

# STRATÉGIE D'ENTREPRISE DANS (ET POUR) UN MONDE DÉCARBONÉ

ETUDE DE CAS SUR LE SECTEUR DE L'ACIER : L'ANALYSE PAR  
SCÉNARIO ÉPROUVÉE PAR CARBONE 4 !

## Alexandre Joly

Spécialiste en stratégie d'entreprise  
alexandre.joly@carbone4.com

---

## Pôle Stratégie

Janvier 2019

---

## Clément Ramos

Co-leader Pôle Stratégie  
clement.ramos@carbone4.com

## Hughes-Marie Aulanier

Co-leader Pôle Stratégie  
hughes-marie.aulanier@carbone4.com

Comment les **marchés avals se déforment-ils**  
dans un monde bas-carbone ?

Comment l'**outil industriel évolue-t-il** pour  
répondre aux attentes climatiques ?

Quels sont les **risques à anticiper** et les  
**opportunités à saisir** dans un marché en  
mutation ?

**Carbone 4** vous propose d'explorer son  
analyse par scénario par flux physique sur un  
cas concret : **le secteur de l'acier**.

# TABLE DES MATIÈRES

<b>SYNTHÈSE</b>	3
<b>INTRODUCTION</b>	4
<b>1 L'offre</b> Deux principales filières de production ayant un impact climatique radicalement différent	5
<b>2 La demande</b> L'appel en acier des différents marchés finaux dépend des sous-jacents physiques du scénario	8
<b>3 La filière acier en 2050</b> Une production d'acier de plus en plus recyclée pour des volumes stables voire décroissants en 2050	10
<b>CONCLUSION</b>	12

# SYNTHÈSE

## LES MESSAGES CLÉS DE L'ÉTUDE

### L'OFFRE : 2 PRINCIPALES FILIÈRES DE PRODUCTION D'ACIER AYANT UN IMPACT CLIMATIQUE RADICALEMENT DIFFÉRENT

La **filière primaire** possède **75% du marché mondial**, pour une filière secondaire électrique de recyclage de ferraille présente sur le reste du marché. De plus, cette **filière primaire** émet environ **4 fois plus de CO<sub>2</sub>eq par tonne d'acier** que la filière secondaire avec le mix électrique européen.

Avec une **tonne de CO<sub>2</sub> à 50\$**, les **coûts des deux filières s'égalisent**. Dans une trajectoire crédible vers un monde 2°C, on parle d'un prix du CO<sub>2</sub> à plusieurs centaines de dollars la tonne. La filière de recyclage deviendrait alors plus compétitive.

### LA DEMANDE : L'APPEL EN ACIER DES DIFFÉRENTS MARCHÉS FINAUX DÉPEND DES SOUS-JACENTS PHYSIQUES DU SCÉNARIO

Nous projetons la demande en acier selon **2 scénarios** :

- L'un **techno-optimiste**, reposant sur une forte pénétration de la CCS (Carbon Capture and Storage) et une accélération de l'efficacité énergétique
- L'autre, plus **sobre et circulaire** pour prendre en compte les limites physiques des ressources et des émissions

### UNE PRODUCTION D'ACIER DE PLUS EN PLUS RECYCLÉE POUR DES VOLUMES STABLES VOIRE DÉCROISSANTS EN 2050

La filière de recyclage n'a pas de barrière technique pour pénétrer le marché : **70% des besoins** en acier pourront être **couverts** par de **l'acier recyclé** en termes de qualité en 2050.

Le scénario **techno-optimiste** entrevoit une **augmentation** des **volumes de production** d'acier de **25%** d'ici **2050** tout en émettant beaucoup moins de gaz à effet de serre qu'aujourd'hui grâce à un fort développement de la CCS et de l'efficacité énergétique.

A l'opposé, le scénario **d'économie circulaire** prévoit une **diminution** de la production d'acier de **15%** d'ici **2050** (vs. 2017) pour être compatible avec une trajectoire 2°C tout en privilégiant massivement la filière de recyclage moins émissive.

### ENSEIGNEMENTS

Indépendamment des scénarios, l'**avenir** de la production d'acier est à la **filière de recyclage** : de 50% à 65% en 2050 vs. 25% aujourd'hui.

Un **ralentissement** de la **production d'acier** n'est pas à exclure **d'ici 2030**. La croissance du secteur serait alors **plate voire négative à plus long terme**.

Rendre sa **stratégie industrielle résiliente** : renforcer son business historique et se positionner sur les marchés résilients

# INTRODUCTION

L'**analyse par scénario** est un **outil puissant** de prospective pour explorer les degrés de liberté qui subsistent dans un univers contraint, ce qui est majeur pour accompagner le décideur dans sa prise de décision. Ceci est d'autant plus vrai dans un contexte de **mutations profondes et systémiques**, telles que celles provoquées par le changement climatique et/ou une transition vers un monde bas-carbone.


Pour exploiter au maximum les possibilités de l'analyse par scénario, Carbone 4 recommande d'utiliser **une approche méthodologique « par flux physique »**. **Le respect de cette séquence – le physique d'abord, l'économique ensuite - est fondamental** et garantit une compréhension profonde des impacts stratégiques de chaque scénario.

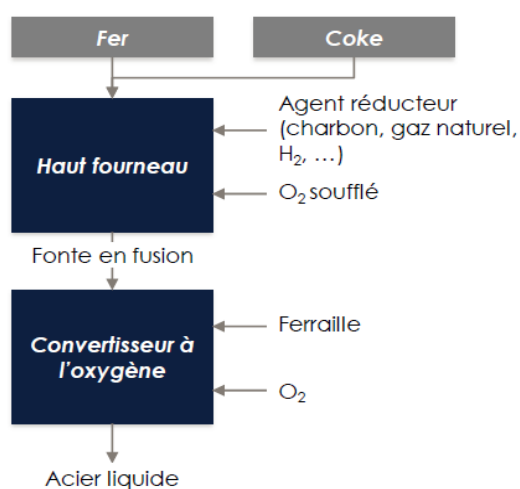
**Carbone 4** vous propose, ici, d'explorer cette approche sur un cas concret : **le secteur de l'acier**.

# 1

## L'OFFRE : 2 PRINCIPALES FILIÈRES DE PRODUCTION AYANT UN IMPACT CLIMATIQUE RADICALEMENT DIFFÉRENT

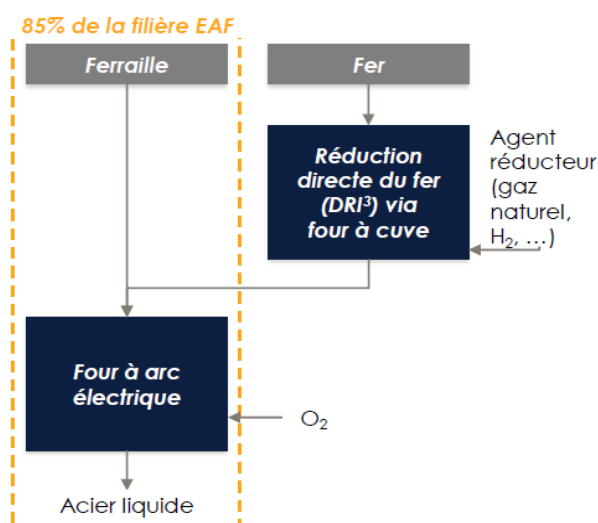
### UNE FILIÈRE PRIMAIRE HISTORIQUEMENT PRÉSENTE

Convertisseur à l'oxygène – filière BOF<sup>1</sup> : 75% prod. 



Taux de ferraille : 5% à 25% avec moyenne monde à 15%

Four à arc électrique – filière EAF<sup>2</sup> : 25% prod. 



Taux de ferraille<sup>4</sup> : 70% à 100% avec moyenne monde à 80%

Notes : <sup>1</sup> Basic Oxygen Furnace ; <sup>2</sup> Electric Arc Furnace ; <sup>3</sup> Direct Reduced Iron ; <sup>4</sup> Chiffres donnés pour la filière « Scrap EAF » ; pour la filière « DRI EAF », la ferraille peut compter pour 20% à 80% selon l'exigence en qualité de l'acier  
Sources : World Steel Association, entretiens expert, analyses Carbone 4

### 2 principales filières de production d'acier coexistent dans le monde :

- La filière **primaire** dite « BOF » : c'est la filière historique produisant de l'acier à partir de **fer** et de **coke primaires**. Le coke, servant à la fois d'agent réducteur et de combustible, permet de réduire et de fondre les oxydes de fer dans le haut fourneau. Ensuite, la fonte obtenue est mélangée à la ferraille à hauteur de 5% à 25% avant de passer dans un convertisseur à l'oxygène pour produire l'acier liquide. Cette filière représente **75% de la production mondiale**.
- La filière **de recyclage** dite « Scrap EAF » :

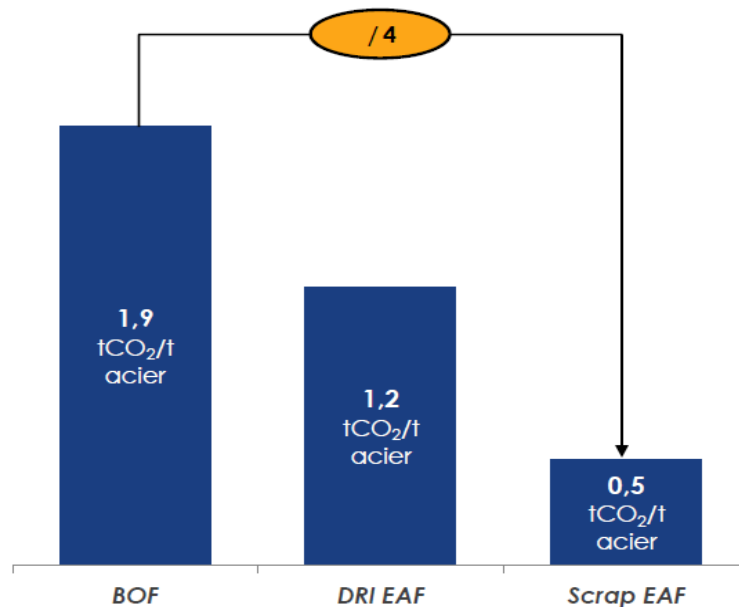
elle produit de l'acier dans des fours à **arc électrique** à partir de **ferraille récupérée**. Les taux de ferraille utilisée varient de 70% à 100%. Cette filière représente environ **20% de la production mondiale**. Il est à préciser que la **qualité** de l'acier en sortie de cette filière varie en fonction de la **qualité** de la **ferraille introduite**.

Notons qu'il existe une autre filière « DRI EAF » utilisant du minerai de fer directement réduit mélangé à de la ferraille dans un four à arc électrique. Elle permet d'obtenir des aciers partiellement « recyclés » de qualité identique à la filière primaire. Elle représente moins de 5% de la production mondiale aujourd'hui.

## DES FILIÈRES AUX IMPACTS CLIMATIQUES RADICALEMENT DIFFÉRENTS

### Empreinte carbone de la production européenne d'acier

2016, tCO<sub>2</sub>eq/tonne d'acier



Sources : Etude « Steel's contribution to a low-carbon Europe 2050 », entretiens expert, analyses Carbone 4

Sur la base du mix électrique moyen européen, la **filière primaire** « BOF » émet environ **4 fois plus de CO<sub>2</sub>eq** que la **filière « Scrap EAF »**. Les potentiels de réduction de ces émissions restent limités :

- Utiliser des **agents réducteurs alternatifs** comme du **biométhane** ou de **l'hydrogène vert** permettrait de **réduire** l'empreinte de l'acier **primaire** seulement de **10%**
- La **diminution de l'empreinte carbone du mix électrique européen** par de **50%** conduirait à une réduction de **25%** pour de **l'empreinte carbone de la filière « Scrap EAF »**, la rendant encore plus compétitive d'un point de vue climatique

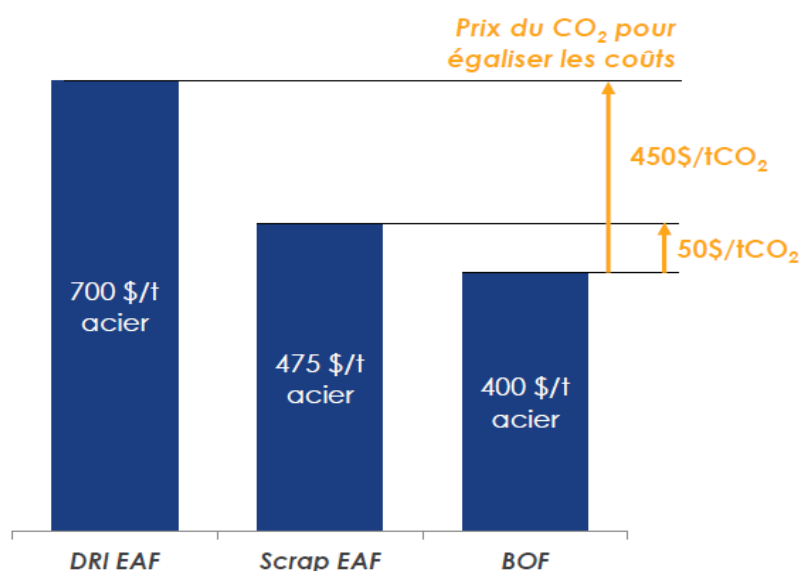
- La filière « DRI EAF » a l'avantage d'être environ 35% moins émissif que la filière primaire pour un acier de même qualité ; son empreinte pourrait également être réduite en utilisant les mêmes leviers que les 2 filières

Des projets fleurissent autour du monde. Par exemple, le groupe suédois SSAB est en train de construire une usine pilote à 150 million d'euros pionnière en la matière. Programmée pour 2020, ce pilote devra démontrer la faisabilité de réduire directement le fer avec de l'hydrogène produit à partir d'électricité renouvelable, avant d'être converti en acier dans un four à arc électrique.

## UNE PERFORMANCE ÉCONOMIQUE ASSEZ PROCHE ENTRE LES 2 FILIÈRES

### Coûts moyens mondiaux de production d'acier par filière

2018, \$/tonne d'acier



Sources : World Steel Dynamics, entretiens expert, analyses Carbone 4

La **filière historique** est aujourd'hui **20% plus compétitive** que la filière « Scrap EAF », expliquant sa part de marché élevée. Cependant, son impact climatique jouant en sa défaveur, l'arrivée d'une taxe carbone changerait la donne : à **50\$ la tonne de CO<sub>2</sub>**, les **coûts** de la filière « Scrap EAF » **égaliseraient** ceux de la filière « BOF ». Dans une **trajectoire crédible** vers un monde **2°C**, on parle d'un **prix du CO<sub>2</sub> à plusieurs centaines de dollars la tonne**. La filière de « recyclage » deviendrait alors plus compétitive.

Par ailleurs, la filière « Scrap EAF » profite d'un avantage de flexibilité dans un monde qui devra s'adapter : en effet, un four à arc électrique peut être arrêté et relancé rapidement alors que la filière primaire doit fonctionner en continu.

# 2

## LA DEMANDE : L'APPEL EN ACIER DES DIFFÉRENTS MARCHÉS FINAUX DÉPEND DES SOUS-JACENTS PHYSIQUES DU SCÉNARIO

### UN SCÉNARIO 2°C EMBARQUE DES HYPOTHÈSES STRUCTURANTES, AYANT UNE INFLUENCE SUR LA DEMANDE

Pour projeter le secteur de l'acier dans un monde 2°C, nous utilisons **deux scénarios** :

- **Scénario 2DS** de l'Agence Internationale de l'Energie (**AIE**)
- **Scénario « 2°C C4 »** retravaillé par **Carbone 4** sur la base d'hypothèses plus proches des **tendances historiques observées**

Commençons avec le scénario de l'**AIE**, il dépeint un monde dont la **production d'énergie primaire croît** de 570 EJ en 2014 à 630 EJ en 2050.

Par ailleurs, le réchauffement climatique serait maintenu à 2°C principalement grâce à :

- Une **ambitieuse amélioration de l'efficacité énergétique** : **+2,8%/an** de 2015 jusqu'en **2050** vs **+1,1%/an** observé entre **1990** et **2015**
- Un **spectaculaire développement** de la **capture et du stockage de CO<sub>2</sub>** (CCS) : **6 Gt de CO<sub>2</sub> capturées** en **2050** alors que la technologie en est à ses **balbutiements aujourd'hui** ; autrement dit, une croissance de **17%/an** jusqu'en 2050



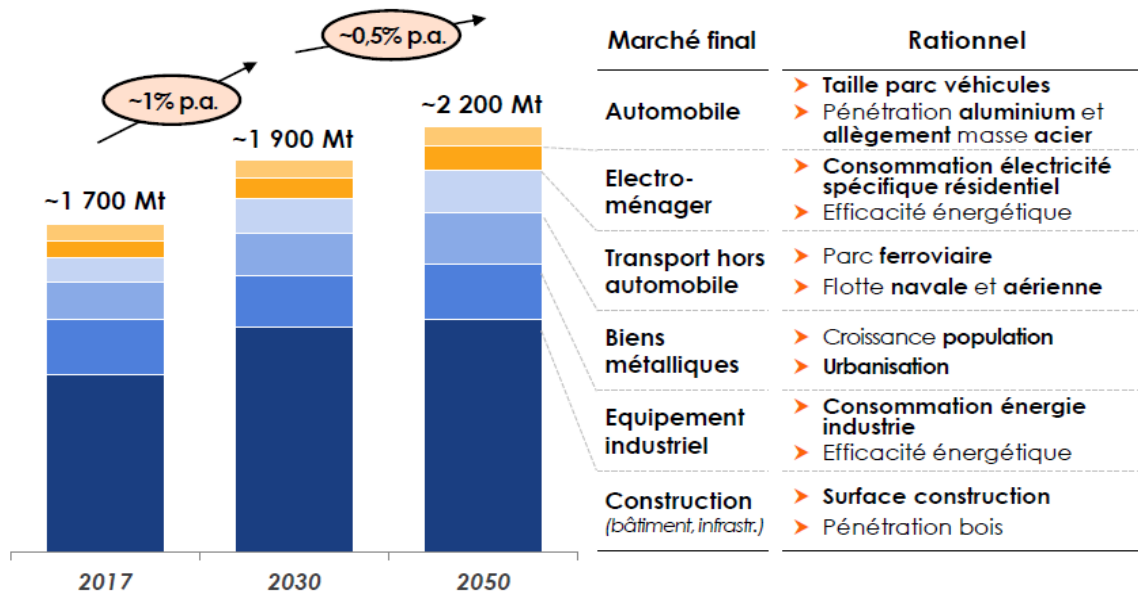
---

Fort de ce constat, nous avons retravaillé un second scénario « 2°C C4 » basé sur des hypothèses plus conservatrices : **+2%/an** d'efficacité énergétique et **0,6 Gt de CO<sub>2</sub> capturées par an** en 2050 (soit tout de même 10 fois la capacité de stockage prévue pour 2025 !) pour un niveau d'énergie primaire à 420 EJ en 2050.



## LA DEMANDE ÉVOLUE DIFFÉREMMENT PAR MARCHÉ FINAL

Prévision de la demande mondiale d'acier par marché final dans le scénario 2DS (2017-2050, Mt)



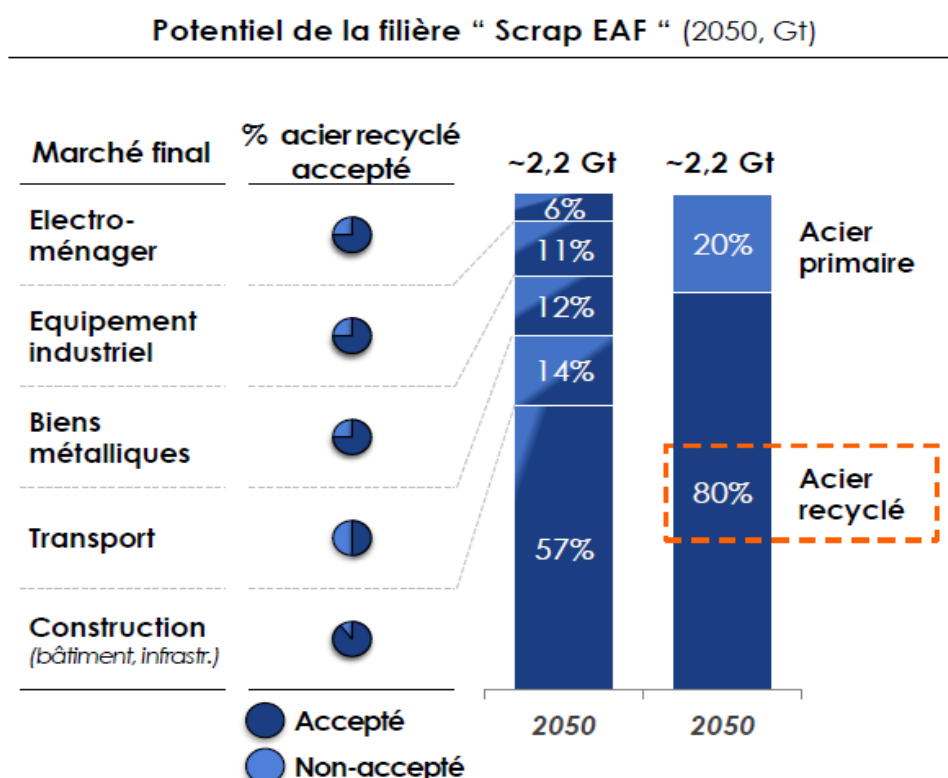
Sources : World Steel Association, MCI, USGS, AIE, entretiens expert, analyses Carbone 4

Prenons l'exemple du scénario 2DS de l'AIE : la **demande en acier** croît de **1%/an d'ici 2030** pour commencer à se **stabiliser** entre **2030** et **2050**. Cependant en **2050**, **certains marchés** continuent à **croître**, comme les **équipements électroniques**, à l'image d'un monde plus électrique et « smart » alors que **d'autres marchés ne croissent plus**, comme **l'automobile**, où le parc mondial se stabilise avec des voitures plus légères et mieux remplies.

# 3

## UNE PRODUCTION D'ACIER DE PLUS EN PLUS RECYCLÉE POUR DES VOLUMES STABLES VOIRE DÉCROISSANTS EN 2050

70% DES BESOINS EN ACIER PEUVENT ÊTRE COUVERTS PAR DE L'ACIER RECYCLÉ EN 2050



Sources : World Steel Association, AIE, entretiens expert, analyses Carbone 4

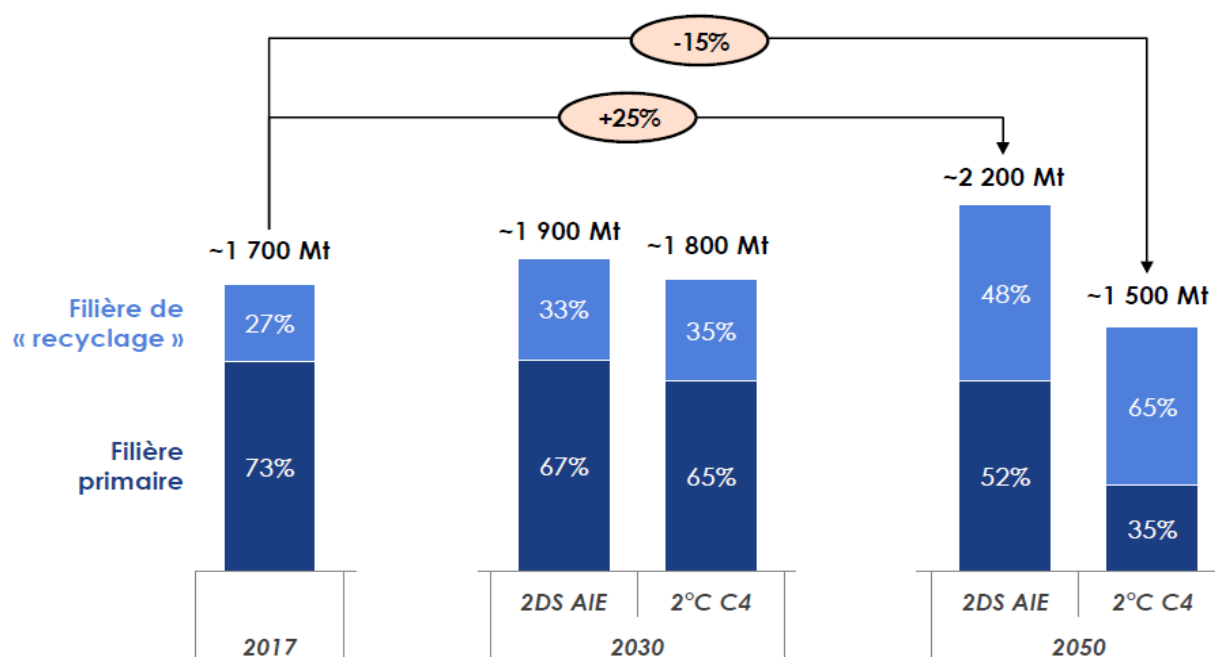
Même si la **qualité de l'acier recyclé** s'est **fortement améliorée** ces **dernières décennies**, certains secteurs en acceptent peu, comme l'automobile, ayant des exigences spécifiques pour son acier plat. A contrario, le secteur de la construction pourrait techniquement ne consommer quasiment que de l'acier recyclé. Au total, **l'acier recyclé** pourrait répondre aux **spécifications de qualité** pour **80% de la demande globale** d'acier.

Au-delà de la qualité, la **collecte** de la **ferraille** est également un **enjeu clé**.

Il n'y aurait **pas de blocage** pour atteindre des niveaux de **collecte** pouvant **satisfaire 70% de la demande** en acier à l'horizon 2050. A court terme, une inertie dans le gisement de ferrailles récupérables peut être expérimentée dans les pays émergents : par exemple, quand on construit un immeuble, on récupère sa ferraille 50 à 100 ans plus tard. La ferraille est alors dans un premier temps absorbée par la filière « BOF » avant d'atteindre les volumes critiques nécessaires au développement de la filière « EAF ».

## LES SCÉNARIOS DIFFÈRENT SUR L'ÉVOLUTION DE LA DEMANDE POUR DES NIVEAUX D'AMBITION ÉLOIGNÉS SUR LA PÉNÉTRATION DE LA FILIÈRE « EAF »

Prévision de la demande mondiale d'acier par filière de production et scénario (2017-2050, Mt)



Note : La filière de recyclage comprend le « Scrap – EAF » et le « DRI – EAF »  
 Sources : World Steel Association, AIE, entretiens expert, analyses Carbone 4

Dans un **scénario 2°C** instaurant un **prix au carbone**, la filière de **recyclage** devient de **plus en plus compétitive** avec un mix électrique de plus en plus décarboné. La filière de **recyclage pénètre** alors le mix de production à hauteur de **50%** dans le scénario **2DS** et à **65%** dans le scénario « **2°C C4** » en 2050.

Ce **contraste** dans les **niveaux de pénétration** provient des **hypothèses structurantes** des scénarios :

- En accroissant **l'efficacité énergétique** de **3% par an** à partir de 2017 et en utilisant **fortement la CCS**, le scénario **2DS** de l'AIE permet **d'augmenter** les volumes de

**production d'acier** de **25%** d'ici **2050** tout en **émettant** beaucoup **moins de gaz à effet de serre** qu'aujourd'hui

- **Cependant dans le scénario « 2°C C4 »**, où la **CCS** et **l'efficacité énergétique** atteignent déjà des niveaux **raisonnablement ambitieux**, une **diminution** de la **production d'acier** de **15%** d'ici **2050** (vs. 2017) sera **nécessaire** pour être compatible avec une trajectoire **2°C** tout en privilégiant massivement la filière de recyclage moins émissive.

## BAISSE DE LA PRODUCTION D'ACIER ?

Le budget carbone étant fixe pour rester sous les 2°C d'ici la fin du siècle, la quantité d'énergie consommée générant ces émissions l'est aussi.

Si la CCS n'atteint pas les niveaux très élevés de l'AIE, une partie des émissions stockées ne peut avoir lieu et de facto la production matérielle associée ne peut exister. De même pour l'efficacité énergétique, si elle est moins élevée alors il faut plus d'énergie pour produire un bien. Or, la quantité d'énergie est fixe à cause du budget carbone 2°C.

Il faut donc réduire la production. En somme, la contrainte des émissions et donc énergétique nous invite à transiter vers un outil de production plus sobre et circulaire qui conduit à la réduction de la demande annuelle en acier.

## CONCLUSIONS

Indépendamment des scénarios, l'**avenir** de la **production d'acier** est à la **filière dite de recyclage** : elle est significativement moins émissive que la filière primaire et quasiment compétitive sans taxe carbone. En outre, la collecte de la ferraille et la qualité de l'acier ne sont pas des éléments limitants à son déploiement à moyen terme.

A la croisée des scénarios, un **ralentissement** de la **production d'acier** n'est pas à exclure **d'ici 2030**. La croissance du secteur serait alors **plate voire négative** à plus long terme.

Dans un tel contexte, la **stratégie industrielle** d'un **sidérurgiste** doit s'attaquer entre-autres aux sujets suivants :

- Rendre son **business historique** plus **résilient** :
  - Identifier les **aciéries les plus exposées** à la mise en place d'une **taxe carbone** et d'une réglementation plus contraignante sur le volet climat (structure de coûts, durée de vie de l'asset, potentiel d'efficacité énergétique, combustible utilisé, ...)
  - Analyser la **compétitivité régionale** des **aciéries les plus critiques**
  - Définir un **plan d'investissement** et de **cessions** éclairé et ambitieux, suite à cette revue stratégique du portefeuille d'actifs
  
- Se positionner sur les **marchés résilients** :
  - Identifier les dynamiques de croissance ou de contraction des différents secteurs consommateurs d'acier dans un scénario de transition **réaliste** et l'évolution de leurs attentes techniques
  - Favoriser l'**investissement** dans les moyens de production dits de « **recyclage** » en fonction du contexte local
  - Evaluer le potentiel de **diversification verticale amont** sur la collecte et les process de la **ferraille**
  - Investir en **R&D** sur l'amélioration de la **qualité de l'acier recyclé**, la diminution des coûts de la filière DRI...



---

Fondé en 2007, Carbone 4 est un cabinet de conseil indépendant avec à sa tête Alain Grandjean, Jean-Marc Jancovici et Laurent Morel. Nous sommes leader de la stratégie climat, de la transition énergétique et de l'adaptation au changement climatique.

Nous menons déjà depuis plusieurs années des analyses de risque physique pour des foncières, des infrastructures de transport (routier, ferroviaire) et des industriels. Nous apportons à nos clients des informations utiles sur les éléments du système les plus à risque (sites de production, sites de stockage, bureaux, marchés, fournisseurs). Nous les accompagnons pour adapter leurs politiques de gestion de risque et ainsi réellement saisir et anticiper les enjeux liés aux impacts et à l'adaptation au changement climatique.

---