



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)



15151-F



Distr. LIMITEE

ID/WG.458/2

21 novembre 1985

FRANCAIS

Original : ANGLAIS

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Quatrième Consultation sur  
la sidérurgie

Vienne (Autriche), 9-13 juin 1986

INFRASTRUCTURES ET FORMATION DU PERSONNEL  
DANS LES PROJETS SIDERURGIQUES : LEUR  
IMPORTANCE ET LEURS MODES DE FINANCEMENT\*

établi par

Jacques Astier\*\*

Consultant de l'ONUDI

\* Les opinions exprimées dans le présent document, dont l'original n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle, sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du secrétariat de l'ONUDI.

\*\* Directeur de projet et responsable d'équipe, Groupement Français pour la Construction d'Usines Sidérurgiques (COFRANSID).

V.85-28890 (EX)

SOMMAIRE ET TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	
Le problème du coût total d'une usine sidérurgique, c'est-à-dire y compris l'infrastructure et la formation du personnel .....	1
<u>1<sup>re</sup> partie</u> Les usines sidérurgiques. Récapitulation rapide des différents types, c'est-à-dire usines intégrées avec haut fourneau ou usines à fours électriques utilisant de la ferraille ou le procédé de réduction directe du minerai. Le relaminage .....	2
<u>2<sup>e</sup> partie</u> Définition de l' <u>infrastructure</u> , spécialement dans le cas d'une usine à fours électriques à arc. Modélisation théorique et cas pratiques. Importance, coût et problèmes de financement .....	4
<u>3<sup>e</sup> partie</u> Définition de la <u>formation</u> et de l' <u>assistance</u> technique : importance de ces aspects humains et diverses manières de résoudre les problèmes correspondants. Coûts et problèmes de financement .....	9
<u>4<sup>e</sup> partie</u> <u>Commentaires pratiques</u> sur le rôle de l'infrastructure et de la formation dans le cadre de projets nouveaux, leur coût et les possibilités de financement .....	16
CONCLUSIONS .....	19
BIBLIOGRAPHIE .....	20
TABLEAUX .....	21
FIGURES .....	36

## INTRODUCTION

Le coût des usines sidérurgiques est habituellement élevé et leur financement, dans le cas même d'usines d'importance relativement réduite, pose souvent des problèmes difficiles. De plus, leur coût semble varier considérablement, même pour une capacité et une gamme de produits donnée. Nous pensons qu'une grande partie de ces différences provient de ce qu'il existe beaucoup de confusion sur ce qu'est une usine sidérurgique.

Il s'agit, bien entendu, du coût de ces usines : qu'est-ce que couvrent exactement les divers coûts cités ici et là à propos de l'investissement dans une usine sidérurgique ?

Pour essayer de clarifier ce problème, nous nous proposons :

- 1 - de décrire rapidement en quoi consiste une usine sidérurgique;
- 2 - de montrer l'importance de l'infrastructure ou, plus exactement, des divers types d'infrastructures que nécessite une usine sidérurgique, spécialement dans les zones en développement;
- 3 - de bien montrer l'importance du personnel, c'est-à-dire de l'assistance technique et particulièrement, de la formation du personnel nécessaire pour une usine sidérurgique;
- 4 - et de formuler quelques commentaires sur la manière de financer les dépenses correspondantes de façon indépendante de l'investissement relatif à l'usine sidérurgique proprement dite.

## I. LES USINES SIDERURGIQUES

Sans trop entrer dans les détails, il faut rappeler qu'il existe, en réalité, plusieurs types d'usines sidérurgiques qui se distinguent suivant les installations (voir par. I.1) et la filière utilisée pour la production de l'acier (voir par. I.2). Nous rappellerons d'abord, dans la figure 1, comment est conçue une usine sidérurgique : nous pouvons déjà constater l'importance de :

- l'infrastructure, objet de notre chapitre II
- et des aspects humains, objet de notre chapitre III.

### 1. Les laminoirs

Une usine métallurgique est conçue pour la fabrication d'une certaine gamme de produits constituée par divers types de barres laminées, de fil machine, de poutrelles, de tôles, etc. La figure 2 montre que les capacités des installations pouvant fabriquer chaque type de produit sont très différentes et peuvent donc correspondre à des usines également très différentes. (1)

### 2. Les filières de production de l'acier

Ces filières, en réalité et comme le montre la figure 3, sont au nombre seulement de deux, c'est-à-dire :

- production (ou utilisation) d'un métal primaire solide qui peut être de la ferraille ou du fer obtenu par réduction directe. Il peut être fondu, habituellement dans un four électrique à arc, pour produire du métal liquide;
- ou production d'un métal liquide en fusion qui est transformé en acier liquide dans un convertisseur à oxygène. Dans ce cas, la production du métal liquide en fusion peut être obtenue dans des hauts fourneaux, mais on dispose maintenant de nouvelles méthodes permettant de se passer de coke : le procédé de "fusion et de réduction simultanées".

### 3. Les possibilités pratiques

Si nous examinons d'abord le cas des pays industrialisés, la figure 4 montre qu'il n'existe pratiquement que deux possibilités :

- a) les usines dites "classiques" comportant des hauts fourneaux et des convertisseurs à oxygène. Leur coût d'investissement élevé et leur complexité

(qui rend nécessaire l'emploi d'un nombre important de spécialistes qualifiés), les lois de la productivité de la main-d'oeuvre et de l'économie d'échelle conduisent à ne construire ce type d'usine que pour l'alimentation en produits semi-finis d'installations de capacité importante. Il s'agit, par conséquent, de grandes usines de fabrication de produits plats (et parfois de produits lourds, tôles, poutrelles, rails ...);

b) par contre, pour les produits légers, les petites usines constituent la seule solution et il est plus facile et plus économique de les alimenter avec des billettes produites par des usines à fours électriques à arc utilisant de la ferraille. Nous rappellerons, à ce propos, que la ferraille est abondante dans les pays industrialisés et doit être réutilisée.

Dans les zones en développement, la situation est assez différente :

- le marché est habituellement plus petit et il est difficile de construire de grandes usines spécialisées comme dans les zones industrialisées (voir figure 5);
- la ferraille n'est disponible qu'en quantité limitée;
- mais, enfin, l'existence de ressources énergétiques diverses (pétrole ou gaz naturel, énergie hydro-électrique, charbon de bois ...) peut ouvrir de nouvelles possibilités.

La figure 5 indique que, dans ces conditions, trois types d'usines peuvent se développer :

- des usines "classiques", généralement plus petites que dans les pays industrialisés et fonctionnant parfois au charbon de bois;
- les "mini-aciéries classiques" utilisant la ferraille, mais également plus petites que dans les zones industrialisées, par exemple 50 000 t/an au lieu de 500 000 t/an;
- et des usines utilisant le procédé de réduction directe, qui peuvent être considérées comme une évolution de la mini-aciérie dans les cas où l'on ne dispose pas de ferraille (voir figure 5).

## II. DEFINITION ET COUT DE L'INFRASTRUCTURE

Pour plus de clarté, il convient d'abord de définir ce qu'est l'infrastructure ou, plus précisément, quels sont les différents types d'infrastructures dans le cas d'une usine sidérurgique.

### 1. Description des différents types d'infrastructures nécessaires pour une usine sidérurgique

Comme il s'agit sans doute du type d'usine qui sera le plus répandu dans l'avenir, nous choisirons l'exemple d'une usine moyenne dans différentes configurations possibles (voir figure 6) :

- un laminoir pour produits autres que plats : barres, fil machine, poutrelles petites et moyennes;
- une usine semi-intégrée à four électrique à arc (utilisant donc la ferraille) et coulée continue de billettes;
- une usine complètement intégrée utilisant le procédé de réduction directe basée sur le gaz naturel).

A partir de ces rapides définitions, que peut-on appeler infrastructure ?

- premièrement, ce sera ce que nous appellerons l'"infrastructure interne", c'est-à-dire, ce qui est ajouté à l'équipement (métallurgique, mécanique, électrique, etc.) pour le rendre opérationnel, soit essentiellement :
  - le génie civil
  - la construction
  - le montage

On trouvera au tableau 1 quelques estimations des coûts correspondants.

- ensuite, nous avons les différents types d'infrastructures qui peuvent être divisées en
  - celles qui sont nécessaires pratiquement partout (que nous appellerons du "premier ordre");
  - celles qui sont nécessaires mais peuvent exister dans certains endroits, ou doivent être construites dans d'autres ("deuxième ordre");
  - et, enfin, celles qui sont nécessaires dans les zones sous-développées mais existent toujours dans les pays industrialisés ("troisième ordre").

Pour permettre des comparaisons, nous indiquons dans le tableau 1 bis quelques coûts d'investissement pour notre usine de référence dans différentes configurations.

## 2. Définition et coût de l'infrastructure du premier ordre

Conformément à notre définition, celle-ci est nécessaire quel que soit le contexte de l'usine, qu'il s'agisse d'une zone industrialisée avancée ou, au contraire, d'une zone sous-développée. On peut énumérer (figure 6) :

- les bureaux de l'usine
- les laboratoires
- les installations de maintenance, comme les ateliers (mécanique, électricité, etc.) magasins de pièces détachées et de rechange.

Il convient cependant de souligner que, dans les zones industrialisées, les moyens de maintenance peuvent être réduits au minimum car une grande partie de ce travail peut être sous-traitée auprès d'entreprises existantes.

Nous pouvons cependant indiquer certaines données relatives au coût possible de ces infrastructures, et le tableau 2 montre qu'elles correspondent à un investissement très important qui s'ajoute au coût de l'usine. Pour être en totale sécurité du côté de la maintenance dans une zone sous-développée, il pourrait être nécessaire de prévoir des moyens supplémentaires :

- possibilité de réparation sur place de la plus grande partie de l'équipement, d'où machines-outils plus puissantes, fonderie, etc.;
- et/ou stock plus important de pièces de rechange et magasins correspondants.

## 3 Définition et coût des infrastructures du deuxième ordre

Nous arrivons là (figure 7) à divers services et équipements qui sont nécessaires mais dont il n'y a généralement pas à s'occuper (au moins entièrement) dans les zones industrialisées. Ce sont :

- le logement avec les divers services publics qui constituent une ville. Dans les zones industrialisées, ce problème existe, mais il est généralement possible de le résoudre de manière assez facile et économique. Par exemple, il y a souvent déjà une ville et il est parfois possible de louer des maisons et les coûts de location ou même de construction ne sont habituellement pas à la charge de la société sidérurgique;

- l'approvisionnement en énergie, notamment le gaz naturel, le pétrole ou l'électricité. Nous pensons ici aux moyens de transport, car la production d'énergie électrique sera examinée avec l'infrastructure du troisième ordre.

Dans ce cas encore, dans une zone industrialisée, l'usine sera située à proximité de tous ces services publics et le coût de son raccordement aux systèmes :

- de distribution d'énergie (gaz naturel ou électricité);
- de transport d'énergie (route ou chemin de fer pour le charbon ou le fuel);
- de distribution d'eau (alimentation et évacuation) etc ... seront limités.

Par contre, dans les zones en développement, une grande partie de ces équipements doit être construite spécialement et, par exemple, les coûts correspondants pour l'usine intégrée (400 000 t/an) que nous avons mentionnée pourraient être les suivants (tableau 3))

Logement	jusqu'à 50 millions de dollars
Energie et eau avec transport routier ou ferroviaire	} de 10 à 30 millions de dollars

#### 4. Définition et coût de l'infrastructure du troisième ordre

A la fin de notre liste, nous arrivons aux infrastructures les plus coûteuses :

a) en amont : approvisionnement en matières premières comme minerai de fer, charbon, gaz naturel qui ne sont pas achetés mais doivent être produits par des mines ou des gisements de gaz nouveaux à mettre en valeur spécialement pour le projet d'usine sidérurgique concerné. Les coûts correspondants peuvent être très élevés et le tableau 4 donne une idée de leur importance. Nous soulignerons qu'il est de moins en moins fréquent, dans les pays industrialisés, que ces sources d'approvisionnement soient associées avec un projet sidérurgique particulier. La philosophie des usines côtières modernes comporte

toujours la recherche systématique des matières premières les plus avantageuses (minerai de fer, charbon, fuel ...) parfois liés à la conclusion de contrats à moyen ou long terme.

Si nous devons prévoir une mine de fer "captive" pour une usine de ce genre, l'investissement correspondant est important. Pour notre usine de référence qui a besoin d'environ 600 000 t/an de minerai de fer à haute teneur, ce coût pourrait être évalué de la façon suivante :

- 15 dollars par tonne de capacité annuelle ou 10 millions de dollars pour une extraction simple à ciel ouvert de minerai à haute teneur;
- 75 dollars par tonne de capacité annuelle ou 50 millions de dollars pour une extraction souterraine de minerai de teneur inférieure qui implique des tonnages plus importants et une usine de concentration.

A ces investissements s'ajoutent les coûts de transport qui peuvent être très réduits pour de courtes distances dans le cas, par exemple, du transport par pipe-line de fines pour pelletisation, mais peuvent être considérablement augmentés si la distance est importante et s'il est nécessaire, par exemple, de construire un chemin de fer spécial.

Des calculs similaires peuvent être effectués s'il faut inclure dans le projet :

- une mine de charbon
- un système de production de gaz naturel
- ou une centrale électrique. Nous rappellerons qu'en pareil cas les coûts sont de l'ordre de 0,5 à 1 dollar par kW.

b) en aval : utilisation de la production. Celle-ci doit être considérée comme une industrie ou une série d'industries différentes. Ce point est naturellement important et même essentiel dans la planification d'un projet sidérurgique mais il ne s'agit là en aucune manière d'une infrastructure de l'industrie sidérurgique. Par contre, l'utilisation des sous-produits de l'industrie sidérurgique peut éventuellement être considérée comme une infrastructure. Dans ce domaine, nous pouvons citer :

- l'utilisation des scories de fabrication du fer (laitier de haut fourneau) ou de l'acier;
- l'utilisation des gaz en excédent (gaz de haut fourneau, gaz de four à coke, gaz de convertisseur à oxygène, etc ...).

5. Récapitulation de l'importance de l'infrastructure

Pour résumer, nous pouvons dire (tableau 5) que :

a) le coût d'une usine avec son infrastructure interne et ce que nous appelons l'infrastructure nécessaire du premier ordre est environ le double de celui de l'équipement;

b) les infrastructures du deuxième et du troisième ordre peuvent également augmenter le coût du projet de telle sorte que le coût d'une usine peut varier considérablement :

- de 250 à plus de 1 100 dollars/t pour une mini-acierie, intégrée ou à réduction directe, avec un programme simple (barres seulement) ou plus diversifié (barres, fil machine et fers marchands).
- de 1 000 à 3 000 dollars/t pour une usine intégrée classique.

### III. DEFINITION ET COUT DE LA FORMATION

En passant à ce deuxième sujet de la présente étude, nous devons nous souvenir de ce que sont les besoins en personnel (qualifié, bien entendu) d'une usine sidérurgique moderne. Ce sera l'objet de notre premier paragraphe, avant d'aborder la situation des pays en développement dans ce domaine et, enfin, les diverses manières de résoudre ces problèmes avec les coûts correspondants. Souvenons-nous que la question est la suivante : "Comment exploiter efficacement une usine sidérurgique moderne ?".

#### 1. Besoins en personnel d'une usine sidérurgique moderne

Il faut, sur ce point, insister sur les tendances apparues au cours de ces dernières années (déjà brièvement décrites dans la première partie de la présente étude) :

- personnel très réduit;
- mais de qualification élevée.

Les figures 8 et 9 tirées d'un ouvrage récent (2) illustrent cette tendance et les données correspondantes doivent servir d'étalon pour toute évaluation des besoins en personnel où que ce soit dans le monde.

Le tableau 6 indique ces "étalons" sous la forme de la performance optimale d'usines types :

- la mini-usine classique d'un pays industrialisé spécialisée dans un produit;
- une mini-usine plus importante avec une gamme de production un peu plus large;
- la même usine (400 000 t/an) intégrée avec une usine utilisant le procédé de réduction directe.

A titre de comparaison, le tableau 6 indique également certaines performances possibles, en matière de productivité, de grandes usines sidérurgiques intégrées classiques.

Nous ferons deux remarques :

- les besoins de main-d'oeuvre totale et d'heures de main-d'oeuvre par tonne de produit augmentent avec l'élargissement de la gamme de produits;

- les besoins de main-d'oeuvre augmentent avec l'importance de l'infrastructure (telle qu'elle a été définie au chapitre précédent).

L'accroissement de ces besoins, à son tour, augmente :

- le coût des infrastructures
- les besoins de main-d'oeuvre et de moyens de formation.

## 2. Les problèmes des zones en développement

Ce problème (à nouveau : "Comment exploiter efficacement une usine sidérurgique moderne ?") a trois aspects qui ne sont pas toujours très bien compris :

a) le premier consiste à tenir compte du bas prix habituel de la main-d'oeuvre dans les zones en développement pour atténuer le problème. Si l'on prend une mini-acierie dans un pays industrialisé, Etats-Unis par exemple, utilisant 2 h/t d'une main-d'oeuvre d'un coût moyen de 20 dollars/h, le coût par tonne de produit sera naturellement :

$$2 \times 20 = 40 \text{ dollars/t}$$

Si, dans un pays en développement, le coût de la main-d'oeuvre est de 2 dollars/h mais si la production d'une tonne demande 20 heures, le résultat semble identique :

$$20 \times 2 = 40 \text{ dollars/t}$$

En réalité, cette comparaison est trompeuse car, dans le second cas, l'effectif important du personnel :

- 1) exigera des installations supplémentaires à l'intérieur et à l'extérieur de l'usine, d'où des infrastructures supplémentaires
- 2) compliquera les problèmes dans le domaine de la formation, qui est essentiel.

b) la deuxième consiste à considérer que l'assistance technique et la formation sont des moyens faciles de résoudre le problème. En réalité, la chose est beaucoup plus compliquée :

- 1) l'exploitation de l'usine avec des expatriés compétents permet d'obtenir les mêmes résultats que dans un pays industrialisé et au même coût, c'est-à-dire les 40 dollars/t de notre exemple. Malheureusement, ce n'est pas vrai car :

- les expatriés coûteront plus cher que les mêmes personnes dans leur milieu habituel, et nos 40 dollars peuvent devenir 60 dollars/t ou plus;

- le problème de formation de personnel local et de transfert des compétences n'est naturellement pas résolu.

2) de telle sorte que si nous considérons comme un élément de solution l'emploi d'expatriés pour assurer une assistance technique, l'effort principal doit porter sur la formation. Comme nous allons le voir, c'est un processus compliqué que nous essaierons maintenant de décrire et de chiffrer.

c) le troisième concerne encore les infrastructures. A l'extérieur de l'usine elle-même, (voir figure 7) existent un certain nombre d'équipements et de services dont la gestion est importante et souvent négligée. A titre d'exemple, le tableau 7 présente des comparaisons entre :

- des chiffres optimaux classiques (comme ceux du tableau 6)
- et des cas typiques où nous incluons :
  - des usines utilisant le procédé de réduction directe
  - de grandes installations (détaillées dans le tableau 8) prévues pour divers services, la formation, etc.

### 3. Diverses solutions pour l'exploitation efficace d'une usine sidérurgique dans les zones en développement

Nous prendrons ici l'exemple de la même usine intégrée de taille moyenne qui nous a déjà servi dans la deuxième partie de la présente étude. Quels sont les besoins d'une telle usine en matière de personnel ?

a) comme premier élément de réponse, nous avons notre étalon. Nous nous rappellerons que, dans les zones industrialisées, une usine de ce genre peut fonctionner à partir de ferrailles, c'est-à-dire dans une configuration compacte "semi-intégrée" très efficace sur le plan de l'utilisation et personnel. Nous calculons que celle-ci sera de l'ordre de 3 heures/t (voir tableau 7);

b) malheureusement, dans les zones en développement, il faut tenir compte de besoins supplémentaires, pour les raisons suivantes :

- nécessité d'une usine utilisant le procédé de réduction directe en raison de l'absence de ferrailles;
- besoin d'infrastructures beaucoup plus importantes, d'où personnel plus nombreux;
- nécessité d'un programme de formation et, probablement, d'un centre de formation pour augmenter la productivité de l'ensemble du personnel.

On trouvera dans le tableau 8 un exemple chiffré.

c) en laissant de côté la solution d'une exploitation par un grand nombre d'expatriés (qui, dans certains cas, peut ou doit être retenue pour démarrer l'exploitation), nous devons examiner quel pourrait être le meilleur programme de formation.

Le problème de formation concerne, en réalité :

a) 1 380 personnes si nous prenons l'effectif total

b) ou, en décomposant par type d'emploi :

environ 100 personnes pour des fonctions de gestion

environ 850 personnes pour la production et le contrôle (mais

n'oublions pas que nombre d'entre elles devront

s'occuper d'approvisionnements et de maintenance)

environ 200 personnes pour la maintenance générale, les approvisionnements  
et le magasinage

environ 130 personnes pour les services techniques

environ 100 personnes pour le centre de formation

c) ou, enfin, en décomposant par niveau :

50 ingénieurs ou équivalent

80 contremaîtres

250 techniciens

1 000 ouvriers.

Nous soulignerons que seul un nombre limité de personnes devra recevoir une formation strictement sidérurgique, sans doute seulement 150 sur 1 380 !

Un nombre beaucoup plus grand recevra une formation en :

- gestion (nous pensons 150 personnes)

- maintenance (probablement 300)

- divers métiers comme la mécanique, l'électricité, etc.

#### 4. Coût de l'assistance technique et de la formation du personnel

Il est naturellement impossible d'indiquer des chiffres précis car tous les cas sont différents, mais il peut être utile de rappeler certaines données de référence :

a) pour une usine de ce genre, dans une zone industrialisée, employant

650 personnes d'un coût moyen de 10 à 20 dollars/h (Europe occidentale, Japon ou Etats-Unis) on compte :

30 à 60 dollars/t de produit, ou  
12 à 24 millions de dollars/an;

b) si nous exploitons cette usine, dans une zone en développement, uniquement avec des expatriés, et en formant lentement du personnel local pour engager, par exemple, 100 locaux par an, le coût sera le suivant :

- premièrement, les mêmes 650 expatriés qui ne suffiront probablement pas dans une zone en développement, et 900 est sans doute plus réaliste avec un surcoût de 15 à 20 dollars/h, soit :

61 à 81 dollars/t de produit, ou  
24,3 à 32,4 millions de dollars/an

- plus le coût, croissant chaque année, du personnel local entrant à l'usine, soit si nous voulons former les 1 380 personnes à raison de 100 par an, (peut-être plus si le taux de renouvellement n'est pas négligeable) :

$150 \times 1\ 800 \times 5 = 1,35$  millions de dollars/an, pour un coût moyen de 5 dollars/h.

En d'autres termes, cela représente un supplément de 1,5 millions de dollars/an chaque année, à quoi s'ajoute le coût de la formation dans un centre d'éducation générale pour 1 million de dollars/an, soit au total 2,5 millions de dollars/an;

c) si l'usine fonctionne sans problème avec 1 380 personnes d'un coût moyen de 1 à 5 dollars/heure, le résultat est :

6,2 à 33 dollars/t de produit, ou  
2,5 à 12,4 millions de dollars/an.

Connaissant ces chiffres, nous pouvons donner une idée des coûts de formation correspondants. Nous pensons que deux cas sont à considérer :

- 1) Formation spécialisée dans une zone où l'éducation a été améliorée au niveau général et industriel. Autrement dit, avant de construire

l'usine et même d'envisager de se lancer dans la sidérurgie, la zone ou les pays concernés pourraient, dès que possible, commencer à former et à spécialiser des hommes :

- dans le domaine de la sidérurgie (un ou deux ingénieurs par an);
- ou dans les compétences générales correspondant à un projet de ce genre : gestion, maintenance, mécanique, électricité, électronique, etc., du niveau cadre supérieur au niveau technicien et ouvrier spécialisé.

De la sorte, il sera possible de disposer d'un personnel utilisable pour un projet sidérurgique ou un autre projet de développement industriel. Les besoins du projet sidérurgique pourraient facilement être couverts car, nous l'avons vu, ils sont de seulement 150 personnes.

La formation de ces 150 personnes à l'étranger pendant un an, par exemple, représenterait tout compris (personnel, voyage et frais de séjour, formation) entre 5 et 10 millions de dollars, ce qui est peu par rapport au coût du projet.

2) Formation généralisée : dans ce cas, on doit assurer la formation de la totalité des 380 personnes estimées nécessaires pour l'exploitation de l'usine :

- en leur donnant une formation sidérurgique spécialisée (comme dans le cas 1));
- ou même une formation technique générale comportant une acclimatation à l'environnement industriel.

Là, le problème peut devenir sérieux et, comme nous l'avons vu pour les infrastructures, on peut être entraîné loin. Il est particulièrement difficile de définir la frontière entre le système d'éducation générale du pays concerné et la formation spéciale axée sur le projet. On peut tirer deux grandes conclusions :

- si le projet sidérurgique est lancé et réalisé très vite, le programme d'éducation générale et de formation sera certainement à la traîne et, comme on l'a vu souvent, il y aura beaucoup de problèmes. Le besoin d'assistance technique par des expatriés sera important;

- le coût de cette formation qui, en réalité, pallie la carence de l'éducation générale et industrielle spécialisée, peut être très élevé. Comparé aux chiffres indiqués en 1), les coûts pourraient monter à 50 millions de dollars ou plus mais, là encore, où est la frontière entre le système d'éducation générale et le programme de formation associé au projet ?

5. Récapitulation de l'importance de la formation

A titre récapitulatif, le tableau 9 indique les divers coûts associés avec les aspects humains d'un projet sidérurgique, c'est-à-dire :

- le coût du personnel par tonne de produit ou par an;
- le coût de l'assistance technique;
- les coûts de formation correspondant aux différentes options envisagées.

#### IV. CONSIDERATIONS PRATIQUES SUR LE ROLE DE L'INFRASTRUCTURE ET DE LA FORMATION DU PERSONNEL DANS UN PROJET SIDERURGIQUE

Les deux chapitres précédents, en particulier les tableaux 5 et 9, qui récapitulent les coûts des infrastructures et de la formation du personnel peuvent servir d'introduction à un certain nombre de considérations importantes relatives :

- aux problèmes associés à un projet sidérurgique dans une zone en développement;
- au financement de l'infrastructure;
- au financement de la formation

auxquelles sont consacrées les trois parties du dernier chapitre de la présente étude.

##### 1. Problèmes associés à un projet sidérurgique dans une zone en développement

La présente étude soulève, en fait, le problème des caractéristiques essentielles du sous-développement ou, plus précisément, des zones en développement. En ce qui concerne la création d'une nouvelle usine sidérurgique, ce qui distingue fondamentalement l'environnement d'une zone en développement de celui d'une zone développée est :

- le manque d'infrastructures;
- le manque de formation des hommes.

Si ces problèmes ne se posent pas, comme c'est le cas dans les zones industrialisées, nous nous trouvons devant les problèmes habituels (voir figure 1) de :

- sélection des produits à fabriquer et des laminoirs correspondant à ces produits et au marché;
- sélection du procédé et de la filière de production d'acier correspondant aux matières premières disponibles et à la taille de l'usine.

Partant de là, les calculs habituels permettent de déterminer la faisabilité économique. On trouvera dans les tableaux 10, 11 et 12 et à la figure 10, empruntés à l'excellent ouvrage déjà cité de Barnett et Schorsch (2) des données types sur les coûts d'investissement et d'exploitation.

Dans le cas d'une zone en développement, il se pose les mêmes problèmes de marché, de gamme de produits, de matières premières et de procédé mais nous

avons en plus les deux grands problèmes caractéristiques d'une telle zone, déjà mentionnés :

- les infrastructures;
- le personnel.

Ces deux problèmes (voir là encore figure 1) soulèvent d'importantes questions économiques et financières que nous allons récapituler.

## 2. Coût et financement de l'infrastructure

Comme nous le disions, le manque d'infrastructures et, pour être très précis, d'infrastructures du deuxième et du troisième ordre, est caractéristique d'un pays en développement. Il est très important d'ajouter cette infrastructure dans un projet sidérurgique : en utilisant les chiffres du tableau 5 et les données de Barnett et Schorsch (2), particulièrement celles des tableaux 11 et 12, nous arrivons aux conclusions du tableau 13 relatives aux coûts d'investissement des usines. Nous voyons que :

- si l'on compare la production de mini-usines utilisant de la ferraille, dans des zones industrialisées, et celle de mini-usines intégrées dans des zones en développement, le coût d'investissement total par tonne peut passer de 200/300 dollars/tonne à 1 000 dollars/tonne ou même plus;
- si l'on compare des usines similaires, la différence reste importante, de 850/900 à 1 000/1 100 dollars/tonne.

L'incidence sur le coût par tonne de produit (voir tableaux 10 et 12 et, spécialement, tableau 14) est très importante :

- les charges d'amortissement et les frais financiers moyens d'environ 37-48 dollars/tonne pour de nouvelles usines (contre 18-21 dollars/tonne pour des usines existantes);
- bondissent à 145 et même 170 dollars/tonne.

Cela signifie que de tels coûts interdisent toute rentabilité du projet et ne lui permettent pas d'être compétitif sur le marché. La conclusion semble être que les infrastructures devraient être financées par d'autres moyens, notamment par des prêts plus "souples" que pour l'usine proprement dite.

Il est naturellement impossible, dans le cadre limité du présent document, d'identifier les sources possibles de financement et les conditions corres-

pondantes (taux d'intérêt, durée des périodes de franchise et de remboursement), mais nous avons du moins essayé d'apporter quelques données pour préciser le problème.

### 3. Coût et financement de la formation

Le problème du financement de la formation est différent de celui du financement des infrastructures, et cela pour quatre raisons :

- l'ordre de grandeur est moindre : 5 à 50 millions de dollars;
- l'incidence sur le coût des produits est réduite. Supposons par exemple 20 millions de dollars pour la formation amortis sur 5 ans de production à pleine capacité c'est-à-dire (5 x 400 000 = 2 millions de tonnes), c'est l'équivalent de seulement 10 dollars/tonne. Si le coût de la main-d'oeuvre dans la zone concernée n'est pas trop élevé, la formation peut être incorporée dans les coûts de personnel, permettant de rester compétitif par rapport à d'autres producteurs. Revenant à nos chiffres (tableau 9) ou à ceux de Barnett et Schorsch (2) (tableaux 10 et 12), nous voyons que le coût de la main-d'oeuvre par tonne de production peut aller du chiffre très bas de 6 dollars/tonne aux chiffres habituels de 30 à 80 dollars/tonne !
- le coût de la formation spécialisée est relativement faible, de 5 à 10 millions de dollars pour un projet sidérurgique de l'ordre de 500 millions de dollars, soit 1 à 2 % du coût total du projet;
- enfin, la partie principale du coût de la formation concerne l'éducation générale et non la formation spécialisée requise par l'industrie sidérurgique.

Cette analyse conduit à conclure que :

- la formation spécialisée pourrait être financée, peut-être à court terme, comme le projet sidérurgique; la dépense concernée n'est pas importante mais elle est essentielle;
- la formation générale, ou plutôt l'éducation générale, est un problème plus vaste qui, à notre avis, ne doit pas être lié à un seul projet industriel tel que le projet sidérurgique que nous avons mentionné. C'est, en réalité, la voie principale du développement d'une zone donnée et, à ce titre, elle doit bénéficier d'une attention et d'un financement spécial.

## CONCLUSIONS

Dans le cadre limité de la présente étude, il n'est naturellement pas possible de donner la solution de tous les problèmes relatifs à l'infrastructure et à la formation du personnel dans l'industrie sidérurgique. Il est cependant possible de dégager deux conclusions :

- premièrement, l'absence d'infrastructure dans une zone en développement peut provoquer un accroissement considérable du coût d'investissement d'un projet sidérurgique allant de 20 à plus de 100 % suivant le mode de comparaison adopté. Cela signifie une augmentation des charges d'amortissement et des frais financiers si l'on observe les règles habituelles de financement de ce type de projet, ce qui très souvent interdira sa rentabilité. Des systèmes de financement spéciaux semblent donc nécessaires pour remédier à cette situation;
- deuxièmement, le manque de formation des hommes, dans une zone en développement, est un autre handicap pour le lancement et l'exploitation dans de bonnes conditions d'un projet sidérurgique. Le problème n'est pas tant celui de la formation spécialisée du nombre de personnes directement concernées par l'industrie sidérurgique proprement dite (production de fer, d'acier et laminage) que celui de l'éducation générale, du niveau de compétence dans le domaine de la gestion et des métiers de l'industrie. Il faut prendre des mesures pour associer cette formation spécialisée avec un important effort d'amélioration du niveau d'éducation générale de chacun, en particulier de tous ceux qui sont concernés par un projet de ce genre.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) Astier (Jacques E.)

Evolution of the Conception of Iron and Steel Plants

Second Arab Iron and Steel Conference - Bahreïn  
(novembre 7-10, 1983)

- 2) Barnett (Donald F.) et Schorsch (Louis)

STEEL : Upheaval in a basic industry

Ballinger Publishing Company  
(1983)

- 3) Metal Bulletin

The Market and the Mini

Milan  
(mars 31 - avril 1, 1980)

Mini Mills : the way ahead

Vienne  
(mars 8-9, 1982)

Mini Mills at the crossroads

New Orleans  
(mars 18-20, 1984)

Tableau 1  
Coût d'investissement pour diverses configurations de  
l'usine de référence  
en millions de dollars E.-U. (1984)

	Coût de l'équipement	Coût des infrastructures internes Génie civil montage et construction	Coût total (Voir tableau 2)
Laminoir à barres 100 000 t/an	25	15	40
Laminoir combiné à barres, fil machine et profilés moyens	60	40	100
Comme ci-dessus avec four à arc électrique et coulée continue de billettes 400 000 t/an	+45 =105	+55 =95	200
Comme ci-dessus usine intégrée, réduction directe au gaz naturel 400 000 t/an	+50 =155	+50 =145	300

Tableau 1 bis  
Coûts d'investissement pour diverses configurations de l'usine  
de référence

en millions de dollars E.-U. (1984)

	Coût de l'équipement et de l'infrastructure interne		Coût total en dollar E.-U. par tonne annuelle sans aucune infrastructure externe
	Coût total	Coût par t annuelle	
Laminoir seul :			
100 000 t/an	40	400	400
400 000 t/an	100	250	250
Laminoir semi-intégré avec four à arc électrique et coulée continue de billettes (420 000 t/an billettes) (400 000 t/an produit)	200	500	500
Comme ci-dessus, intégré avec réduction directe au gaz naturel	300	750	750

Tableau 2

Coût de l'infrastructure du premier ordre

(pour une usine d'une capacité de 400 000 t/an, en millions de dollars E.-U.)

	Ordre de grandeur du coût
Bureaux	10
Laboratoires	3 à 5
Services de maintenance :	
Ateliers	10
Magasins	5
Transports et manutention	5
TOTAL	33 à 35

Tableau 3

Coût de quelques infrastructures du deuxième ordre

(pour une usine d'une capacité de 400 000 t/an, en millions de dollars E.-U.)

	Ordre de grandeur du coût
<u>Logement</u> pour 1 380 personnes et leurs familles + services correspondants	30
<u>Energie</u> Il s'agit seulement du raccordement aux systèmes existants gaz naturel fuel charbon électricité eau etc ...	} ... 40 à 60

Tableau 4

Ordre de grandeur du coût de quelques infrastructures du troisième ordre  
(pour une usine d'une capacité de 400 000 t/an, en millions de dollars)

	Base	Coût total
Mine de fer (600 000 t/an de morceaux ou de pellets à haute teneur	15 à 75 \$EU/h	10 à 50 *, et même plus si nécessaire construire grande longueur pipe-line ou chemin de fer
Gisement de gaz (pour 150 Mm <sup>3</sup> /an)	difficile indiquer une moyenne	
Centrale électrique (pour 400 GWh/an) et 140 MW	500 à 1 000 \$EU par MW	70 à 140
Alimentation en eau (2Mm <sup>3</sup> /an)		1 à 5 même plus si longue distance
Port	difficile indiquer une moyenne	

\* Ajouter 25 à 35 millions \$EU si nécessaire prévoir usine de  
pelletisation.

Tableau 5  
Divers coûts d'une usine sidérurgique avec infrastructure  
(millions de dollars)

	Coût total de l'usine			Infrastructures supplémentaires	
	Equipement	Infra-structure interne	1er ordre	2 ème ordre	3 ème ordre
Laminoir 100 000 t/an	15 à 25	+ 10 à 15 25 à 40	+ 5 à 10 30 à 50	+ 2 à 10 jusqu'à 60	?
Mini-usine semi-intégrée classique 200 000 t/an	55	+ 40 = 95	+ 5 = 50	---	---
Mini-usine diversifiée semi-intégrée 400 000 t/an	105	+ 95 = 200	= 30 = 230	= 10 à 50 jusqu'à 280	?
Aciérie intégrée réduction directe 400 000 t/an	155	+ 145 = 300	+ 40 = 340	+ 70 à 100 410 à 440	+ ?
Usine classique intégrée 2 Mt/an	total 2 500 à 3 000			----->	jusqu'à 4 000 à 6 000
Usine classique intégrée 4 Mt/an	total 4 000 à 5 000			----->	jusqu'à 6 000 à 8 000

Tableau 6  
Personnel des mini-aciéries et des usines sidérurgiques moyennes

Catégorie	Personnel	Production	Ratios
Mini-aciérie 200 000 t/an	230 (200 x 1 800 h)	Un produit, par exemple, barres dans un nombre limité de diamètres	Environ 900 t/homme ou 2h/t
Usine moyenne 400 000 t/an	650 (650 x 1 800 h)	Produits divers, barres, fil machine, fers marchands	Environ 600 t/homme ou 3 h/t
Idem + réduction 400 000 t/an	750 (750 x 1 800 h)	Idem	Environ 500 t/homme ou 3,4 h/t environ
<u>A titre de comparaison</u> grande usine classique intégrée 3 Mt/an	6 600 à 8 300	Un produit, tôles en rouleaux laminées à chaud	Environ 360 à 450 t/homme ou 4 à 5 h/t

Tableau 7  
Besoins de personnel d'une usine de taille moyenne  
 (400 000 t/an)

	a exploitation optimale	b cas type voir tableau 8	Besoins supplémentaires de a à b
<u>Installation de production</u>			
Aciérie	150	260	+ 110
Laminoir	150	200	+ 50
Réduction directe	----	140	+ 140
<u>Infrastructures de 1 er ordre</u>			
Bureaux, laboratoires, maintenance (ateliers, magasins, etc)	265	550	+ 285
<u>Infrastructures du 2 ème ordre</u>			
Energie (gaz, eau, électricité, etc ...)	85	130	+ 45
Logement	0	?	?
<u>Infrastructures du 3 ème ordre</u>	0	Difficile à apprécier, varie suivant les cas	?
Centre technique		100	+ 100
<b>TOTAL</b>	<b>650</b> personnes soit 600 t/ homme et 3 h/t de produit	<b>1 380</b>	<b>+ 730</b> mais variable suivant les cas

**Tableau 8**  
**Décomposition des services techniques, de gestion et administratifs**  
 (usine moyenne 400 000 t/an)

Désignation	Effectif total dans le cas type b du tableau 7	Effectif probable dans une zone industrialisée
Gestion générale : production, vente et administration	100	70
Laboratoires	50	30
Atelier central	150	50
Magasins de rechanges et approvisionnements	50	30
Manutention et transport	140	55
Sécurité	60	30
<u>Services techniques</u>		
Gestion	15	} 85
Approvisionnement gaz naturel	21	
Electricité	22	
Eau	21	
Oxygène	30	
Air comprimé	21	
<u>Production de :</u>		
Gaz naturel		
Electricité	?	0
Eau		
Mine de fer, préparation et pelletisation du minerai	(de l'ordre de 300)	0
Centre de formation etc ...	100	0
<b>TOTAL</b>	<b>780</b>	<b>350</b>

**Tableau 9**  
**Coût du personnel, de l'assistance technique et de la formation**  
 (Usine 400 000 t/an)

	Coût par t de produit en \$EU	Coût annuel en M\$EU (supposant exploitation à pleine capacité)	Coût total de la formation
1) Référence mini-usine classique pour barres	2h/t x 15\$EU/h = 30\$EU/t	12 M\$EU	----
2) Référence mini-acierie diversifiée pour barres, fil machine et fers marchands	3h/t x 15\$EU/h = 45\$EU/t	18 M\$EU	----
3) Exploitation usine de référence 2) dans zone en développement avec expatriés et formation progressive personnel local	4,05h/t x 20\$EU/h = 81\$EU/t	32,4 M\$EU + environ 2,5 M\$EU par an pour la formation du personnel local	sur 10 ans, environ 25 M\$EU *
3b) Exploitation avec personnel local seulement (si suffisamment formé)	6,2h/t x 1\$/h = 6,2\$EU/t	2,5 M\$EU	
	6,2h/t x 5\$EU/h = 31\$EU/t	12,4 M\$EU	
A) Coût de la formation spécifique	----	----	5 à 10 M\$EU *
B) Coût de la formation générale de la totalité du personnel	----	----	50 M\$EU ou plus*

\* Plus, naturellement le coût du personnel formé

**Tableau 10**  
**Coûts comparatifs de production, en 1981, pour le fil machine**  
 d'après Barnett et Schorsch 2)  
 (en dollars 1981 a/ par tonne nette de 907 kg aux taux normaux  
 d'utilisation b/)

	Intégrée			Mini-usine		
	E.U	RFA	Japon	E.U	RFA	Japon
Main-d'oeuvre	131	84	51	60	45	37
Minerai de fer	62	50	49	-	-	-
Ferraille <u>c/</u>	15	5	3	93	96	96
Charbon ou coke	52	75	59	-	-	-
Energie autre	46	37	40	45	52	51
Autres coûts <u>d/</u>	60	61	64	65	69	68
Frais d'exploitation	372	312	266	263	262	252
Amortissement	12	14	16	11	12	11
Intérêts	5	8	18	7	8	10
Taxes diverses	5	2	4	3	1	2
<b>COÛTS TOTAUX</b>	<b>393</b>	<b>336</b>	<b>304</b>	<b>284</b>	<b>283</b>	<b>275</b>

a/ Taux de change 1981 2,26 DM/\$EU et 230 Y/\$EU relativement différents des taux historiques. Les coûts de production E.U sont donc peut-être un peu surestimés par rapport, en particulier, aux coûts européens.

b/ Pour les usines intégrées, il a été retenu l'utilisation moyenne 1977-1981 pour éviter les anomalies annuelles soit E.U 80 %, RFA et Japon 65 %. Pour les mini-usines, on a supposé dans tous les cas 85 % qui correspond à la moyenne des 5 dernières années.

c/ Prix moyens 1980-81 jugés plus significatifs de la tendance à long terme que les prix 1981.

d/ Y compris additions d'alliage, fondants, réfractaires, cylindres, etc.

e/ Revenu du capital exclu.

Sources : estimations de l'auteur d'après des rapports annuels (par ex. Korfsteel, Tokyo Steel, Florida Steel, etc.), Metal Bulletin, World Steel Dynamics, Core Report Q (New York : Paine Webber Mitchell Hutchins, 1982), etc.

**Tableau 11**  
**Coûts d'investissement comparés en 1981 pour des usines à fil machine,**  
**d'après Barnett et Schorsch 2)**  
**(en dollars 1981 par tonne nette de 907 kg de fil machine a/**  
**par an à 90 % de la capacité)**

	Procédé	Input/Output	Cumul
<b>A. Usines intégrées</b>			
	Agglomération	89	
	Fours à coke	305	
	Aggloméré/HM	0,15	
	Coke/HM	0,45	
	Hauts fourneaux	200	351
	HM/CS	0,80	
	Acier à l'oxygène		
	Fusion	90]	
	Coulée billettes	48]	419
	Billettes/fil		1,065
	Laminoir à fil	179	625
	Total		625
<b>B. Mini-usines</b>			
	Four électrique		
	Fonte	98]	
	Coulée billettes	38]	136
	Billettes/fil		1,05
	Laminoir à fil	157	300
	Total		300

a/ Les frais généraux (par exemple bureaux) et l'infrastructure (tuyauterie, électricité, etc.) sont répartis sur l'ensemble de l'installation. Manutention du minerai et du charbon imputée aux postes utilisateurs (agglomération, fours à coke et hauts fourneaux). Aménagement du site et frais financiers pendant la construction non compris. Chaque usine a une capacité de 750 000 t fil machine. La capacité de la mini-usine est de 750 000 t, celle de l'usine intégrée de 4 millions de t.

Tableau 12  
Coûts totaux de production comparés en 1981  
d'après Barnett et Schorsch 2)

Pour TLF (tôle laminée à froid) et fil machine  
usine intégrée et mini-usine  
usines existantes et nouvelles usines  
en dollars 1981 par tonne nette au taux d'utilisation de 90 %

	Usines existantes			Nouvelles usines		
	Intégrée	Mini-usine		Intégrée	Mini-usine	
		TLF	Fil		Fil	TLF <sup>a/</sup>
Main-d'oeuvre	139	127	59	86	73	35
Minerai fer	62	61	-	62	60	-
Ferraille	15	14	93	15	14	92
Charbon ou coke	53	51	-	42	39	-
Energie autre	53	45	45	41	35	40
Autres coûts	<u>82</u>	<u>65</u>	<u>65</u>	<u>70</u>	<u>55</u>	<u>58</u>
Coûts d'exploitation	404	363	262	316	276	255
Amortissement <sup>d/</sup>	16	10	10	92	48	21
Intérêts <sup>e/</sup>	6	4	7	72	38	18
Taxes	6	4	3	12	8	4
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
COÛTS TOTAUX <sup>f/</sup>	432	381	282	492	370	268
Prix référence	486	419	419	486	419	419

<sup>a/</sup> Usine 4 millions t.

<sup>b/</sup> Usine 4 millions t., produisant barres, fil machine et fers marchands.

<sup>c/</sup> Usine 0,75 million t., fil machine seulement.

<sup>d/</sup> Coûts investissement nouvelle usine amortis sur 15 ans. Amortissement comprend également amortissement intérêt, période construction : 12 \$EU/t fil machine usine intégrée, 1\$EU mini-usine, correspondant période construction 5 ans pour usine intégrée, 2 ans pour mini-usine.

<sup>e/</sup> Endettement 50 % à taux supposé 12 %, 50 % fonds propres.

<sup>f/</sup> A l'exclusion tout revenu du capital. Pour une même rentabilité du capital investi, les nouvelles usines doivent gagner plus que les usines existantes, et les nouvelles usines intégrées plus que les nouvelles mini-usines.

Sources : estimations de l'auteur, d'après des données de : World Steel Dynamics, Core Reports J & Q (New York : Paine Webber, 1979 et 1982); Tex Reports (Tokyo, diverses années); TPM Cost Manual (Washington, D.C. : U.S. Department of Commerce, divers numéros); et données fournies par diverses sociétés sidérurgiques et divers fournisseurs d'équipements.

Tableau 13

Comparaison du coût d'investissement des projets sidérurgiques dans les zones développées et en développement

(d'après tableaux 5 et 11, en dollar E.-U. par t.)

	Zones développées		Zones en développement	
	Coût total en millions de dollars	Dollar par t/an	Coût total en millions de dollars	Dollar par t/an
<u>Mini-usines classiques</u>				
pour barres 200 000 t/an	50	250	---	---
pour fil machine 750 000 t/an	247,5	330	---	---
<u>Mini-usine intégrée à réduction directe</u>				
barres, fil machine et fers marchands 400 000 t/an	340 à 360	850 à 900	400 à 440 ou plus	1 000 à 1 100 ou plus

Tableau 14

Comparaison des charges d'amortissement et des frais financiers  
(en dollars E.-U. par t. de produit)

	Zones développées (voir tableaux 10 et 12)	Zones en développement (voir tableau 13 avec moyenne 1 000 \$EU/t)	
		1	2
Amortissement en 15 ans	$\frac{330}{15} = 22$  + $\frac{1}{23}$ pour barres environ 18	$\frac{1\ 000}{15} = 67$  + $\frac{3}{70}$	
Intérêt avec endettement 50 %	$165 \times \frac{15}{100} = 24,75$ pour barres 18,75	$500 \times \frac{15}{100} = 75$	---
Endettement	---	---	$666 \times \frac{15}{100} = 100$
Total pour 1 t. fil machine	47,75		
Total pour 1 t. barre	36,75	145	170

Figure 1  
La conception d'une usine sidérurgique

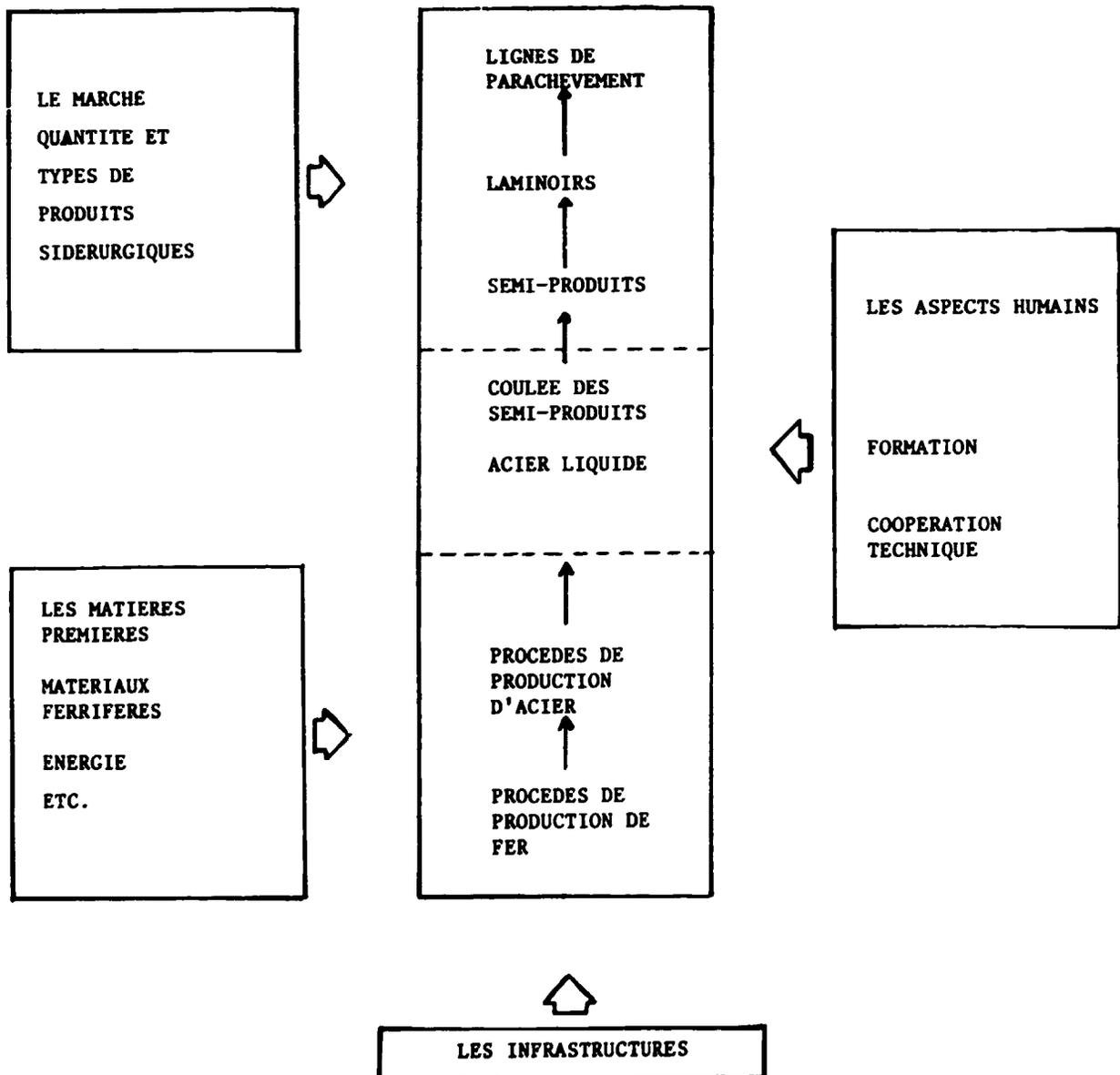


Figure 2  
Capacité moyenne des laminoirs modernes

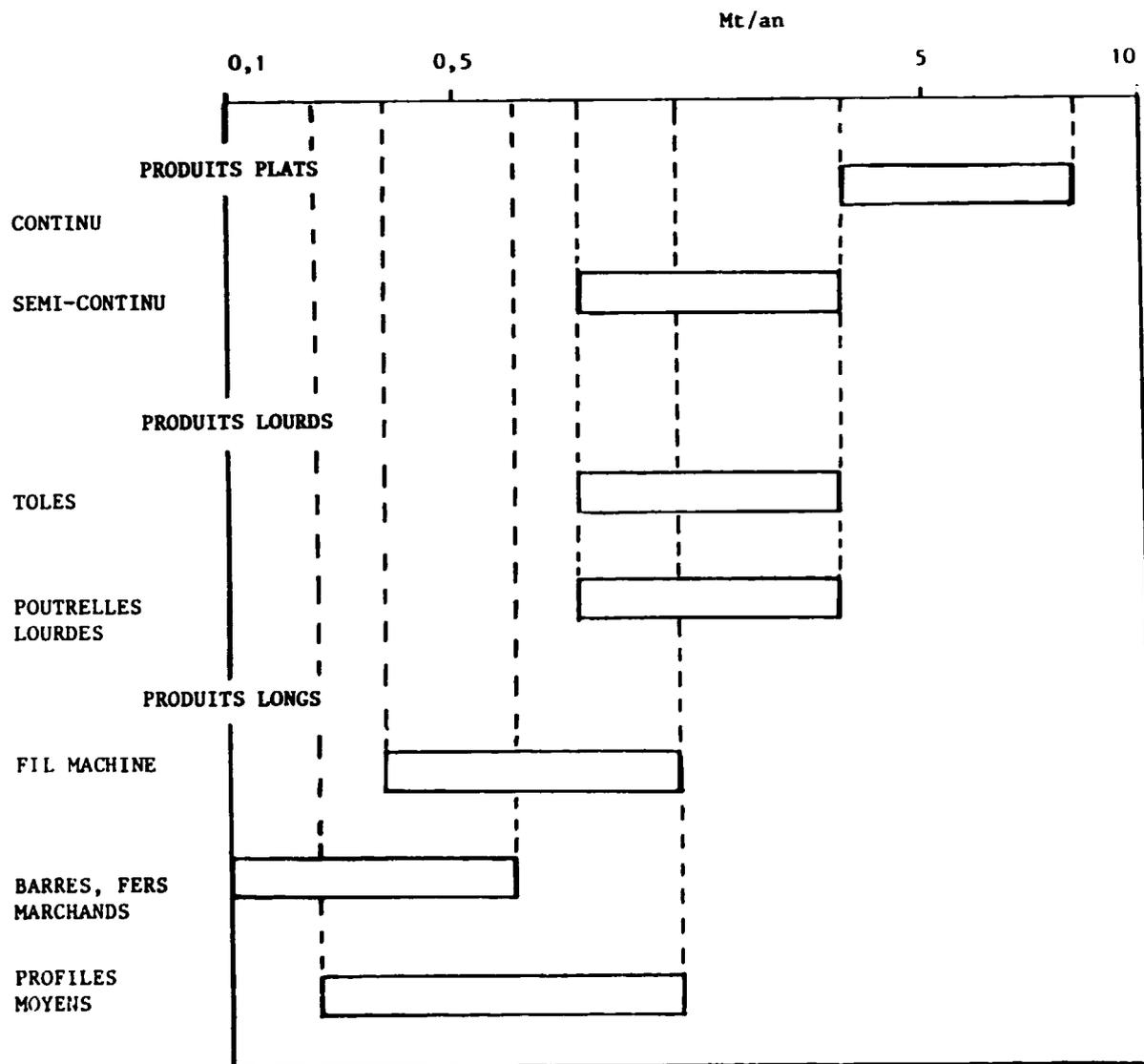


Figure 3

Les filières et les procédés de production d'acier liquide

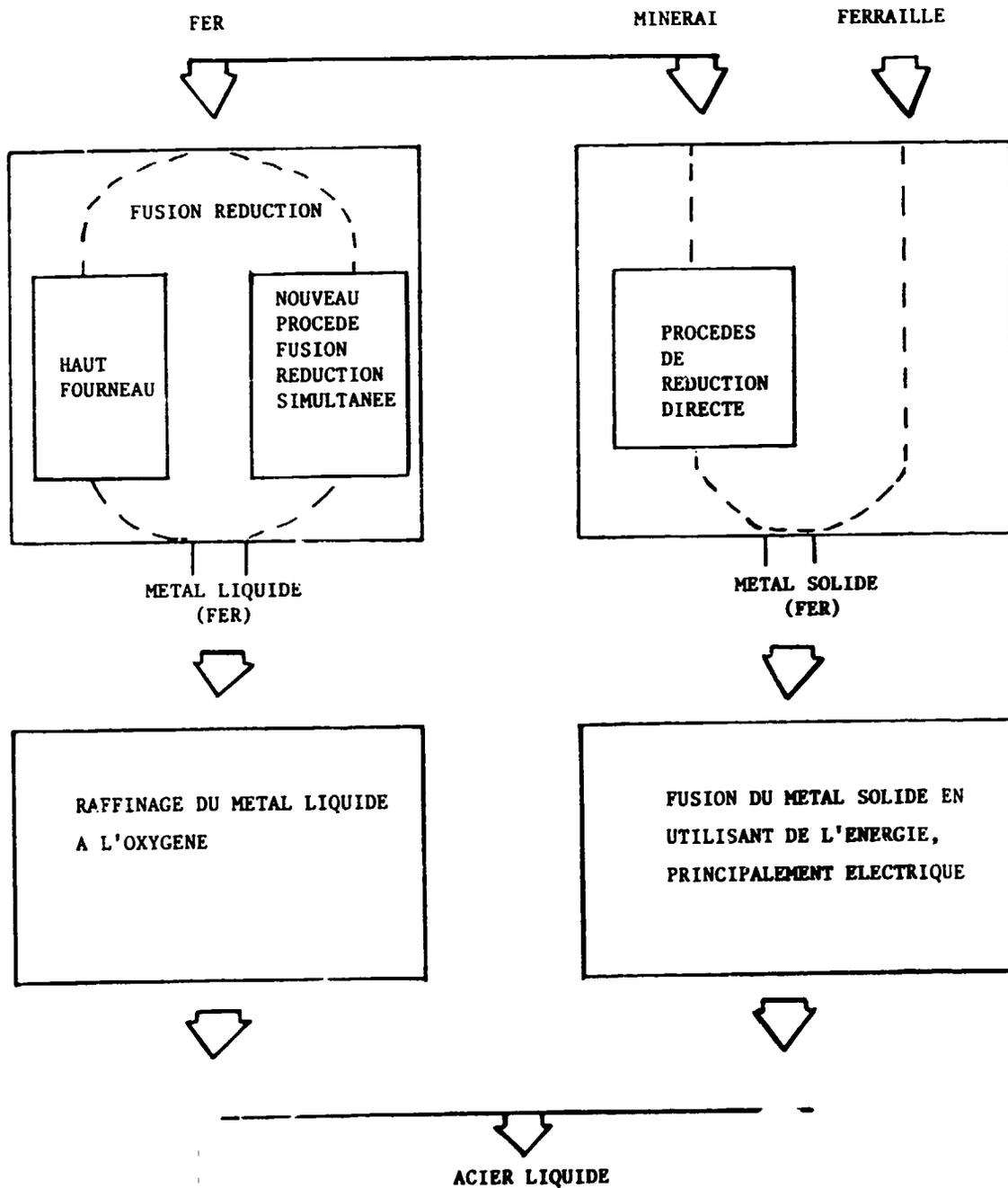


Figure 4

Les deux types d'usines métallurgiques dans les zones industrialisées

Procédés et filière Capacité t acier/en	"Classique" avec haut fourneau et convertisseur à l'oxygène	Avec four à arc électrique utilisant ferraille	Avec four à arc électrique et réduction directe
Moins de 100 000	Ces usines sont en disparition	Evolution de la mini-aciérie pour produits longs	(Difficile, trop petit)
100 000 à 1 000 000			Difficile pour des raisons économiques
1 000 000 à 5 000 000	Evolution de la grande usine intégrée pour produits plats		Difficile (trop important)
Plus de 5 000 000			

Figure 5

Les deux types d'usines sidérurgiques dans les zones en développement

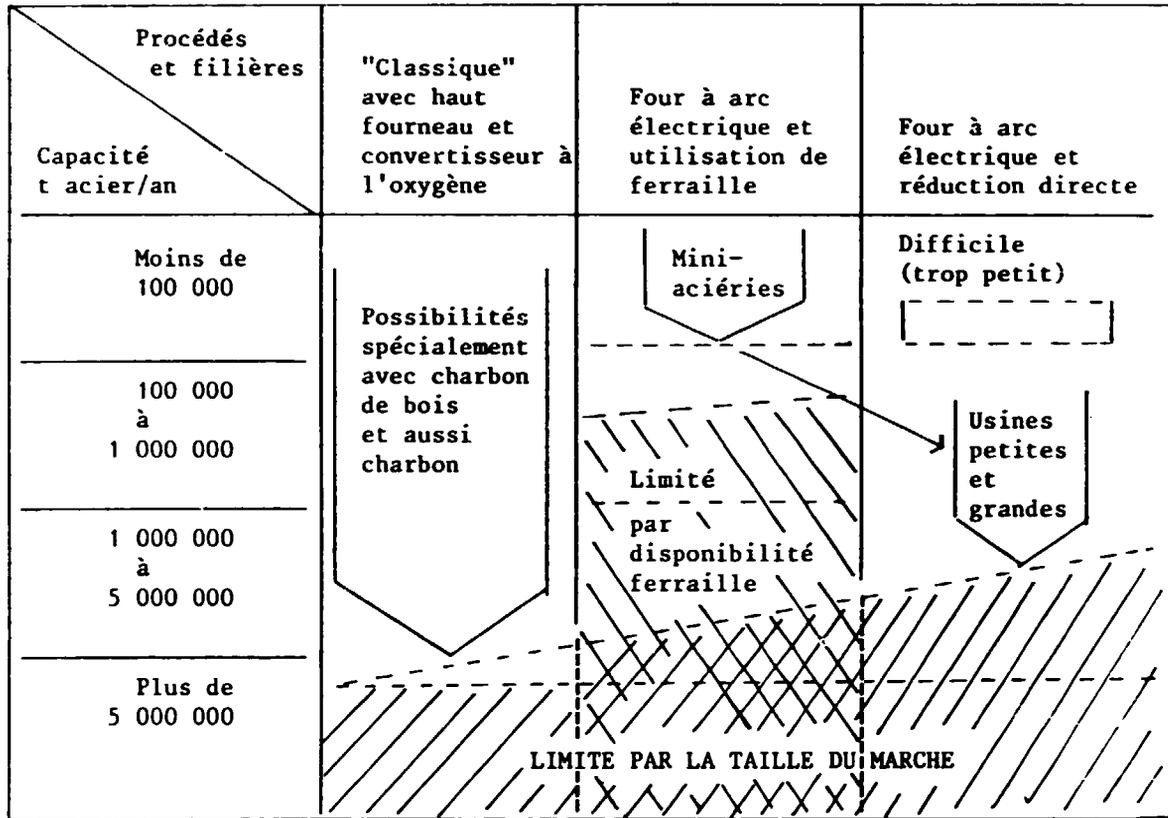


Figure 6  
Configuration schématique d'une usine sidérurgique moyenne

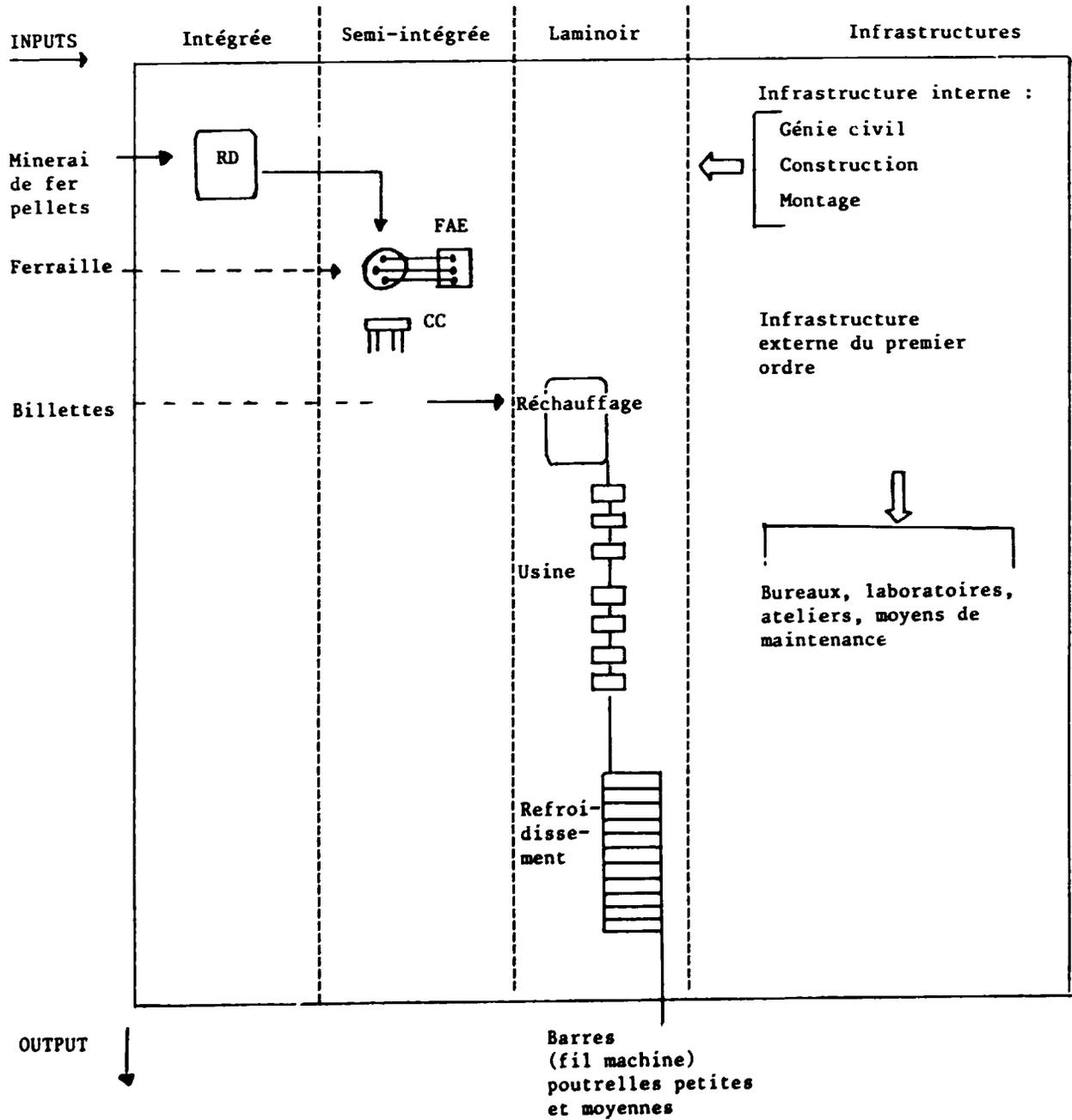
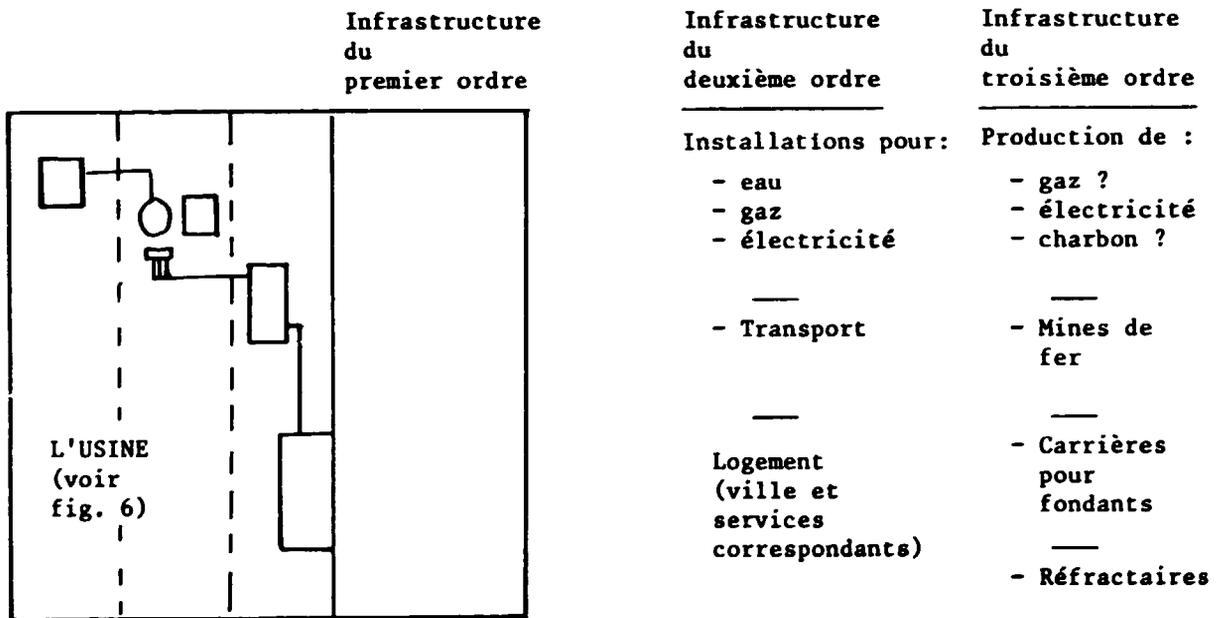


Figure 7

Diverses infrastructures nécessaires pour une usine sidérurgique moyenne



**Figure 8**

**EVOLUTION DE LA PRODUCTIVITE (heure/homme part.)  
PAR PROCEDE DANS LES USINES INTEGREES  
d'après Barnett et Schorsch (2)**

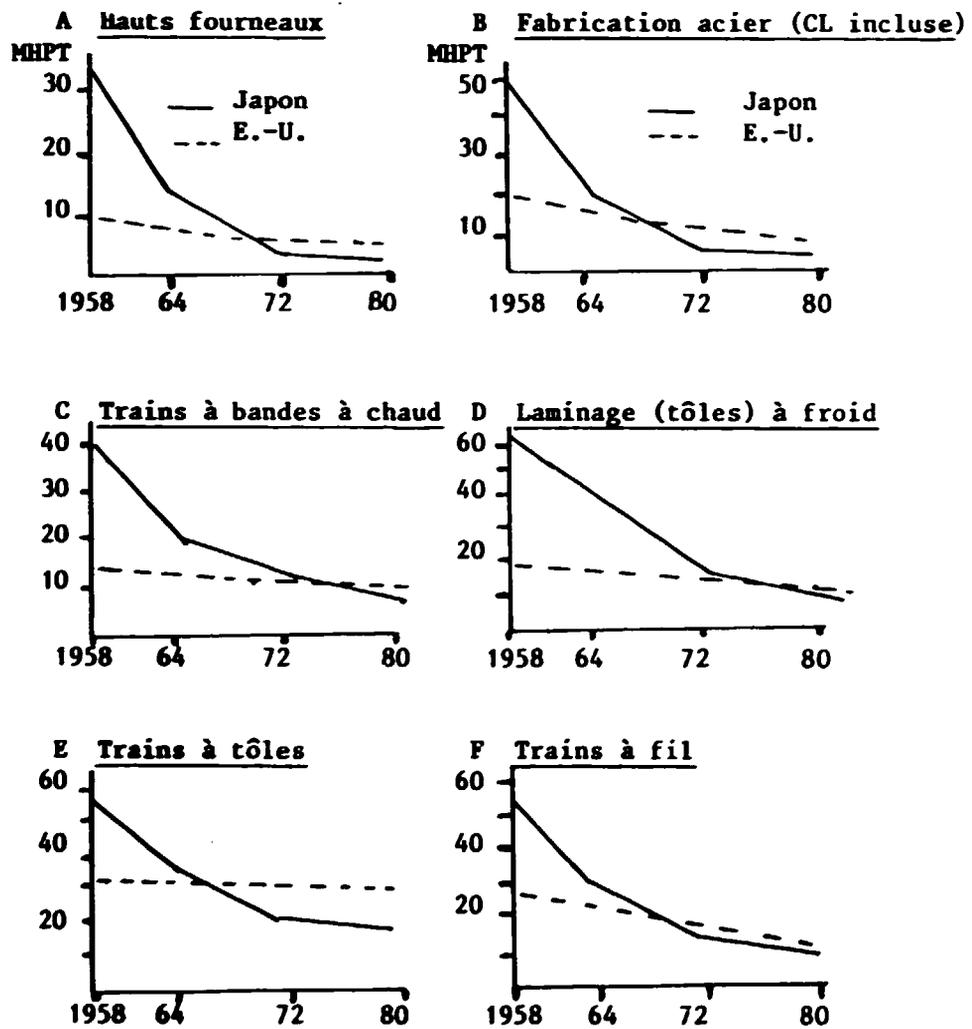
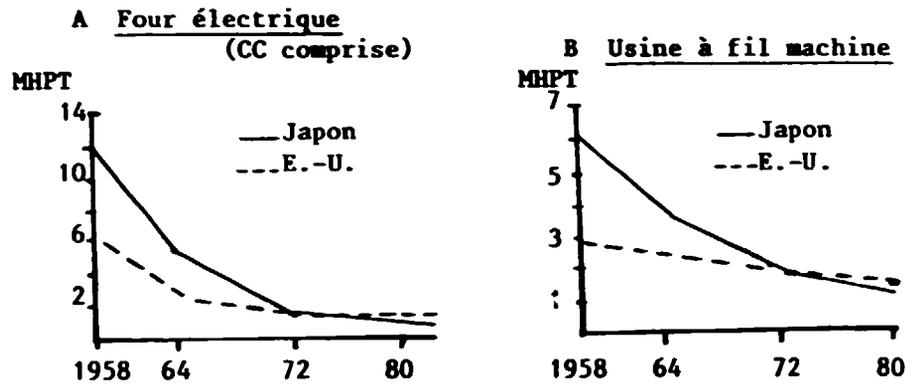


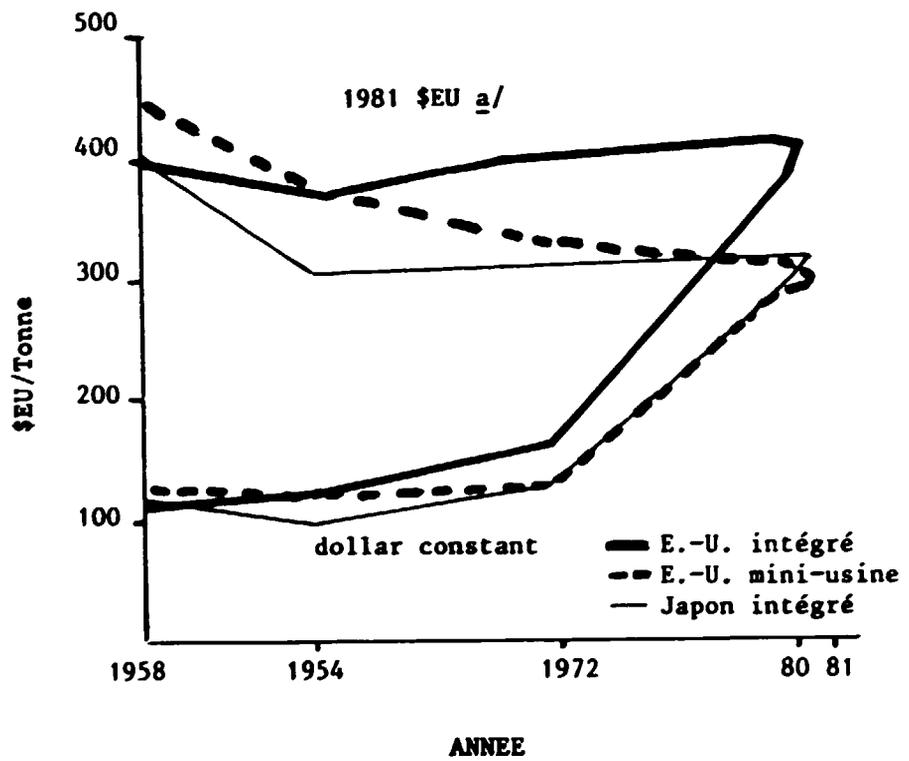
Figure 9

Evolution de la productivité (heure/homme part.)  
par procédé dans les mini-usines

d'après Barnett et Schorsch (2)



**Figure 10**  
**Evolution des coûts de production pour**  
**le fil machine**  
d'après Barnett et Schorsch (2)  
(en dollars 1981 a/ par tonne de 907 kg)



a/ Converti de dollars constants en dollars 1981, en utilisant le Producer Price Index for Industrial Products de l'U.S. Département of Labor, Bureau of Labor Statistics.