvanisé était un élément important du projet. Le plancher en caillebotis métallique avait déjà été utilisé pendant 20 ans dans une entreprise locale

Ce bâtiment complexe est doté de pieux en acier (qui évitent les racines des arbres) au lieu de fondations en béton. La structure principale de la maison est une charpente en bois à double colombage qui repose sur une structure en acier, elle-même posée sur des pieux vissés, conçus pour limiter au maximum la perturbation du sol. Ces pieux vissés en acier galvanisé mesurent 10 m de long et sont conçus pour être réutilisés ultérieurement.

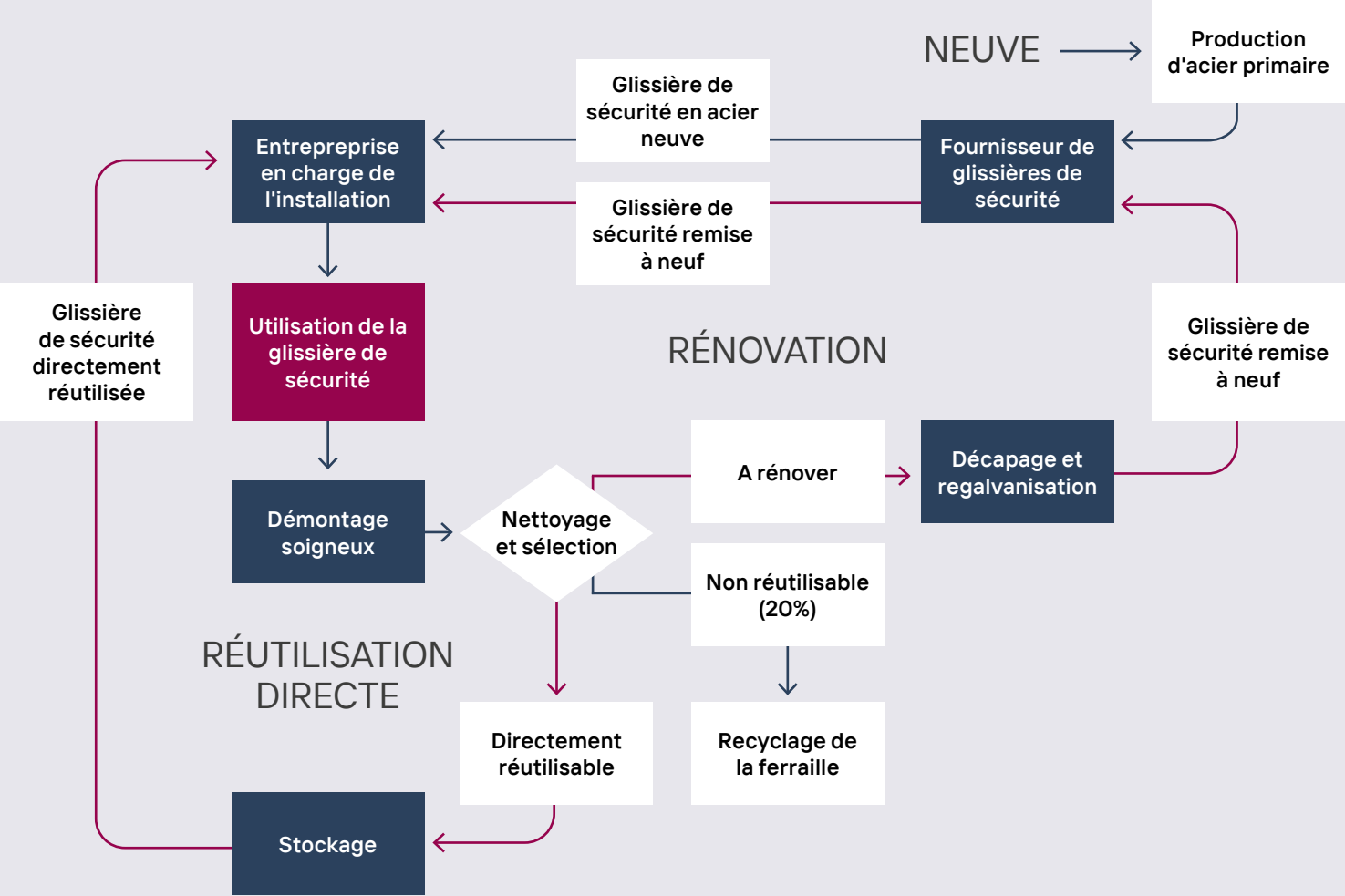
Le bâtiment a obtenu la certification PassivHaus et respecte les critères stricts en matière d'efficacité énergétique et de confort thermique afin de garantir un chauffage inférieur à 15kWh/m^2 par an. Le bâtiment est également équipé de panneaux solaires thermodynamiques et possède son propre système d'approvisionnement en eau, ce qui réduit encore l'empreinte carbone.

À droite

L'escalier servait auparavant de sortie de secours dans un magasin local



Chaîne de rénovation pour la galvanisation de glissières de sécurité routière en acier (Rijkswaterstaat)



REGALVANISATION DES INFRASTRUCTURES EN ACIER GALVANISÉ



Les glissières de sécurité en acier galvanisé peuvent être démontées pour être réutilisées ou regalvanisées, ce qui permet d'économiser jusqu'à 70 % des émissions de CO₂.

L'acier galvanisé à façon est largement utilisé dans les infrastructures pour offrir des décennies de service sans entretien. La recherche de solutions circulaires a permis d'identifier d'importantes possibilités de rénovation et de réutilisation de ces composants en acier galvanisé, qui sont omniprésents.

La décision récente de la Direction Générale Néerlandaise des Travaux Publics et de la Gestion de l'Eau (Rijkswaterstaat) de mettre en œuvre à la fois (i) la réutilisation directe et (ii) la regalvanisation et la réutilisation des glissières de sécurité des autoroutes est le résultat d'un examen de la chaîne d'approvisionnement et de son potentiel pour améliorer la circularité tout en maintenant la sécurité routière⁹.

Un projet impliquant des entreprises d'installation, des fournisseurs de glissières de sécurité et des galvanisateurs, soutenu par des agences spécialisées, TwyntraGudde et LBPSight, a placé l'ensemble de la chaîne sous le "microscope de l'économie circulaire". Cette approche est déjà mise en œuvre dans un projet de validation.

"Nous avons déterminé ensemble que c'était techniquement et économiquement réalisable - grâce à une attitude ouverte et à l'enthousiasme de chacun. La rénovation des glissières de sécurité est logique mais ne se fait pas automatiquement", déclare Henk Senhorst, chef de projet de Rijkswaterstaat.

La décision de Rijkswaterstaat d'aller de l'avant avec la réutilisation et la regalvanisation a été motivée par d'importantes évaluations. Ils ont constaté que les glissières de sécurité sont souvent remplacées pour d'autres raisons liées à l'entretien des routes, mais qu'elles peuvent avoir une durée de vie résiduelle allant jusqu'à 24 ans. Ces produits peuvent être directement réutilisés sur le réseau routier.

Les glissières de sécurité usagées nécessitant une regalvanisation peuvent être rénovées avec des avantages significatifs par rapport aux installations neuves, avec des réductions de :

- 40% des coûts environnementaux
- 70% des émissions de CO₂
- 10 % des coûts

Économies en carbone grâce à la regalvanisation et à la réutilisation

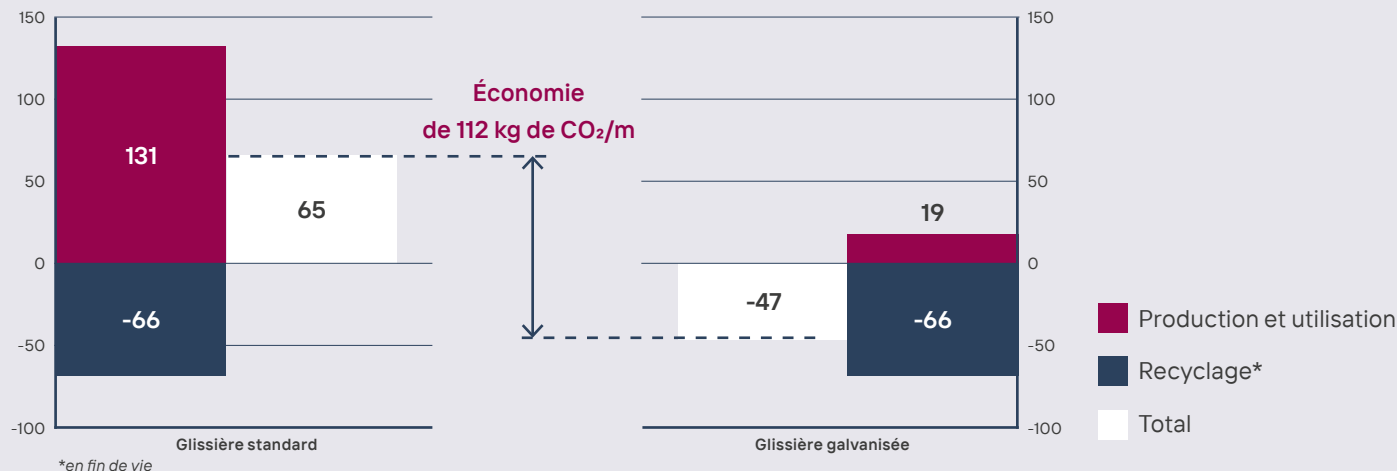
TU Delft a examiné pour la première fois les possibilités de regalvanisation aux Pays-Bas en 2017¹⁰. Ils ont rapporté que chaque année, 350 kilomètres de glissières de sécurité d'autoroute étaient remplacées, dont beaucoup étaient réutilisables.

Leur étude a montré qu'en moyenne, 67 % de ces précieux composants pouvaient être réutilisés, ce qui est tout à fait possible en les nettoyant, en les décapant et en les regalvanisant.

TU Delft a calculé que cette simple procédure pourrait permettre d'économiser 26 Ktonnes de CO₂. Cela équivaut à plus de 8,3 millions de kilomètres parcourus en voiture. En effet, pour chaque mètre de glissière de sécurité installée, l'utilisation de glissières de sécurité regalvanisées permet d'économiser 112 kg de CO₂. Cette économie est immédiatement perceptible grâce à la mise en œuvre des principes de réparation et de réutilisation de l'économie circulaire.

Réduction du potentiel de réchauffement de la planète par la regalvanisation des glissières de sécurité routière usagées.

Kg CO₂/m (données pour 1 mètre de garde-corps)



La galvanisation et la réutilisation peuvent également être appliquées à des composants qui n'ont pas encore bénéficié de la galvanisation

Ces ponts temporaires étaient initialement peints, mais la galvanisation leur a donné une nouvelle vie. Un autre exemple de réparation et de réutilisation rendu possible par la galvanisation.

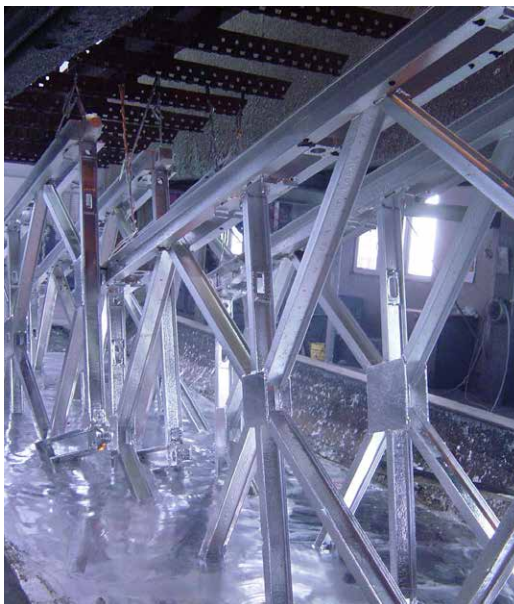


En haut à gauche
Éléments de pont peints en fin de vie

En haut à droite
Composants usagés nettoyés avant la galvanisation

En bas à gauche
Regalvanisation de composants usagés

En bas à droite
Une nouvelle vie sur des ponts galvanisés



LE CENTRE DE CONNAISSANCES SUR L'ÉNERGIE DE LEEUWARDEN



Réemployer

Le Centre de Connaissances sur l'Énergie de Leeuwarden est construit sur l'ancien site d'élimination des déchets de Skinkeskâns, à l'ouest de Leeuwarden, aux Pays-Bas. Cet immeuble de bureaux innovant fait partie d'un campus de l'énergie et accueillera un large éventail d'institutions de recherche et de connaissances dans le domaine de la durabilité; il est intégré architecturalement dans le paysage. Le centre dispose d'une fondation ajustable et a été construit en plaçant la circularité au premier plan de sa conception et du choix des matériaux.

Bart Cilissen, du cabinet Achterbosch Architects, a décrit leur approche de la circularité... *"Le principe directeur était le suivant : utilisez votre esprit logique et ne vous embourbez pas dans le "marais" des certificats de durabilité. L'accent a été mis sur le bon choix des matériaux de construction et leur application. « Rendre la circularité visible », voilà comment on pourrait le décrire. En tant qu'architectes, nous essayons de penser circulairement autant que possible pour chaque projet. Dans la phase de conception,*

vous devez également penser à la réutilisation des matériaux de construction qui ont été employés. Lorsque le bâtiment est finalement démantelé, la structure en acier entièrement galvanisée peut être déboulonnée."

La motivation des architectes pour le choix de l'acier galvanisé dans l'ensemble de la structure était fortement axée sur sa simplicité et sa résonance avec l'environnement... "Nous avons délibérément choisi la galvanisation au lieu du revêtement en poudre, afin de rester avec un matériau aussi pur que possible. Les gens sont d'abord surpris que l'acier ne soit pas "teinté", mais lorsque vous leur racontez l'histoire qui se cache derrière, ils sont immédiatement d'accord. J'adore cette nuance de gris qui s'accorde parfaitement avec le bois vieillissant des lattes de la façade. En outre, nous avons beaucoup discuté avec les habitants du village voisin qui craignaient que ce bâtiment ne s'élève comme une sorte de lampion au sommet de la butte. C'est pourquoi nous avons choisi une façade en bois qui vieillit avec le temps. L'acier galvanisé reflète dans une certaine mesure les journées claires ou



A droite

Le centre a été construit en plaçant la circularité au premier plan de sa conception et du choix des matériaux

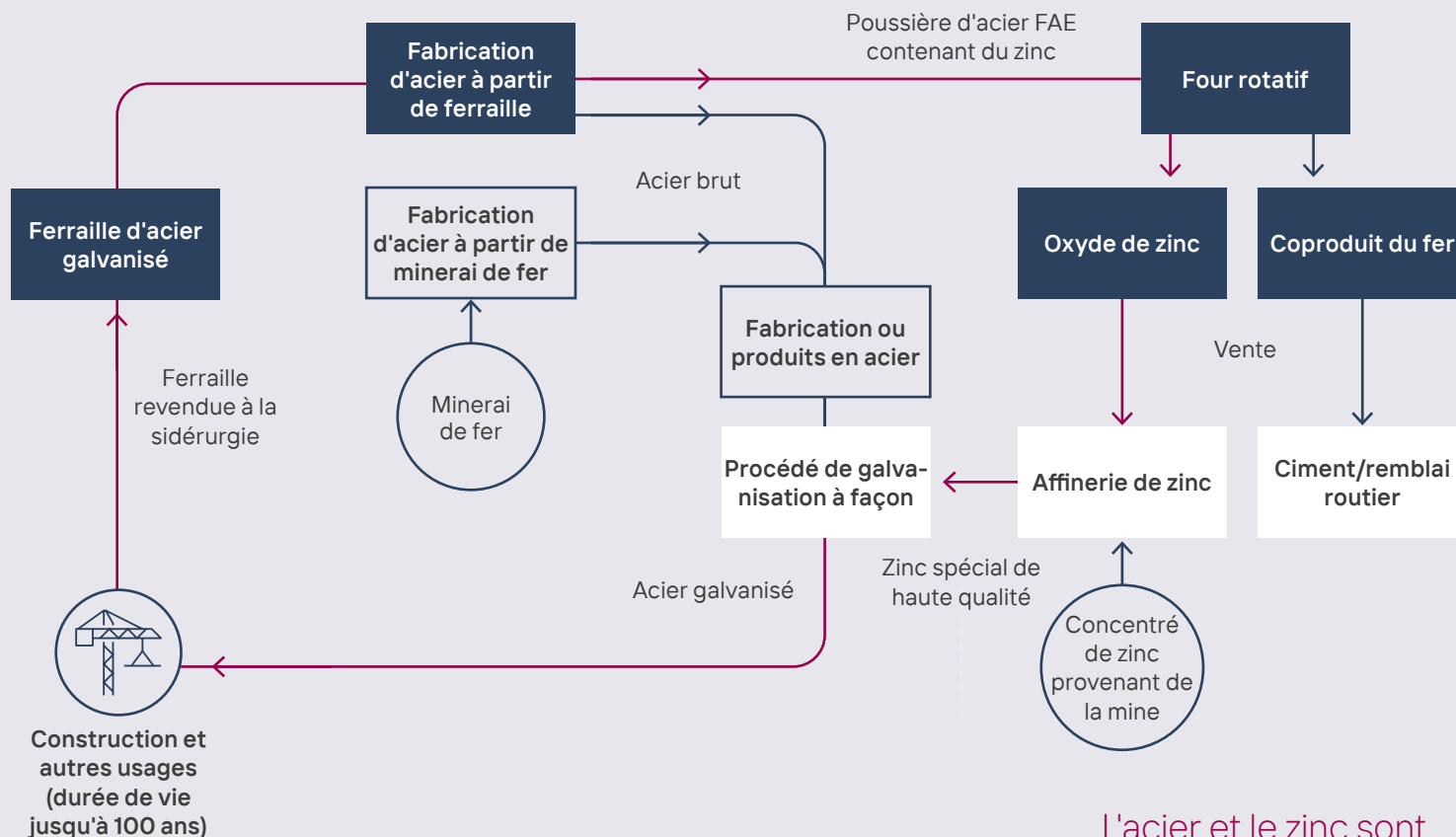
sombres et absorbe la couleur de l'environnement", explique Bart Cilissen.

Les architectes ont recherché des solutions préfabriquées dans la mesure du possible. L'acier galvanisé a été assemblé à la manière d'un meccano, le sol et les façades sont composés d'éléments de charpente en bois et le plafond est constitué de profils perforés.

Un autre objectif était de construire le bâtiment le plus léger possible. Construire sur une décharge était un défi particulier. Les déchets se trouvant en dessous sont recouverts d'un film qui ne peut être endommagé, il était donc hors de question d'utiliser des fondations lourdes.



Récupération du zinc de l'acier galvanisé, sans perte de propriétés, après plusieurs décennies de service.



L'acier et le zinc sont recyclés ensemble et facilement séparés

RECYCLAGE DU ZINC SUR L'ACIER GALVANISÉ EN FIN DE VIE

En fin de vie - et si la réutilisation n'est pas possible - l'acier galvanisé peut être recyclé facilement avec d'autres ferrailles dans le processus de production d'acier par four à arc électrique (FAE). Tout le zinc restant du revêtement se volatilise au début du processus de recyclage de l'acier et est recueilli dans la poussière du four électrique à arc, qui est ensuite recyclée dans des installations spécialisées et retourne souvent à la production de zinc raffiné.

Depuis le début des années 1980, un procédé bien établi de four rotatif est utilisé pour traiter les poussières de FAE qui contiennent du zinc et d'autres éléments précieux. Un pourcentage impressionnant de 98 % des poussières de FAE produites par les sidérurgistes européens est recyclé¹¹. Ce procédé est la méthode la plus couramment appliquée pour recycler ces poussières, mais divers autres procédés innovants ont également vu le jour, notamment le four à sole rotative, le four à sole multiple et le four à sole basse. Le four rotatif a été conçu à l'origine pour le traitement des résidus de lixiviation lors de la production de zinc primaire et les poussières de FAE présentent des caractéristiques assez similaires à ces résidus, ce qui rend la technologie relativement facile à adapter au recyclage. Le premier four utilisé pour le recyclage des poussières de FAE a vu le jour à Duisburg, en Allemagne, au début des années 1980.

La teneur en zinc de ces poussières est un facteur clé de leur récupération. L'utilisation accrue du zinc pour les revêtements sur l'acier, en particulier dans le secteur automobile, a augmenté la teneur en zinc des poussières de FAE à des niveaux qui rendent leur récupération économiquement intéressante. En général, des teneurs en zinc supérieures à 15% dans les poussières de FAE rendent la récupération économiquement viable et la plupart des poussières se situent à ce niveau.

Le principal produit du recyclage des poussières de FAE par le procédé de four rotatif est l'oxyde de zinc. Celui-ci est vendu à une raffinerie de zinc primaire où il remplace les concentrés de zinc extraits des mines. La raffinerie de zinc produit alors les mêmes lingots de zinc (ou d'autres produits de zinc de haute pureté) qui peuvent être utilisés directement dans le procédé de galvanisation. Cette boucle peut se poursuivre à l'infini et il n'y a aucune perte de qualité du zinc qui suit cette voie.



HOUSE D6 (LA MAISON D6) – LOGEMENT DURABLE ET REVERSIBLE



Réemployer



À gauche

Tous les assemblages sont conçus de manière réversible pour faciliter la déconstruction future

Le concept de cette maison située dans la région d'Oberberg, en Allemagne, était de construire une maison familiale durable, qui intègre le paysage environnant dans l'espace de vie et crée des espaces extérieurs couverts pour les jours d'été pluvieux fréquents dans la région. Le bâtiment suit le concept traditionnel de la longère : les pièces principales occupent toute la largeur et sont alignées dans le sens de la longueur.

Le salon situé au milieu du bâtiment s'élève jusqu'au toit et constitue la pièce commune centrale, à partir de laquelle on accède aux chambres, aux salles de bains et à la chambre principale de l'étage supérieur. Une passerelle en acier galvanisé avec un caillebotis translucide relie les deux unités indépendantes et mène à la galerie commune dans la salle de séjour à deux niveaux. La construction élancée en acier et l'ossature en bois sont reliées de manière réversible en tout point.

Les poutres principales en acier galvanisé sont boulonnées aux poteaux et supportent les plafonds aux poutres de bois élancées. C'est la

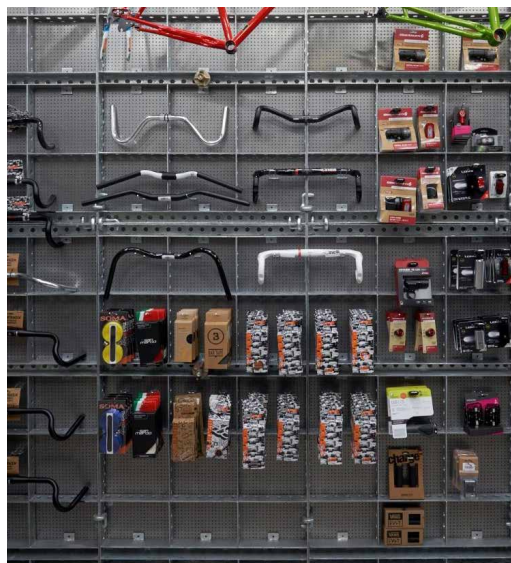
garantie que le bâtiment peut être déconstruit et la structure en acier galvanisé réutilisable. Les poutres restent visibles et créent une atmosphère chaleureuse. Le travail d'Aretz Dürr Architektur est une architecture qui se concentre sur le minimum essentiel pour le meilleur résultat possible. Le bâtiment a été élu "Maison de l'année 2020" en Allemagne.



PENSER À L'AVENIR – USAGE DÉTOURNÉ DE PIÈCES EN ACIER GALVANISÉ

Les composants en acier galvanisé sont des solutions standards dans un large éventail d'applications. Dans cet exemple innovant, BeL - Sozietät für Architektur a anticipé une nouvelle phase d'utilisation viable en sélectionnant des composants d'un système de coffrage modulaire en acier galvanisé habituellement utilisés pour la construction béton.

L'adaptation originale de ce système de coffrage en acier galvanisé aux installations, aux accessoires, aux étagères et aux cloisons de séparation de ce magasin de cyclo-cross à Cologne garantit la possibilité de réutiliser ces éléments lorsque le magasin n'en aura plus besoin. Ceux-ci auront certainement une valeur intéressante à l'avenir et créent aujourd'hui une toile de fond solide et créative pour le magasin.



Retransformer



Réemployer

Les éléments de construction standards en acier galvanisé utilisés comme accessoires de magasin peuvent ensuite être réutilisés pour l'usage auquel ils sont destinés initialement

À l'extrême gauche
Magasin de cycles Staub & Teer, Cologne

À gauche
Présentation en rayon d'éléments de coffrage standardisés prêts à être réutilisés ultérieurement

RÉDUIRE LE BILAN CARBONE EN ÉVITANT LA MAINTENANCE

Le manque d'attention portée à une protection optimale contre la corrosion peut laisser un héritage économique préjudiciable sous la forme de coûts d'entretien répétés, susceptibles d'augmenter considérablement l'empreinte carbone des bâtiments et des infrastructures sur leur cycle de vie.

La capacité de la galvanisation à optimiser la durabilité des structures et des composants en acier présente d'importants avantages environnementaux, économiques et sociaux.

Les remises en peinture répétées des structures en acier entraînent des coûts économiques et environnementaux élevés. Ces charges peuvent être considérablement réduites par un investissement initial dans une protection à long terme.

La galvanisation assure une durabilité à long terme pour une charge environnementale relativement faible en termes d'énergie et autres impacts pertinents à l'échelle mondiale. C'est d'autant plus vrai si on la compare à la valeur énergétique de l'acier qu'elle protège.

Que ce soit en réduisant les opérations de maintenance ou en évitant le remplacement prématuré des produits en acier, la galvanisation permet de réduire le bilan carbone de la construction.

Une étude réalisée par le Département des Systèmes de Technologie Environnementale de l'Institut de Technologie de Protection de l'Environnement (Université Technique de Berlin) a comparé un revêtement de peinture (EN ISO 12944) et une galvanisation à chaud (EN ISO 1461) dans le cadre d'une analyse du cycle de vie¹² d'un parking en acier.

L'unité fonctionnelle - la quantité de référence utilisée pour la comparaison - est au cœur des comparaisons ACV. Une comparaison objective ne peut être effectuée sans variables de comparaison identiques.

La manière dont ces valeurs ont été définies dans l'étude est la suivante : les deux systèmes devaient fournir une protection anticorrosion pour une structure en acier dont la durée d'utilisation prévue était de 60 ans, dans une application de type parking à étages avec une surface d'acier de 20 m²/t. Il était admis que la structure était exposée dans un environnement extérieur, à un niveau moyen de corrosion (catégorie de corrosion C3 de la norme ISO 9223).

Le système de galvanisation à chaud est un traitement anticorrosion appliqué en une fois, par immersion dans du zinc en fusion. Avec une épaisseur de revêtement de galvanisation, pour cet exemple d'application, de 100 µm et une vitesse de corrosion moyenne pour la catégorie C3 de 1 µm/an, la durabilité calculée

dépasse largement le postulat des 60 ans initialement requis.

Pour garantir une protection contre la corrosion pendant 60 ans grâce au système de revêtement par peinture, les composants sont d'abord décapés par abrasion pour éliminer toute trace de rouille. Ils sont ensuite peints en usine avec une application de trois couches d'une épaisseur totale de 240 µm. Des opérations de maintenance sur site sont ensuite nécessaires après 20 et 40 ans, impliquant un nettoyage partiel et un renouvellement du revêtement.

Un résumé des deux systèmes est présenté dans la figure ci-contre.

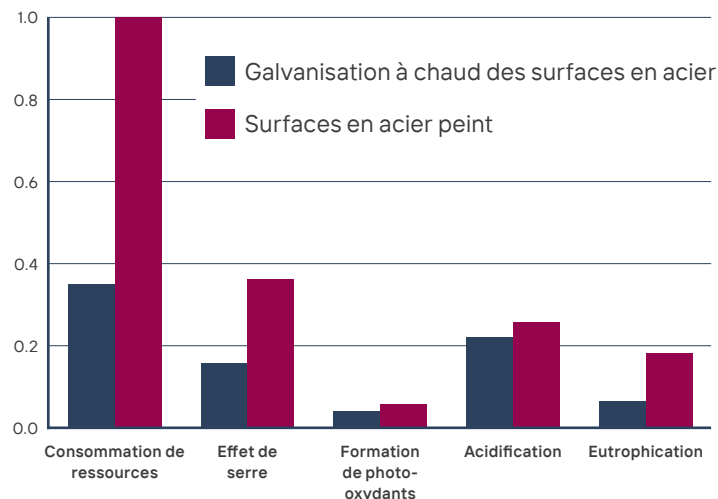
Les résultats sont représentés par cinq catégories d'impact environnemental différentes. Le diagramme à barres montre ces impacts environnementaux. Les résultats sont normalisés par rapport au facteur contributif le plus important (consommation de ressources).

Les facteurs contributifs pour le système de galvanisation à chaud sont plus faibles dans toutes les catégories d'impact que pour le système de peinture. Dans plusieurs catégories d'impact, les différences sont marquées. Par rapport à la peinture, le score de la galvanisation à chaud dans la catégorie de l'eutrophisation n'est que de 18%, dans la catégorie de la consommation des ressources il n'est que de 32%, et par rapport à l'effet de serre il n'est que de 38%. La galvanisation à chaud se distingue par une moindre consommation de ressources et une moindre pollution tout au long de sa durée de vie.

L'étude montre que l'analyse du cycle de vie est une méthode significative de comparaison écologique des produits. Elle relève des différences marquées entre deux systèmes établis de prévention de la corrosion pour les structures en acier. Le système de galvanisation à chaud présente un impact environnemental plus faible qu'un système de peinture pour une structure en acier ayant une longue durée de vie.

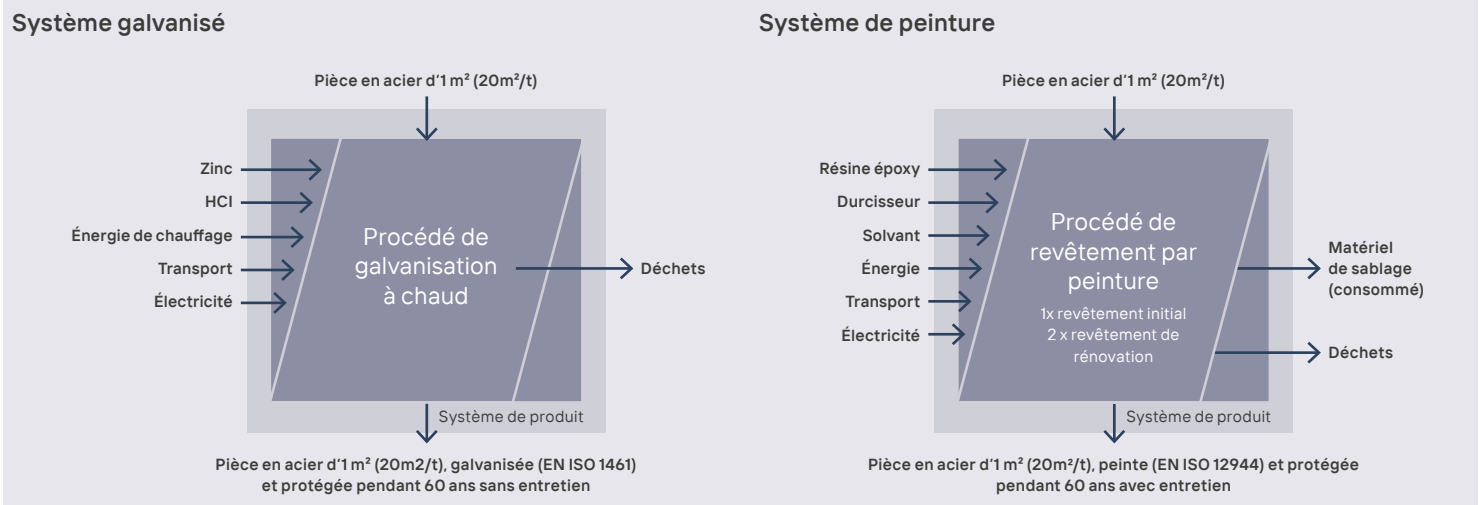
La longue durée de vie et l'absence d'entretien, des avantages bien connus de la galvanisation à chaud, sont source de bénéfices environnementaux. Le tableau ci-contre montre dans cet exemple une économie d'émission de 57 tonnes de CO₂ en regard des 60 années de durée de vie du parking.

Comparaison pour un parking en structure acier sur une durée de vie de 60 ans : résultats de l'ACV normalisés par rapport au facteur contributif le plus élevé.



Comparaison pour un parking à ossature acier sur une durée de vie de 60 ans : émissions de CO₂

Durée de vie (années)	Structure en acier galvanisé à chaud (kg d'équivalent CO ₂)	Structure en acier peint (kg d'équivalent CO ₂)	Économie grâce à la galvanisation à chaud (kg d'équivalent CO ₂)
60	41,500	98,600	57,100
40	41,500	71,600	30,100
20	41,500	60,500	19,000



Les parties supérieures de la Tour Eiffel sont peintes tous les 5 ans et les parties inférieures tous les 10 ans



Chaque campagne de peinture nécessite 60 tonnes de peinture, et 15 à 20 tonnes de peinture sont érodées entre chaque campagne



L'enlèvement de toute la peinture existante avant de repeindre ne peut se faire sans de longues périodes de fermeture du monument



Chaque campagne ajoute ~40 tonnes de peinture, ce qui a déjà alourdi la structure de 700 tonnes par rapport à sa conception initiale



25 peintres et 1 500 tenues de travail, 1 000 paires de gants en cuir utilisées



Requiert 50 km de câbles «lignes de vie», 8 000 m² de filets de sécurité, 1 500 pinceaux et 5 000 disques abrasifs



4 millions d'euros pour la remise en peinture la plus récente

LA TOUR EIFFEL – L'ENTRETIEN EN HÉRITAGE



Construite en 1889, la ferronnerie de la Tour Eiffel a été repeinte 19 fois

Lorsque Gustave Eiffel a construit sa célèbre tour en 1889 pour l'Exposition Universelle et les célébrations du centenaire de la Révolution française, il s'agissait d'une structure temporaire. Il était loin de se douter qu'elle resterait, plus de 130 ans plus tard, le monument le plus emblématique de Paris.

Mais cette longévité a un prix. La structure en fer de la tour Eiffel a été repeinte 19 fois et un cycle de peinture d'entretien dure 18 mois, pour un coût de 4 millions d'euros¹³. Le coût de la remise en peinture est estimé à environ 14 % du coût de construction actuel de la tour.

Mais ce sont les coûts en ressources, les risques pour la sécurité des travailleurs et les conséquences structurelles de cette peinture répétée qui passent inaperçus aux yeux des millions de touristes qui visitent cette structure emblématique. Avec ~40 tonnes de peinture résiduelle ajoutée à la structure à chaque nouvelle mise en peinture, les conséquences structurelles de cette masse supplémentaire devront être résolues à terme.

Lors des récents programmes de peinture, il a été nécessaire de commencer à retirer les 19 couches de peinture précédentes de certaines zones de la tour afin de préserver son intégrité structurelle.

Une leçon pour les structures d'aujourd'hui qui sont bien trop souvent construites sans tenir compte de la durabilité et de la nécessité d'éviter l'entretien.

DURABILITÉ DU CYCLE DE VIE DES STRUCTURES EN ACIER GALVANISÉ

L'utilisation d'acier galvanisé pour les structures permet de réduire drastiquement les coûts du cycle de vie et les impacts environnementaux.

Ces avantages ont été quantifiés dans une étude de l'Institut Fédéral de Recherche sur les Autoroutes (BAST) en Allemagne, qui a conclu que les ponts galvanisés sont nettement plus économiques et plus avantageux pour l'environnement que les ponts peints, en considérant l'ensemble du cycle de vie de la structure¹⁴.

L'étude, réalisée par l'Université de Stuttgart et l'Institut Technologique de Karlsruhe, s'est intéressée à un pont d'une portée de 45 mètres, typique des viaducs d'autoroute. La durée de vie prévue était de 100 ans. Au cours de cette période, le pont peint ferait l'objet d'une remise en peinture complète à au moins deux reprises. Le pont en acier galvanisé ne nécessiterait quant à lui aucun entretien.

L'un des résultats surprenants de cette étude est la réduction très importante des coûts

indirects qui surviennent normalement lorsque des activités d'entretien approfondi sont nécessaires. Ces avantages en termes de coûts indirects sont encore plus importants que la réduction des coûts directs de maintenance sur le cycle de vie.

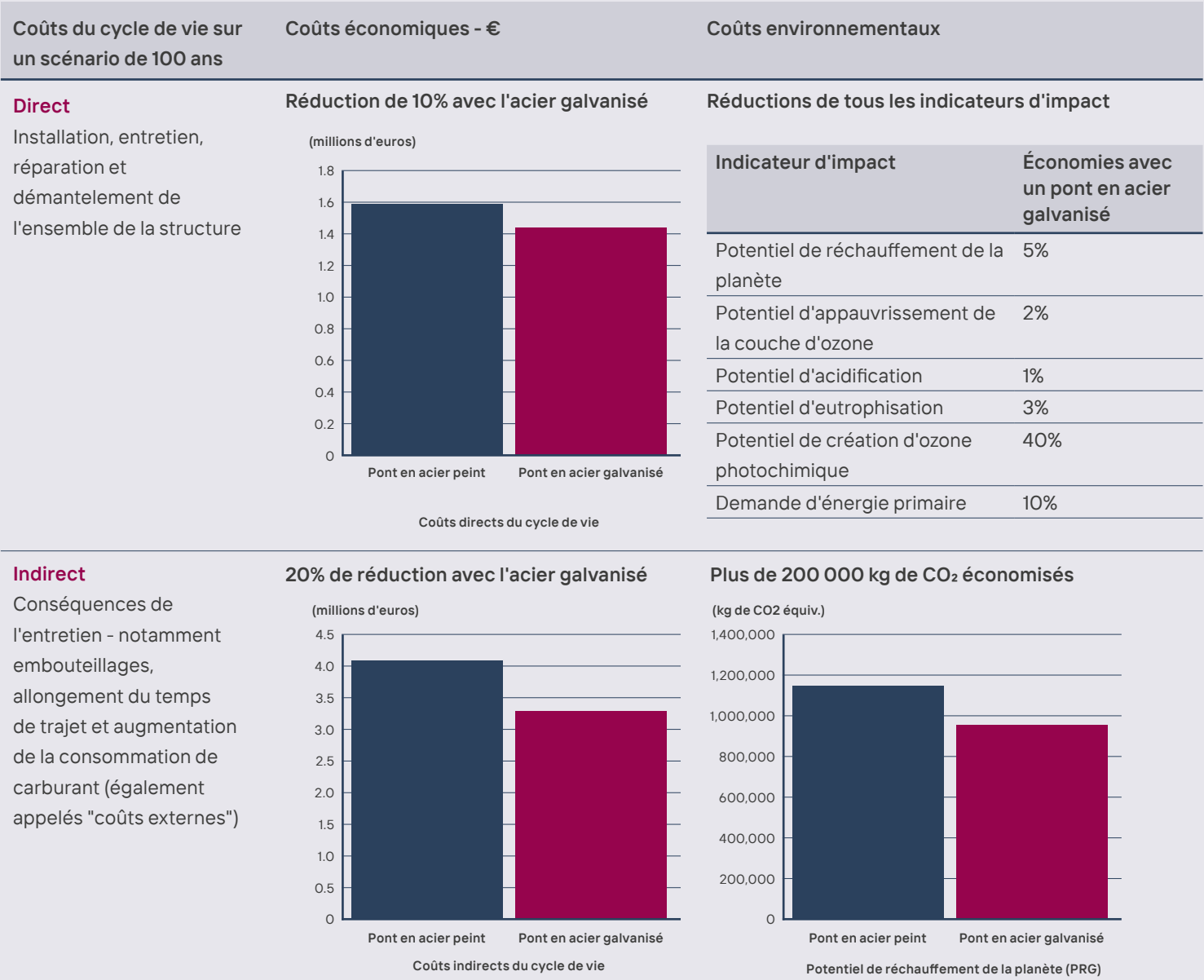
Les avantages de la durabilité du cycle de vie de l'acier galvanisé ont été démontrés dans des études similaires. De plus, une évaluation comparative faite par Rossi et al¹⁵ a montré que les avantages du coût du cycle de vie de la galvanisation sont obtenus même avec des durées de vie plus courtes de la structure.

Ci-dessous

Pont galvanisé sur la Rur, Monschau, Allemagne



Résumé de l'étude BAST sur la durabilité du cycle de vie des ponts en acier



PONT LYDLINCH - CONSTRUIT EN 1942 ET EN TRÈS BON ÉTAT



Retransformer

Dès 1942, le ministère de la Défense envisage les grandes lignes du plan de débarquement (Jour J). Le lieu et la date du débarquement sont top secrets, mais la rapidité du mouvement de la force d'invasion vers les ports de la côte sud est un facteur commun à toutes les options.

L'une de ces routes, l'A357 qui traverse le Dorset, devait être améliorée à Lydlinch. Le pittoresque pont de pierre étroit qui enjambe la rivière Lyden ne résisterait pas au poids des chars d'assaut. En 1942, les ingénieurs de l'armée canadienne ont érigé sur la base du système Callender-Hamilton un pont temporaire en acier galvanisé, à côté de l'ancienne structure. Les chars d'assaut et l'équipement lourd ont été détournés sur le pont galvanisé et ainsi fait route vers l'Europe continentale.

Le pont n'était pas destiné à être une structure permanente mais il est resté en service après être passé sous le contrôle du conseil du comté de Dorset. Depuis, il supporte le trafic routier en direction de l'est du pays.

Par rapport à sa conception d'origine, le pont n'a subi que des modifications mineures depuis sa construction. Des réparations du tablier en bois ont été effectuées en 1985 et 2009. Les seuls travaux d'importance structurelle ont consisté à renforcer le pont en 1996 pour lui permettre de se conformer aux nouvelles normes et de pouvoir supporter des camions de 40 tonnes.

À l'époque, Ted Taylor, ingénieur en chef responsable des ponts du Dorset, avait déclaré : "Nous n'avons eu aucun mal à faire en sorte que ce "pont temporaire" soit mis en conformité avec les nouvelles normes, car le pont était dans un état remarquable".

Le renforcement a consisté à boulonner des sections en "T" aux poutres transversales existantes du pont et à ajouter quelques poutres longitudinales, mais les deux fermes principales sont restées telles qu'elles étaient en 1942. Sur quelques sections où beaucoup de coupes et de réajustements de la conception avaient eu lieu, les sections ont été regalvanisées.



Le pont a été inspecté en 2014 et était en très bon état.

Les composants inspectés comprenaient les diagonales des fermes principales, les plaques d'assemblage et certaines têtes de boulons. Les épaisseurs moyennes de revêtement sur les diagonales des fermes variaient de $126\mu\text{m}$ à $167\mu\text{m}$. Sur les plaques, les épaisseurs moyennes étaient de $131\mu\text{m}$ à $136\mu\text{m}$. Sur les têtes de boulons, l'épaisseur moyenne du revêtement de galvanisation variait de $55\mu\text{m}$ à $91\mu\text{m}$.

Le pont Callender-Hamilton de Lydlinch, qui était au départ une structure temporaire, est toujours en bon état 78 ans après sa construction et devrait avoir une durée de vie bien supérieure à 100 ans.



BATIMENT DES CHEMINS DE FER EN BAVIÈRE - 120 ANS D'EXISTENCE ET TOUJOURS D'ACTUALITÉ

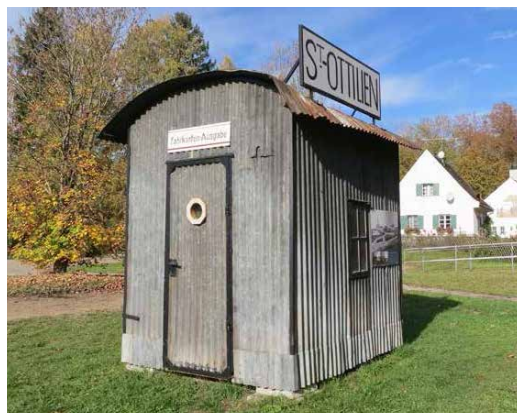


En juin 1898, les Chemins de Fer Royaux Bavaoais ont mis en service le tronçon du chemin de fer d'Ammersee de Mering à Schondorf, ainsi que la gare de St. Ottilien. Le bâtiment de la gare résidait en une petite cabane en tôle ondulée galvanisée à chaud, qui servait à la fois de guichet et de salle du personnel.

Avec la construction d'un nouveau bâtiment de la gare en 1914, la cabane est devenue en grande partie obsolète et a été abandonnée en 1925. Entourée de broussailles au bord d'une prairie, elle a servi d'abri à une pompe à eau

jusque dans les années 80. En 2001, la cabane a été restaurée par les moines de l'abbaye de Saint Ottilien. La restauration a consisté principalement à nettoyer les tôles, et la cabane est maintenant réinstallée à la gare de St. Ottilien, non loin du quai.

Après 120 ans de service, la majorité des tôles ondulées galvanisées à chaud sont encore largement intactes - ce qui constitue une preuve incontestable de la longévité et de la polyvalence de l'acier galvanisé dans la construction.



À gauche

Lors de l'inspection de 2016, de nombreuses tôles d'acier galvanisé présentaient encore leur "fleurage" typique et l'épaisseur du revêtement était mesurée à plus de 90 microns

COMMENT LA GALVANISATION PROTÈGE L'ACIER



En haut

L'immersion dans le zinc en fusion permet un recouvrement complet de la pièce par le revêtement de galvanisation

Au-dessous

Poutres de pont galvanisées en attente d'expédition

La galvanisation à façon selon la norme EN ISO 1461 est un système de protection contre la corrosion de l'acier, dans lequel l'acier est recouvert de zinc pour l'empêcher de rouiller. Il s'agit d'un procédé simple mais très efficace dans lequel des composants en fer ou en acier nettoyés sont plongés dans du zinc en fusion (dont la température avoisine généralement 450°C). Une série de couches d'alliages fer-zinc est formée par une réaction métallurgique entre le fer et le zinc, créant ainsi un lien solide entre l'acier et sa « peau » protectrice.

Le temps d'immersion standard est d'environ quatre à cinq minutes, mais il peut être plus long pour les pièces plus importantes ou lorsque le zinc doit pénétrer dans les corps creux. Lors du retrait du bain de galvanisation, une couche de zinc fondu est déposée sur la couche d'alliages. Souvent, cette couche, en refroidissant, présente l'aspect brillant et lumineux généralement associé aux produits en acier galvanisé.

En réalité, il n'y a pas de démarcation entre l'acier et le zinc, mais une transition progressive

à travers la série de couches d'alliage qui assurent la liaison métallurgique. Les conditions dans l'usine de galvanisation, telles que la température, l'humidité et la qualité de l'air, n'affectent pas la qualité du revêtement de galvanisation.

L'une des caractéristiques les plus importantes du zinc est sa capacité à protéger l'acier contre la corrosion. La vie et la durabilité de l'acier sont grandement améliorées lorsqu'il est revêtu de zinc. Aucun autre matériau ne peut assurer une protection aussi efficace et rentable de l'acier.

S'il n'est pas protégé, l'acier se corrode dans presque tous les environnements. Les revêtements de galvanisation arrêtent la corrosion de l'acier de deux manières : en formant une barrière physique et une protection électrochimique. Le revêtement constitue une barrière métallique continue et imperméable qui empêche l'humidité et l'oxygène d'atteindre l'acier. Le revêtement réagit avec l'atmosphère pour former une patine compacte et adhérente qui est insoluble dans l'eau de pluie.

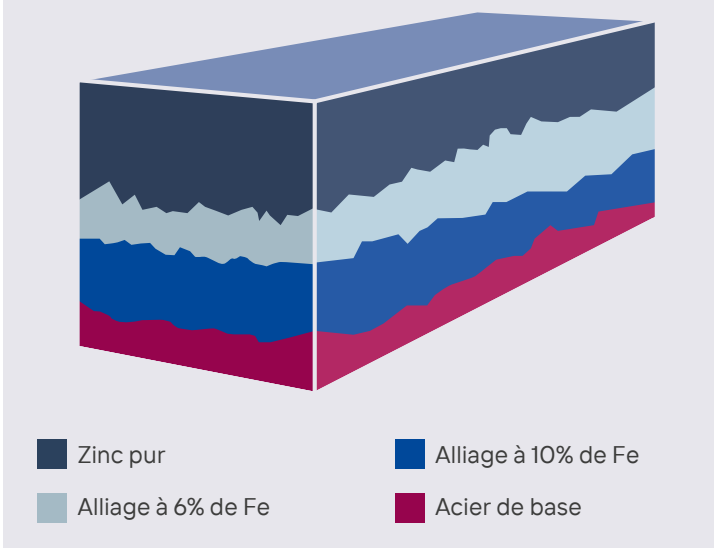
Les épaisseurs de revêtement types peuvent aller de 45µm à plus de 200µm. Des recherches menées depuis de nombreuses années ont montré que la durée de vie de cette barrière de protection est proportionnelle à l'épaisseur du revêtement de zinc. En d'autres termes, doubler l'épaisseur du revêtement double sa durée de vie.

Le zinc assure également une protection galvanique de l'acier. Lorsque l'acier nu est exposé à l'humidité, par exemple à un endroit endommagé, une cellule galvanique se forme. Le zinc autour du point endommagé se corrode de préférence à l'acier et forme des produits de corrosion qui précipitent sur la surface de l'acier et la protègent. Il n'y a pas de corrosion latérale aux points d'endommagement.

La dureté des couches d'alliages est souvent nettement supérieure à celle de l'acier sous-jacent. La galvanisation offre donc une protection unique contre les influences mécaniques. La galvanisation à chaud est 20 fois plus dure, 10 fois plus résistante à l'abrasion, 8 fois plus résistante aux chocs et possède une force d'adhérence jusqu'à 4 fois supérieure à celle d'un système de peinture type¹⁷. Les composants en acier peuvent rouiller sur leurs bords lorsqu'ils sont peints ou fabriqués à partir de tôles d'acier qui ont été revêtues avant d'être coupées ou formées. Ce n'est pas le cas de l'acier galvanisé à façon. La galvanisation à chaud offre une couverture complète et une protection optimale des bords, car le revêtement s'épaissit normalement aux coins et aux bords.

La galvanisation offre une excellente résistance chimique et thermique. Un facteur important influençant le comportement à la corrosion des revêtements de zinc dans les liquides est la valeur du pH. Les revêtements de zinc présentent un comportement stable dans les solutions dont le pH est supérieur à 5,5 et inférieur

Coupe schématique d'un revêtement typique de galvanisation à chaud



à 12,5. Dans cette plage, une couche protectrice se forme à la surface du zinc, de sorte que la vitesse de corrosion est très faible. La résistance thermique est également excellente. Les structures en acier galvanisé à chaud, comme les remontées mécaniques, dans les régions alpines et dans les stations de recherche de l'Antarctique, sont des exemples de performances extrêmes à basse température.

En plongeant l'acier dans du zinc en fusion, même les zones inaccessibles sont protégées contre la corrosion. La galvanisation à chaud protège les profilés creux à l'intérieur comme à l'extérieur.

La galvanisation à chaud améliore également la résistance au feu de certaines structures en acier¹⁸. Cette amélioration de la

résistance au feu est basée sur l'émissivité réduite des surfaces en acier galvanisé à chaud par rapport aux surfaces en acier brut. L'émissivité est une mesure de la quantité de rayonnement thermique qu'un matériau échange avec son environnement. En particulier dans la phase initiale d'un incendie, un faible niveau d'émissivité entraîne un retard important dans le réchauffement

des composants. Cet effet, combiné à d'autres aspects de l'ingénierie incendie, permet souvent d'atteindre la durée de résistance au feu requise et d'éviter le surdimensionnement des poutres et des poteaux en acier ou d'autres méthodes de protection contre l'incendie qui consomment de l'énergie et des ressources.





OPÉRA DE GARSINGTON - PAVILLON DÉMONTABLE



Ci-dessus

L'acier galvanisé facilite la construction et la déconstruction annuelles du pavillon

Le pavillon de l'opéra accueille des spectacles tout au long de l'été

Le déménagement du Garsington Opera à Wormsley, luxuriant domaine pastoral anglais situé entre Londres et Oxford, a permis d'améliorer considérablement ses installations, conformément aux attentes des amateurs d'opéra du XXI^e siècle. Le nouveau pavillon offre une acoustique superbe et un cadre parfait pour assister à des représentations d'opéra de très grande qualité. Le pavillon d'été de 600 places est conçu pour être démonté chaque année en 3 à 4 semaines et sans laisser aucune trace sur l'environnement, une fois retiré.

Le pavillon a été construit à l'aide de techniques de préfabrication qui permettent de minimiser les déchets de matériaux, de garantir un niveau de qualité de travail constant, de réduire le temps de construction passé sur le site. Elles présentent également l'avantage d'un montage/démontage du bâtiment en acier galvanisé aussi rapide et économique que possible.

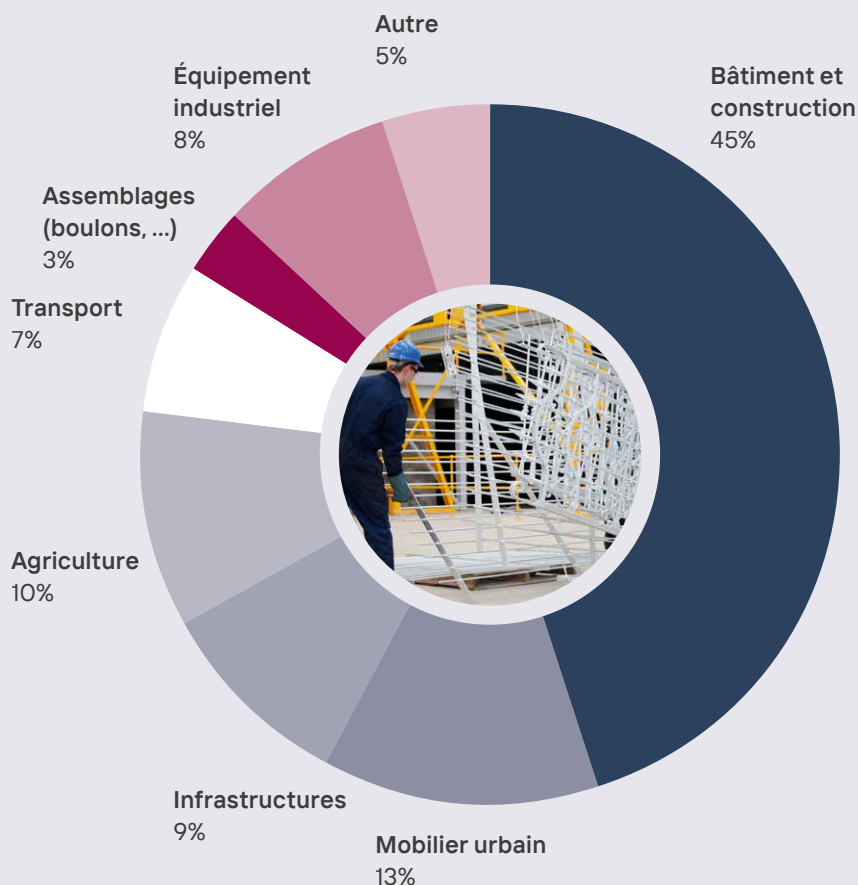
L'ensemble de la structure en acier a été préfabriqué et galvanisé, offrant ainsi une

finition protectrice sans entretien et résistante à la corrosion.

Le revêtement de galvanisation a été choisi pour sa protection à long terme. Garsington dispose en effet d'un bail de 15 ans sur le site et le bâtiment a été conçu pour une durée de vie au moins équivalente. Sa durabilité constitue l'autre aspect clé du choix car le bâtiment est conçu pour être installé et démonté chaque année. Les aspects environnementaux à long terme d'un revêtement sans entretien étaient également d'une importance capitale pour l'équipe de conception.

Des recherches innovantes en matière d'acoustique ont facilité l'utilisation d'une construction légère en acier galvanisé et tissu, qui n'est habituellement pas associée à la construction d'un auditorium - le tout pouvant être monté et démonté à plusieurs reprises sans que les composants soient endommagés.

La galvanisation à façon, selon la norme EN ISO 1461, est largement utilisée dans les secteurs de la construction, des infrastructures et de l'industrie



Source: EGGA

1836

Premiers brevets industriels
pour le procédé de galvanisation

~22,500

Personnes employées
directement

8 millions

De tonnes de produits
sidérurgiques protégés par an

700

Usines de galvanisation
galvanisant localement dans toute
l'Europe



Principalement des PME ou des
entreprises de taille moyenne
fournissant des emplois locaux et
une valeur sociale



Peut être appliquée sur tout,
des petites fixations aux poutres
structurelles de plus de 20 mètres
de long

L'INDUSTRIE DE LA GALVANISATION

L'industrie européenne de la galvanisation à façon est répartie sur tout le continent, ce qui garantit aux industriels et aux constructeurs de disposer d'une offre de galvanisation localement. L'acier ne parcourt pas de grandes distances vers une usine de galvanisation. La situation de proximité réduit au maximum les coûts de transport et l'impact sur l'environnement.

Chaque usine est configurée pour répondre à la demande de certaines applications et à la demande locale. Les petites usines se spécialisent dans les composants légers, tandis que les charpentes métalliques plus importantes sont traitées par des usines de plus grande taille. Cette évolution naturelle de l'industrie a créé un secteur hautement efficace et compétitif.

La galvanisation est utilisée dans une grande variété d'applications. Bien que la construction génère la plus forte demande, il existe d'importantes utilisations de l'acier galvanisé à façon dans les énergies renouvelables, les

transports, l'agriculture, les services publics et toute une série d'applications d'ingénierie industrielle. Lorsque l'acier est utilisé, la galvanisation suit.

La majorité des entreprises du secteur de la galvanisation sont des PME ou des entreprises de taille moyenne qui sont très souvent des entreprises familiales de longue date.

Les usines jouent un rôle important dans l'emploi local et le développement économique de leurs régions. On estime que l'industrie européenne de la galvanisation à façon emploie environ 22 500 personnes et a une valeur économique de 3 200 millions d'euros.

La galvanisation est toujours effectuée dans une installation industrielle qui maîtrise l'ensemble des étapes du procédé. L'acier entre à une extrémité de l'usine et le produit fini galvanisé sort à l'autre extrémité.

La principale matière première, le zinc, est utilisée très efficacement dans le procédé de galvanisation. L'opération de trempage garantit que tout le zinc qui n'est pas appliqué sur l'acier reste dans le bain de galvanisation. Le zinc qui s'oxyde à la surface du bain (appelé "cendres") est retiré et est facilement recyclé (parfois sur le même site). Les mattes formées au fond du bain sont enlevées périodiquement et ont également une valeur de marché élevée pour le recyclage.

Chauffer le bain de galvanisation nécessite de l'énergie. Elle est généralement fournie par le gaz naturel ou, dans certains cas, par des fours électriques. Si l'industrie de la galvanisation n'est pas considérée comme l'un des secteurs industriels les plus énergivores, elle s'engage fortement dans une gestion plus exemplaire de sa consommation d'énergie. Dans certains pays, l'industrie de la galvanisation a fixé des objectifs d'efficacité énergétique et a encouragé une meilleure gestion de l'énergie et les nouvelles technologies pour atteindre ces objectifs. Voici quelques exemples de ces avancées :

- Introduction de l'énergie solaire pour les besoins énergétiques des usines
- une technologie de brûleur améliorée pour un meilleur rendement énergétique
- des couvercles de bain plus efficaces (utilisés pendant la maintenance et/ou les temps morts)
- utilisation accrue de la chaleur résiduelle pour le chauffage des cuves de prétraitement
- l'énergie électrique pour le transport et le levage sur site

Les émissions au sein de l'usine sont soigneusement contrôlées afin d'éviter tous désagréments potentiels pour les populations

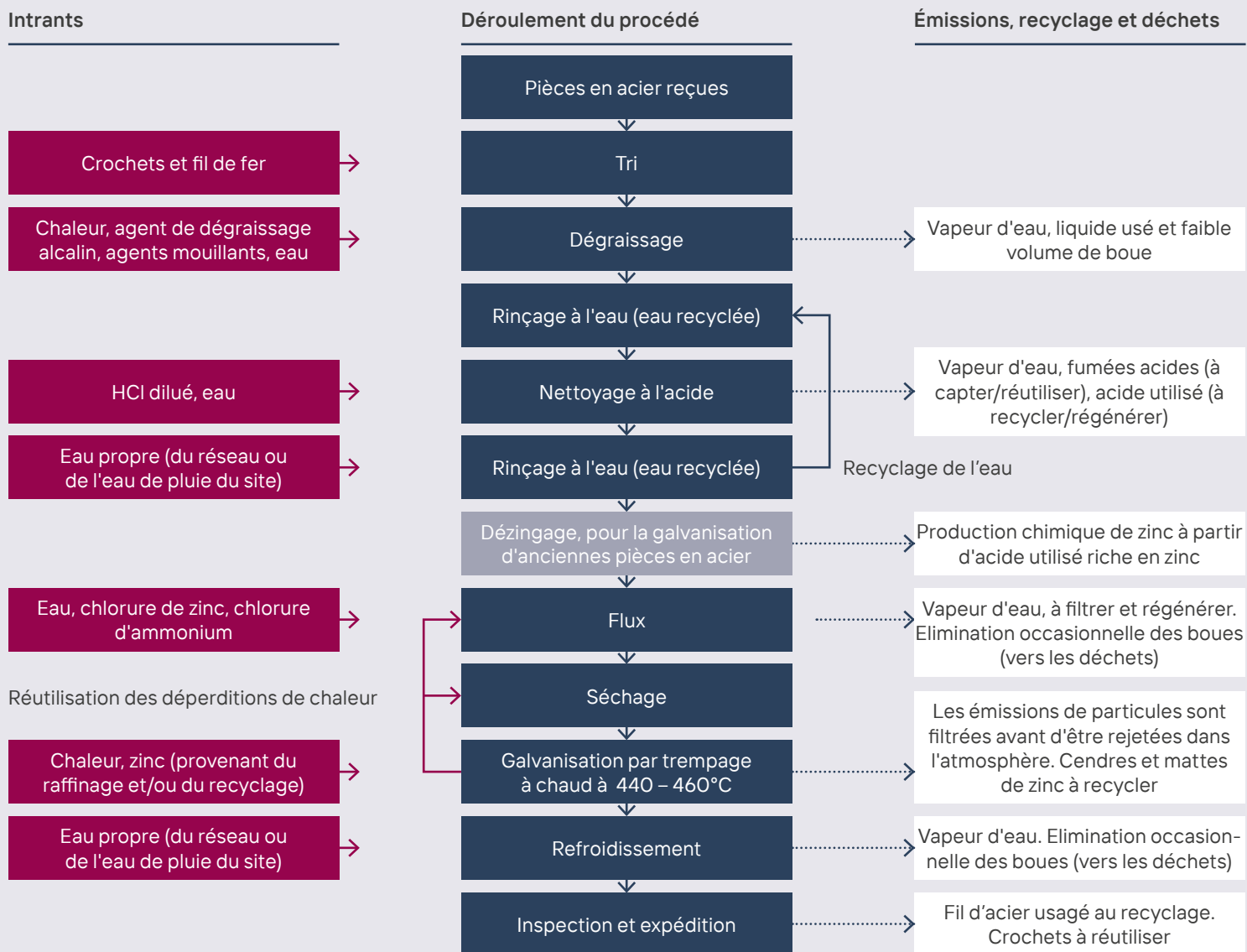
avoisinentes et l'environnement du site. Les usines de galvanisation sont réglementées par la directive européenne sur les émissions industrielles¹⁹ et une note de référence sur les meilleures pratiques (BREF)²⁰ pour la galvanisation à chaud encourage des niveaux de contrôle communs dans toute l'Europe.

Les étapes de prétraitement du procédé visent principalement à nettoyer les pièces en acier. Les consommables du processus, tels que l'acide chlorhydrique et les solutions de flux, ont tous d'importants débouchés de recyclage et/ou de régénération. Par exemple :

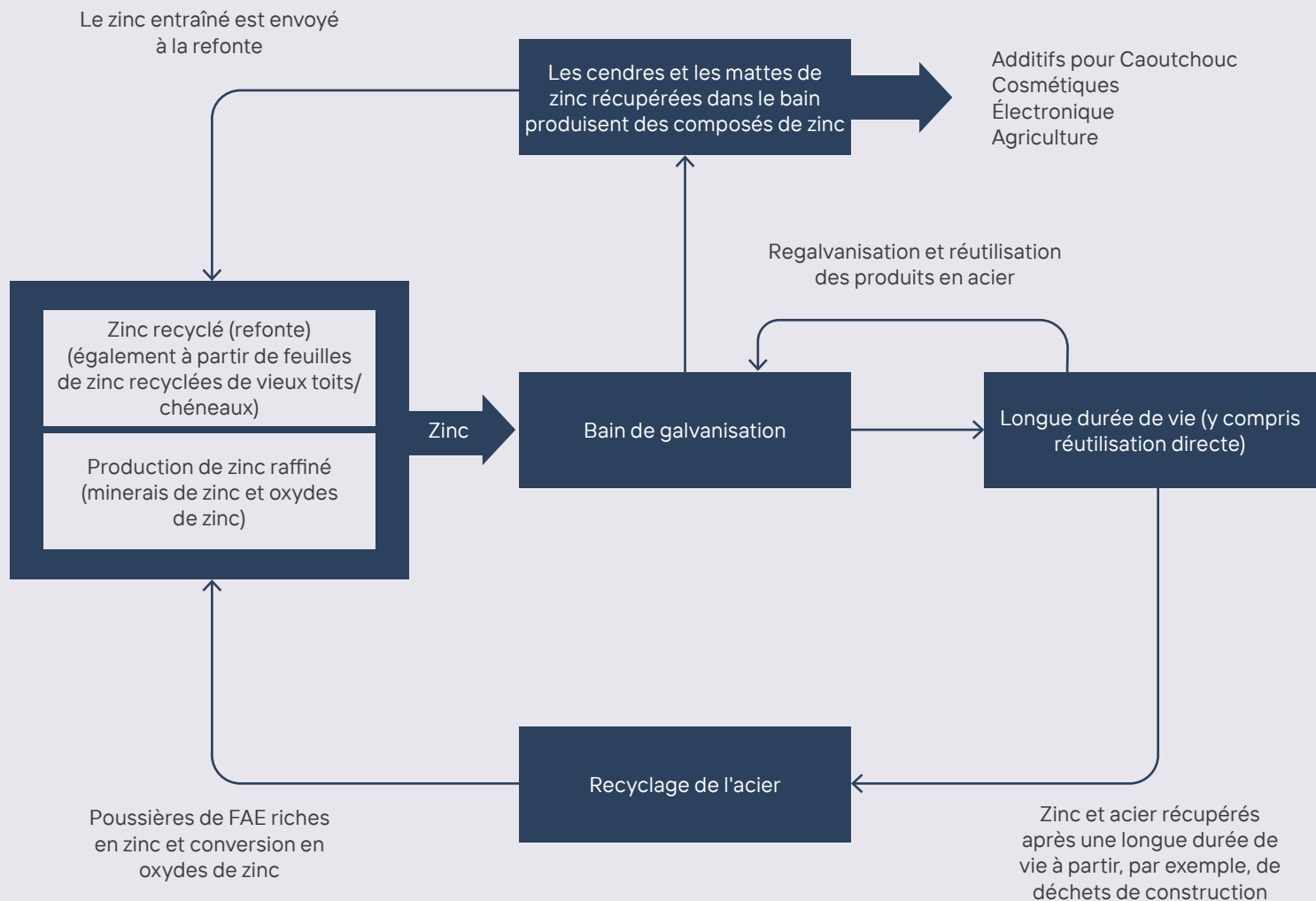
- les solutions d'acide chlorhydrique usagées sont utilisées pour produire du chlorure de fer destiné à être utilisé dans le traitement des eaux usées municipales.
- L'amélioration de la surveillance et de l'entretien des réservoirs de flux signifie que ceux-ci sont rarement mis au rebut et que seuls de petits volumes de boues doivent être éliminés périodiquement. Le recyclage des flux en circuit fermé est utilisé dans de nombreuses usines.
- des dégraissants acides à température ambiante ont été mis au point.

Les usines de galvanisation utilisent des volumes d'eau relativement faibles par rapport aux autres technologies de revêtement. En fait, il est très rare qu'une usine de galvanisation rejette des eaux usées. Toute l'eau utilisée peut être recyclée dans le procédé, et seuls de petits volumes de boues sont envoyés pour traitement à l'extérieur. Certaines usines remplacent déjà dans leur process l'utilisation d'eau potable au profit de l'eau de pluie collectée sur le site grâce à des installations adaptées.

Le procédé de galvanisation : intrants, émissions, déchets et flux de recyclage



Flux de zinc recyclé au cours du procédé de galvanisation et après des décennies de service



Faits concernant le zinc

Le monde est naturellement abondant en zinc et ce métal bénéficie d'un circuit de recyclage mature et économiquement intéressant.



7 millions de tonnes de zinc recyclées chaque année



1 900 millions de tonnes de ressources connues



0,5 million de tonnes de zinc utilisé dans la galvanisation à chaud à façon, protège chaque année 8 millions de tonnes d'acier en Europe



12 millions de tonnes de zinc provenant de la production minière annuelle



L'un des éléments les plus abondants dans la croûte terrestre



19 millions de tonnes de zinc, toutes utilisations confondues, par an

Source:
International Zinc
Association; US
Geological Survey;
EGGA



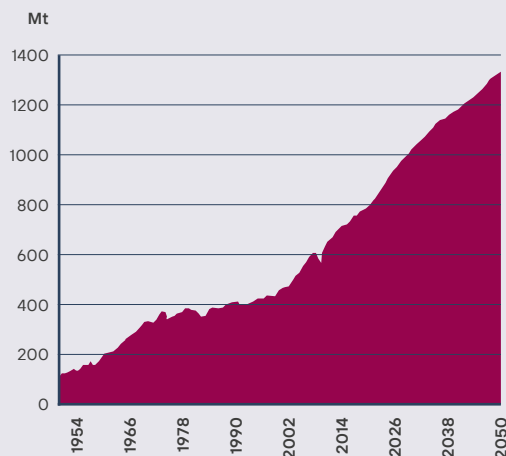
Décarbonation de la production d'acier

Les sidérurgistes se fixent des objectifs ambitieux en matière de réduction des émissions de CO₂ et investissent dans des projets de transformation. La World Steel Association réunit les principaux sidérurgistes du monde et préconise une approche en trois volets, qui non seulement réduira les émissions de CO₂ mais contribuera également à créer un fonctionnement plus durable de l'économie mondiale :

Volet 1 - Réduire l'impact - améliorer l'efficacité opérationnelle - grâce à un processus d'examen de l'efficacité en 4 étapes ("Step Up").



Disponibilité de la ferraille d'acier dans le monde



Maximiser l'utilisation des ferrailles - l'acier est déjà le matériau le plus recyclé au monde et la disponibilité mondiale des ferrailles devrait atteindre un milliard de tonnes d'ici à 2030, ce qui permettra de réduire encore les émissions de CO₂ par tonne d'acier produite.

Une technologie de pointe - pour révolutionner la fabrication de l'acier grâce à l'utilisation de l'hydrogène pour

remplacer les combustibles fossiles, au captage et au stockage du carbone pour éviter les émissions.

Volet 2 - Des produits sidérurgiques de pointe pour permettre la transformation de la société

L'acier contribue énormément à la réduction des émissions dans d'autres secteurs - dans la mobilité, les énergies renouvelables et les bâtiments à énergie zéro.

Volet 3 - Promouvoir l'efficacité matérielle à travers l'économie circulaire

L'industrie sidérurgique travaille avec ses clients pour encourager une approche du cycle de vie complet des produits en acier et de leurs choix de conception et de matériaux.

DÉCLARATION ENVIRONNEMENTALE DE PRODUIT

Les données environnementales relatives à la galvanisation à façon sont disponibles pour les utilisateurs et les décideurs

Les données de l'inventaire du cycle de vie (ICV) constituent un outil essentiel pour l'étude détaillée des incidences environnementales des produits et services sur leur cycle de vie. Cependant, les données de l'ICV ne sont pas faciles à interpréter pour les utilisateurs de produits et il est désormais de plus en plus courant de communiquer les performances environnementales sous le format plus simple d'une déclaration environnementale de produit (DEP).

L'EGGA a développé une étude paneuropéenne sur l'ICV d'un produit moyen en acier galvanisé. Le résultat final de ce travail a fourni un ensemble de données d'inventaire du cycle de vie pour le procédé de galvanisation à façon, basé sur les données soumises par les membres des associations nationales de l'EGGA à partir de leurs propres opérations, conformément à la norme ISO 14040/14044²¹. La consommation moyenne d'énergie, de ressources et l'émission de substances dans l'environnement, résultant d'un ICV d'un échantillon représentatif d'usines opérant au niveau européen, ont été calculées selon les

limites définies du système.

La galvanisation à chaud est une protection contre la corrosion qui peut être fournie par une variété d'opérateurs, qui ne seront pas identifiables au stade de la spécification, par exemple dans les projets de construction. Une DEP "d'entreprise" peut donc être moins utile pour ce type de service de protection contre la corrosion. Dans ce contexte, l'EGGA a chargé la société de conseil italienne Life Cycle Engineering de générer une DEP "sectorielle" pour la galvanisation à chaud des produits en acier.

La DEP est basée sur un échantillon couvrant plus d'un million de tonnes (~19%) de la production de 66 entreprises dans 14 pays pour des usines jugées hautement représentatives de l'industrie européenne²².

Conformément aux règles fournies par le Système International de DEP®:PCR 2011:16 "Corrosion protection of fabricated steel products"²³ l'unité déclarée (l'unité de référence à laquelle les résultats sont

rapportés) est présentée pour 1 an de protection d'une tôle d'acier de 8 mm d'épaisseur, calculée sur la base de la durée de vie de 63 ans prévue par la norme EN ISO 14713-1. Les résultats montrent que les charges environnementales de la galvanisation représentent une très faible proportion du produit global (~5% pour le potentiel de réchauffement global).

Un résumé simplifié des résultats de la DEP (Déclaration Environnementale de Produit) pour les principaux indicateurs d'impact sur l'environnement requis par la RCP (Règle de Catégorie de Produits) est présenté ci-contre. Pour plus de détails sur la DEP complète, consultez le site www.egga.com.

L'industrie de la galvanisation travaille également en étroite collaboration avec l'industrie de la construction métallique au niveau national afin de s'assurer que des données environnementales transparentes et solides sont disponibles pour les produits en acier galvanisé là où elles sont requises:

- En Allemagne, bauforumstahl e.V. et Industrieverband Feuerverzinken e.V. ont coopéré pour publier une DEP "Aciers de construction galvanisés à chaud : profilés laminés ouverts et tôles fortes" conformément aux exigences de l'Institut Bauen und Umwelt e.V.²⁴
- Aux Pays-Bas, Zink Info Benelux a travaillé avec des partenaires de l'industrie sidérurgique pour inclure des données sur l'acier galvanisé dans la base de données nationale Milieu Relevante Product Informatie (MRPI) pour les produits de construction.
- En France, Galvazinc a préparé une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) pour l'acier galvanisé.

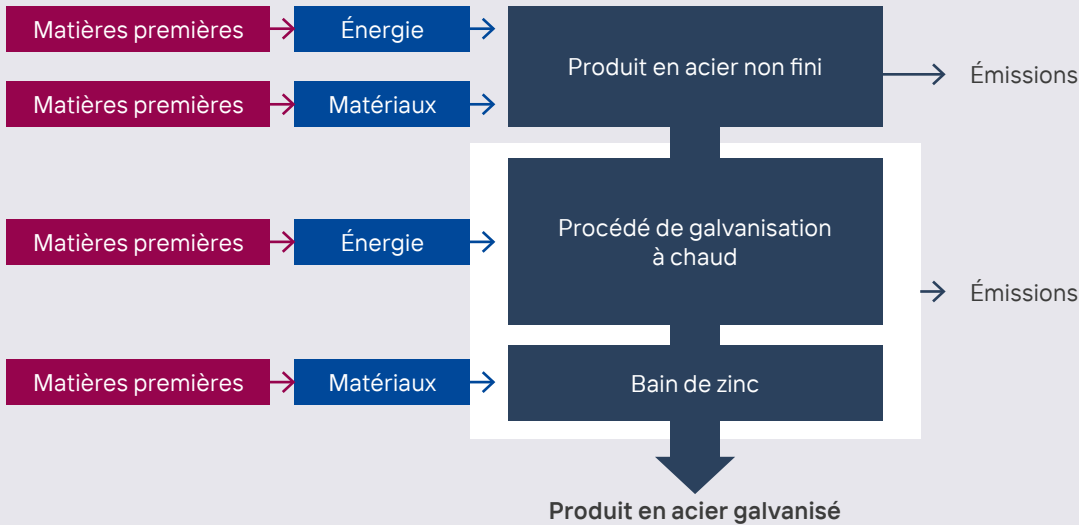
Base de la DEP (Déclaration Environnementale de Produit) sectorielle de l'EGGA pour la galvanisation à chaud à façon

Substrat	Tôle d'acier de dimensions 1m x 1m x 8mm et d'un poids de 62.4kg
Épaisseur du revêtement de galvanisation (selon EN ISO 1461)	85 microns
Environnement	Catégorie de corrosivité C3 (telle que définie par la norme ISO 9223) avec un taux de corrosion moyen du zinc de 1,35 micron par an
Durée de vie prévue du revêtement de galvanisation sans entretien	Minimum 63 ans
Unité fonctionnelle (résultats)	Charges par année de protection

Résultats de la DEP sectorielle de l'EGGA (charges par année de protection pour une tôle d'acier de 1m x 1m x 8mm).

Indicateurs d'impact environnemental	Contribution au produit en acier galvanisé provenant de la galvanisation selon EN ISO 1461
Potentiel de réchauffement global, PRG [kg CO ₂ eq]	0,12
Potentiel de déplétion ozonique, PDO [kg CFC-11 eq]	1,28E-08
Potentiel de création d'ozone photochimique, PCOP [kg C ₂ H ₄ eq]	3,50E-05
Potentiel d'acidification, PA [kg SO ₂ eq]	1,05E-03
Potentiel d'eutrophisation, PE [kg PO ₄ eq]	9,30E-05
Épuisement des ressources abiotiques-éléments, Eléments ADP [kg Sb eq]	1,19E-05
Épuisement des ressources abiotiques fossiles, ADP - combustibles fossiles [MJ]	1,55

Inventaire du cycle de vie EGGA pour l'acier galvanisé : aperçu du système



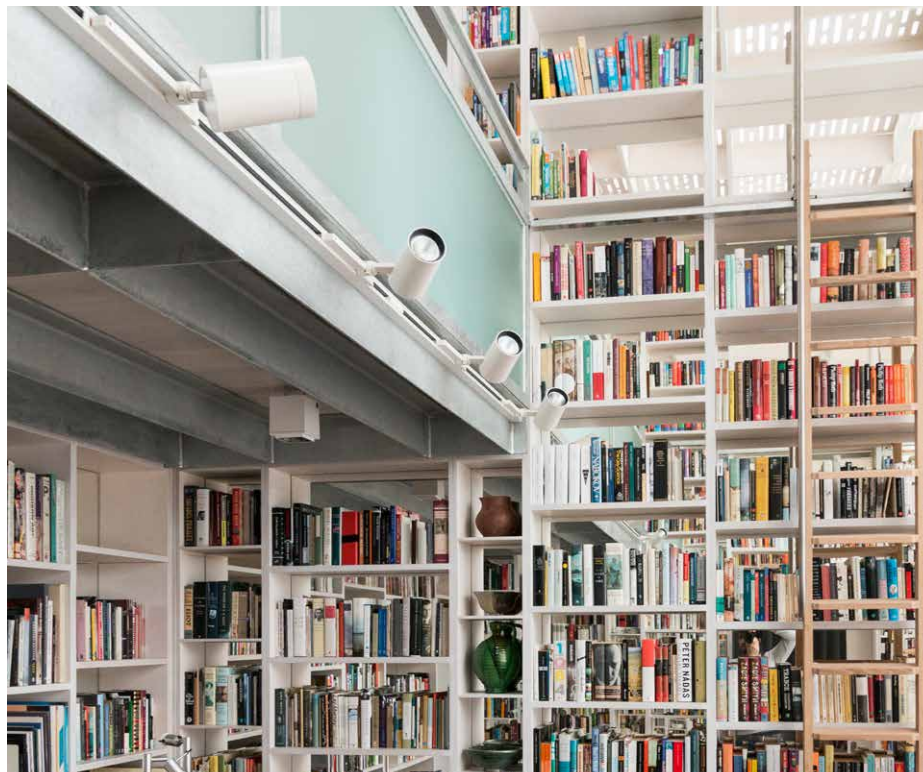
LA GALVANISATION POUR DES BÂTIMENTS SAINS

En moyenne, une personne ne passe que 10 % de son temps à l'extérieur, 90 % du temps étant passé à l'intérieur²⁵. Une bonne qualité de l'air intérieur est donc essentielle pour contrôler les risques sanitaires et maintenir la productivité sur le lieu de travail.

Les composés organiques volatils (COV) provenant des matériaux de construction, de l'ameublement et des finitions telles que les revêtements de peinture jouent un rôle important dans la qualité de l'air intérieur. L'importance de la qualité de l'air intérieur est désormais portée à l'attention des pouvoirs publics en raison de ses répercussions sur la santé et le bien-être, ainsi que ses répercussions sur les performances et la productivité. Bien qu'il soit difficile d'associer directement certains COV ou autres produits à des problèmes de santé particuliers, les preuves sont de plus en plus nombreuses, et les effets de certaines substances chimiques connus.

Avec son revêtement de zinc, métallique et inerte, composé d'un élément essentiel

d'origine naturelle, l'acier galvanisé est le choix idéal pour une qualité optimale de l'air intérieur - en éliminant la présence de COV et d'autres matériaux synthétiques.



Le zinc - un matériau de construction sain

Le zinc est essentiel à la santé humaine et vital pour un système immunitaire sain



Le zinc améliore notre mémoire et notre réflexion en interagissant avec d'autres substances chimiques pour envoyer des messages au centre sensoriel du cerveau. Le zinc peut également contribuer à réduire la fatigue et les sautes d'humeur.

Le zinc est essentiel à la vie cellulaire et il est particulièrement important pendant la grossesse, pour le fœtus en pleine croissance dont les cellules se divisent rapidement.



Chez les femmes, le zinc peut contribuer à traiter les problèmes menstruels et à atténuer les symptômes du syndrome prémenstruel.

Le zinc est vital pour le goût et l'odorat, il est nécessaire au renouvellement des cellules de la peau et au maintien de la santé de nos cheveux et de nos ongles.

Le zinc entre aussi dans la composition des shampooings et des soins de protection solaire.

Chez les hommes, le zinc protège la prostate et contribue à maintenir le nombre et la mobilité des spermatozoïdes.



Le zinc s'est avéré efficace pour combattre les infections et peut même réduire la durée et la gravité du rhume. Le rôle du zinc dans l'atténuation des effets de la COVID-19 fait aussi l'objet d'études plus précises²⁶.

Le zinc est connu pour aider à rester en forme... et à mener un style de vie sain et actif. Parmi toutes les vitamines et tous les minéraux, le zinc joue un rôle déterminant pour l'efficacité du système immunitaire.

Le zinc est essentiel pour activer la croissance des nourrissons, des enfants et des adolescents.

Plus d'information sur le zinc et la santé humaine : www.zinc.org/essential

PLEASE BE SEATED (VEUILLEZ VOUS ASSEoir)



Retransformer



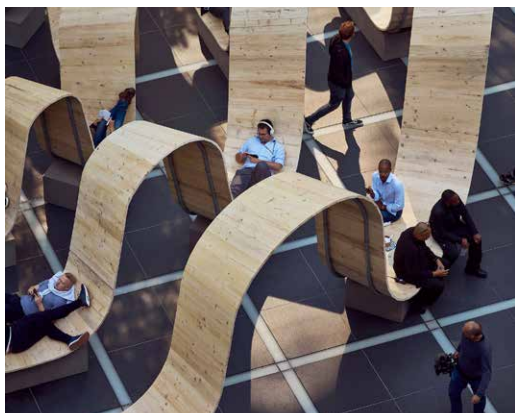
Utiliser

Please Be Seated se compose d'une série de cercles concentriques ascendants et descendants, offrant des bancs et des arches sous lesquels les gens peuvent s'asseoir et marcher. Il s'agit d'une collaboration entre Arup et le designer britannique Paul Cockledge pour transformer Finsbury Avenue Square dans le quartier de Broadgate, à Londres, avec une installation communautaire à grande échelle. Celle-ci a fait partie du London Design Festival 2019.

Cette installation unique utilise du bois provenant de planches d'échafaudage récupérées et des poteaux d'échafaudage en acier galvanisé pour mettre l'accent sur la réutilisation et le réemploi des déchets de construction.

Après avoir été déplacée de Broadgate à Londres, il existe des projets de réinstallation sur un nouveau lieu.

Cette installation unique utilise des poteaux d'échafaudage en acier galvanisé récupérés et du bois provenant de planches d'échafaudage récupérées



RÉFÉRENCES

¹ Galvanizing in Sustainable Construction: A Specifiers' Guide, Edited Prof. Tom Woolley, published by EGGA (2008) www.egga.com/publications/galvanizing-and-sustainable-construction-a-specifiers-guide/

² IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]

³ COM(2020) 563 final - Amended proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law)

⁴ COM/2019/640 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - The European Green Deal

⁵ ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels_en

⁶ Steel - The Permanent Material in the Circular Economy, The World Steel Association, 2016. ISBN 978-2-930069-86-9

⁷ Circular Economy: Principles for Buildings Design (DG GROW), ec.europa.eu/docsroom/documents/39984

⁸ European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings, 1st Edition 2020, Ana M. Girão Coelho; Ricardo Pimentel; Viorel Ungureanu; Petr Hradil; Jyrki Kesti, Published by ECCS – European Convention for Constructional Steelwork

⁹ Verkenning duurzame geleiderail Spoor bestaand: Rapportage en advies na de gezamenlijke ketenverkenning in 2020, Versie 1.0, Sjoerd Jongsma; Tim Brockhoff; Joost Meijer (TwynstraGudde). (in Dutch) circulairemaakindustrie.nl/app/uploads/2020/07/Rapportage-Verkenning-Duurzame-Geleiderail-inc.-bijlage-1-en-2.pdf and <https://rwsinnoveert.nl/@216458/innovatieopgaven/>

¹⁰ <https://www.ce.nl/publicaties/1540/lca-resultaten-van-geleiderails> (in Dutch)

¹¹ Piret N L 'Processing of Zinc-bearing Iron and Steelmaking Residues - An Overview', Lead & Zinc 2010, Pb-Zn Short Course, COM 2010, Vancouver

¹² Ökobilanzieller Vergleich von Korrosionsschutzsystemen für Stahlbauten, Technische Universität Berlin, Berlin (2006)

¹³ www.toureiffel.paris/fr/le-monument/peinture-tour-eiffel

¹⁴ Kuhlmann, U.; Maier, Ph.; Ummenhofer, T.; Zinke, T.; Fischer, M.; Schneider, S. Untersuchung zur Nachhaltigkeitsberechnung von feuerverzinkten Stahlbrücken, Bergisch Gladbach, final report BASt Vorhaben FE 089.0291/2013, 2014.

¹⁵ Comparative life cycle cost assessment of painted and hot-dip galvanized bridges, B. Rossi, S. Marquart, G. Rossi. Journal of Environmental Management, 197 (2017) 41-49, Elsevier.

¹⁶ EN ISO 1461, Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai

¹⁷ *Die Feuerverzinkung im Leistungsvergleich*, H. Gackenhaimer, GAV-Kolloquium (2003) (in German)

¹⁸ JIRKU, J. and WALD, F. Influence of Zinc Coating to a Temperature of Steel Members in Fire, Journal of Structural Fire Engineering, Vol 6, 2015

¹⁹ Directive 2010/75/UE du Parlement Européen et du Conseil du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (prévention et réduction intégrées de la pollution), JO L334, 17.12.2010

²⁰ IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metal Processing Industry, 2001, European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau

²¹ ISO 14040, Management environnemental — Analyse du cycle de vie — Principes et cadre

²² Environmental Product Declaration: Batch Hot Dip Galvanizing of Steel Products to EN ISO 1461 – European Average, International EPD System Certification Number S-P-00915. www.environdec.com/library/_?Epd=11877

²³ Product Category Rules 2011:16 Corrosion protection of fabricated steel products, Version 2.2, 2016-07-01. www.environdec.com/product-category-rules-pcr

²⁴ Hot-dip galvanized structural steel: Hot rolled steel sections and heavy plates bauforumstahl e.V. & Industrieverband Feuerverzinken e.V., EPD-BFS-20180167-IBG1-DE, Institut Bauen und Umwelt e.V. (2018) www.ibu-epd.com

²⁵ Schweizer, Christian & Edwards, Rufus & Bayer-Oglesby, Lucy & Gauderman, William & Ilacqua, Vito & Jantunen, Matti & Lai, Hak-Kan & Nieuwenhuijsen, Mark & Künzli, Nino. (2007). Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe. Journal of exposure science & environmental epidemiology. 17. 170-81. 10.1038/sj.jes.7500490.

²⁶ The Potential Impact of Zinc Supplementation on COVID-19 Pathogenesis Inga Wessels, Benjamin Rolles and Lothar Rink. Frontiers in Immunology. 2020; 11: 1712

REMERCIEMENTS ET CRÉDITS

Cette publication a été rendue possible grâce aux associations nationales, au sein de l'EGGA (Association européenne des galvanisateurs), qui ont partagé leurs connaissances sur l'acier galvanisé dans l'économie circulaire et rassemblé les études de cas qui illustrent ce guide. Elle a été soutenue par les informations précieuses de la World Steel Association, de la Convention Européenne de la Construction Métallique, ECCS, et de l'International Zinc Association.

Crédits iconographiques

Couverture Ikiwaner CC BY-SA 3.0

6, 12 & 13 Lucas van der Wee

11 Rasmus Hjortshøj/COAST

16 & 17 Peris+Toral Arquitectes

19, 24 & 25 Pieter Kers - Beeld.nu

22 & 23 hammeskrause architekten bda

26 Jan Siefke (Below top), Jörg Hempel (Below bottom and left)

27 Christmann & Pfeifer

28 Mabey Bridge, Skate park gutesk7/Shutterstock.com

29 Ossip van Duivenbode

30 & 31 Maité Thijssen/Zink Info Benelux

32 FC Gramsbergen/Maité Thijssen/Zink Info Benelux

34 & 35 Charles Hosea Photography Limited

37 Rijkswaterstaat

39 Institut Feuerverzinken

L'EGGA remercie tout particulièrement Bruno Dursin (Benelux), Holger Glinde (Allemagne) et Iqbal Johal (Royaume-Uni/Irlande) qui ont collaboré à la collecte, l'analyse et la préparation des informations présentées dans ce guide.

40 & 41 Tristan Fopma

44 & 45 Aretz Dürr Architektur

46 BeL - Sozietät für Architektur

49 Institut Feuerverzinken

50 & 51 Stéphane Compont

52 Institut Feuerverzinken

54 & 55 Galvanizers Association

56 Institut Feuerverzinken /Flummi-2011 CC BY-SA 3.0

57 Galvanizers Association/Institut Feuerverzinken

59 Jan Siefke

60 Stephen Wright

61 Dennis Gilbert

62 Galvanizers Association

72 Greg Storrar

74 Mark Cocksedge

TERMES D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Analyse du cycle de vie

Compilation et évaluation des intrants, des sorties et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits tout au long de son cycle de vie

Evaluation du coût du cycle de vie

Méthodologie pour l'évaluation économique systématique des coûts du cycle de vie sur une période d'analyse donnée

Recyclage

Toute opération de récupération, par laquelle des déchets sont retraités en produits, matériaux ou substances, que ce soit pour l'usage initial ou pour d'autres usages

Rénovation

Modification et amélioration d'un bâtiment ou d'un ouvrage de génie civil existant afin de le mettre dans un état acceptable

Retransformation

La retransformation est le processus par lequel un produit usagé retrouve, au moins, ses performances d'origine, qui sont équivalentes ou supérieures à celles du produit nouvellement fabriqué

Réparation

Remettre un produit, un composant, un ensemble ou un système dans un état acceptable en renouvelant ou en remplaçant les pièces usées, endommagées ou dégradées

Réutilisation

Utiliser un objet obsolète, considéré par son propriétaire comme un déchet, pour un autre usage totalement différent de l'usage initial

Réemploi

Toute opération par laquelle des produits ou des composants qui ne sont pas des déchets sont réutilisés dans le même but que celui pour lequel ils ont été conçus

PLUS D'INFORMATIONS SUR L'ACIER GALVANISÉ

France

Galvazinc
www.galvazinc.com
info@galvazinc.com

Allemagne

Industrieverband Feuerverzinken e.V.
www.feuerverzinken.com
info@feuerverzinken.com

Autriche

Fachverband Metalltechnische Industrie
www.fmmi.at

Benelux

Zinkinfo Benelux
www.zinkinfobenelux.com
info@zinkinfobenelux.com

Espagne

Asociación Técnica Española de
Galvanización
www.ateg.es
galvanizacion@ateg.es

Hongrie

Hungarian Hot Dip Galvanizers Association
www.hhga.hu

Italie

Associazione Italiana Zincatura
www.aiz.it
info@aiz.it

Pays nordiques

Nordic Galvanizers
www.nordicgalvanizers.com
info@nordicgalvanizers.com

Pologne

Polskie Towarzystwo Cynkownicze
www.portal-cynkowniczy.pl
office@portal-cynkowniczy.pl

République tchèque et Slovaquie

Asociace českých a slovenských zinkoven
www.acsz.cz
info@acsz.cz

Roumanie

Asociatia Nationala a Zincatorilor
www.anaz.ro

Royaume-Uni et Irlande

Galvanizers Association
www.galvanizing.org.uk
ga@hdg.org.uk

Turquie

Genel Galvanizciler Derneği
www.galder.org.tr
info@galder.org.tr



4, rue Michael Winburn
92400 Courbevoie France

+33 (0)1 43 33 11 33
info@galvazinc.com
www.galvazinc.com