



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

16758

CONFIDENTIAL

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

ETUDE TECHNICO ECONOMIQUE
POUR LE PROJET DE JIJEL
DE SIDER (Algérie)

Jacques E.
par J. Astier

Janvier 1988

TABLE DES MATIERES



	<u>n° Page</u>
RESUME ET CONCLUSIONS	I à V
INTRODUCTION	1
1 - LES USINES DE REFERENCE	3
2 - CONFIGURATION ET ASPECTS TECHNIQUES	11
2.1 - La liste des usines retenues	11
2.2 - Configuration métallurgique	13
2.3 - Aspect évolutif de ces usines	13
2.4 - Contexte général de ces usines	14
2.5 - Conclusions préliminaires	16
3 - RESULTATS	17
3.1 - Production	17
3.2 - Types et qualités de produits	19
3.3 - Données économiques sur les frais de fabrication	20
<u>Réduction directe</u>	20
<u>Aciérie électrique</u>	21
4 - ASPECTS HUMAINS	27
4.1 - Personnel pour la réduction directe	27
4.2 - Personnel pour aciérie - coulée	27
4.3 - Tableau comparatif global	33
4.4 - Assistance technique et formation	34
5 - INVESTISSEMENTS	38
5.1 - Données globales	38
5.2 - Commentaires	39
BIBLIOGRAPHIE	44
LISTE DES TABLEAUX	45
LISTE DES FIGURES	46
ANNEXES I et II	

RESUME ET CONCLUSIONS

La première partie de la présente étude rappelle que ce type d'usines, basées sur le four électrique à arc pour élaborer des produits longs a une grande importance dans le monde et on peut l'estimer en ordre de grandeur (en Mt/an en 1986) à :

	Pour le monde	Pour les Pays industrialisés	Pour les Pays en voie de développement
Total produits longs	280	200	80
dont avec aciérie électrique	165	130	35
Réduction directe	13	2	11

Ce qui est encore plus important est que pour les pays en voie de développement, cette filière FEA + RD (c'est-à-dire Four Electrique à Arc avec Réduction Directe) se développe :

- tant avec l'accroissement de la production et de la productivité des usines existantes,
- qu'avec la mise en service de nouvelles unités.

Tout cela pourrait porter la capacité de ces usines aux environs de 20 Mt/an d'ici peu. Autrement dit, ce type d'usine basée sur réduction directe et four à arc existe, sur une échelle industrielle et se répand de plus en plus, spécialement dans les pays en voie de développement.

La seconde partie de l'étude montre, précisément, l'évolution de ce type d'usine dont un certain nombre sont déjà anciennes. Les principales conclusions, sur ces aspects techniques et métallurgiques, paraissent être :

- la croissance de la capacité des unités de réduction directe par le gaz naturel avec une tendance à passer de 300 à 400 000 t/an vers les 500 000 à 800 000 t/an avec d'intéressantes possibilités vers le briquetage à chaud,
- le développement de la métallurgie secondaire dans un four-poche entre le four à arc et la coulée continue "MP" (métallurgie en poche),
- l'augmentation spectaculaire de la productivité des fours à arc où les durées de coulée à coulée sont, maintenant loin des 3 ou 4 heures classique autrefois et, même, des 2 heures qui paraissaient remarquables il y a quelques années,
- la conception d'une chaîne courte FEA-MP-CC adaptée aux types et quantités de produits nécessaires.

Cela conduit aux aspects économiques sous l'angle des frais d'opération où l'on voit le "poids" considérable (troisième partie) :

- à côté de ces facteurs de productivité, liés à la main d'oeuvre et aux équipements sur lesquels nous revenons plus loin,
- des matières premières et notamment :
 - . du minerai de fer,
 - . du gaz naturel
 - . et de l'énergie électrique

Ces considérations expliquent, au passage, l'intérêt très différent de ce type d'usine :

- dans les pays industrialisés où le gaz naturel en général fort cher rend le minerai réduit (DRI) peu compétitif par rapport aux ferrailles, sauf du point de vue de la qualité,
- dans les pays en voie de développement où la situation est inverse : ferrailles peu abondantes et devenant plus chères quand on doit les importer et gaz naturel, en général, meilleur marché tout au moins, bien sûr s'il y a des ressources locales.

Cela nous amène, naturellement à la quatrième partie de l'étude consacrée aux aspects humains où les efforts de productivité ne peuvent être faits qu'avec une excellente formation et une forte motivation de la main d'oeuvre. Il faut souligner ici la nécessité de bien séparer les besoins en :

- personnel de fabrication relativement peu nombreux mais très spécialisé ; il n'y a guère qu'une cinquantaine d'opérateurs pour une unité de réduction directe et un peu plus d'une centaine pour un ensemble FEA-MP-CC (Four Electrique à Arc - Métallurgie secondaire en Poche - Coulée Continue),
- entretien et maintenance, toujours sous évalués en quantité et qualité en mentionnant l'aspect très délicat de leur liaison et leur imbrication avec la production,
- services, nombreux et divers, souvent , là aussi, sous évalués tant pour les fournitures (gaz, eau, énergie électrique...) que pour les matières premières (réception et transports) et l'expédition des produits,
- direction et gestion de l'ensemble à tous les points de vue, technique, commercial, financier, administratif etc...

Cela conduit, à notre avis, à concevoir la formation de façon assez différente suivant ces diverses catégories de personnel et à ne réserver, sauf situation exceptionnelle, l'assistance technique qu'à des durées limitées et sur des points très précis.

La cinquième et dernière partie de cette étude est consacrée aux investissements où, la encore, il faut bien séparer :

- les unités sidérurgiques avec leurs équipements, leur génie civil, les bâtiments et le montage,
- les infrastructures (de divers ordres) et les "utilités" qui, en règle générale, "pèsent" beaucoup plus lourd, par définition, dans une région peu développée que dans un contexte industrialisé où le "tissu" existant permet à la fois de se dispenser de beaucoup d'investissements et, aussi, de sous-traiter toute une série d'opérations "de service".

Cela explique que si la plupart des mini-usines sont des initiatives privées dans les régions industrialisées, les usines dont nous parlons (RD - FEA - MP - CC) sont, souvent, des entreprises publiques dans les pays en voie de développement.

Si l'on examine, maintenant, dans ce contexte, le projet de JIJEL tel qu'il est rappelé en annexe I, on peut voir que :

- la configuration actuellement arrêtée, en particulier pour le "coeur" de l'usine, l'ensemble ACI-MP-CC (Aciérie Electrique - Métallurgie en poche - Coulée Continue) correspond bien aux tendances que nous avons relevées dans les usines les plus modernes de ce genre, dans le monde, aussi bien que dans l'évolution des usines plus anciennes.
- cette configuration et, de façon plus générale, la conception du projet de JIJEL paraissent bien correspondre à la recherche de l'investissement minimal.
- Tout cela devrait conduire aux frais de fabrication et aux prix de revient les plus raisonnables.

Deux points nous paraissent spécialement importants à noter sur ce sujet, c'est-à-dire sur la recherche du prix de revient minimal :

- le premier concerne le "poids" de l'énergie et, plus particulièrement, du coût du gaz naturel qui, dans la transformation du minerai en DRI (minerai réduit ou Directly Reduced Iron) représente dans le cas moyen du tableau IX, page 25 : 65 % (c'est-à-dire 19.5 : 30) de ce coût : on y voit la nécessité de disposer, pour de tels projets de gaz naturel bon marché.
- le second concerne le choix de la charge ferrifère optimale pour les fours électriques. Etant entendu que la base en sera le minerai réduit (DRI), on a néanmoins le choix entre :

. une certaine importation de ferrailles, si elles sont suffisamment bon marché, pour avoir des proportions de l'ordre de :

50 % DRI (minerai réduit)

40 % ferrailles

- une très forte proportion de minerai réduit, disons 95 %, comme actuellement à QASCO, si le prix du minerai de fer (ou des boulettes) est suffisamment bas.

INTRODUCTION

Cette étude fait suite à notre mission de Mai 1987* et a été effectuée suivant le programme de l'annexe II. De façon plus précise, ce travail reprend, dans les conclusions de la mission mentionnée ci-dessus, la seconde recommandation dont les termes de référence faisaient l'objet du tableau I que nous reproduisons ci-dessous (page 2).

Partant de ces termes de référence, le présent rapport sera divisé en cinq chapitres consacrés respectivement :

- 1 - à l'établissement de la liste des usines de référence, sur le plan mondial,
 - 2 - à la configuration et aux aspects techniques de ces diverses usines,
 - 3 - aux résultats obtenus par ces diverses usines,
 - 4 - aux aspects humains,
- et 5 - aux investissements.

Cela reprend, en fait, tous les points du tableau I mais dans un ordre qui nous paraît plus logique.

* Voir Annexe II

TABLEAU I

Plan prévisonnel d'une étude technico-économique
pour le projet JLJEL de SIDER (Algérie)

1) Etablissement d'une liste d'usines de référence:

A première vue, on pourrait citer:

HADDEED, EL DEKHILA, QASCO, WARRI,

et en seconde ligne:

MISURATA, TERENGGANU, SIDOR, P.T. KRAKATAU, SABAH, USIBA, ACINDAR,
PUEBLA, etc.

- 2) Données concernant les investissements nécessités par de telles usines.
- 3) Données concernant la configuration et les schémas métallurgiques d'implantation de telles usines.
- 4) Données concernant les résultats obtenus (production, qualité...).
- 5) Données concernant les aspects humains. Comment ont-ils été abordés et résolus sur les plans formation et assistance technique? Comment ont-ils été traités sur les plans contractuels et financiers?.
- 6) Entretiens et échanges de vues sur tous les aspects avec les experts de la DPJ (Direction du Projet de JLJEL). En dehors de la documentation provenant des cinq points précédents, les discussions devraient porter spécialement sur:
- La conception des unités de réduction directe;
 - La conception de l'ensemble aciérie électrique-métallurgie secondaire-coulée continue;
 - Le raccordement de l'aciérie électrique au réseau national.

I - LES USINES DE REFERENCE

Pour "étayer" tant sur les plans techniques et financier que sur les aspects humains, le projet de JIJEL de SIDER, en Algérie, il paraît indispensable d'établir une liste d'usines comparables et de voir, précisément, tant leurs caractéristiques que leurs résultats. Pour établir une telle liste, nous partirons de l'ensemble des usines sidérurgiques basées sur la réduction directe, c'est-à-dire, en fait, de l'ensemble des usines de réduction directe construites dans le monde.

On trouvera une telle liste au tableau II (qui fait l'objet de 3 pages), tableau présenté l'année dernière à la réunion annuelle de l'IISI (International Iron and Steel Institute, Rio de Janeiro annual meeting, Bresil, 5 - 8 Octobre 1986). Néanmoins, cette liste doit être simplifiée car on doit éliminer :

- des unités pilotes ou,
- des unités arrêtées assez rapidement,

et qui ne présentent pas d'intérêt pour la présente étude.

D'un autre côté, il y a des "unités marchandes" (c'est-à-dire exportatrices de minerais réduits et non intégrées avec leur aciérie électrique (elles font l'objet du tableau III) et des usines intégrées construites dans les pays industrialisés (elles font l'objet du tableau IV) qui seront traitées à part.

Les usines intégrées RD + FEA (c'est-à-dire Réduction Directe et Four Electrique à Arc) construites dans des régions en voie de développement font l'objet des tableaux suivants :

- V - relatif aux usines basées sur gaz naturel et élaborant des produits longs,
- VI - relatif à des usines du même type, mais élaborant des produits plats (ou, à la fois produits longs et plats, ou tubes sans soudure),
- VII - relatif à des usines basées cette fois, sur le charbon.

Néanmoins, pour la présente étude, nous ne prendrons pas en compte toutes ces usines car :

- celles qui sont basées sur le charbon (Tableau VII) sont assez différentes du projet de JIJEL, d'une part, et, souvent, peu représentatives, d'autre part car elles sont petites (SIDERPERU, PIRATINI, Inde...) et souvent incorporées dans une usine intégrée classique (ISCOR, SIDERPERU...),
- un certain nombre d'usines basées sur le gaz naturel sont soit anciennes et, parfois arrêtées depuis plusieurs années (NORD FERRO pour les usines marchandes, OREGON STEEL MILLS...) ou trop récentes pour en avoir des résultats utiles.

En conséquence, la présente étude sera basée essentiellement sur les unités des tableaux V et VI, mais pas toujours sur la totalité d'entre elles.

TABEAU II : LISTE DES INSTALLATIONS DE REDUCTION DIRECTE DANS LE MONDE

List of world DR plants since 1950

Start up	City	Country	Company	Process & capacity t/year	Following operation
1952	Sandvik	Sweden	Sandvik AB	Wiberg 25	Shut down in the 1970s
1954	Uddeholm	Sweden	Uddeholms AB	Wiberg 30	Shut down in the 1970s
1954	Hellefors	Sweden	Hellefors AB	Wiberg 30	Shut down in the 1970s
1954	Oxelösund	Sweden	Grangesberg	Hoganas 50	Transferred to iron powder production
1954	New Jersey	USA	Hoganas Corp.	Hoganas 70	Iron powder production
1955	Monterrey	Mexico	Hylsa	HYL 3	Pilot plant of HYL process
1957	Monterrey	Mexico	Hylsa	HYL 105	Plant 1 M operating
1957	Onidata	Japan	Tohoku Statesu	Kawasaki 24	Shut down
1960	Monterrey	Mexico	Hylsa	HYL 190	Plant 2 M converted to HYL III 1980
1960	Hofors	Sweden	SKF	Wiberg 25	Converted to Plasmared in 1981
1960	Riverton	USA	Hoganas	Hoganas 65	Iron powder production
1962	Baton Rouge	USA	Exxon	Fior 2	Pilot plant shut down
1963	Hoganas	Sweden	Hoganas	Hoganas 130	Iron powder production
1964	Kansas City	USA	Armco Steel	Armco 15	Pilot plant shut down
1964	Yasugi	Japan	Hitachi Metals	Wiberg 10	Shut down
1965	Dartmouth	Canada	Exxon	Fior 100	Semi commercial shut down 1969
1966	Skopje	Yugoslavia	Rudnici I Zelara	Elkem 500	Pre reduction kilns for electric smelting
1967	Vera Cruz	Mexico	TAMSA	HYL I 280	
1968	Witbank	S. Africa	Highveld	Lurgi kilns 1,000 (Total capacity)	First stage of pre reduction kilns for electric smelting
1969	Chiba	Japan	Kawasaki Steel	Rotary kiln Kawasaki 72	Shut down
1969	Portland	USA	Oregon Steel	Midrex 300	Shut down 1980
1969	Puebla	Mexico	Hylsa P/1	HYL I 250	Shut down 1985
1969	Capel	Australia	Western Titanium	SL/RN 15	Operations on ilmenites
1969	Oak Creek	USA	Allis Chalmers	ACCAR	Pilot plant of ACCAR process
1969	Glenbrook	New Zealand	NZ Steel	SL/RN 175	
1970	Falconbridge	Canada	Falconbridge	SL/RN 300	Converter to ACCAR 1976
1970	Inchon	S. Korea	Inchon Iron	SL/RN 150	Pre reduction kiln dismantled
1971	Oberhausen	FR Germany	Thyssen	Purofer 150	Semi commercial plant now dismantled
1971	Georgetown	USA	Georgetown Steel	Midrex 400	Intermittent operation
1971	Hamburg	FR Germany	Hamburger Stahlwerk	Midrex 400	Intermittent operation
1971	Muroran	Japan	Nippon Steel	Koho 48	Shut down
1971	Hirohata	Japan	Nippon Steel	NSC 3	Pilot plant shut down 1973
1972	Puerto Ordaz	Venezuela	Minorca	HIB 650	Shut down. To be converted to other process?
1972	Houston	USA	Armco Steel	Armco 330	Shut down in 1982
1973	Benoni	S. Africa	Dunswart Iron & Steel	Krupp Codir 150	
1973	Contrecoeur	Canada	Sidbec-Desco 1	Midrex 400	Intermittent operation
1973	Niagara Falls	Canada	Niagara Metals	ACCAR 50 with coal	?

TABLEAU II (suite)

Start :p	City	Country	Company	Process & capacity kt/year	Following operation
1973	Charqueadas	Brazil	Piratini	SL/RN 65	
1973	Buttrio	Italy	Danieli	Kinglor Meteor 10	Pilot plant for KM process
1973	Misushima	Japan	Kawasaki Steel	Kawasaki 180	Shut down
1974	Monterrey	Mexico	Hylsa	HYL 420	Plant 3 M converted to HYL III
1974	Hoganas	Sweden	Hoganas	Hoganas 150	Iron powder production
1974	Fukuyama	Japan	NKK	SL/RN 350	Shut down
1974	Salvador da Bahia	Brazil	USIBA	HYL I 225	
1975	Wakayama	Japan	Sumitomo Metals	Kubota with coal 150	Shut down
1975	Kashima	Japan	Sumitomo Metals	Kubota with coal 150	Shut down
1975	Bruce Lake	Canada	Stalco	SL/RN 350	Dismantled
1975	Casa Grande	USA	Hecla Mining	SL/RN 65	
1976	Campana	Argentina	Dalmine Siderca	Midrex 330	
1976	Santa Cruz	Brazil	Cosigua	Purofer 330	Dismantled in 1982
1976	Sudbury	Canada	Sudbury Metals	SL/RN 240 transformed ACCAR	Shut down in 1981
1976	Cremona	Italy	Arvedi	Kinglor Meteor 40	Dismantled
1976	Matanzas	Venezuela	Fior de Venezuela	Fior 350	
1976	Vasteras	Sweden	Elred Engineering	Elred 1	Pilot plant
1976	Hirohata	Japan	Nippon Steel	NSC 150	Semi commercial plant shut down in 1978
1976	Matanzas	Venezuela	SIDOR I	HYL 360	
1977	Contrecoeur	Canada	Sid'bec Doeco 2	Midrex 650	
1977	Ahwas	Iran	NISIC	Purofer 330	Shut down in 1982
1977	Puebla	Mexico	Hylsa P 2	HYL 630	
1977	Chiba	Japan	Kawasaki Steel	Rotary kiln 180	Shut down
1977	Matanzas	Venezuela	SIDOR I	Midrex 355	
1977	Charlotte	USA	Midrex	Midrex 2	Pilot plant
1977	Fontana	USA	Kaiser Steel	MTU 30	Pilot plant
1978	Villa Constitucion	Argentina	ACINDAR	Midrex 600	
1978	Kota Baja	Indonesia	Krakatau Steel	HYL 560	
1978	Imrn Said	Qatar	Qatar Steel	Midrex 400	
1978	Rockwood	USA	Direct Reduction Corp.	DRC 50	Pilot plant
1979	Matanzas	Venezuela	SIDOR 2	Midrex 1,200	
1979	Jamshedpur	India	TISCO	Tata 5	Pilot plant
1979	Niihama	Japan	Sumitomo Lummus	LS-RIOR 3	Shut down
1979	Hunsterston	England	British Steel	Midrex 800	Never operated
1979	Gallatin	USA	Hoganas	Hoganas 52	Iron powder production
1980	Paloncha	India	SAIL	SL/RN 30	
1980	Kota Baja	Indonesia	Krakatau Steel	HYL I 560	
1980	Khor al Subair	Iraq	SCISI	HYL I 543	Inoperative
1980	Monterrey	Mexico	Hylsa	HYL III 280	Conversion 2 M unit of 1960
1980	Chimbote	Peru	Siderperu	SL/RN 120	Transformation of cement kilns
1980	Point Lisas	Trinidad	ISCOTT & Tobago	Midrex 420	Intermittent operation
1981	Matanzas	Venezuela	SIDOR 2	HYL I 2,110	
1981	Maymio	Burma	Burma Steel	Kinglor Metal 20	

TABLEAU II (suite et fin)

- 5 ter -

Start up	City	Country	Company	Process & capacity kt/year	Following operation
1981	Emden	FR Germany	Nordferro	Midrex 880	Shut down 1982
1981	Khor al Zubair	Iraq	SCISI	HYL 925	Never operated
1981	Hofors	Sweden	SKF	Piasmared	Conversion of 1960 Wiberg
1981	Piombino	Italy	FINSIDER	Flufer 130	Never started
1982	Point Lisas	Trinidad & Tobago	ISCOTT 2	Midrex 420	Seems to be shut down
1982	Ranchi	India	SAIL	SL/RN 3	
1982	Kota Baja	Indonesia	Krakatau Steel	2 HYL I 3 and 4 120	
1982	Warri	Nigeria	Delta Steel	Midrex 1,020	
1982	Al Zubail	Saudi Arabia	Hadeed 1	Midrex 400	
1982	Ellwood	USA	INCO	INMETCO 250	
1983	Orissa	India	Orissa Sponge Iron	ACCAR 150	
1983	Germiston	S. Africa	Scaw Metals	DRC 75	
1983	Koursk	USSR	DEMK 1	Midrex 417	
1983	Al Zubail	Saudi Arabia	Hadeed 2	Midrex 400	
1983	Monterrey	Mexico	Hylsa	HYL III 500	Conversion of 1974 SM unit
1984	Paloncha	India	Sponge Iron India	SL/RN 30	
1984	Maymio	Burma	Burma Steel	Kinglor Meteor 20	
1984	Labuan	Malaysia	Sabah	Midrex 650	
1984	Glenbrook	New Zealand	NZ Steel 2	SL/RN 900	4 pre reduction kilns
1984	McKeesport	USA	Pelletech Inc.	MTU 60	Still under construction?
1985	Koursk	USSR	DEMK 2	Midrex 417	
1985	Vanderbijlpark	S. Africa	ISCOR	SL/RN 600	4 kilns
1985	Ahwaz	Iran	NISCO	Midrex 400	First unit of a delayed plant
1985	Vereeniging	S. Africa	USCO	USCO 345	
1985	Terengganu	Malaysia	HICOM	NSC 600	
1985?	Lasaro Cardenas	Mexico	Sicartsa	HYL III 2,000	
1986?	Ahwaz	Iran	NISCO	Midrex 800	2 units of a delayed plant
1986	Ahwaz	Iran	Nisco	HYL 1,030	Delayed plant
1986	Koursk	USSR	DEMK 2	Midrex 417	
1986	Joda	India	Ipitata Sponge Iron	Tisco 90	
1987	Misurata	Lioya	I&S Complex	Midrex 1,100	
1987	El Dikhelia	Egypt	ANSDK	Midrex 716	
1987	Koursk	USSR	DEMK	Midrex 417	Unit No. 4
1987	Chandil	India	Bihar Sponge Iron	SL/RN 150	
1987	Mobarakeh	Iran	Nisco	Midrex 1,280	2 units
1988	Mobarakeh	Iran	Nisco	Midrex 1,920	3 units
1986	Orissa Patrata	India	Birla Jute Ind	Kinglor Meteor 40	

Note : En fait, en 1987 n'ont pas été démarrées, à notre connaissance, ni MISURATA ni OEMK 4 (tous pratiquement terminés) ni MOBARAKEH

PRINCIPALES USINES "MARCHANDES" DE REDUCTION DIRECTE

TABLEAU III

LOCALISATION	CAPACITE	REMARQUES
FIOR DE VENEZUELA Matanzas Venezuela	350 000 t/an	démarrée en 1976 FIOR
NORD FERRO Emden RF Allemagne	880 000 t/an	2 MIDREX démarrés 1981 Arrêtés en 1982
SABAH à Labuan Malaysia	650 000 t/an	MIDREX 1984 en cours d'expansion
MINORCA à Puerto Ordaz Venezuela	850 000 t/an	MIDREX 1990
SIVENSA à Puerto Ordaz Venezuela	400 000 t/an	MIDREX 1990 en partie (200 000 t/an) intégré avec un four à arc 70 t

TABLEAU IV

**PRINCIPALES USINES INTEGREES BASEES SUR
REDUCTION DIRECTE + ACIERIE ELECTRIQUE**

A. PAYS INDUSTRIALISES

LOCALISATION	CAPACITE ET PRODUIT FABRIQUE	REMARQUES	ACIERIE	COULEE	LAMINOIR
OREGON STEEL PORTLAND Etats-Unis	300 000 t/an pré-réduits 450 000 t/an acier 315 000 t/an tôles fortes	1ère unité MIDREX 1969 arrêtée en 1980	2 X 80 t	sous pression	train à tôles forte de 108" quarto (2,7 m)
NEW ZEALAND STEEL GLENBROOK Nouvelle Zélande	d'abord : 175 000 t/an pré-réduits 160 000 t/an acier	SLRN 1969	2 X 50 t	1 X 4 lignes de billettes	
	expansion vers : 900 000 t/an pré-réduits 800 000 t/an acier	4 fours à sole tournante + 4 SLRN 1987	four électrique à fonte + aciérie à l'oxygène	X de brames	train steckel à produits plats
GEORGETOWN STEEL CORPORATION GEORGETOWN Etats-Unis	400 000 t/an pré-réduits 700 000 t/an acier	MIDREX 1971	2 X 75 t	2 X 4 lignes de billettes	train combiné à barres et à fil
HAMBURGER Stahlwerke HAMBOURG R.F. d'Allemagne	400 000 t/an pré-réduits 900 000 t/an acier	MIDREX 1971	1 X 110 t 2 X 90 t	2 X 6 lignes de billettes	train combiné à barres et à fil
SIDBEC-DOSCO Contrecoeur Canada	1 100 000 t/an pré-réduits 1 000 000 t/an acier	1er MIDREX 1973 2ème MIDREX 1977	2 X 110 t 2 X 150 t évolue vers 2 X 150 t + métallurgie en poche	2 X 6 lignes de billettes 1 X 1 ligne de brames	train à barres et à fil train Steckel à produits plats
OEMK	1 600 000 t/an pré-réduits 1 250 000 t/an d'aciers spéciaux	4 MIDREX 1985/1988	4 X 150 t	4 X 4 lignes de blooms	

D - USINES sur le COX NATUREL : PRODUITS LIEGES EN REQUIS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT

Localisation	Capacité et produit fabriqué	Remarques	Acierie	Qualité	Lambour
WALS Pouébo Maroc	600 000 t/an produit 400 000 t/an acier en produits légers et légers	RD Sp. 1969 et 1977 Excl. de production pour vente	3 x 70 t 1000	2 continue à 5 lignes de billettes	1 train combiné à barres et fil
USINA Subsidiar de Bahia Bénel	370 000 t/an produit 200 000 t/an acier en produits légers et légers	RD Sp. 1974	1 x 100 t 1000	1 continue à 6 lignes de billettes	1 train à barres et petits Pura
MISC Ruar Iran	2 100 000 t/an produit au total (400 000 t en service "7") 2 000 000 t/an acier ? de deux-plantes	RD Poursuiv 1977 Sp. 1977 Mises: 1985 ? notifié par la situation de cette région	6 x 100 t	1 continue à 6 lignes de billettes 2 continue à 2 lignes de barres	
SEISI Ruar et Sabur Iran	1 000 000 t/an produit 600 000 t/an acier en produits légers et légers	RD Sp. 1980/81 excluse par la situation de cette région Excl. de production pour ventes éven- tuelles	4 x 70 t 42 000	2 continue à 6 lignes de billettes	1 train à Pura maculés 1 train à profilés moyens
ACERON ville constitution Argentine	600 000 t/an produit 1 000 000 t/an acier en produits légers et légers	RD Mises: 1978	3 x 100 t 2 x 63 t	2 continue à 6 lignes (1 continue à 4 lignes de billettes)	1 train à fil
QATAR Um Saïd Qatar	400 000 t/an produit 400 000 t/an acier en produits légers et légers	RD Mises: 1978	2 x 70 t 37 000	2 continue à 4 lignes de billettes	1 train à barres
ISCOVY Golv Liss Trinidad et Tobago	800 000 t/an produit 800 000 t/an acier en billettes et produits légers et légers	RD Mises: 1980/82 opérations intermittentes	2 x 90 t	2 continue à 4 lignes de billettes	1 train à fil
MOED El Jabail Arabie Saoudite	840 000 t/an produit 600 000 t/an acier en produits légers et légers	RD Mises: 1982/83	3 x 125 t	3 continue à 4 lignes de billettes	1 train à barres 1 train à fil
DELTA SPER. Nuri Nigeria	1 020 000 t/an produit 1 000 000 t/an acier en billettes et produits légers	RD Mises: 1982	4 x 110 t 60 000	3 continue à 6 lignes de billettes	1 train à profilés légers
ASER El Dikhella Egypte	716 000 t/an produit 700 000 t/an acier en produits légers et légers	RD Mises: 1986	4 x 70 t	3 continue à 4 lignes de billettes	1 train à barres 1 train à fil
MICOM Terengganu Malaisie	600 000 t/an produit 600 000 t/an acier en billettes et produits légers et légers	RD MIC 1985 Arrêté en 1987		continue à lignes de billettes	

TABLEAU VI

**C. BASEES SUR LE GAZ NATUREL : PRODUITS PLATS OU PRODUITS PLATS ET PRODUITS LONGS, TUBES etc
en région en voie de développement**

LOCALISATION	CAPACITE ET PRODUIT FABRIQUE	REMARQUES	ACIERIE	COULEE	LAMINOIR
HYL Monterrey Mexique	855 000 t/an préréduit 1 200 000 t/an acier produits plats	RD Hyl 1957, 1960, 1974 puis 1980 et 1983	4 X 110 t 55 MVA	en lingots	train semi-continu à bande à chaud
SICARTSA II Lazaro Cardenas Mexique	2 000 000 t/an préréduit 2 000 000 t/an acier en tôles fortes	RD Hyl III 1988 ? Expansion d'une usine dont la 1ère tranche est classique	4 X 200 t	3 continues à 2 lignes de brames	train à tôles fortes
NISC Mobarakeh Iran	3 200 000 t/an préréduit 3 000 000 t/an acier en produits plats	RD Midrex 1988 ?	8 X 180 t	4 continues à 2 lignes de brames	train continu à bandes à chaud
P.T. KRAKATAU Indonésie	2 240 000 t/an préréduit 2 000 000 t/an acier en produits plats et longs	RD Hyl 1978 à 1982	4 X 65 t 4 X 130 t	2 continues à 4 lignes de billettes 2 continues à 1 ligne de brame	trains à barres, fil et petits fers 1 train semi-continu à bandes à chaud
SIDOR Matanzas Venezuela	4 025 000 t/an préréduit 4 000 000 t/an acier en produits plats et longs	2ème tranche d'une usine dont la 1ère est classique RD Hyl et Midrex 1976 à 1981	4 X 150 t 6 X 200 t	3 continues à 6 lignes de billettes 3 continues à 2 lignes de brames	train à barres, fil, etc.. 1 train semi-continu à bandes à chaud
I. & S. COMPLEX Misurata Lybie	1 100 000 t/an préréduit 1 100 000 t/an acier en produits plats en longs	2 RD Midrex 1988 ?	3 X 90 t 3 X 90 t	2 continues à 6 lignes de billettes 2 continues à 1 ligne de brame	train à barres et fil 1 semi-continu à bandes à chaud

TABLEAU VI

(suite)

**C. BASEES SUR LE GAZ NATUREL : PRODUITS PLATS OU PRODUITS PLATS ET PRODUITS LONGS, TUBES etc
en région en voie de développement**

LOCALISATION	CAPACITE ET PRODUIT FABRIQUE	REMARQUES	ACIERIE	COULEE	LAMINOIR
TAMSA Vera Cruz Mexique	280 000 t/an préréduit 300 000 t/an acier vise 1 000 000 t/an acier	doit être agrandi pour 500 000 t/an Hyl 1967	4 X 50 t + 1 x 170 t	1 X 5 lignes de ronds	train à tubes sans soudure et à barres
SIDERCA Campana Argentine	330 000 t/an préréduit 400 000 t/an acier vise 600 000 t/an acier	Midrex 1976 doit être agrandi pour 500 000 t/an	2 X 50 t 1 X 65 t 1 X 75 t vise 2 X 70 t	2 X 4 lignes de ronds ou blooms	train à tubes sans soudure

TABLEAU VII

D. BASEES SUR LE CHARBON

LOCALISATION	CAPACITE ET PRODUIT FABRIQUE	REMARQUES	FOUR ELECTRIQUE	COULEE	LAMINOIR
ACOS FINOS PIRATINI Charqueadas Brésil	65 000 t/an préréduit 100 000 t/an acier en produits longs spéciaux	SLRN 1973	2 X 40 t 1 X 12 t + ASEA/SKF	en lingots	Blooming Train à profjlés moyens et légers Train à fil
ISCOR (ex- DUNSWART) Benoni Afrique du Sud	150 000 t/an préréduit 380 000 t/an acier en produits longs	KRUPP 1973	1 X 50 t 2 X 40 t	2 continues à 4 lignes de billettes	1 train à petits fers 1 train à profilés moyens
SCAW METALS Germiston Afrique du Sud	75 000 t/an préréduit 100 000 t/an acier en produits longs	DRC 1983	1 X 50 t 1 X 20 t 4 X plus petits	1 à 3 lignes 1 à 2 lignes de de billettes	1 train à barres et fil 1 train à petits fers
BIRMANIE Maymio Birmanie	40 000 t/an préréduit 20 000 t/an fonte 40 000 t/an acier en produits longs	Kinglor Metor 1981 et 1984			
CHIMBOTE Siderperu Pérou	120 000 t/an préréduit	3 X SLRN 1980 en usine intégrée classique			
ISCOR Vanderbijl Park Afrique du Sud	600 000 t/an préréduit	4 X SLRN 1985 en usine intégrée classique	3 X 155 t	1 continue à 2 lignes de brames	

2 - CONFIGURATION ET ASPECTS TECHNIQUES

Comme nous l'avons déjà indiqué, il nous paraît indispensable de reprendre la liste ou, plutôt, les listes de toutes ces usines (tableaux III, IV, V, VI et VII) pour :

- tout d'abord préciser la "liste réduite" (ou "short list") de celles qui nous paraissent les plus intéressantes pour la présente étude.
- ensuite, entrer plus dans le détail de ces usines sur le plan technique et métallurgique, essentiellement pour le "coeur" de ces usines, c'est-à-dire l'ensemble :
 - . réduction directe au gaz naturel,
 - . aciérie électrique,
 - . coulée continue.
- insister sur un point qui nous paraît capital, c'est-à-dire l'aspect évolutif d'un certain nombre de ces usines.
- examiner le contexte général de ces usines.
- et, éventuellement, essayer d'en dégager quelques conclusions préliminaires.

Ces cinq points feront l'objet des cinq parties de ce chapitre.

2.1 - La liste des usines retenues

Le tableau VIII rassemble les usines qui nous paraissent les plus importantes pour la présente étude. Ce sont, à partir de l'ensemble des usines mondiales basées sur la réduction directe :

- celles qui sont en service (ou en achèvement),
- celles qui sont basées sur le gaz naturel,
- celles qui élaborent en aciérie électrique des produits longs (même si, parfois, elles élaborent aussi des produits plats ou des tubes).

L'ensemble de ces usines, sans compter celles des pays industrialisés (sur lesquelles nous reviendrons) a une capacité croissant très vite, surtout depuis une dizaine d'années, comme le montre la figure 1.

TABLEAU VIII

LISTE DES USINES RETENUES

LOCALISATION	CAPACITE ET PRODUIT FABRIQUE	HISTORIQUE	ACIERIE	COULEE	LAMINOIR
HYLSA Puebla Mexique	940 kt/an DRI (630) 600 kt/an acier, billettes et produits longs légers	Hyl 1969 arrêté et intégration Hyl 1977	3 X 55 t 40 MVA	2 X 4 lignes de billettes	train combiné à barres et à fil machine
USIBA Salvador Brésil	250 kt/an DRI 400 kt/an acier, billettes et produits longs légers	Hyl 1974 projet d'expansion	1 X 120 t 42 MVA	1 X 6 lignes de billettes	train combiné à barres et petits fers
ACINDAR Villa Const Argentine	600 kt/an DRI 1 000 kt/an acier	Midrex 1978	3 X 110 t MVA	2 X 6 Lignes de billettes	train à fil machine
QASCO Umm Said QATAR	400 kt/an DRI 400 kt/an acier	Midrex 1978	2 X 70 t 37 MVA	2 X 4 Lignes de billettes	Train à barres
SIDERCA Campana Argentine	330 kt/an DRI 400 kt/an acier	Midrex 1976 en expansion 500 kt	4 fours 2 X 75 t 600 kt	2 X 4 lignes ronds et blooms	train à tubes sans soudure
KRAKATAU Kota Baja Indonésie	2 100 kt/an DRI 2 000 kt/an acier, billettes, brames	Hyl 1978, 1980 et 1982	4 X 65 t 4 X 130 t	2 X 4 Lignes de billettes 2 X 1 ligne de brames	train à barres, fil et petits fers train à bandes à chaud
SIDOR Matanzas Vénézuéla	3 400 kt/an DRI 3 600 kt/an acier billettes, brames	Hyl 1980 Midrex 1979	4 X 150 t 6 X 200 t	3 X 6 lignes de billettes 3 X 2 lignes de brames	Train à barres train à fil machine etc train à bandes à chaud

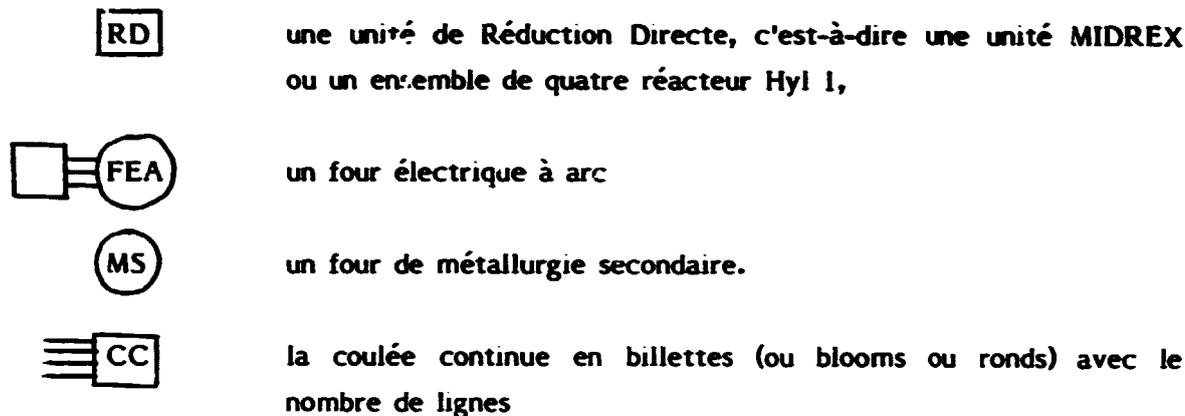
TABLEAU VIII

(suite)

LOCALISATION	CAPACITE ET PRODUIT FABRIQUE	HISTORIQUE	ACIERIE	COULEE	LAMINOIR
ISCOTT Point Lisas Trinidad	840 kt/an DRI 800 kt/an acier	Midrex 1980 et 1982	2 X 90 t	2 X 4 lignes de billettes	train à fil machine
HADEED Al Jubail Arabie Séoudite	840 kt/an DRI 850 kt/an acier	Midrex 1982 et 1983	3 X 125 t	3 X 6 lignes de billettes	1 train à barres 1 train à fil machine
TAMSA Vera Cruz Mexique	280 kt/an DRI 300 kt/an acier en expansion vers 1 000 kt/an	Hyl 1967 en expansion	4 X 50 t 1 X 170 t 80 MVA	1 X 5 lignes de ronds (400mm)	Train à tubes sans soudure et barres
DSC Warri Nigéria	1 020 kt/an DRI 1 000 kt/an acier billettes	Midrex 1982	4 X 110 t 60 MVA	3 X 6 lignes de billettes	1 train à profilés légers + exportation billettes
ANSDK El Dikheila Egypte	720 kt/an DRI 750 kt/an acier billettes et produits longs légers	Midrex 1986	4 X 70 t	3 X 4 lignes de billettes	1 train à barres 1 train à fil machine
I and S COMPLEX Misurata Lybie	1 100 kt/an DRI 1 100 kt/an acier billettes 1er stade Bramas 2ème stade	Midrex 1988 ?	3 X 90 t 3 X 90 t	2 X 6 lignes de billettes 2 X 1 ligne de brames	1 train à barres et fil 1 semi-continu à bandes à chaud

2.2 - Configuration métallurgique des usines retenues

Les figures 2 et 2 bis essaient de schématiser la configuration de toutes les usines du tableau VIII en notant que pour les usines faisant aussi des produits plats (SIDOR, KRAKATAU) nous n'avons pris en compte que l'aciérie à billettes en notant :



2.3 - Aspect évolutif de ces usines

Un point important à souligner ici est que toutes ces usines ou, du moins, une grande partie d'entre elles, ne sont pas "statiques" mais évoluent au fur et à mesure :

- des nouveautés technologiques,
- des exigences du marché (et ceci est particulièrement sensible pour des produits de haute qualité comme, à titre d'exemple, les tubes sans soudure),
- d'un accroissement de la production et cela est spécialement vrai pour beaucoup de pays en voie de développement.

S'il est difficile de suivre l'évolution de toutes les usines mentionnées ci-dessus, on peut cependant dégager quelques tendances par quelques exemples. La figure 3 montre les évolutions de TAMSA et, surtout de SIDERCA où l'on voit clairement :

- que l'on ajoute une métallurgie secondaire, ce qui est évident, en général et, encore plus pour faire des tubes sans soudure,

- que l'on cherche à ne garder qu'une unité de réduction directe,
- que l'on tend à faire des "lignes" de :
 - . un four à arc,
 - . un four poche (métallurgie secondaire),
 - . une coulée continue.

2.4 - Contexte général de ces diverses usines

Un dernier point, dans ce chapitre, nous paraît très important à mentionner : à la différence d'usines correspondantes construites dans les régions industrialisées (voir le tableau IV) et, notamment, les cas de GEORGETOWN, HAMBOURG ou SIDBEC), les installations, basées sur la même filière dans des régions en voie de développement doivent supporter des coûts variables d'un site à l'autre et provenant du manque d'infrastructures. Pour essayer d'éclairer ce point, nous reprenons à la figure 4 une classification de ces infrastructures comme cela avait été esquissé dans un travail précédent *. On y voit :

- a - à côté du "coeur" de l'usine qui, dans le cas que nous étudions, comprend :
 - . Réduction Directe,
 - . Aciérie Electrique avec métallurgie secondaire,
 - . Coulée Continue,
 - et, . éventuels laminoirs.

} avec leurs infrastructures internes : génie civil, bâtiment et montage

Tout ceci rejoint ce qu'on appelle en anglais les "battery limits" c'est-à-dire les unités principales de l'usine telles qu'elles sont indiquées schématiquement sur la figure 4.

- b - ce que nous appelons les infrastructures du 1er type qui sont les parcs de stockage des matières premières, des produits ou de produits intermédiaires (DRI, billettes...) avec les facilités de réception et d'expédition et les raccordements pour gaz, énergie électrique, eau etc... On notera

* J. ASTIER - Importance and Possibilities of Infrastructure and Personal Training in the Iron and Steel Projects.

que ces infrastructures du 1er type sont, en général, bien plus importantes et coûteuses dans une région en voie de développement que dans un pays industrialisé. La raison en est que dans une région très développée, on peut, en général, viser des stocks minimaux (ce qui amène une double économie, sur les investissements d'une part, sur les frais de gestion et les sommes immobilisées par ces stocks d'autre part). Dans tous les cas, ces infrastructures du 1er type représentent, pour nous, ce qui est "à l'intérieur de l'usine" mais pas au dehors. Il y a, là, par exemple un raccordement électrique mais pas la ligne électrique connectant l'usine à une centrale ou à une sous-station parfois assez éloignée ; il en est de même, bien sûr, pour l'eau, le gaz naturel etc...

- c - les infrastructures du 2ème type, telles que les bureaux, les laboratoires, les ateliers d'entretien et les stockages de pièces de rechange. Ici l'écart est encore plus grand entre régions industrialisées où beaucoup de ces activités peuvent être simplifiées ou sous traitées dans le tissu industriel local ou les services locaux tandis que tout est, en général, à créer et même à prévoir "large" dans une région sous développée. Le "laboratoire" en est un bon exemple où l'on peut distinguer trois niveaux :

- . le contrôle rapide sur place, à l'aciérie par exemple, qui doit entrer dans le "coeur de l'usine",
- . le laboratoire d'analyse par des moyens chimiques (tout au moins pour des contrôles) et, de plus en plus, physiques pour des résultats assez rapides. il faut, en général, un laboratoire (qui rentre dans ces infrastructures du 2ème type) de même que les contrôles sur les produits et les matières premières,
- . et, précisément, pour ces contrôles, qui ne sont en général, pas immédiats, d'importantes possibilités de sous traitance à l'extérieur. Le choix entre ces deux derniers niveaux dépendra beaucoup des ressources de la région...

- d - et, enfin, les infrastructures du 3ème type, telles que logements, voies de communication (en dehors de l'usine), voire mines ou carrières, qui ne sont pratiquement jamais à prévoir sur le budget d'un projet sidérurgique dans les régions industrielles. En fait, dans ces régions, le projet sidérurgique s'arrête, en général, aux limites de l'usine et les "raccordements que nous avons évoqués à propos des infrastructures du 1er type font l'objet d'autres arrangements ou sont très limités en coûts. Dans une

région en voie de développement, cela pose problème et il est souvent tentant d'en reporter le coût sur le projet sidérurgique. Ce sujet a été abondamment discuté, notamment au cours des "consultations" organisées par l'ONUDI et il a été recommandé de bien séparer ces dépenses du coût de l'usine proprement dite car :

- . d'une part, elles devraient avoir des financements et des modes d'amortissement différents (notamment pour leur durée et, si possible pour les taux d'intérêt),
- . d'autre part, ajoutés au coût de l'usine proprement dite, de telles dépenses d'infrastructure risquent d'en empêcher ou retarder la rentabilité pendant de nombreuses années avec les désastreuses conséquences que l'on peut imaginer sur les comparaisons entre projets de diverses régions et sur la motivation de toute l'équipe du projet sidérurgique, du directeur jusqu'aux ouvriers de base.

Nous y reviendrons à propos des investissements (chapitre 5) mais on doit noter ici que cela explique, en grande partie, que de tels projets par leur ampleur absolue, mais aussi relative, dans une région en voie de développement les oriente, beaucoup plus que dans les régions industrialisées, vers le secteur public plutôt que vers des entreprises privées...

2.5 - Conclusions préliminaires

On doit insister, à ce stade de l'étude, que ce type d'usine tout à fait classique pour les caractéristiques résumées au tableau VIII, est en forte expansion pour les pays en voie de développement (voir la figure 1).

Sur le plan de la technique et de la configuration de ces usines, on doit noter que les progrès de la technologie orientent vers :

- la combinaison "Four électrique à arc - Métallurgie secondaire - Coulée continue".
- une certaine séparation de cet ensemble et de la réduction directe qui est de plus en plus une "grosse unité". Le graphique de la figure 5 montre bien à cet égard, la croissance des capacités unitaires des unités de réduction directe.
- une certaine concentration de la production d'acier sur un plus petit nombre d'unités de grande productivité (four à arc + métallurgie en poche).

3 - RESULTATS

Dans ce chapitre, nous essaierons de classer les résultats obtenus dans la plupart des usines que nous avons retenues, dans les trois catégories suivantes :

- production ou, plus exactement évolution de la production depuis le démarrage c'est-à-dire ce qu'on appelle la "courbe d'apprentissage",
- pour passer de la quantité à la qualité, un commentaire sur les types de produits élaborés dans ces diverses usines,
- puis, pour passer des aspects techniques aux considérations économiques, les données concernant les coûts d'opération.

3.1 - Production

Nous avons rassemblé les données dont nous avons pu disposer aux graphiques des figures :

- 6	pour	TAMSA (Mexique)	avec le tableau	XXII
- 7	"	PUEBLA (Mexique)	"	XXIII
- 8	"	USIBA (Brésil)	"	XXIV
- 9	"	SIDERCA (Argentine)	"	XXV
- 10	"	ACINDAR (Argentine)	"	XXVI
- 11	"	SIDOR (Vénézuéla)	"	XXVII
- 12	"	P.T. KRAKATAU (Indonésie)	"	XXVIII
- 13	"	QASCO (Qatar)	"	XXIX
- 14	"	ISCOTT (Trinidad)	"	XXX
- 15	"	DELTA STEEL (Nigéria)	"	XXXI
- 16	"	HADEED (Arabie Séoudite)	"	XXXII
- 17	"	SABAH (Malaysia)	"	XXXIII

Nous n'avons pas inclus les données d'un certain nombre d'usines, notamment de pays industrialisés (GEORGETOWN, HAMBURG, SIDBEC) car leur production est, en fait, toujours limitée par :

- la demande, d'une part,
- et, plus particulièrement, par la compétition ferrailles-DRI, sur laquelle nous reviendrons plus loin (Paragraphe 3.3 - Aciérie électrique)

Nous noterons seulement trois points intéressants :

- pour un procédé nouveau où l'on n'en est qu'à la première unité industrielle, ce qui est le cas de FIOR au Venezuela, il faut tenir compte des mises au point et cela explique la courbe de la figure 18,
- pour une unité de pays industriels qui a une demande suffisante, les résultats sont là : c'est le cas de la seconde unité MIDREX de SIDBEC (module 600 d'une capacité nominale de 600 kt/an) qui en 1985 a produit : 743 kt et, semble-t-il 700 kt en 1986.
- et, enfin, pour les grandes usines disposant de toute une série d'unités de réduction directe comme P.T. KRAKATAU et SIDOR, les données sont fort compliquées à interpréter car :
 - . tout d'abord, les diverses unités ne démarrent pas en même temps et il y a, parfois, des écarts très sensibles,
 - . mais, ensuite, les besoins en minerais réduits (liés au démarrage des aciéries) ne croissent, souvent, pas d'une façon régulière et dans les exemples cités ci-dessus (P.T. KRAKATAU et SIDOR), cela a influencé les allures de démarrage et de montée en puissance des diverses unités de réduction directe.

L'ensemble des résultats est regroupé sur la figure 19 pour la réduction directe et 20 pour l'aciérie ; on voit que les courbes d'apprentissage se subdivisent entre plusieurs familles où l'on peut remarquer à côté du cas, déjà cité, des grandes usines qui ne sont guère comparables aux autres installations :

- les "bons cas" où l'on atteint très rapidement la capacité nominale (ou tout au moins 90 % de cette capacité nominale, car il est souvent difficile d'apprécier exactement cette capacité nominale et de dire comment elle a été décidée..) C'est le cas de HADEED, ACINDAR, QASCO et SIDERCA SABAH n'en paraît pas loin tout en ajoutant qu'ici, un peu comme à FIOR (figure 18) on a "essuyé des plâtres" en démarrant la première unité

MIDREX avec briquetage à chaud. On en rapprochera un certain nombre d'installations Hyl I (PUEBLA, TAMSA, USIBA) qui, comme le montrent les figures 6, 7 et 8 "naviguent" entre 80 et 110 % de leur capacité nominale.

- le cas intermédiaire des grandes usines telles que SIDOR et KRAKATAU où les démarrages des unités successives tant en réduction qu'en aciéries électriques conduit à des courbes d'apprentissage plus complexes.
- les cas "difficiles" tels que WARRI (Delta Steel, Nigéria) et ISCOTT (Trinidad) où il semble bien que "le contexte" soit responsable de ces difficultés. Ce "contexte" (sur lequel nous reviendrons) nous paraît comprendre :
 - a) - naturellement, la formation de la main d'oeuvre,
 - b) - mais aussi les infrastructures et, en particulier les fournitures d'énergie électrique et les services pour l'entretien,
 - c) - et la coordination avec l'aval, l'aciérie, les coulées, les trains de laminoirs et la commercialisation de produits et même, parfois, avec l'amont c'est-à-dire l'alimentation en minerais.

3.2 - Types et qualités de produits

Sans pouvoir entrer dans le détail de ce vaste sujet, nous noterons que :

- pour les produits longs, objet précis de notre étude, tous les experts ont constaté à de nombreux congrès que l'emploi de minerais réduits au four à arc améliorerait beaucoup les qualités de l'acier, ce qui pouvait être très important pour élaborer des nuances délicates, particulièrement en fil machine. A cet égard, l'expérience de Hambourg et de Georgetown est très intéressante puisque malgré une concurrence difficile pour les DRI, de ferrailles bon marché, ces deux usines font fonctionner leurs unités de réduction directe à allure réduite pour disposer, au four à arc, de minerais réduits de haute qualité nécessaires pour certaines nuances de fil machine,
- pour les tubes sans soudure, les deux usines de SIDERCA (Argentine) et TAMSA (Mexique) accroissent, à la fois, leur production totale malgré un marché mondial difficile et les proportions de minerais réduits dans leur charge.

3.3 - Données économiques sur les frais de fabrication

Pour traiter ce sujet, nous séparerons :

- les coûts de la "réduction directe",
- et les coûts de l'aciérie électrique,

en notant bien qu'il ne s'agit ici que de frais de fabrication sans amortissements ni frais financiers ; les aspects concernant les investissements seront regroupés au chapitre 5.

Réduction Directe

Rappelons, à la figure 21 la "structure" d'un prix de revient de minerai où l'on voit apparaître, en laissant de côté les amortissements, le "poids" :

- du minerai de fer qui peut être résumé par le fait que l'on voit :
 - . d'une part des pays producteurs utilisant sur place des minerais classés ou des boulettes au prix "FOB" c'est-à-dire dans une zone de 25 à 35 \$/t Fe (c'est le cas, par exemple, du Vénézuéla),
 - . d'autre part, des pays importateurs de minerais de fer (c'est la grande majorité) où l'on a des prix "CAF" ce qui les situe plutôt vers 35 à 50 \$/t Fe.
- de l'énergie et, surtout, du gaz naturel où, là encore les situations peuvent être très différentes comme le schématise la figure 21.

Si l'on rapproche les données schématiques de cette figure des quelques valeurs réelles comme celle d'ACINDAR présentées au dernière congrès de l'IISI à WASHINGTON (Octobre 1987) (figure 22), on arrive au tableau IX qui montre bien les écarts possibles :

C'est ici qu'il faut rappeler que la situation de ces usines est tout à fait différente :

- dans les pays industrialisés où l'abondance de ferrailles les amène à des prix de l'ordre de 70 à 100 \$/t Fe sauf périodes extrêmes avec des chutes à 60 \$/t ou des pics vers 130-150 \$/t. Le contexte de ces pays les amène, par contre (voir tableau IX) à ne guère pouvoir produire des minerais réduits en dessous de 100 \$/t, somme à laquelle il faut ajouter les amortissements, frais financiers et frais généraux. Cela explique bien le non démarrage de l'usine de HUNTERSTON (BSC) et la faillite de celle de NORDFERRO à EMDEN (RF d'Allemagne),
- dans les pays en voie de développement où les ferrailles sont, souvent importées ce qui peut ajouter 20 à 30 \$/t aux 70 à 100 \$/t cités ci-dessus. Par contre, si le prix du gaz naturel est favorable (voir les premières colonnes du tableau IX), on peut y produire, de façon très rentable, des minerais réduits (DRI).

Aciérie électrique

Comme pour la réduction directe, nous donnerons tout d'abord au tableau X, des données sur la structure d'un tel prix de revient dans un pays industrialisé. On y voit, hors amortissement que les coûts d'opération, charge ferrifère non comprise, se situent aux environs des valeurs classiques de :

50 à 60 \$/t d'acier coulé en billettes (57 sur le tableau X)

D'une façon analogue, on peut établir des structures de coûts d'élaboration de l'acier à partir de minerais réduits (DRI) et c'est ce que l'on a fait au tableau XI. Si l'on rapproche maintenant le coût du minerai réduit (tableau IX) de cette structure de prix, on voit qu'à la valeur, moyenne pour nous, de 80 \$/t DRI correspondrait (toujours sans amortissement) un coût de :

140 \$/t d'acier coulé en billettes

Cette valeur nous paraît intéressante et concurrentielle et c'est, d'après nos enquêtes (avec toutes les difficultés que cela comporte...) l'ordre de grandeur auquel on arrive, plus ou moins, dans la plupart des usines considérées dans la présente étude.

Nous tenons à ajouter, ici, en commentaire, un tableau et une figure qui permettront de bien voir où sont les principaux paramètres :

- la figure 23 montre bien l'influence de la quantité de scorie au four électrique et explique la tendance à utiliser, à la réduction directe, des boulettes ou des minerais classés à très hautes teneurs en fer conduisant à des volumes de scories, au four électrique, aussi faibles que possible.
- le tableau XII montre, lui, que, si des économies sont possibles dans beaucoup de domaines (et l'étude faite par ACINDAR montre que l'on peut effectivement faire de sérieuses économies !), c'est le coût de la matière première ferrifère et de l'énergie qui sont, là encore, les éléments les plus "lourds" dans le prix de revient.

TABLEAU IX

**QUELQUES DONNEES SUR LE PRIX DE REVIENT
(hors amortissement et frais généraux) D'UNE TONNE DE MINERAI REDUIT (DRI)
(\$/t DRI)**

Référence	Minerai sur place	Minerai importé		
	Gaz bon marché	Gaz bon marché	Gaz à prix moyen	Gaz à prix élevé
	Calcul	calcul	données Acindar fig. 22	Calcul pays industrialisés
Minerai de fer (boulettes et ou "classés")	25	50	51,1	50
Gaz naturel	5	10	19,5	37
Electricité	2	2	1,5	2
Main d'oeuvre	4	4	3,1	5
Entretien et divers	} 6	} 6	1,5 4,4	} 6
TOTAL \$/t DRI	42	72	81,1	100

TYPICAL EAF COSTS IN INDUSTRIALIZED COUNTRIES WITH SCRAP

	QUANTITY	UNIT COST	US \$ / t		REMARK
Charges : - Scrap - Ferroalloys - Fluxes	1.100 t	70 \$ / t or 100 \$ / t estimated	(1) 77 -	(2) - 110 8	52 to 60 % of total cost
Energy : - kWh - Other energy - Electrodes	500 - 3	40 \$ / 1 000 kWh - 3 \$ / kg	20 -	9	
Manpower	1 h	10 \$ / h	10		
Maintenance and various supplies		estimated	10		
Sub total			134	167	
Amortization	150 \$ / tx year	10 %	15		
TOTAL			149	182	

TYPICAL EAF COSTS IN DEVELOPING COUNTRIES WITH DRI

TABLEAU XI

	QUANTITY	UNIT COST	US \$ / t	REMARK
Charges : - Scrap (return) - DRI - Ferroalloys - Fluxes	0.150 t 1.000 t	70 \$ / t 60 \$ / t to 100 \$ / t estimated	(1) (2) 10.5 100 60 8	} 50 to 61 % of total cost
Energy : - kWh - Other energy - Electrodes	600 - 3	40 \$ / 1 000 kWh - 3 \$ / kg	24 - 9	
Manpower	1 1/2 h	6 \$ / h	9	
Maintenance and various supplies		estimated	10	
Sub total			130.5 170.5	
Amortization	200 \$ / tx year	10 %	20	
TOTAL			150.5 190.5	

INFLUENCE OF SOME PARAMETERS ON COSTS OF 1 TON STEEL IN EAF

EFFECT OF	QUANTITY	UNIT COST	US \$ / t	EFFECT \$ / t
ENERGY Reference	500	40 \$ / 1 000 kWh	20	
Low cost electrical energy	500	10 \$ / 1 000 kWh	5	-15
High cost electrical energy	500	80 \$ / 1 000 kWh	40	+20
Higher energy consumption	600	40 \$ / 1 000 kWh	24	+4
	700	40 \$ / 1 000 kWh	28	+8
ELECTRODES Ref. less more	3	3 \$ / kg	9	
	2	3 \$ / kg	6	-3
	5	3 \$ / kg	15	+6

4 - ASPECTS HUMAINS

Comme nous le voyons de plus en plus au cours de cette étude, nous allons séparer, ici :

- ce qui concerne la réduction directe,
- et l'ensemble "aciérie -métallurgie secondaire-coulée".

A ces deux premières parties, nous ajouterons :

- un tableau général comparatif sur la main d'oeuvre dans les usines que nous étudions,
- un commentaire sur la formation et l'assistance technique.

4.1 - Personnel pour une installation de réduction directe

L'ordre de grandeur, pour un module de réduction par le gaz naturel est au tableau XIII a, tandis que le tableau XIII b indique ce qu'il en est pour une batterie de plusieurs modules. On peut rapprocher le détail d'une de ces estimations dites "classiques" (tableau XIV) de celui qui a été donné par ACINDAR (tableau XV) ce qui montre un assez bon accord.

Autrement dit, il nous apparaît que pour une unité de réduction directe, il faut compter une centaine de personnes, entretien compris, mais il est probable qu'il faut prévoir un personnel supplémentaire pour les réceptions et les parcs de matières premières, c'est-à-dire, ici, essentiellement le minerai de fer.

4.2 - Aciérie - Métallurgie secondaire - Coulée

C'est ce qu'on peut appeler le "coeur" d'une "mini-usine" et l'on retrouve ici d'autres données classiques qui sont reproduites ci-dessous pour un four, une métallurgie en poche et une coulée continue dans la zone des 60/150 tonnes (Tableau XVI) :

Opération	150 à 200
Entretien	50 à 100
. Total environ	<u>200 à 300</u>

Ici encore, il pourrait y avoir lieu de prévoir un personnel supplémentaire pour :

- les parcs à matières premières et, notamment, à ferrailles et additions,
- les parcs à produits finis (billettes, éventuellement blooms).

TABLEAU XIII a

Besoin en personnel pour un module de réduction directe par les gaz
(DIRECT REDUCED IRON publié par l'AIME en 1980 - tableau 11 XIII a)

PLANT	A			B			B*			C		
	per day shift	per shift	Total	per day shift	per shift	Total	per day shift	per shift	Total	per day shift	per shift	Total
Management and Administration	5	-	5	11	-	11	8	-	8	1	-	1
Operation	-	5	20	10	10	50	3	8	35	-	14	56
Maintenance	5	6	29	25	2	33	20	1	24	23	-	23
Control or Process Engineering	-	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	-
Total	10	11	54	46	12	94	35	9	71	24	14	80
DRI Handling (transport and/or briquetting)	-	3	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	10	14	66	46	12	94	35	9	71	24	14	80

*Client Service Integration

TABLEAU XIII b

Besoin pour plusieurs modules de réduction directe par les gaz
(DIRECT REDUCED IRON publié par l'AIME en 1980 - Tableau 11 XV)

TABLE 11-XV—VARIATION OF MANPOWER NEEDS WITH NUMBER OF MODULES OF A GAS REDUCTION PLANT

Case	one module 400 000 t/year			two modules 800 000 t/year			three modules 1 200 000 t/year			four modules		
	per day shift	per shift	Total	per day shift	per shift	Total	per day shift	per shift	Total	per day shift	per shift	Total
Management	5	-	5	6	-	6	8	-	8	8	-	8
Operations	-	5	20	-	9	36	-	13	52	-	16	64
Maintenance	5	6	29	6	9	42	6	10	46	6	14	62
Handling	-	3	12	-	4	16	-	6	24	-	7	28
Total	10	14	66	12	22	100	14	29	130	14	37	162

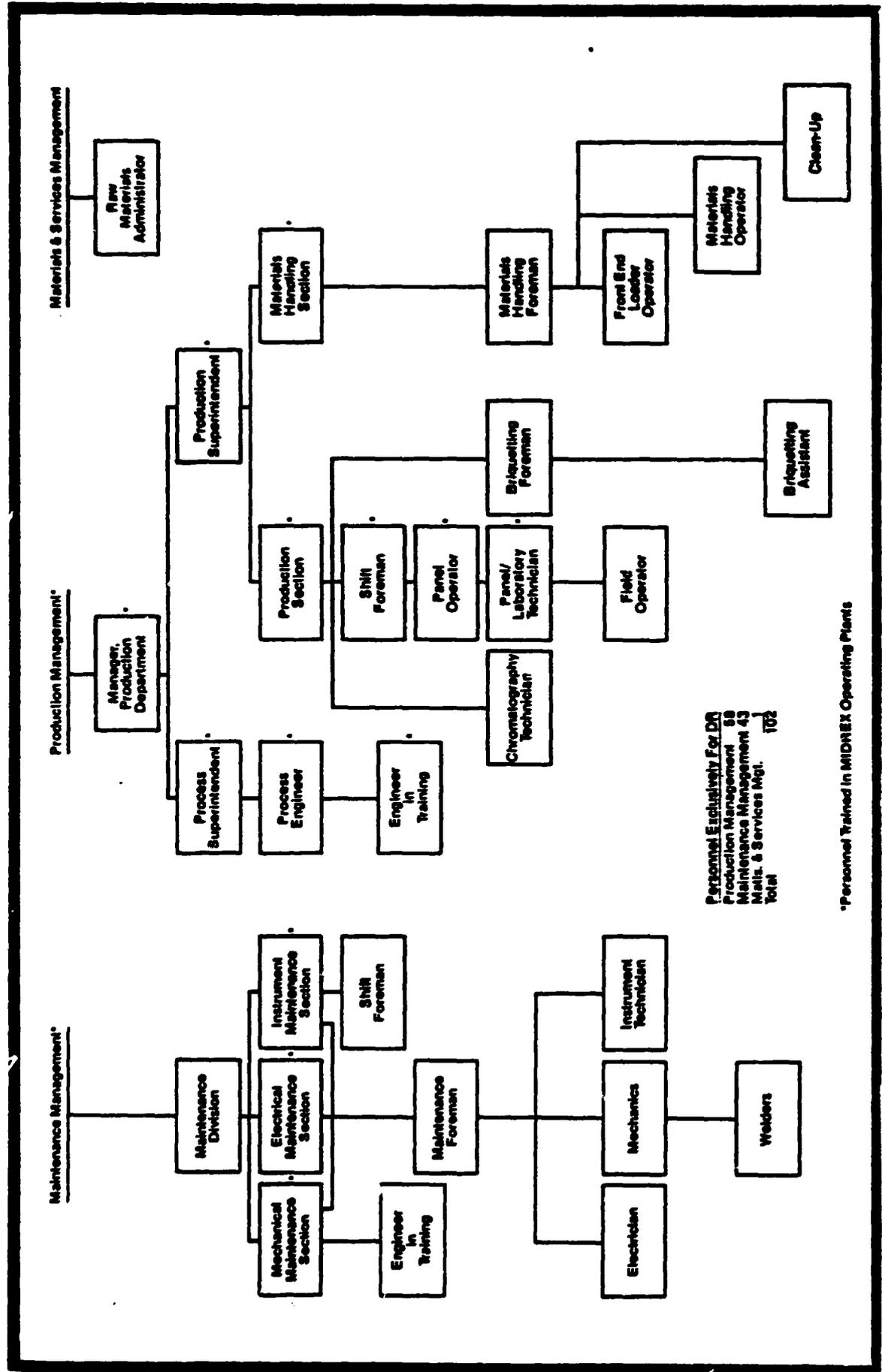
TABLEAU XIV

XIV—BREAKDOWN OF MANPOWER FOR ONE MODULE GAS-BASED REDUCTION PLANT (CASE B AND C OF TABLE 11-XIII)

Position	Case B		Case C	
	Day Shift	Per Shift	Day Shift	Per Shift
Management	Plant manager General plant superintendent	-	Plant superintendent	-
Production	1 Superintendent 1 Assistant superintendent 1 Process engineer 1 Operations/production general foreman 1 Assistant process engineer 1 Material inventory/production coordinator 1 Material inventory/Production clerk 1 Day shift foreman/coordinator 2 Process/laboratory techs.	1 Shift foreman 1 Control room operator/ Assistant shift foreman 1 A-1 operator 1 A-2 operator 1 B-1 operator 1 B-2 operator 1 C-1 operator 2 C-2 operator/labour 1 Front end leader operator	-	1 Shift supervisor 1 Reformer operator 1 Reformer helper 1 Reactor operator 2 Reactor helpers 1 Oxide pellet operator 1 Oxide pellet helper 1 Product operator 1 Product helper 1 Utility operator 1 Utility helper 2 Labourers
Maintenance	1 Superintendent/plant eng. 1 Assistant plant engineer 1 Plant engineering draftsman 1 Mechanical general foreman 1 Electrical/instrumentation general foreman 1 Mechanical supervisor 1 Electrical/instrumentation supervisor 1 Preventative maintenance coordinator 1 Mechanical planner/scheduler/expediter 1 Welder Class A 1 Welder Class B/rigger 1 Chief mechanic (compression, pumps, MtL handling)	1 Compressor mechanic 1 Pump mechanic 1 Materials handling mechanic 1 Lubrications/hydraulic mechanic 1 General mechanic/welder rigger 1 Pipe fitter/mechanic 1 Pipe fitter/rigger mechanic 1 Mobile Equipment/heavy equipment operator mechanic 2 Instrumentation Electricians 1 Instrumentation/electric.	1 Superintendent 1 Foreman 1 Millwright 1 Millwright helper 1 Electrician 1 Electrician helper 1 Instrument man 1 Instrument helper 1 Welder 1 Pipe fitter 1 Welder/pipe fitter helper 1 Machinist/mechanic 1 Machinist helper 1 Refractory mason 1 Refractory helper 1 Equipment operator 6 Labourers 1 Janitor	
Administration				
		1 Administrative Supervisor 1 Purchasing/expediter agent 1 Purchasing clerk/typist 2 Cost accountants 1 Executive secretary 2 Reception/secretary/typists 1 Warehousing agent 1 Warehouse clerk/typist 1 Tool room clerk/typist		

TABLEAU XV

Acindar Plant Organizational Summary



Personnel Exclusivity For DII
 Production Management 58
 Maintenance Management 43
 Materials & Services Mgt. 102
 Total

*Personnel Trained in MIDREX Operating Plants

Ces données classiques sont, en fait, aussi bien celles de la partie "four à arc - métallurgie en poche (éventuelle) - coulée continue" d'une usine basée sur la réduction directe que celles d'une "mini-usine". Le détail du tableau XVI est, d'ailleurs, celui d'une mini-usine performante (mais sans, encore, de métallurgie en poche) produisant environ 430 000 t/an de billettes sur une telle ligne, unique, de production. On arrive, ainsi, aux comparaisons suivantes :

	Tonne Billetes/an	Personnel total (a)	h/t Billetes
Cas réels :			
Tableau XVI	430 000	187	0,68
A	275 000	160	0,93
B	330 000	150	0,80
C	400 000	200	0,82
Etudes théoriques :			
Tableau XVIII	500 000	250	0,83
Tableau XIX (4 fours avec brames et billetes)	1 000 000	1 200	2,00

* base 1 600 h/an - ** base 1 800 h/an - *** base 1 660 h/an
(a) personnel d'entretien non compris

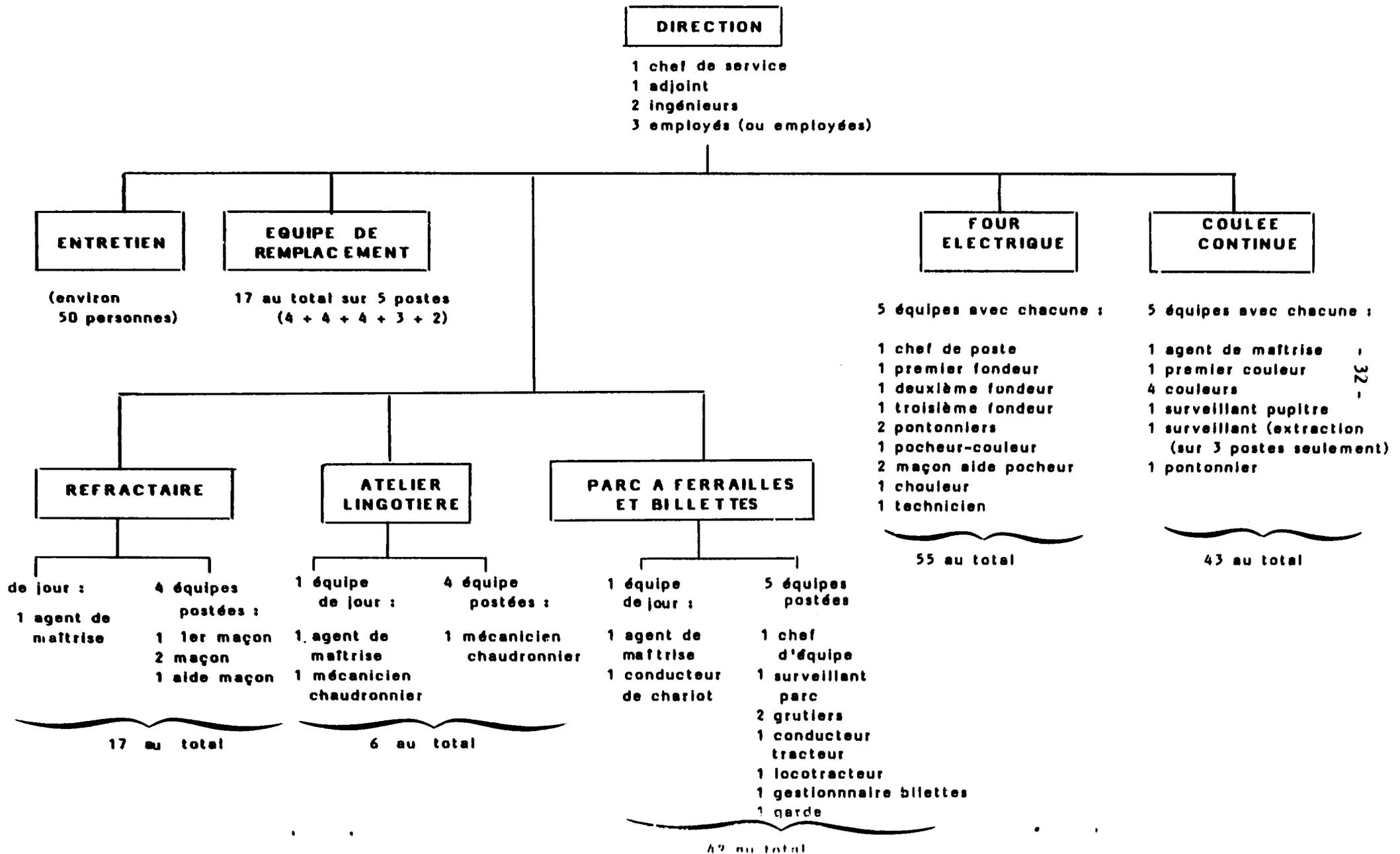
On doit, néanmoins, attirer l'attention sur le fait que les valeurs ne sont pas exactement comparables car l'entretien est, d'une usine à l'autre, fait de façon différente :

- souvent, il est fait, en grande partie, par les opérateurs ce qui amène évidemment à renforcer les effectifs de fabrication même si c'est dans une faible proportion,
- par ailleurs, une partie de ces travaux d'entretien peut être sous traitée à des entreprises extérieures.

Ce sont ces données qui nous ont conduit à adopter, par sécurité, des valeurs de :

- 1 h/t de billetes au tableau X page 24
- ou - 1 1/2 h/t de billetes au tableau XI page 25

BESOIN EN PERSONNEL POUR LA LIGNE DE PRODUCTION : un four à arc - une coulée continue en billette



4.3 - Tableau comparatif global

Après avoir brièvement analysé les besoins en personnel des deux parties "métallurgiques" de l'usine, il nous paraît intéressant d'examiner les besoins " globaux" des principales usines où cette donnée est disponible. C'est l'objet du tableau XVII où l'on constate de grands écarts.

Schématiquement, on peut dire que les usines qui fonctionnent bien (HADEED pour une usine récente, QASCO, ACINDAR... pour les unités les plus anciennes) ont des productivités qui se situent entre :

200 et 500 t/an et employé

les deux usines à tubes sans soudure faisant des produits beaucoup plus élaborés avec le parachèvements complexes (TAMSA et SIDERCA) seraient à des valeurs de l'ordre de :

100 t/an et employé

tout en notant que l'une et l'autre font d'importants efforts pour accroître leur production et leur productivité.

Avec toutes les précautions d'usage, cela correspond à des valeurs, tout compris, de l'ordre de :

3,6 à 9 heures/t de billettes (ou blooms)

On notera que ces valeurs ne sont pas très éloignée de celles qui avaient été projetées pour deux cas qui nous paraissent "encadrer" des usines intégrées RD + FEA :

- simples avec un seul type de produit (tableau XVIII),
- diversifiées avec produits plats et longs (tableau XIX).

Bien entendu, quand une usine a de grosses difficultés comme WARRI (Delta Steel, Nigéria) on arrive vite à des valeurs beaucoup plus faibles, de l'ordre de :

60 t/an et employé

alors qu'on semble avoir prévu les 200 t/an et employé pour une marche à pleine capacité mais en notant que c'est de toutes ces usines la seule qui devrait exporter 60 % des billettes sur des laminoirs décentralisés.

4.4 - Assistance technique et formation

La plupart des usines considérées se trouvant dans des régions en voie de développement, il est intéressant de compléter les données du tableau XVII par des commentaires sur les politiques adoptées. En règle générale, l'idée est de former du personnel local pour gérer et "maintenir" cette usine. Néanmoins, cette règle semble se subdiviser en deux approches extrêmes, entre lesquelles, bien sûr, on pourrait trouver beaucoup de solution intermédiaire :

- dans des régions où il n'y avait absolument pas de main d'oeuvre du type recherché pour les usines (QATAR, Arabie Séoudite), on a pratiquement démarré ces unités uniquement avec du personnel "expatrié" c'est-à-dire recruté dans les pays déjà industrialisés (pays dits "développés" d'Europe ou Japon ou main d'oeuvre bien formée dans les unités industrielles de pays en voie de développement comme la Corée, l'Inde, le Pakistan...) Ensuite (ou même dès la construction de l'usine), on a commencé une formation de personnel, lente, progressive mais continue,
- dans des régions où il existait déjà une main d'oeuvre industrielle, on a essayé de la former, dès la mise en route du projet et de réduire ainsi, beaucoup, l'assistance technique. C'est, notamment, le cas des usines d'Amérique Latine (Mexique, Brésil, Argentine et également SIDOR au Venezuela).

PERSONNEL TOTAL DES USINES RETENUES

TABLEAU XVII

Entreprise	Personnel total	t/employé et an		h/t de produit	
		sur capacité	sur production réelle	sur capacité	sur production
TAMSA (Mexique)	Environ 5 000 pour une usine à tubes sans soudure	-	$\frac{500}{5} = 100$	-	18
PUEBLA (Mexique)	Environ 2 500 pour une usine à petits fers	-	$\frac{600}{2,5} = 240$	-	7,5
USIBA (Brésil)	Environ 1 650 pour une usine à petits fers	-	$\frac{400}{1,65} = 240$	-	7,5
SIDERCA (Argentine)	Environ 5 000 pour une usine à tubes sans soudure	-	$\frac{1000}{5} = 200$	-	9
ACINDAR (Argentine)	Environ 4 000 pour une usine à fil machine	-	$\frac{400}{4} = 100$	-	18
QASCO (Qatar)	200 Qatars 1 000 expatriés } 1 200 pour une usine à barres	-	$\frac{400}{1,2} = 420$	-	4,3
DELTA STEEL (Nigéria)	Environ 5 000 (dont 120 expatriés ?)	$\frac{1000}{5} = 200$	$\frac{300}{5} = 60$	9	30
HADEED (Arabie Séoudite)	600 Saoudis 1 400 expatriés } 2 000 pour usine à barres, fil et à petits fers	-	$\frac{1000}{2} = 500$	-	3,6
ISCOTT (trinidad)	?	-	-	-	-
SABAH (Malaysia)	?	-	-	-	-
EL DEKHILA (Egypte)	1 801 Egyptien 140 Etrangers en Assistance Technique	$\frac{750}{1,95}$	$= 385$	4,7	-
Par simplicité et pour les comparaisons on a supposé 1 800 h/an et employé					

MINI-USINE INTEGREE avec REDUCTION DIRECTE
de 500 000 t/an de PETITS FERS

	<u>Personnel total</u>	<u>h/t de produits</u>
Partie "mini-usine" :	1 000 000 heures 600 personnes*	2,00
Partie "réduction directe" ** :	166 000 heures 100 personnes	0,33
	<hr/>	<hr/>
Total :	1 166 000 heures 700 personnes	2,33

* base 1 660 heures/an et par personne

** inclus les parcs de stockage (en déduisant les parcs à ferrailles non nécessaires)
et en excluant un atelier d'agglomération en boulettes.

USINE DIVERSIFIEE (PRODUITS PLATS et PRODUITS LONGS)
BASEE sur la REDUCTION DIRECTE pour 2 000 000 t/an

	<u>Personnel total</u>	<u>h/tonne de produits</u>
Partie laminoirs (3 trains à chaud + finissage)	6 349 500 heures 3 825 personnes	3,17
2 aciéries avec coulées continues (brames et billettes)	2 490 000 heures 1 500 personnes	1,25
Partie réduction directe (3 unités) et agglomération en boulettes	1 162 000 heures 700 personnes	0,58
	<hr/>	<hr/>
Total :	10 000 000 heures 6 025 personnes	5,-

* base 1660 heures/an et par personne

5 - INVESTISSEMENTS

C'est un sujet fort complexe car les valeurs citées, publiquement ou confidentiellement, ne sont, en général, pas facilement comparables. En dehors d'autres causes de différence (appréciation des monnaies utilisées, en particulier), un motif essentiel concerne l'inclusion, très variable, d'un projet à l'autre, des infrastructures. Cela nous ramène aussitôt aux considérations faites plus haut et schématisées sur la figure 4.

5.1 - Données globales

Nous rassemblerons, ici, au tableau XX, les quelques données que l'on peut recueillir sur les installations qui nous intéressent. On voit, tout de suite, que les informations sont beaucoup plus rares et cela mérite explication :

- le premier point est que les installations les plus anciennes, Puebla et Usiba, par exemple, sont des ensembles intégrés et très intéressants pour la présente étude mais les rares données sur leurs investissements sont pratiquement inutilisables ne serait-ce que par les difficultés de transformer les "dollars" d'investissement de l'époque en données actuelles (voir ci-dessous les commentaires en 5.2)
- le second point est que des installations parfois anciennes (TAMSA) ou plus récentes (SIDERCA, ACINDAR) ont été transformées et agrandies sur des sites existants et les valeurs que l'on peut recueillir, concernent des ensembles mal identifiés comportant à la fois des équipements neufs et des modifications d'unités plus anciennes,
- le troisième point est, par voie de conséquence, le fait que ce sont les unités neuves ("Greenfield") les plus récentes qui présentent le plus d'intérêt pour notre étude. Malheureusement, les données que l'on peut recueillir et qui se trouvent sur le tableau XX nécessitent des commentaires importants.

5.2 - Commentaires

Nous allons passer en revue quelques unes des informations résumées sur le tableau XX :

- ACINDAR a donné quelques ordres de grandeur, de façon privée, sur le coût de l'ensemble décrit à la figure 2, c'est-à-dire :

• parc à minerais + Midrex	} environ 250 \$/t X 500 000 t/an = 125
• aciérie (3 fours) + coulée continue (2 machines à 4 lignes)	} environ 275 \$/t x 1 000 000 t/an = 275
	Soit au total <u>400</u>

ce qui ramené à 1 Mt/an d'acier fait à peu près 400 \$/t X an d'acier.

Il n'y avait pratiquement pas d'infrastructure sur ce site d'usine existante. On notera que pour cette période (1978 ACINDAR - 1979/1981 SIDOR - 1982 WARRI) où les coûts ont été relativement stables, on semble trouver des ordres de grandeur qui ne sont pas trop hétérogènes aux alentours de :

- 175 à 250 \$/tonne annuelle de minerais réduits (DIR) pour l'unité de réduction et ses parcs,
- 200 à 275 \$/tonne annuelle de billettes pour l'ensemble FEA + CC avec, à côté des 275 \$/t x an d'ACINDAR des valeurs de : 205 pour SIDOR et DSC (WARRI),
- TAMSA, PUEBLA et USIBA nous paraissent trop anciennes à la fois pour recueillir des données précises et, aussi, pour les convertir en valeurs utilisables fin 1987, comme nous l'avons déjà indiqué.
- SIDERCA n'est pas facile à interpréter car c'est un ensemble qui se développe de façon plus ou moins continue (revoir la figure 3).

- les quatre usines "neuves" sur site neuf ("greenfield") de QASCO, DELTA, STEEL, HADEED et EL DIKHEILA sont les plus intéressantes mais il faut en interpréter les données car il y a eu une érosion des monnaies et, parfois, des problèmes de conversion des monnaies, ainsi que des problèmes d'infrastructure. Ce seront les deux points que nous allons évoquer pour compléter ce chapitre.

a - Evaluation des données d'investissements

A ce sujet, les récents désordres monétaires doivent nous rendre très prudents. Si nous partons d'un ensemble comme QASCO ou HADEED, à titre d'exemple, et que l'on envisage de le reconstruire à JIJEL, son coût devrait à notre avis :

- être, d'une part, réévalué de l'inflation (ou de l'érosion) du dollar,
- mais aussi être utilisé avec une grande prudence, surtout si les équipements ne proviennent pas des Etats-Unis mais d'Europe ou du Japon car, à ce moment là, les "anciens" taux de change devraient probablement être gardés en mémoire. Un dollar à 240 yen/dollar ou à 140 yen/dollar n'est pas tout à fait la même chose au Japon !

L'influence du désordre monétaire actuel peut être appréciée par le calcul suivant :

- un ensemble RD + FEA - MP - CC pouvait être estimé à environ 400 \$ des Etats-Unis par tonne annuelle de capacité aux environs des années 1983-1985 (voir les tableaux XX et XXI)
- or, à cette époque, on avait des taux de change vis à vis des monnaies européennes, du franc français, par exemple, de l'ordre de 8 à 10 F/\$. Ce coût pouvait donc être estimé à environ 3 200 à 4 000 F par tonne annuelle.
- si, maintenant, on garde cette valeur de 400 \$/t x an, même en tenant compte d'une érosion du dollar c'est-à-dire en la majorant à 450, voire 500 \$/t x an on ne serait qu'à 2 500 - 2 800 F/t x an (et naturellement, des rapports analogue avec DM ou la plupart des monnaies européennes). Or, si ces équipements sont fabriqués en Europe, leurs valeurs sera, au moins, égale à celles de l'époque 1983-1985 et même un peu supérieure. Si l'on arrivait par exemple à 4 000/5 000 F/t x an, cela fait maintenant 800 \$/t x an !

b - Influence des infrastructures

Pour terminer, revenant sur l'exemple de la figure 4 (assez proche d'ailleurs, de l'usine envisagée sur le tableau XVIII), on trouvera au tableau XXI des données essayant de détailler la part des équipements et des divers ordres d'infrastructure qui en montrent bien l'importance.

On peut reprendre à cet égard, d'intéressants commentaires qui avaient été faits à l'occasion de la comparaison des coûts d'investissement de divers projets sidérurgiques. Dans cette étude, à caractère privé, pour SICARTSA (Mexique) l'auteur citait très justement l'influence des sept facteurs suivants :

1. les coûts publiés concernent plus des projets d'usines que les coûts réels d'une usine dessinée, construite et mise en service,
2. les modifications de parité des monnaies ont les influences que nous avons rappelées ci-dessus,
3. un certain nombre de "facilités" peuvent être comprises ou non dans les coûts et l'auteur cite par exemple, les aspects miniers jusqu'à la pelletisation (agglomération en boulettes). Cela fait resurgir tout l'aspect "infrastructures",
4. pour des motifs divers et, notamment, l'évolution des mesures législatives dans les divers pays, le coût de la pollution de l'environnement est difficilement comparable d'un pays à l'autre, d'une époque à une autre,
5. la plupart de ces coûts ne font pas intervenir des dépenses pré-opératoires : coûts des études, fonds de roulement, frais de démarrage etc.,
6. les coûts d'aménagement des terrains et le coût des fondations (génie civil) peuvent être très différents d'un site à un autre,
7. et, enfin, la capacité de production d'une usine donnée est une valeur malaisée à définir (comme nous l'avons déjà vu à propos des "performances" des usines retenues pour la présente étude).

COÛTS D'INVESTISSEMENT DES USINES RETENUES

SITE	INVESTISSEMENTS	\$ des EU/t de demi-produits	NOTE
TAMSA (Mexique)			
PUEBLA (Mexique)			
USIBA (Brésil)			
SIDERCA (Argentine)			
ACINDAR (Argentine)	environ 400 M \$	400	pas de grosses infrastructures site existant
QASCO (Qatar)	300 M \$ de 1976	750 pour la capacité prévue 600 pour la production réelle	
DELTA STEEL (Nigéria)	Cité aux environs de : 1 261 M de Nairois ou 1 500 à 1 745 M\$ des EU	1 500 à 1 745 sur la la capacité prévue	
HADEED (Arabie Séoudite)	800 M\$ de 1979 (900 d'après d'autres sources)	1 000 sur la capacité prévue 800 sur la production réelle	
ISCOTT (Trinidad)			
SABAH (Malaysia)			
EL DIKHEILA (Egypte)			

COÛT D'UN ENSEMBLE DE 400 000 t/an AVEC TRAIN A BARRE
(voir figure 4 - valeur 1984)

	Coût total M\$	Coût en \$ par t/an de capacité
Equipement	155	
Infrastructure interne	145	
Total pour le coeur de l'usine	<u>300</u>	750
Infrastructure du 1 ^{er} Ordre	+60	
. Total	<u>360</u>	900
Infrastructure du 2 ^{ème} ordre	+40	
. Total	<u>400</u>	1 000
Infrastructure du 3 ^{ème} ordre	?	-
par exemple logements estimés	-	-

BIBLIOGRAPHIE

---:---

- (1) AIME, DIRECT REDUCED IRON, ouvrage publié en 1979

- (2) ILAFA, Séminaires sur la réduction directe à :
 - . Mexico en 1973
 - . Porto Alegre en 1975
 - . Macuto en 1977
 - . Buenos Aires en 1980
 - et . Saltillo en 1986

- (3) METAL BULLETIN, Séminaire sur les mini-usines à :
 - . Milan - 31 Mai/1er Avril 1980
 - . Vienne - 8/9 Mai 1982
 - . New Orleans - 18/20 Mai 1984
 - . Paris - 9/11 Mai 1986

- (4) IISI 20, Annual meeting Rio de Janeiro 5/8 Octobre 1986
spécialement Jacques E. ASTIER (IRSID)
Amit CHATTERJEA (TISCO)

- (5) IISI 21, Annual meeting Washington 4/7 Octobre 1987
spécialement Arturo Towas Acevedo (ACINDAR)
Tachia Jooji (Delta Steel Company Limited)

---:---

LISTE DES TABLEAUX

---:---:---

	<u>n° Page</u>
I - Plan prévisionnel d'une étude technico économique pour le projet JIJEL de SIDER (Algérie)	2
II - Liste des installations de réduction directe dans le monde	5 - 5bis - 5ter
III - Principales usines "marchandes" de réduction directe	6
IV - Principales usines intégrées basées sur réduction directe + Aciérie électrique. A/ Pays industrialisés	7
V - B/ Basées sur le gaz naturel : Produits longs en région en voie de développement	8
VI - C/ Basées sur le gaz naturel : Produits plats ou produits plats et produits longs, tubes etc..., en région en voie de développement	9 - 9bis
VII - D/ Basées sur le charbon	10
VIII - Liste des usines retenues pour la présente étude	12
IX - Quelques données sur le prix de revient (hors amortissement et frais généraux d'une tonne de minerai réduit (DRI)	23
X - Typical EAF costs in industrialized countries with scrap	24
XI - Typical EAF costs in developing countries with DRI	25
XII - Influence of some parameters on costs of 1 ton steel in EAF	26
XIII - a/ Besoin en personnel pour un module de réduction directe par les gaz b/ Besoin pour plusieurs modules de réduction directe par les gaz	28 28
XIV - Breakdown of manpower for one module gas-based reduction plant	29
XV - Acindar Plant - Organisational summary	30
XVI - Besoin en personnel pour la ligne de production	32
XVII - Personnel total des usines retenues	35
XVIII - Mini Usine intégrée avec réduction directe de 500 000 t/an de petits fers	36
XIX - Usine diversifiée (produits plats et produits longs) basée sur la réduction directe pour 2 000 000 t/an	37
XX - Coûts d'investissement des usines retenues	42
XXI - Coût d'un ensemble de 400 000 t/an avec train à barre	43
puis XXII en regard 6 à des à XXXIII figures 17	

LISTE DES FIGURES

---:---

- 1 - Croissance de la capacité mondiale en produits longs par RD + FEA
- 2 - Configuration des principales usines
- 2bis Configuration des principales usines (suite)
- 3 - Evolution de deux usines (SIDERCA, Argentine - TAMSA, Mexique)
- 4 - Les infrastructures
- 5 - Gas based shaft furnaces - Plant sizes under construction, in operation or closed
- 6 - TAMSA (Mexique) avec le tableau XXII
- 7 - PUEBLA (Mexique) " XXIII
- 8 - USIBA (Brésil) " XXIV
- 9 - SIDERCA (Argentine) " XXV
- 10 - ACINDAR (Argentine) " XXVI
- 11 - SIDOR (Vénézuéla) " XXVII
- 12 - KRAKATAU (Indonésie) " XXVIII
- 13 - QASCO (Qatar) " XXIX
- 14 - ISCOTT (Trinidad) " XXX
- 15 - DELTA STEEL (Nigeria) " XXXI
- 16 - H ADEED (Arabie Séoudite) " XXXII
- 17 - SABAH (Malaysia) " XXXIII
- 18 - Production de Briquetas FIOR
- 19 - Production réelle de minerais réduits (en % de la capacité nominale)
- 20 - Production réelle d'acier (en % de la capacité nominale)
- 21 - Gas based processes (A et B)
- 22 - ACINDAR - Direct reduction - cost distribution for DRI
- 23 - Difference of costs for EAF steelmaking

Croissance de la capacité mondiale en produits longs
par DR et FEA

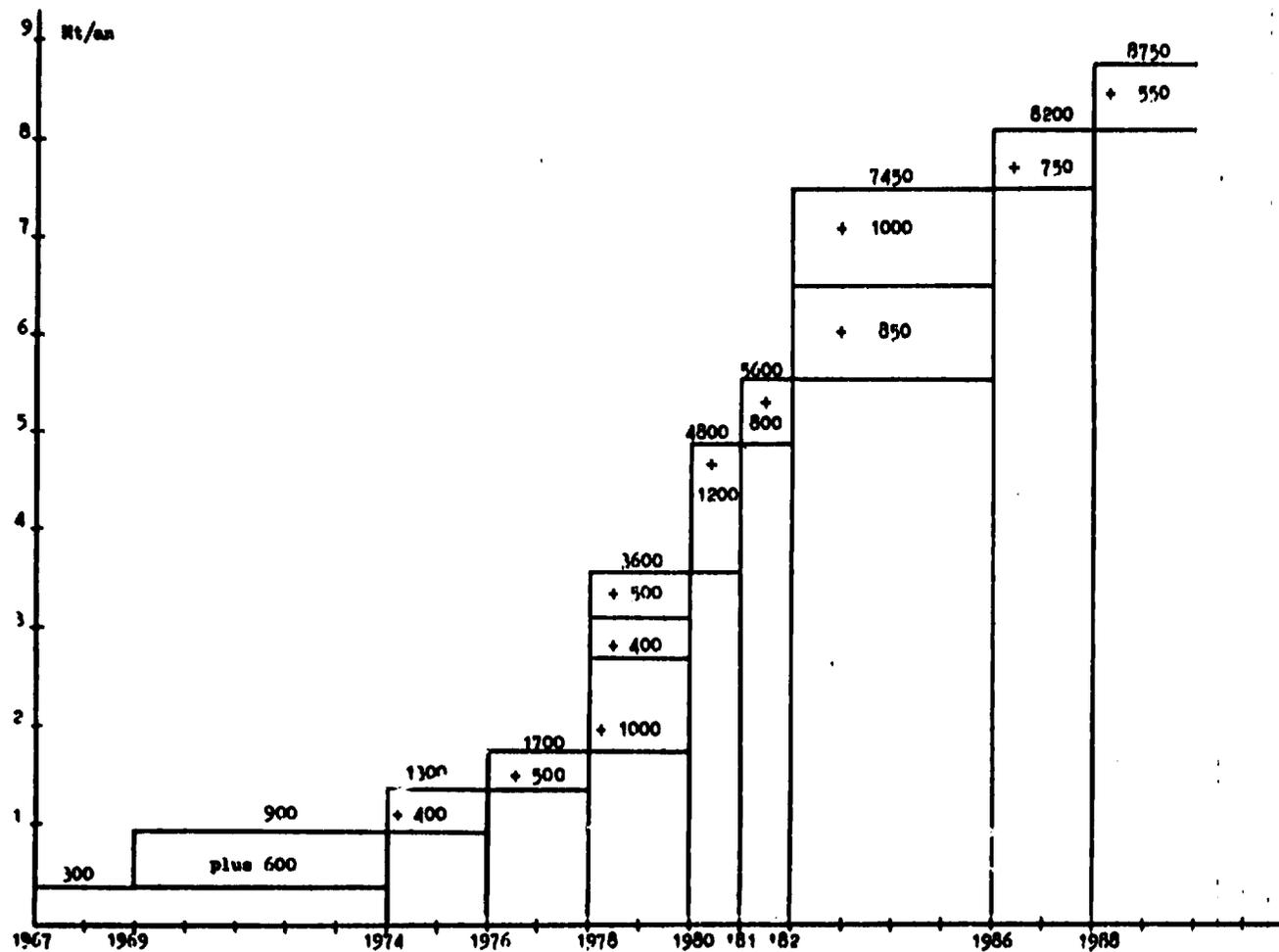


FIGURE 1

FIGURE 2

CONFIGURATION DES PRINCIPALES USINES

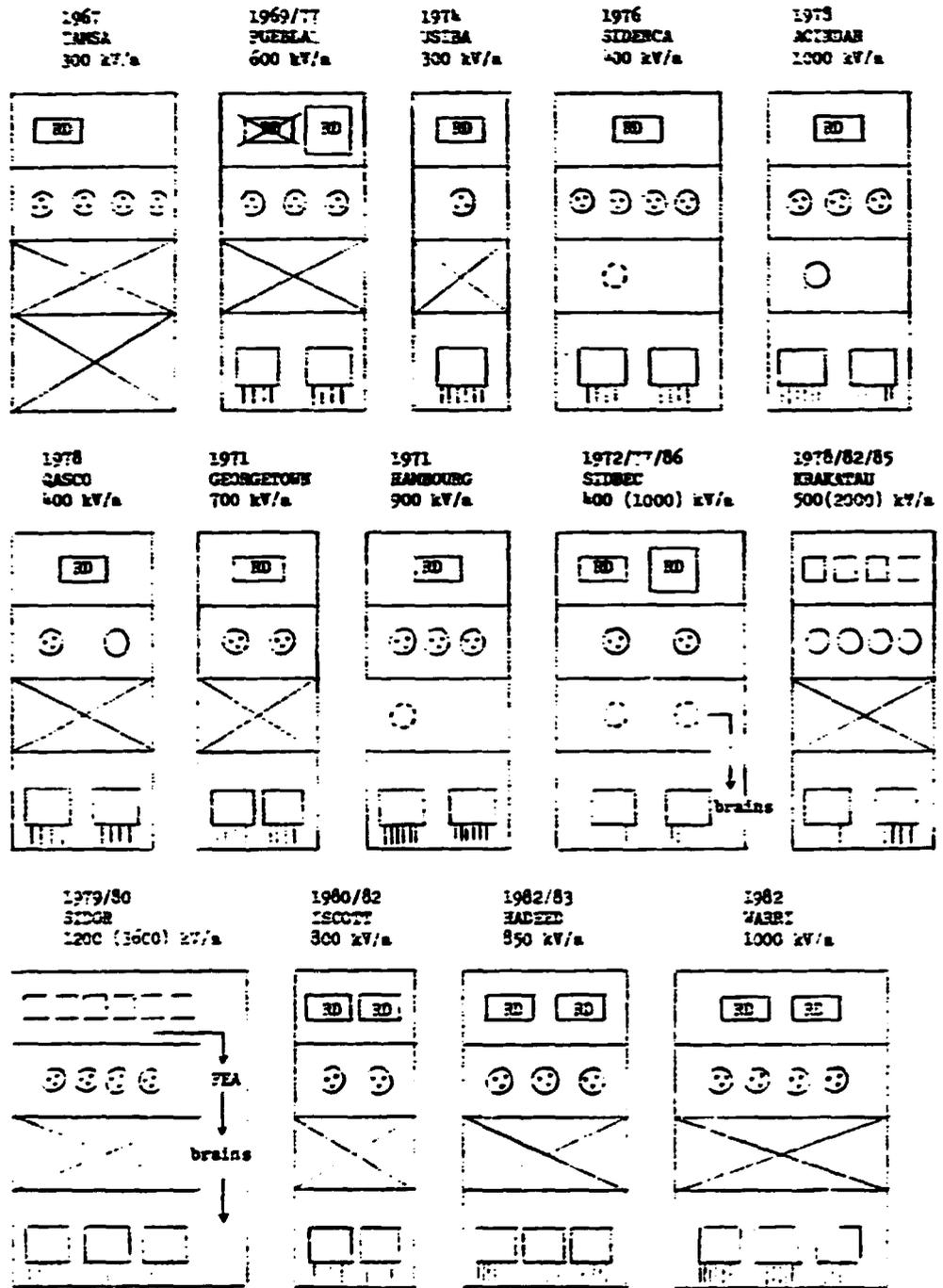


FIGURE 2 BIS

CONFIGURATION DES PRINCIPALES USINES (SUITE)

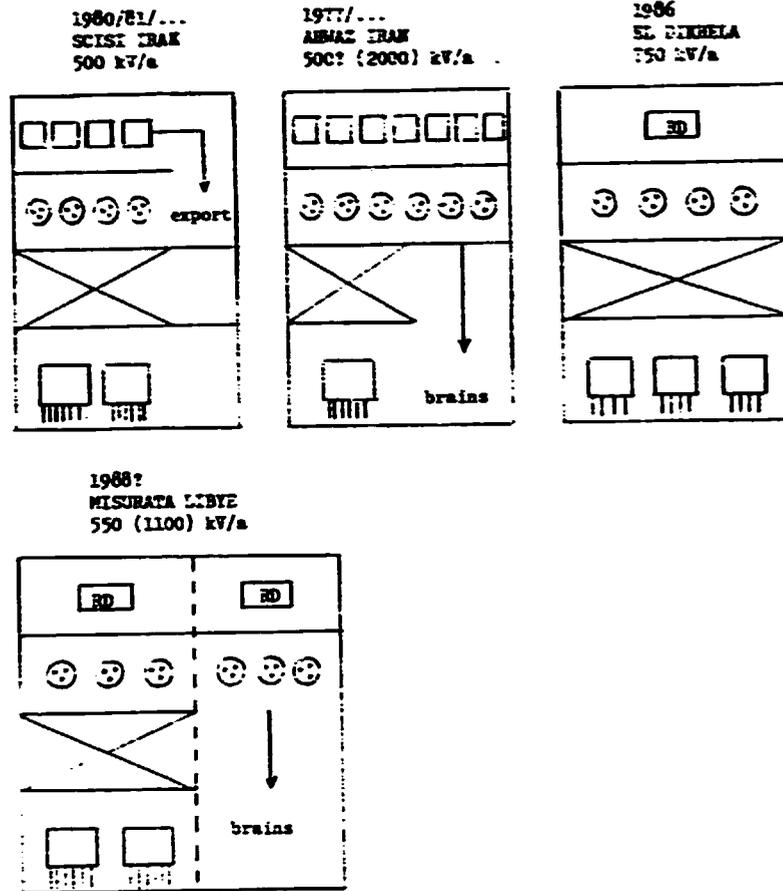


FIGURE 3

EVOLUTION DE DEUX USINES : (SIDERCA, ARGENTINE)
(TAMSA, MEXIQUE)

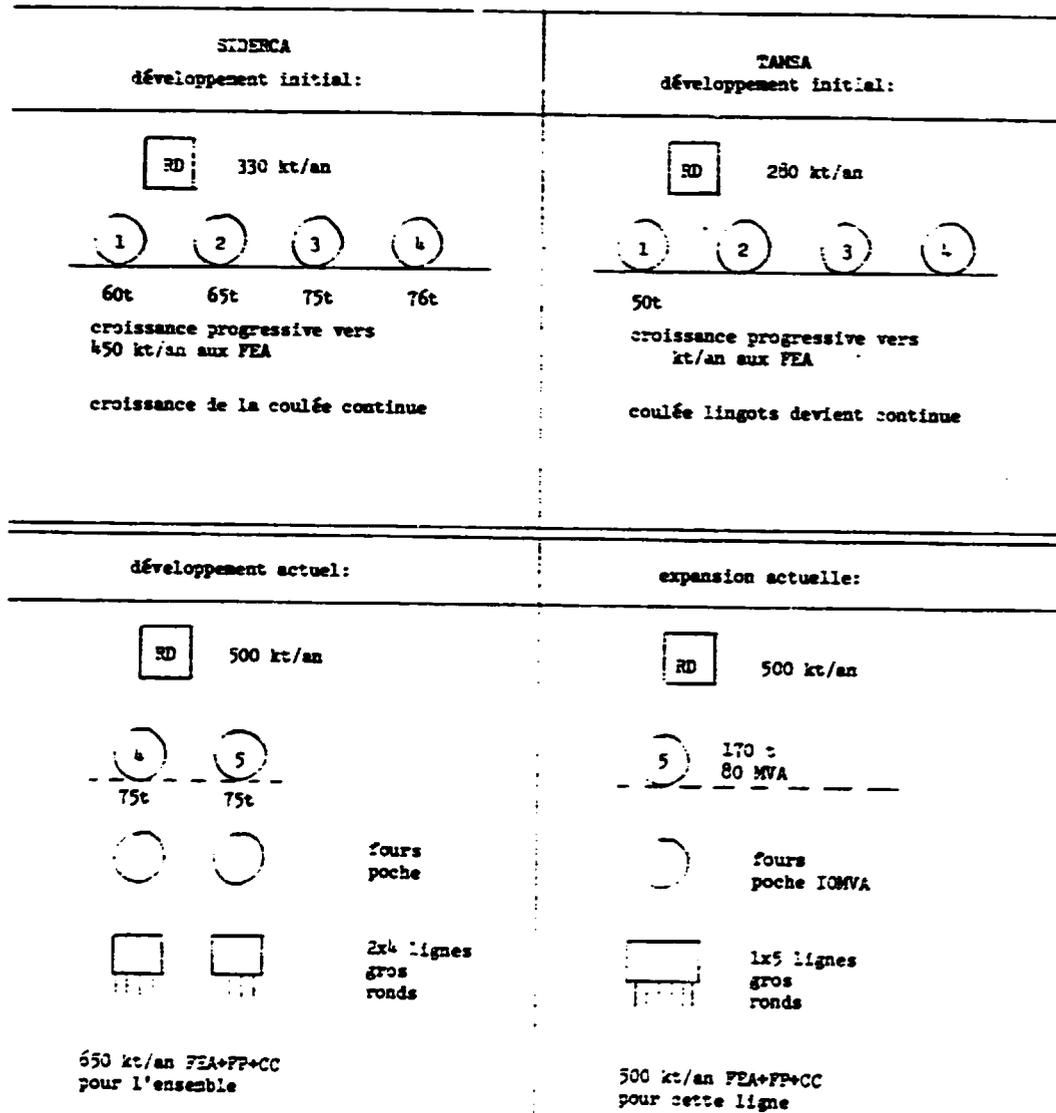


FIGURE 4

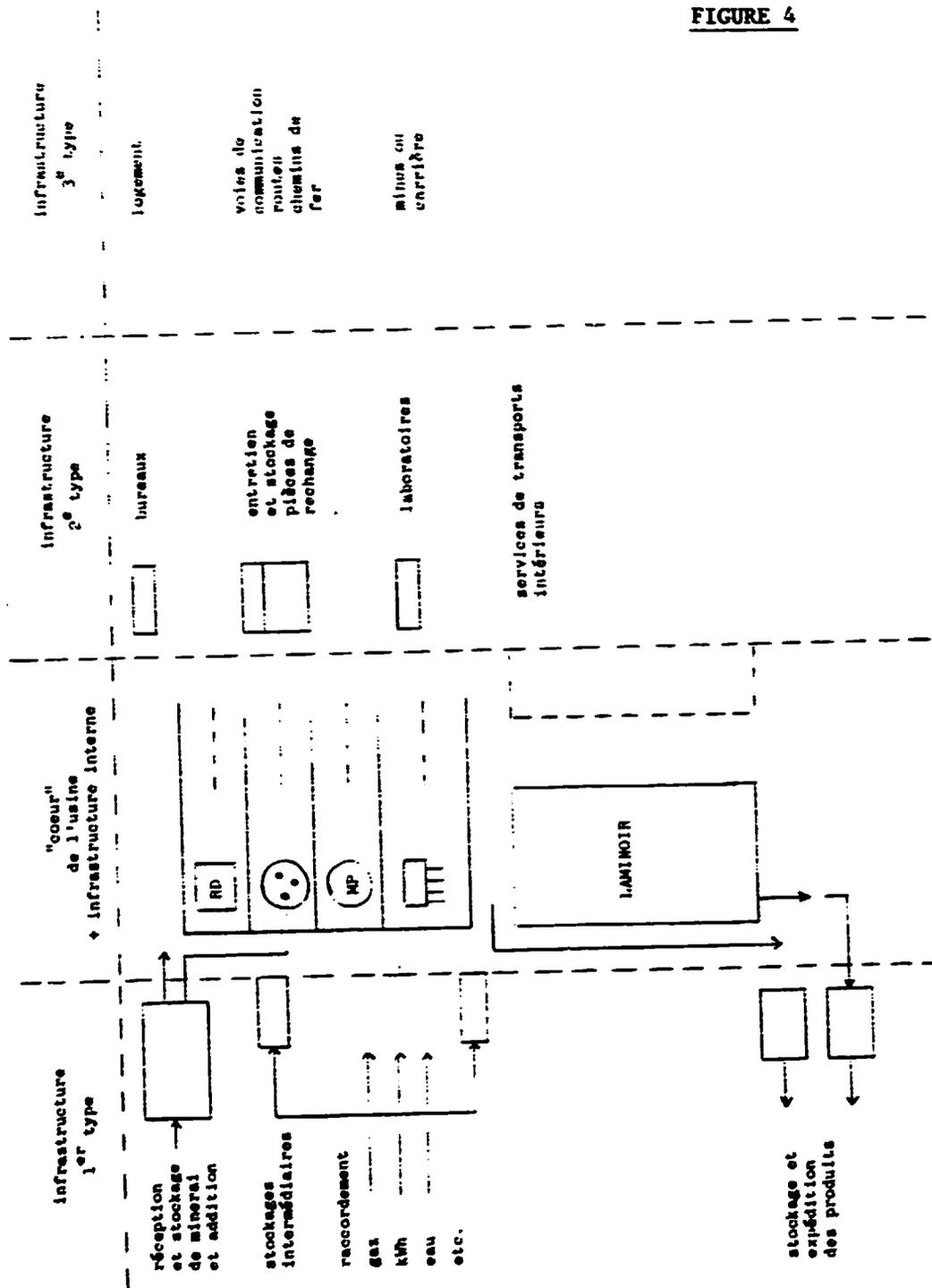
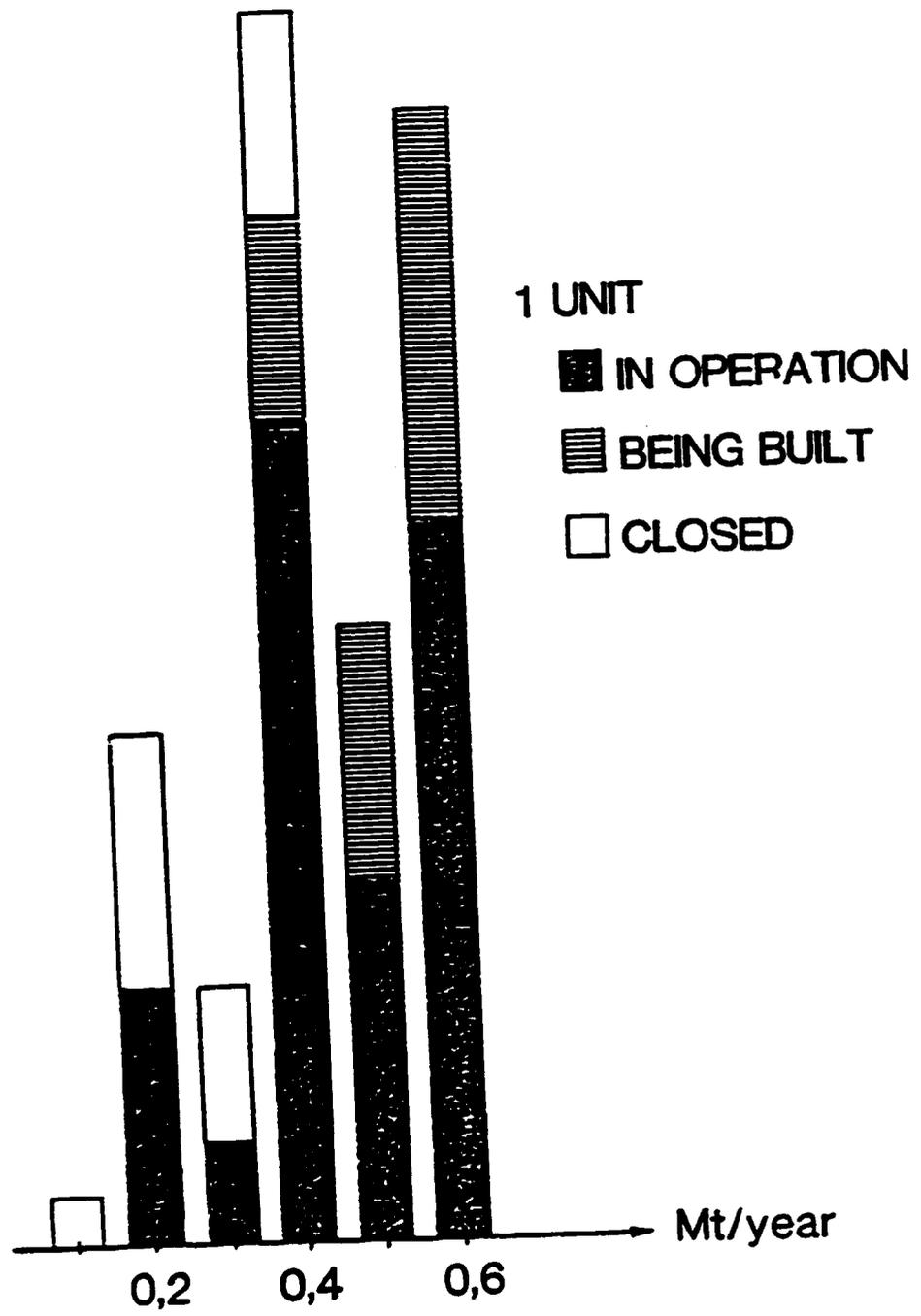


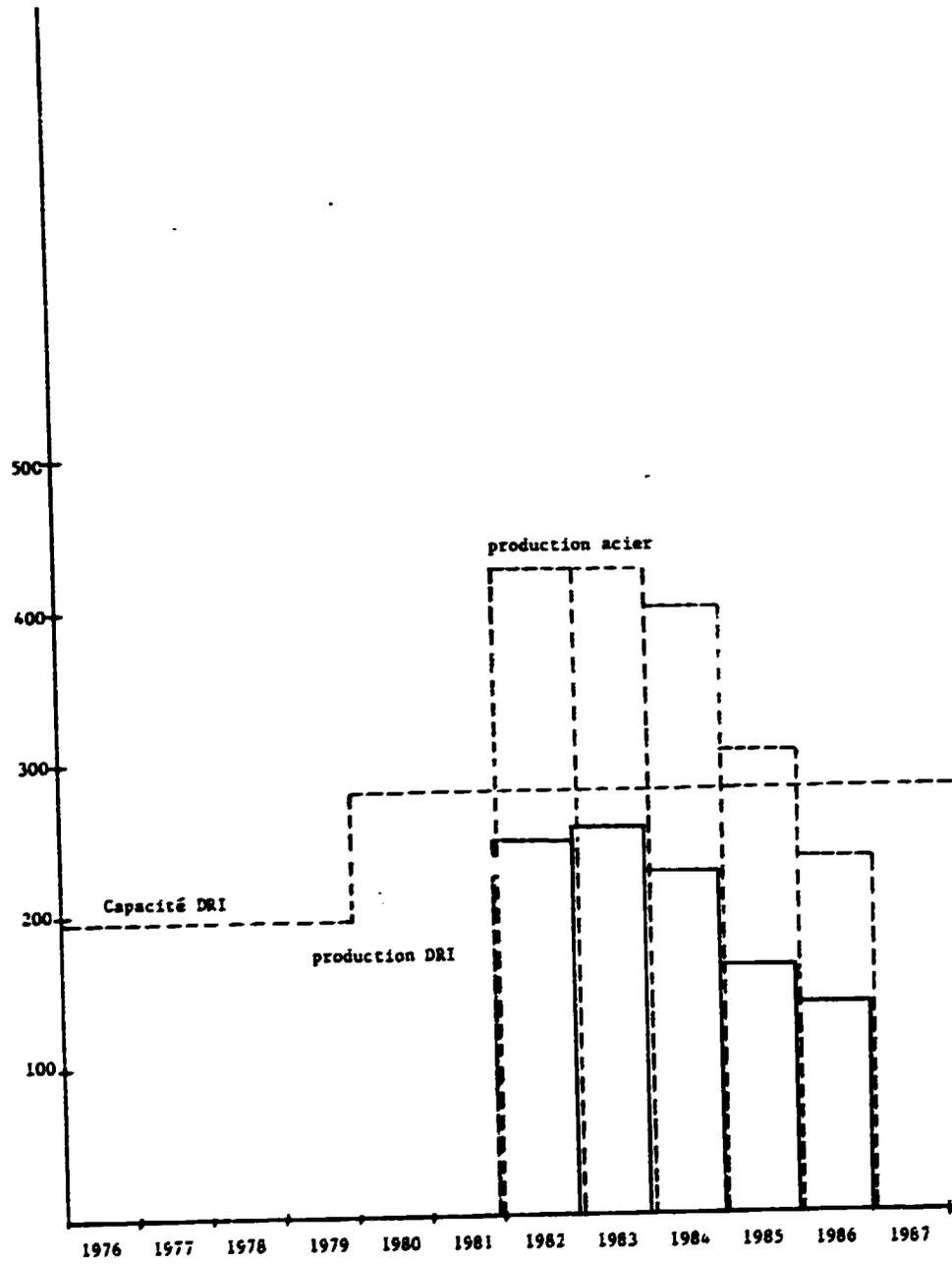
FIGURE 5



**Gas based shaft furnaces -
Plant sizes under construction, in operation or closed**

FIGURE 6

T A M S A (Mexique)



T A M S A (Mexique)

EVOLUTION DE LA PRODUCTION

Année	DRI	Acier Liquide
1982	245	424
1983	254	423
1984	223	388
1985	165	311
1986	132	233
1987 (6 mois)	(97)	(124)

VALEURS MOYENNES

Unité	Capacité kt/an nominale	Nombre d'années de marche	Production réelle	
			Totale kt	kt/an moyenne
TAMSA 1967	280 *	18 1968 - 1985	4 036 sur 18 ans	224 environ 80 % de la capacité nominale de 280 kt/an
	* 190 au démarrage			

COMMENTAIRES

Unité Hyl toujours en marche à l'heure actuelle ; discussions en cours pour expansion et peut-être, passage à Hyl III ralentissement de la production due aux travaux en cours à l'usine pour l'expansion et à la conjoncture économique.

FIGURE 7

P U E B L A

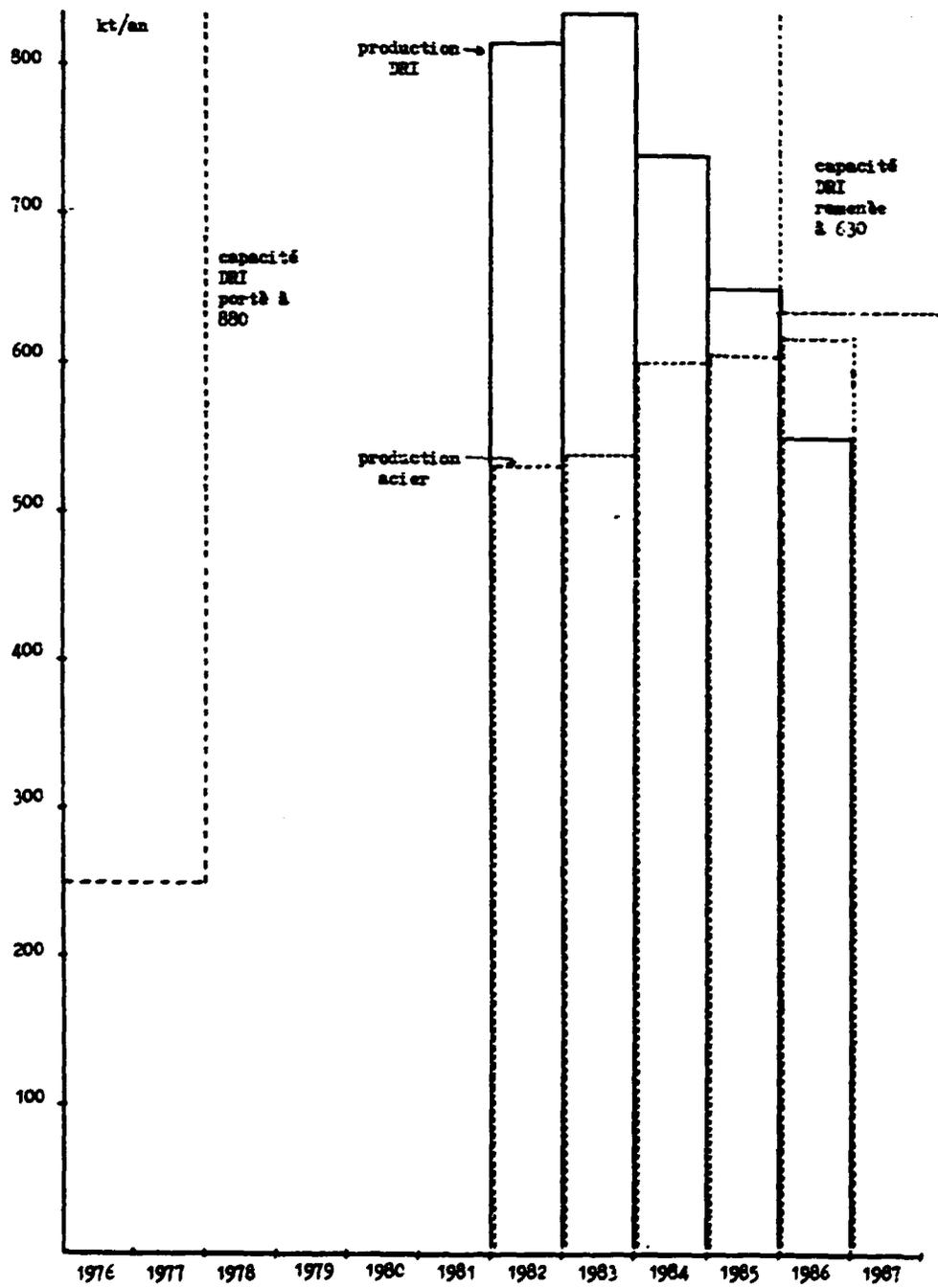


TABLEAU XXIII

(kt)

P U E B L A (Mexique)**EVOLUTION DE LA PRODUCTION**

Année	DRI	Acier (billettes)
1982	818	542
1983	859	556
1984	738	598
1985	654	606
1986	564	616
1987 (6 mois)	(272)	(326)

VALEURS MOYENNES

Unité	Capacité kt/an nominale	Nombre d'années de marche	Production réelle	
			Totale kt	kt/an moyenne
1 P 1969	250	15 (1970 - 1984)	3 987 sur 15 ans	266 Environ 106 % de la capacité nominale
2 P 1977	630	8 (1978 - 1985)	4 563 sur 8 ans	570 Environ 91 % de la capacité nominale

COMMENTAIRES

1 P doit être arrêtée depuis Octobre 1985

2 P est toujours en marche à pleine capacité

FIGURE 8

U S I B A (Brésil)

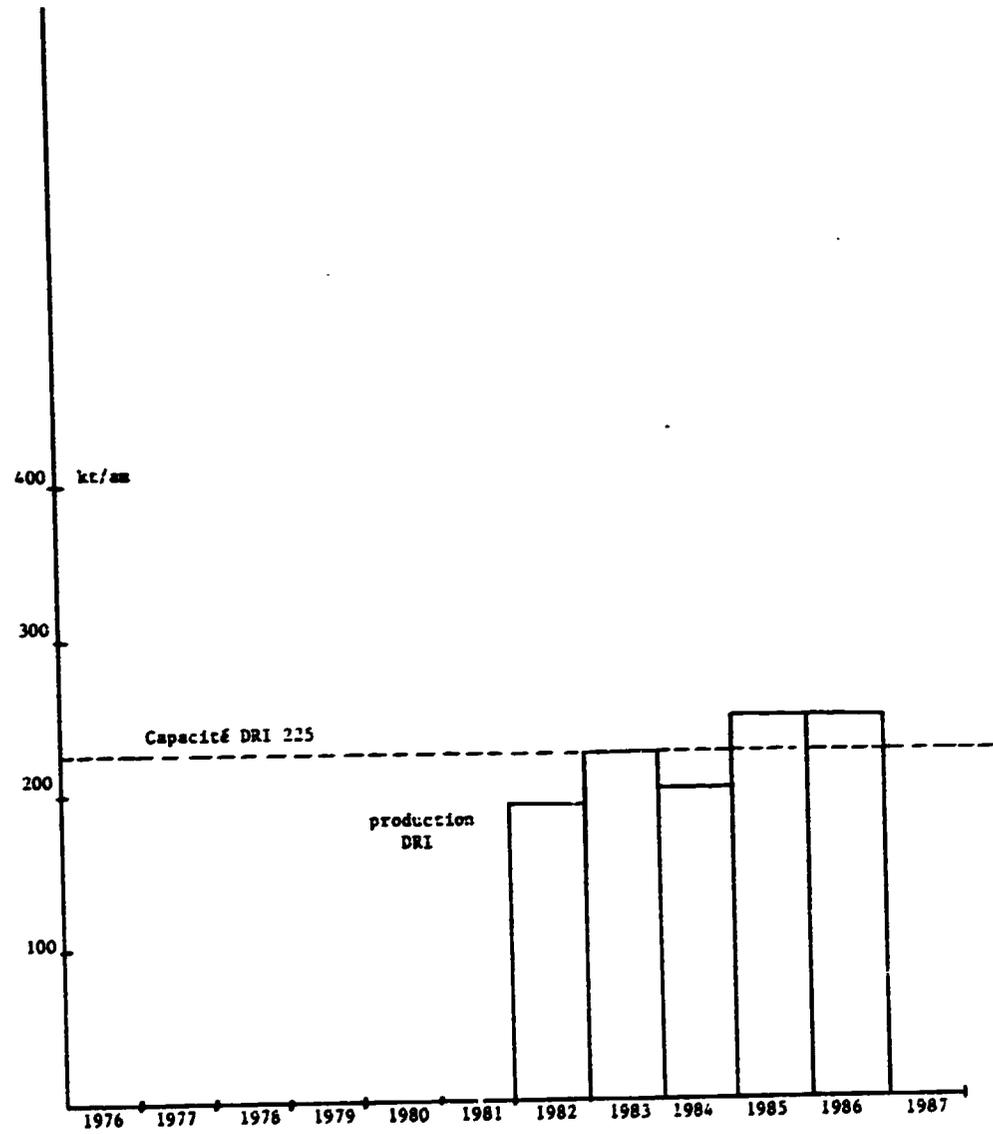


TABLEAU XXIV**(kt)****U S I B A (Brésil)****EVOLUTION DE LA PRODUCTION**

Année	DRI	Acier
1982	187	
1983	224	
1984	196	
1985	245	
1986	246	
1987 (6 mois)	(74)	

VALEURS MOYENNES

Unité	Capacité kt/an nominale	Nombre d'années de marche	Production réelle	
			Totale kt	kt/an moyenne
USIBA 1974	225	11 1975 - 1985	2 304 sur 11 ans	209 Environ 93 % de la capacité nominale

COMMENTAIRES

Unité Hyl toujours en marche à l'heure actuelle ; discussions en cours pour expansion et, peut-être, passage à Hyl III.

FIGURE 9

S I D E R C A

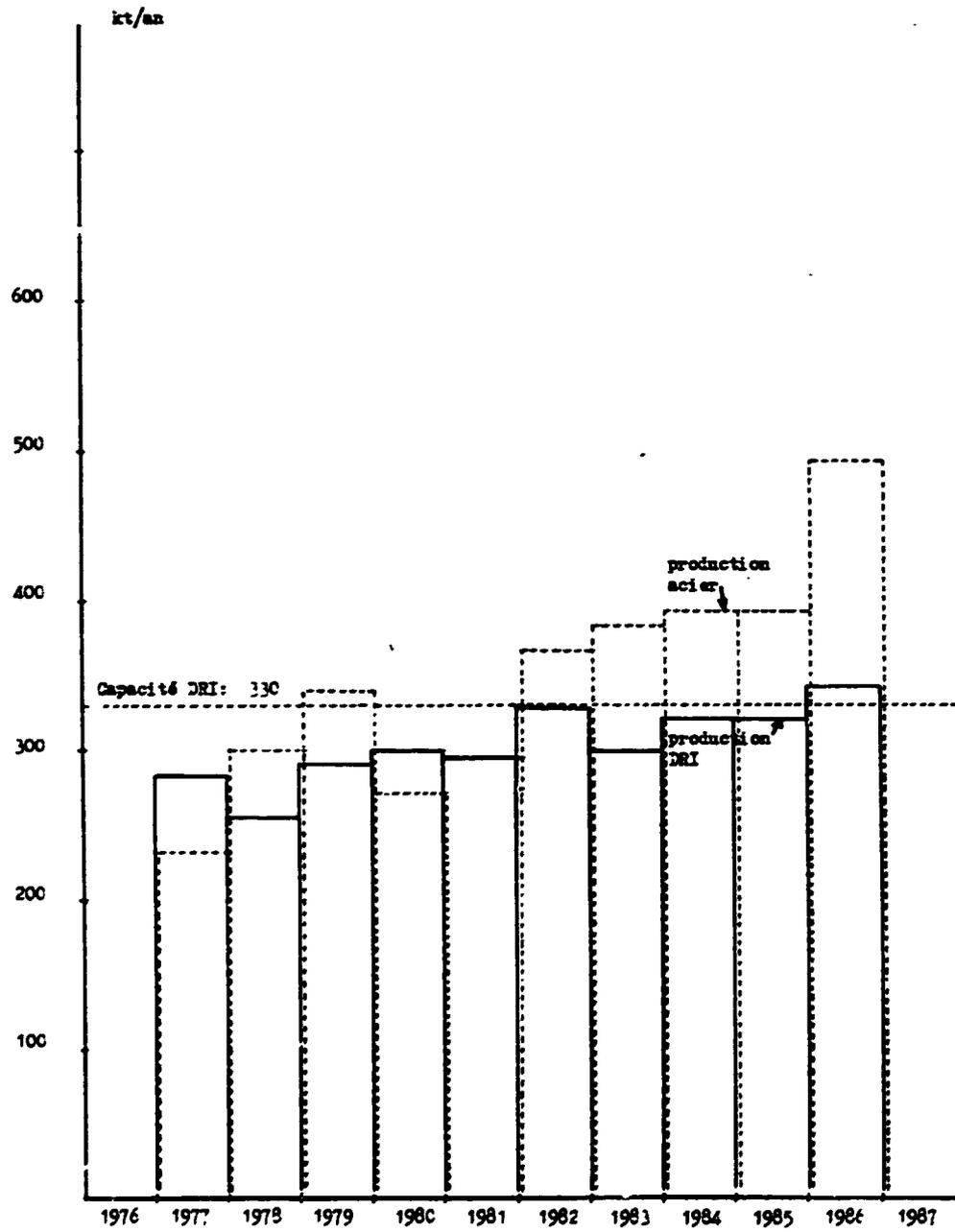


TABLEAU XXV**(kt)****S I D E R C A****(Argentine)**

Production Années	D R I	ACIER (liquide)	PRODUITS FINIS (Tubes sans soudure)
1977	285	230	150
1978	257	300	240
1979	288	340	300
1980	300	275	350
1981	290	370	280
1982	330	380	320
1983	300	390	280
1984	320	400	340
1985	320	400	320
1986	340	490	380
1987	...	...	...

FIGURE 10

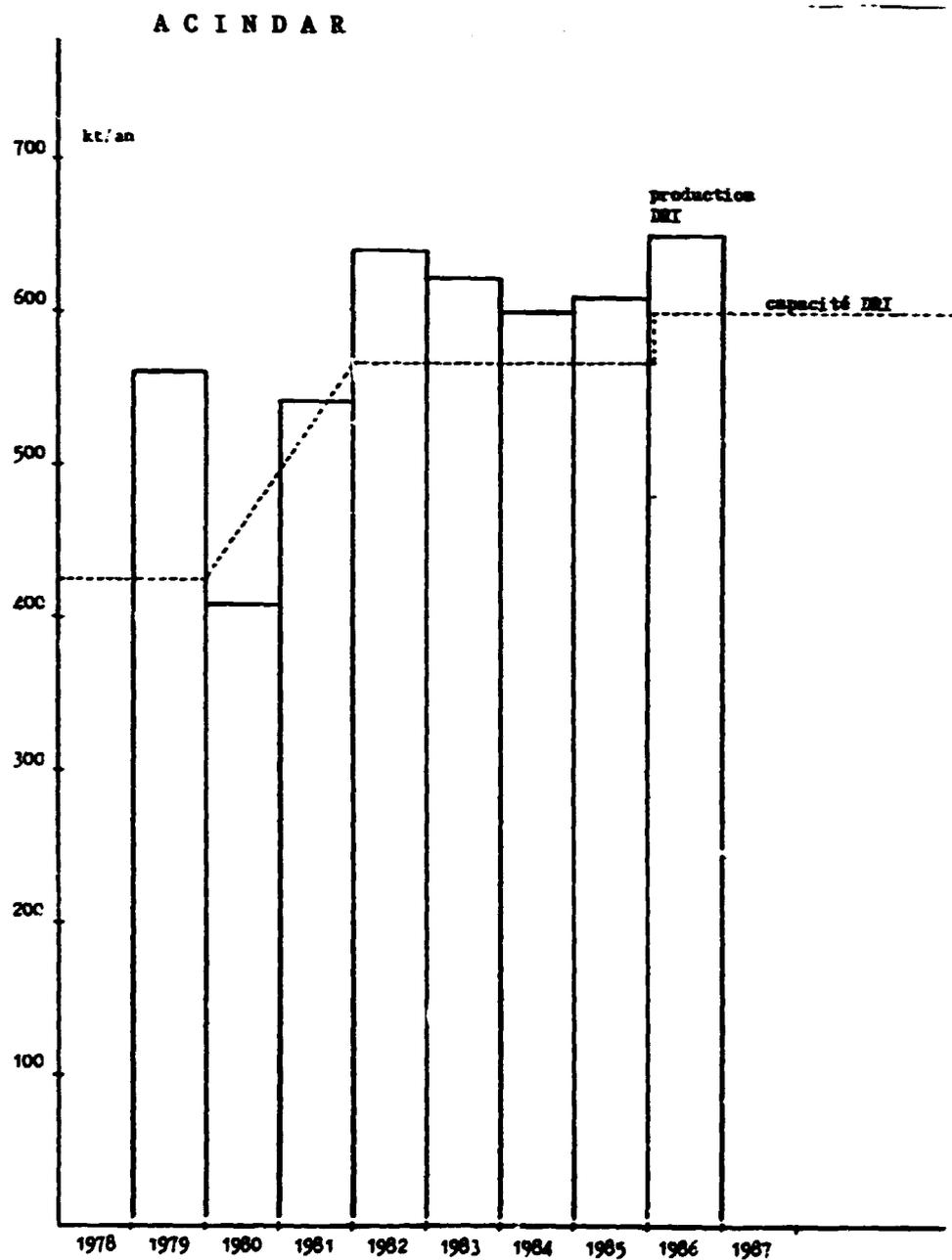


TABLEAU XXVI

(kt)

ACINDAR

(Argentine)

Production Années	D R I	ACIER (liquide)	ACIER (billettes)
1978 *	démarrage		
1979	559		
1980	412		
1981	546		
1982 **	642		
1983	621		
1984	602		
1985	612		
1986	647		
1987			

* Capacité initiale 420, relevée par la suite

** Accroissement de capacité par une tranche de 20 tubes de reformage de plus.

FIGURE 11

S I D O R

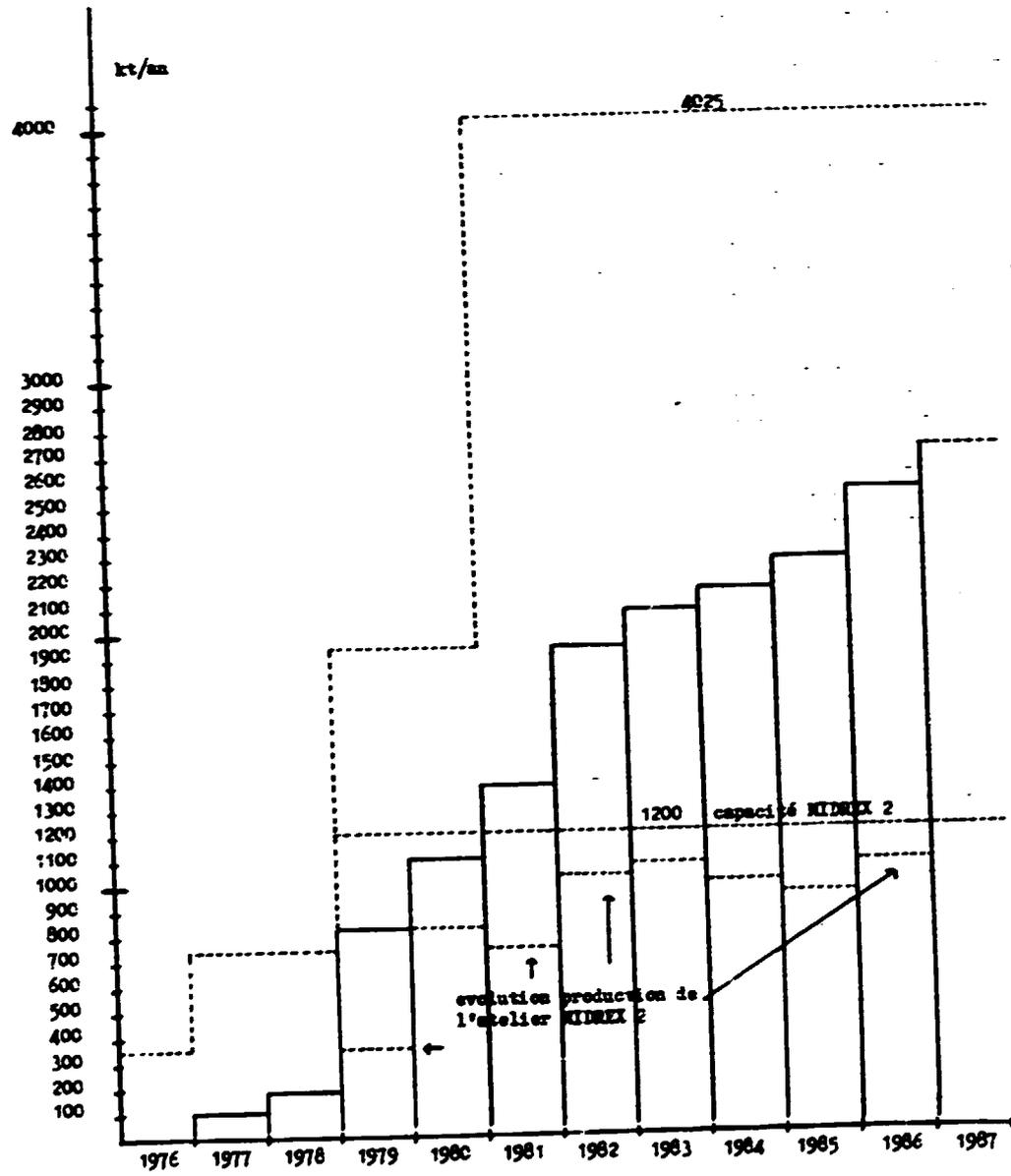


TABLEAU XXVII

(kt)

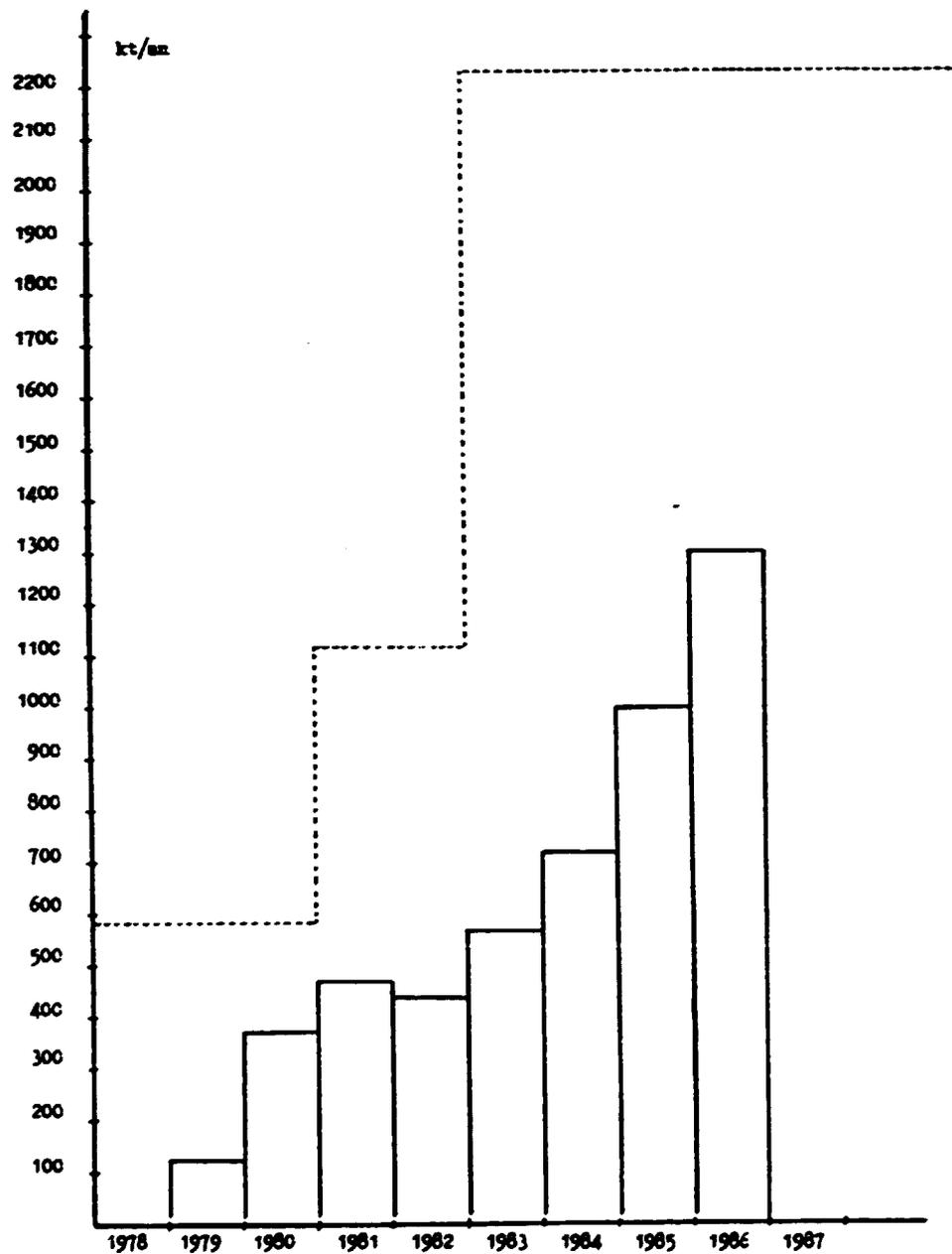
S I D O R

(V é n é z u e l a)

Production Années	D R I		ACIERIE A BILLETES	
	TOTAL	ATELIER MIDREX 2	ACIER LIQUIDE	BILLETES
1976	démarrage Hyl I : 360	-		
1977	démarrage Midrex I : 355 110	-		
1978	178	-		
1979	démarrage Midrex II : 1 200 830	336		
1980	1 120	820		
1981	démarrage Hyl II : 2 110 1 390	727		
1982	1 920	1 016		
1983	2 080	1 062		
1984	2 160	1 000		
1985	2 280	944		
1986	2 550	1 070		
1987	2 700 ?			

FIGURE 12

P. T. K R A K A T A U



TABEAU XXVIII

(ct)

K R A K A T A U

(Indonésie)

Production Années	D R I	ACIERIE A BILLETES ET BRAMES	
		BRAMES	BILLETES
1978	10		
1979	130		
1980	370		
1981	470		
1982	436		249
1983	567	114	346
1984	739	284	329
1985	1 077	403	421
1986	1 561	690	477
1987 (6 mois)	(543)	...	...

FIGURE 13

Q A S C O

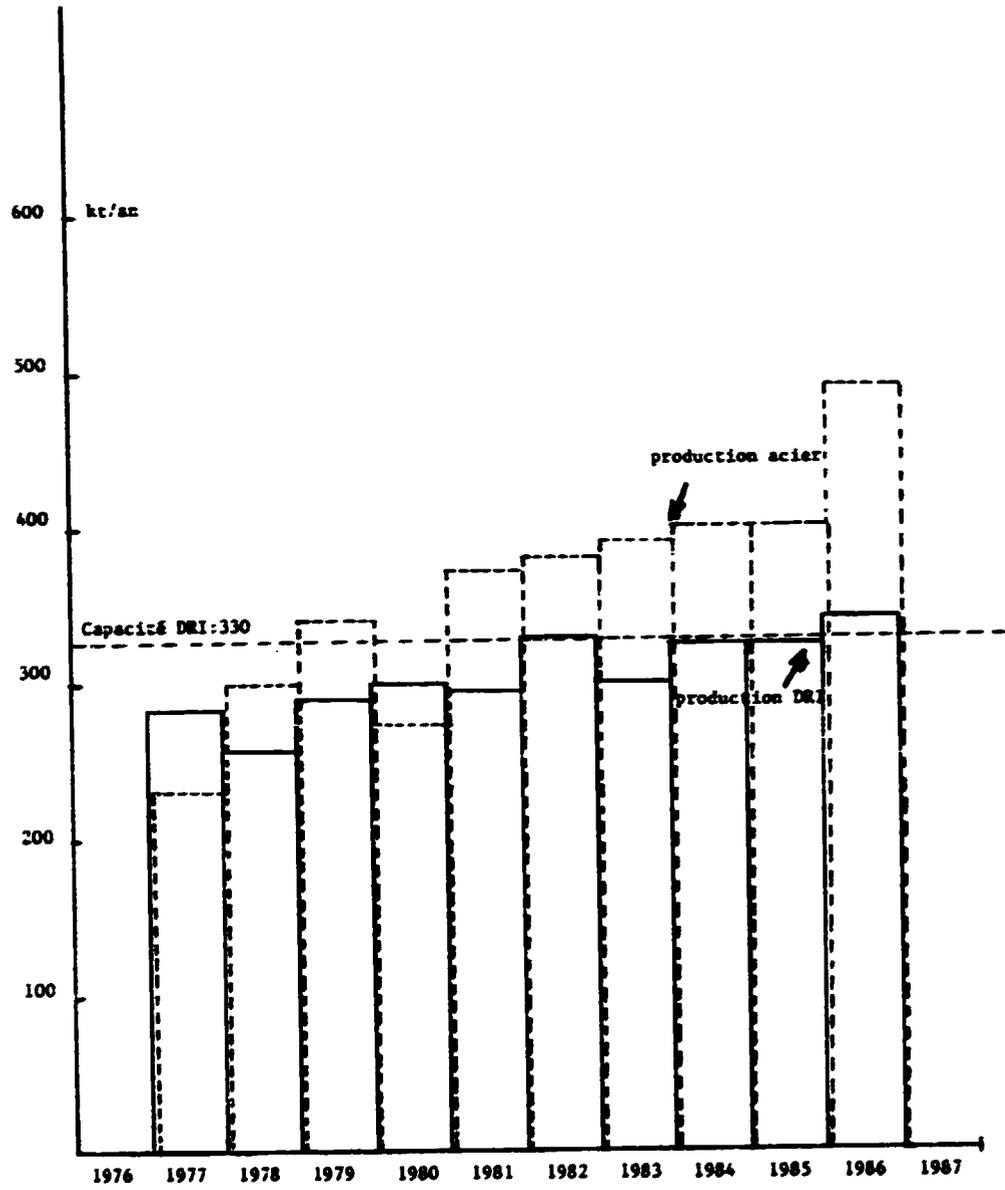


TABLEAU XXIX

(kt)

Q A S C O

(Qatar)

Production Années	D R I	Acier Liquide		Produits finis (Barres)
1978	82	127		114
1979	322	396		379
1980	420	461		450
1981	459	469		453
1982	440	495		
1983	385	469		
1984	495	478		
1985	480	533		
1986	480	507		
1987	...	...

COMMENTAIRES :

Un détail est à la figure 13 bis sur la base semble-t-il, de :

400 kt/an	DRI
400 kt/an	Acier Liquide
kt/an	Billetes
330 kt/an	Barres

FIGURE 13 BIS

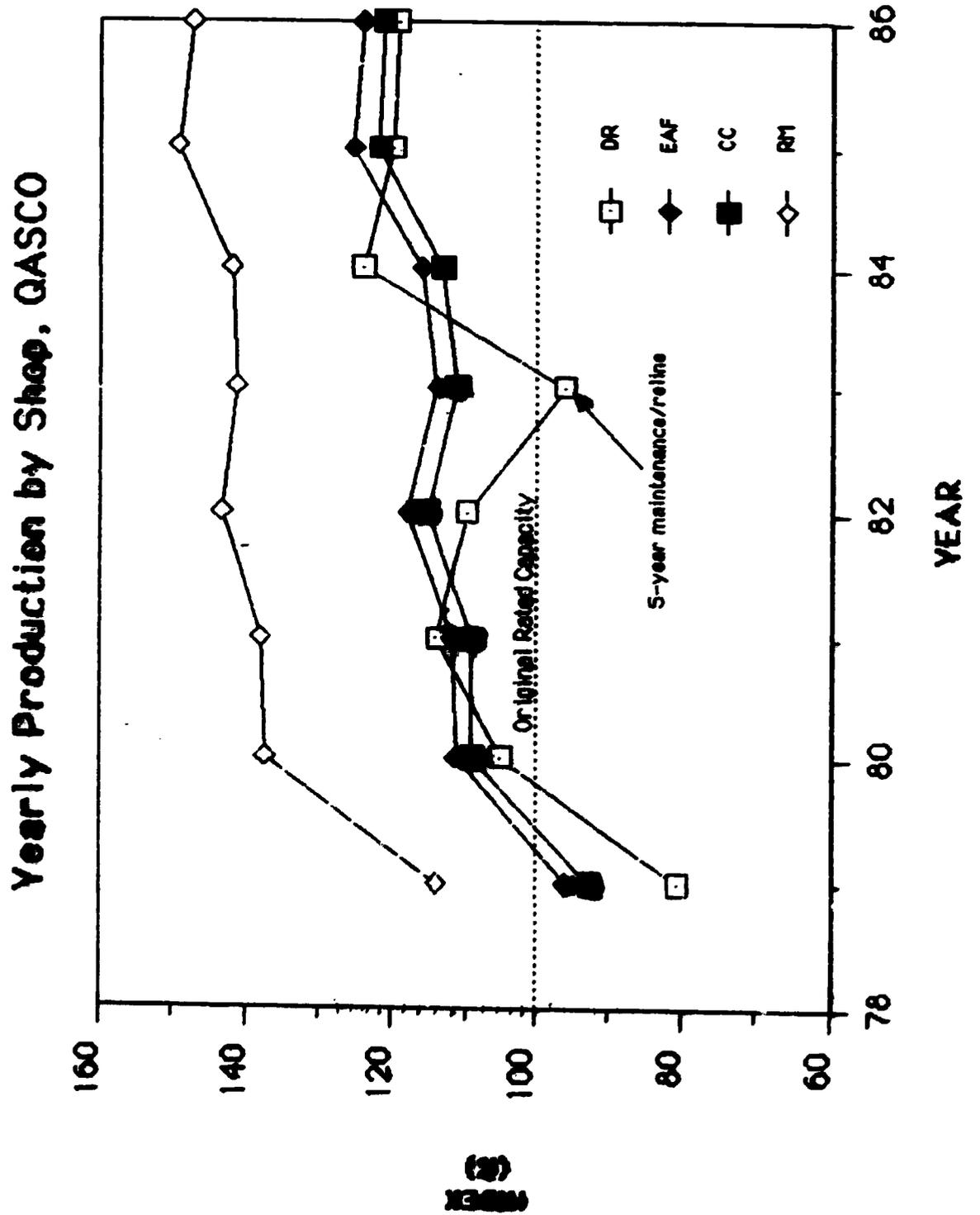


FIGURE 14

I S C O T T

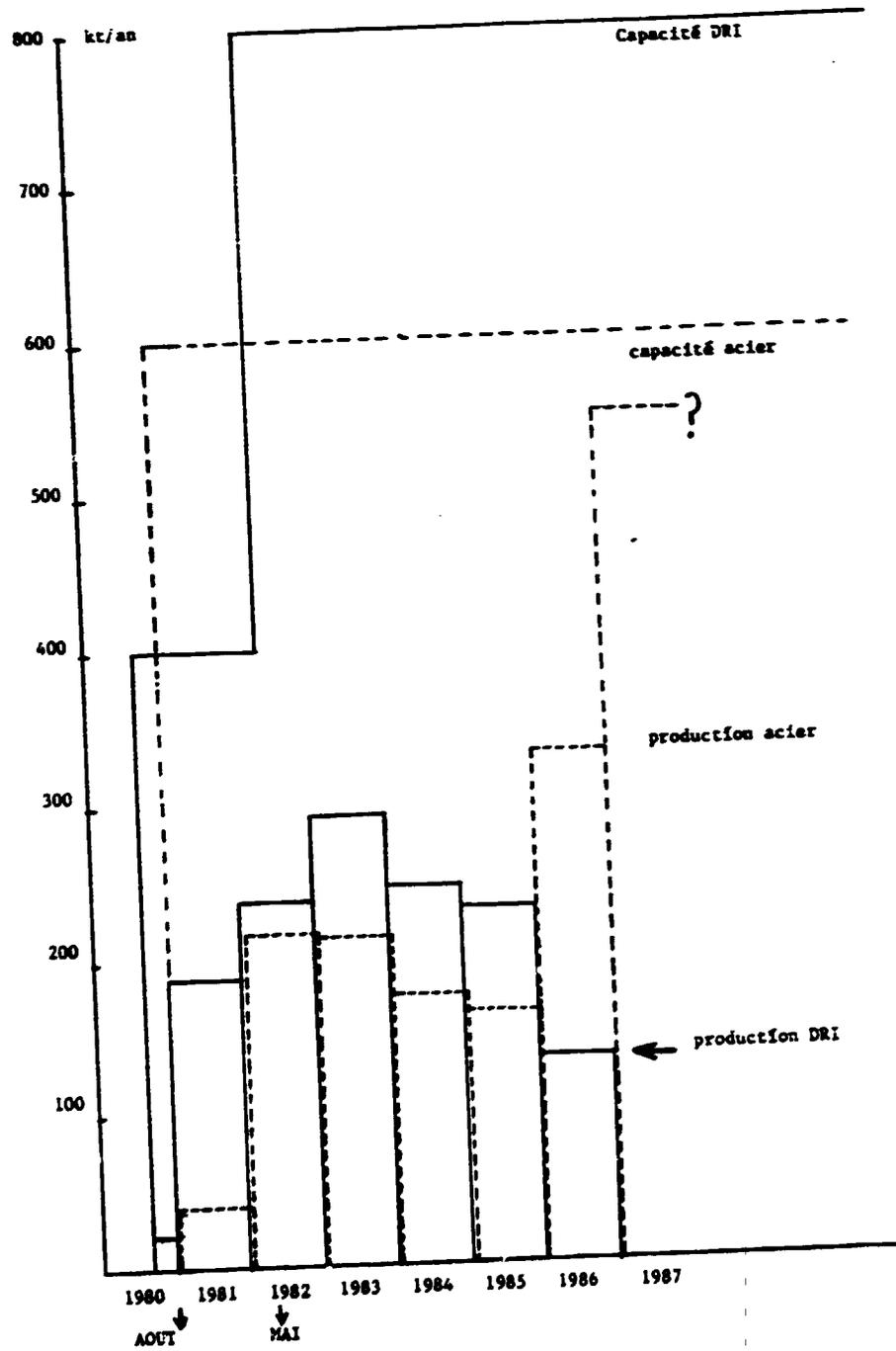


TABLEAU XXX
(kt)

ISCOTT

(Trinidad et Tobago)

Production Années	D R I	ACIER	BILLETES	PRODUITS FINIS
1980	démarrage 1er module Août 21	démarrage en Décembre		
1981	187	45		démarrage en Juin
1982	démarrage 2ème module en Mai 237	219		
1983	287	210		
1984	241	172		
1985	227	164		
1986	136	331		
1987	...	...

COMMENTAIRES :

2 modules de 450 kt qui ont rarement fonctionné tous les deux : le second n'a fonctionné qu'en 1982 et 1983

Aciérie de 600 kt/an

Train à fil de 500 kt/an

FIGURE 15

DELTA STEEL NIGERIA

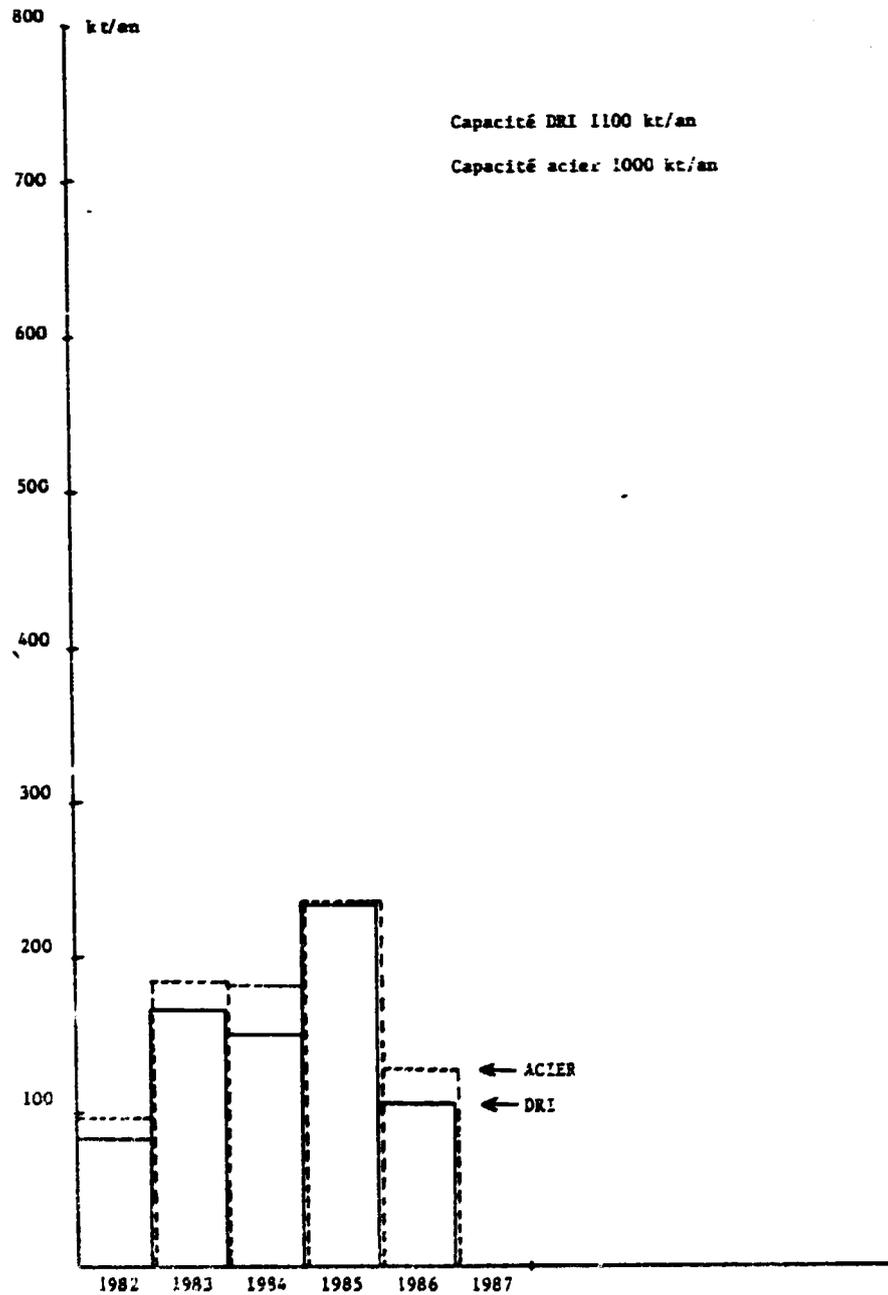


TABLEAU XXXI

(kt)

DELTA STEEL WARRI

(Nigéria)

Production Années	D R I	Acier Liquide	Billetes *	Produits Laminés
1981	Démarrage			
1982	80	95	...	...
1983	160	185	...	...
1984	142	180	162	69
1985	242	244	232	78
1986	109	134	126	67
1987	...	...	...	...

* On doit rappeler qu'une partie des billetes est envoyée à d'autres laminoirs du NIGERIA

FIGURE 16

H A D E E D Arabie Saoudite

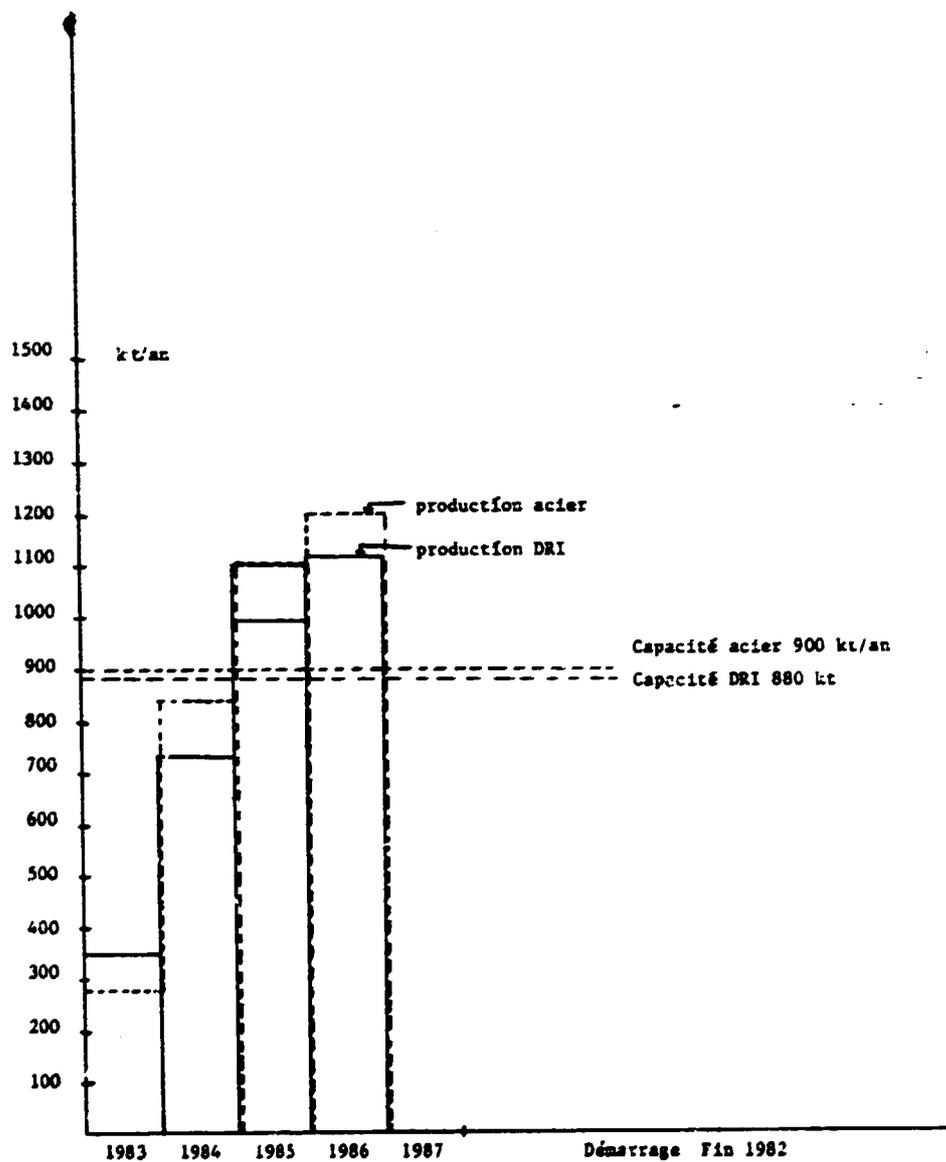


TABLEAU XXXII
(kt)

H A D E E D

(Arabie Séoudite)

Production Années	D R I	Acier Liquide	Billetes	Produits finis
1982 *	Démarrage en Décembre			
1983	350	275	(255 ?)	Démarrage en Janvier: 300
1984	727	842	(805 ?)	700
1985	990	1 106	(1 100 ?)	1 030
1986	1 117	1 200	(1 150 ?)	....
1987 **				

* Capacité (environ) :

800 000 t/an	DRI (ou 880 ?)
900 000 t/an	Acier Liquide
850 000 t/an	Billetes
800 000 t/an	Produits (barres et fil machine)

** Estimation de possibilités de :

1 500 000 t/an	Billetes
1 200 000 t/an	Produits

FIGURE 17

S A B A H

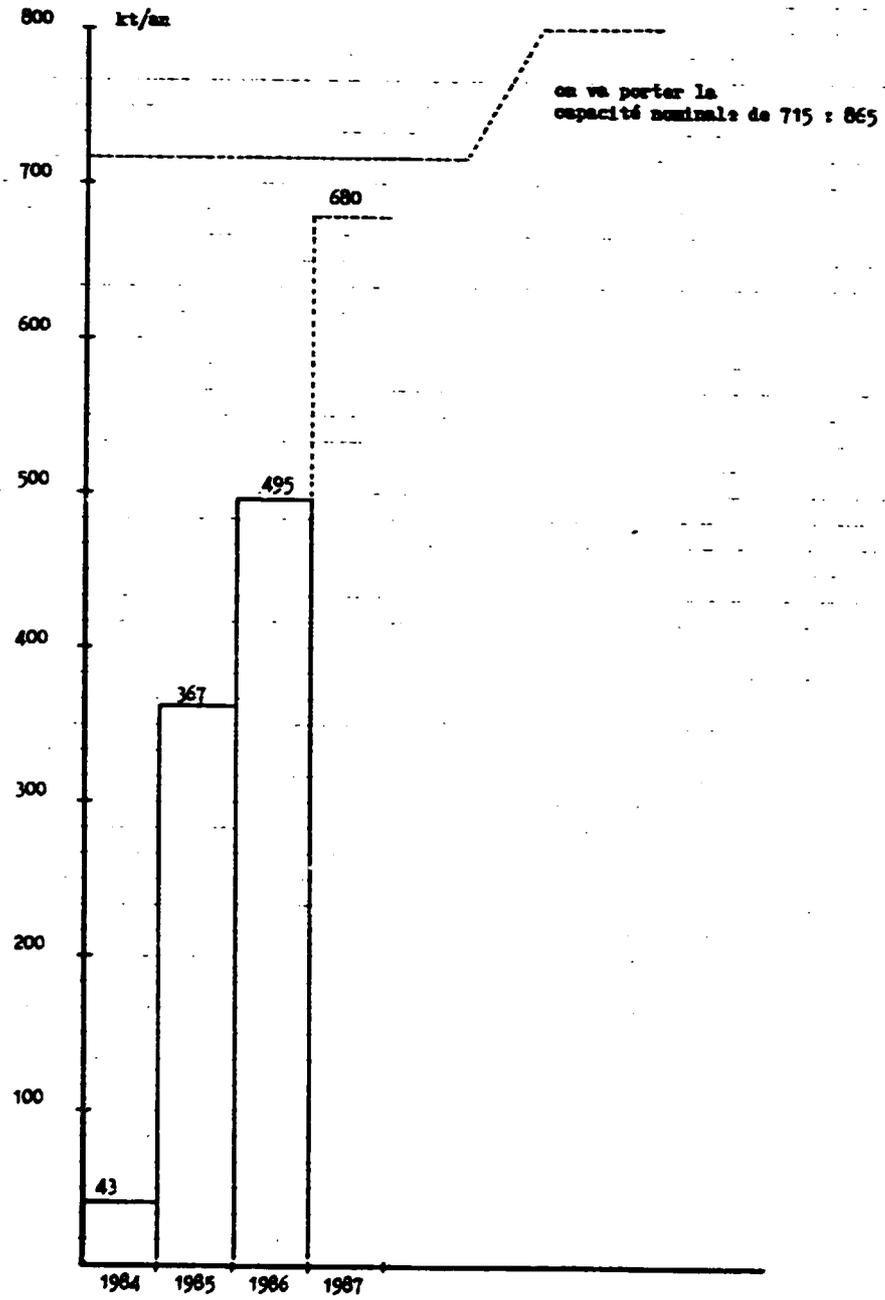


TABLEAU XXXIII
(kt)

S A B A H

(Malaysia)

Production Années	D R I	Remarques
1984	43	Démarrage
1985	367	
1986	495	
1987	680 ?	Estimation

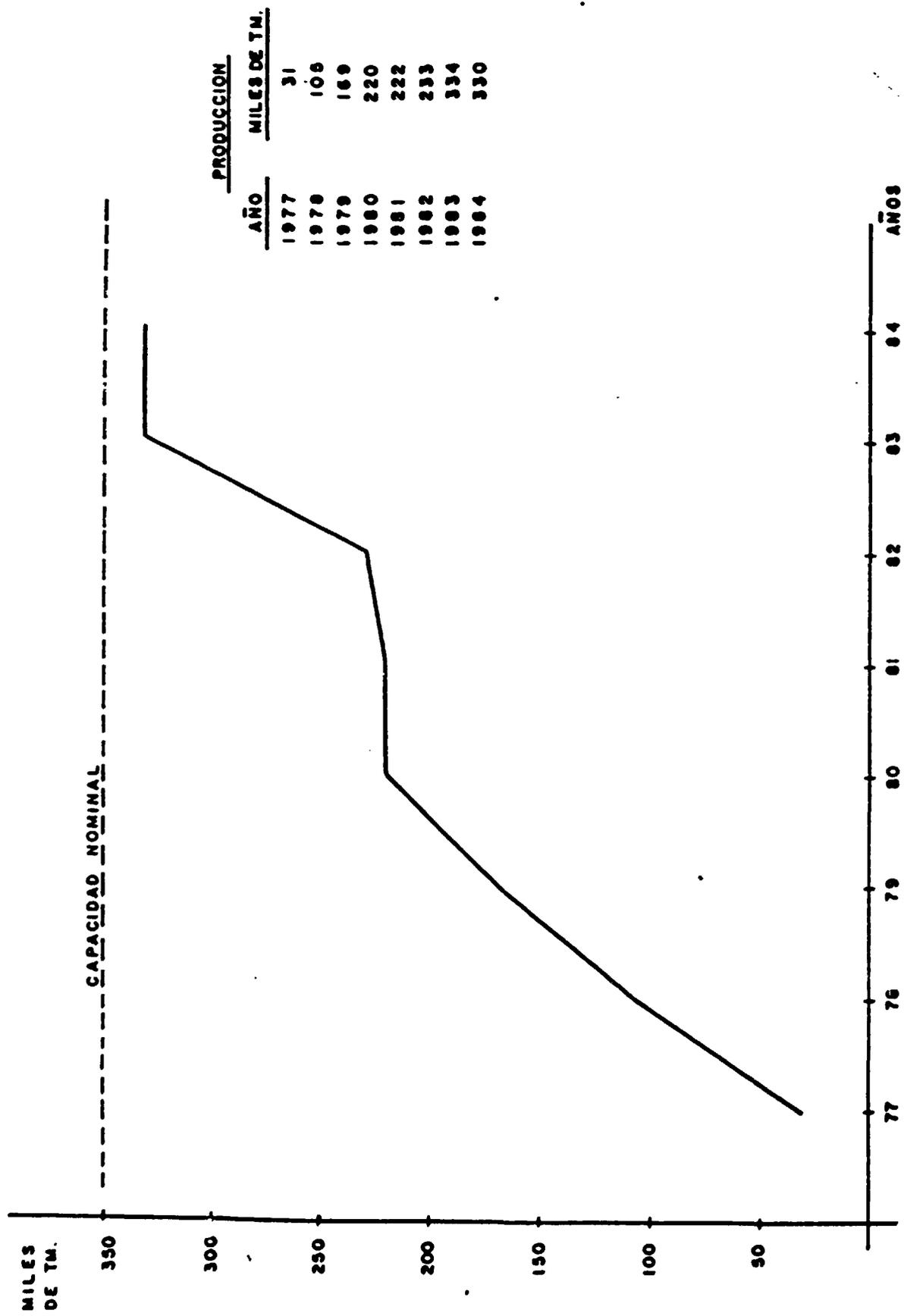


GRAFICO Nº 4
PRODUCCION DE BRIQUETAS FIOR
FUENTE: FIOR DE VENEZUELA

FIGURE 19

PRODUCTION REELLE DE MINERAIS REDUITS
(en % de la capacité nominale)

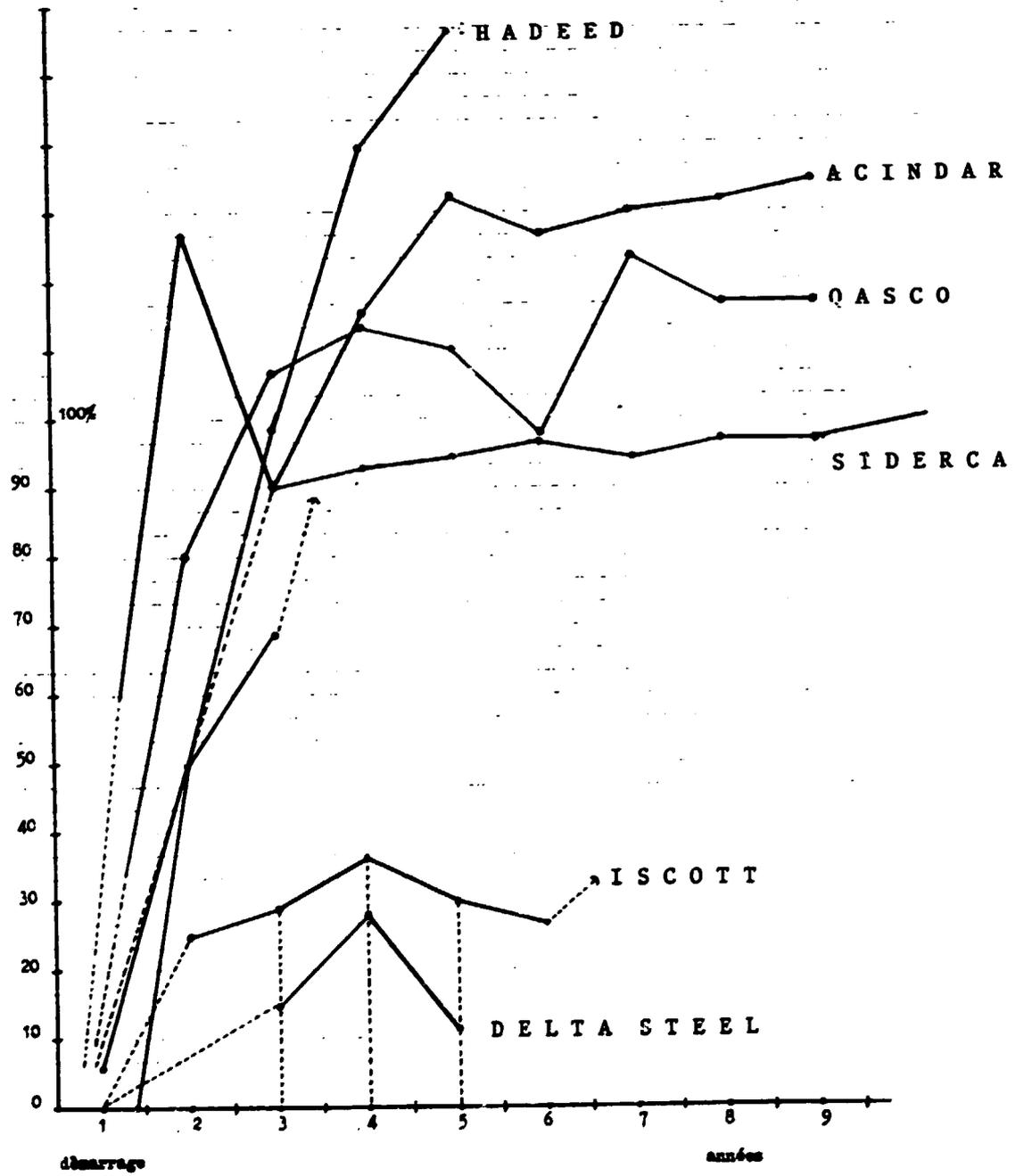


FIGURE 20

**PRODUCTION REELLE D' ACIER
(en % de la capacité nominale)**

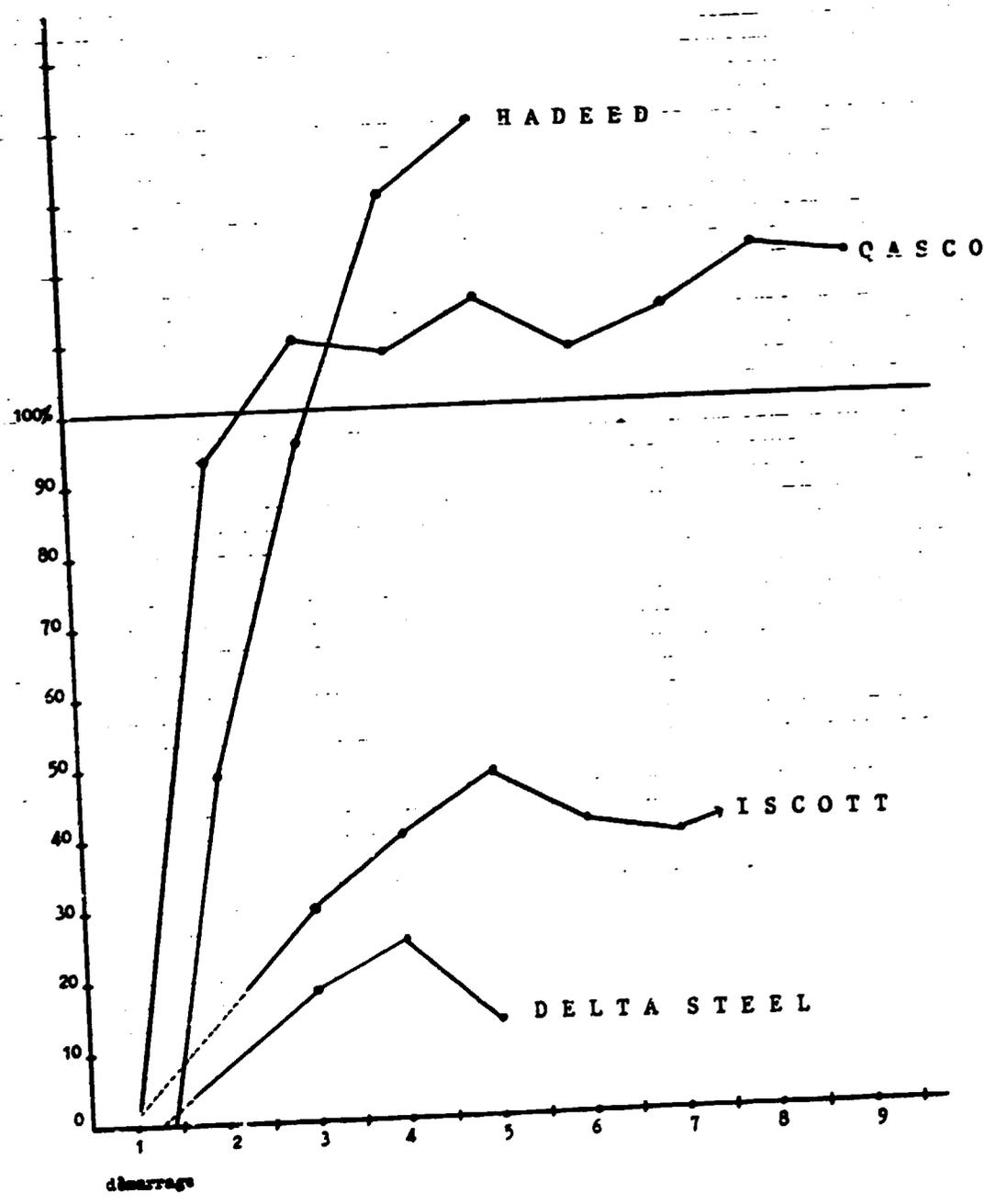
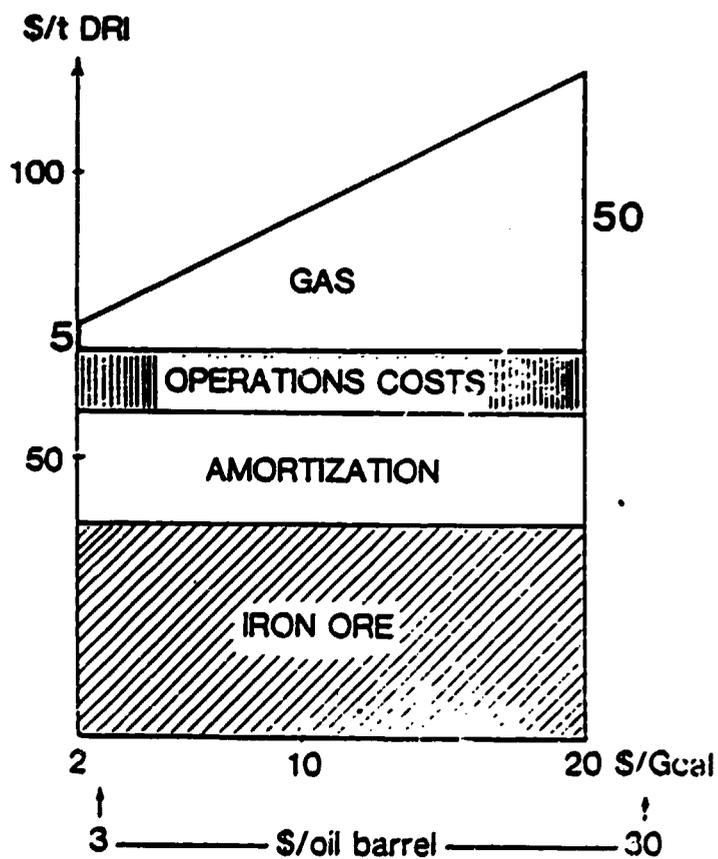


FIGURE 21

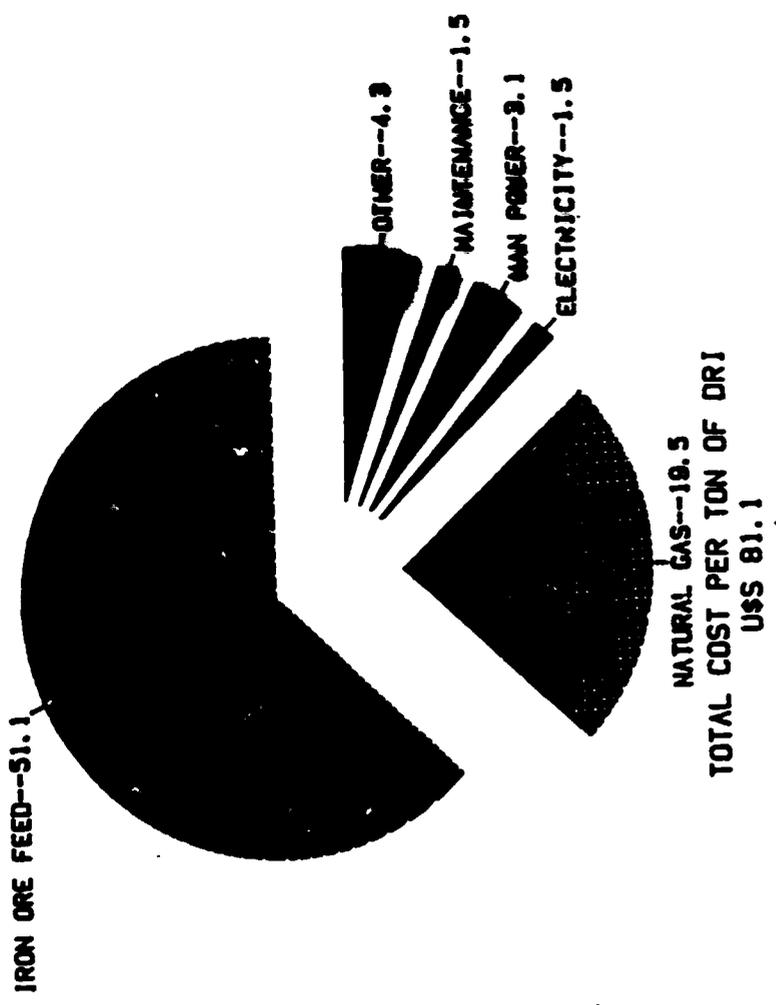
Iron ore	37	$\begin{matrix} 23 \\ \swarrow \\ 42 \end{matrix}$
Gas	5	$\rightarrow 50$
Manpower	2	$\begin{matrix} 1 \\ \swarrow \\ 10 \end{matrix}$
Other operating costs	9	
Total	53	$\rightarrow 98$
Depreciation + Financial	20	$\begin{matrix} 16 \\ \swarrow \\ 40 \end{matrix}$
TOTAL	73	$\rightarrow 138$

A - Gas based processes - Cost structure of DRI (\$/t)



B - Gas based processes - Cost structure of DRI (\$/t) and influence of iron ore, manpower, operating costs, energy, etc.

FIGURE 22



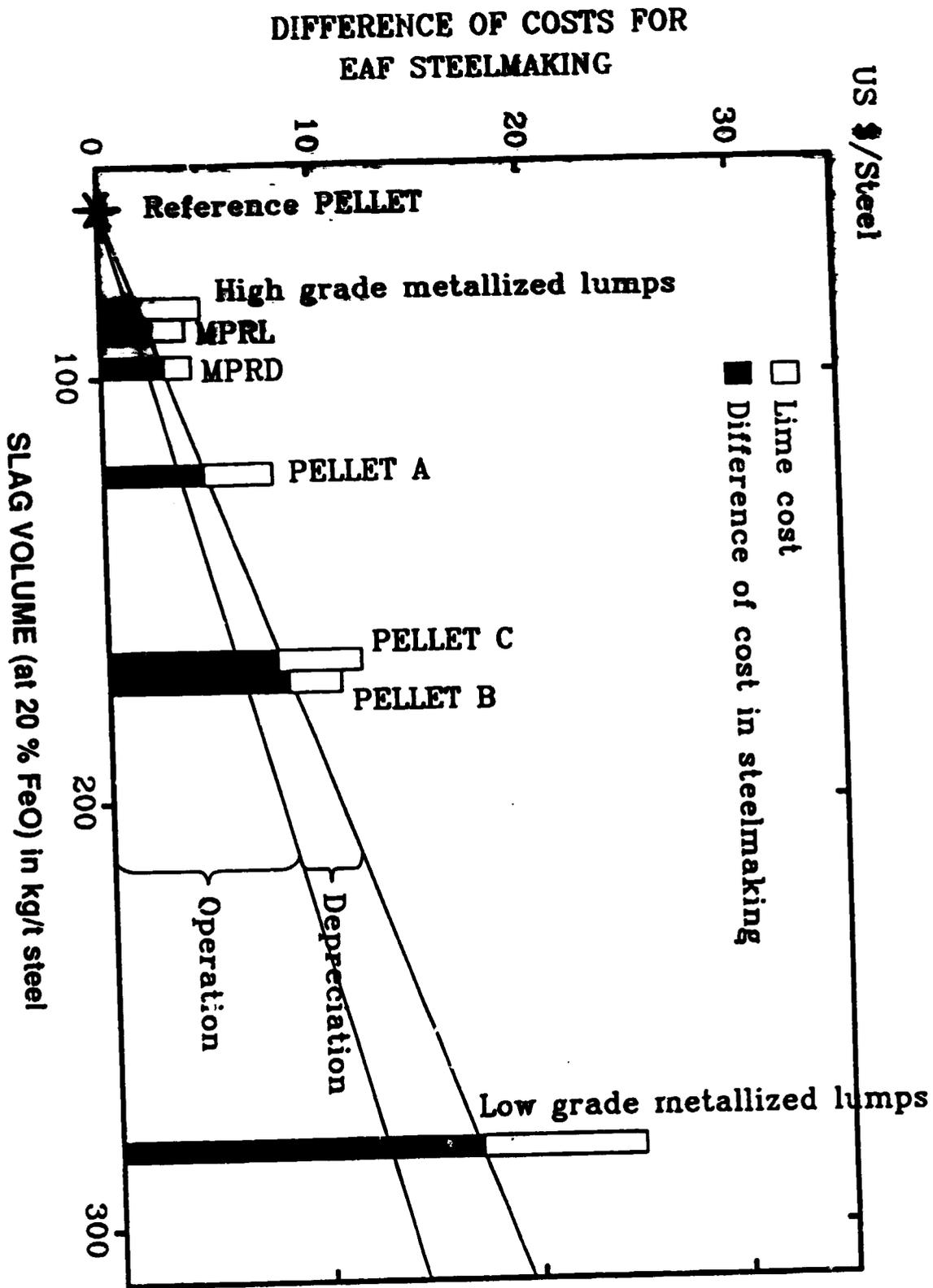
SOURCE: ACINDAR S. A.
0223 - 31.7.87

ACINDAR

Direct reduction - cost distribution for DRI

FIGURE 23

DIFFERENCES IN STEELMAKING COSTS FOR VARIOUS TYPES AND GRADES OF DRI



from (9) LKAB PAPER G IN SALTILLO 1986

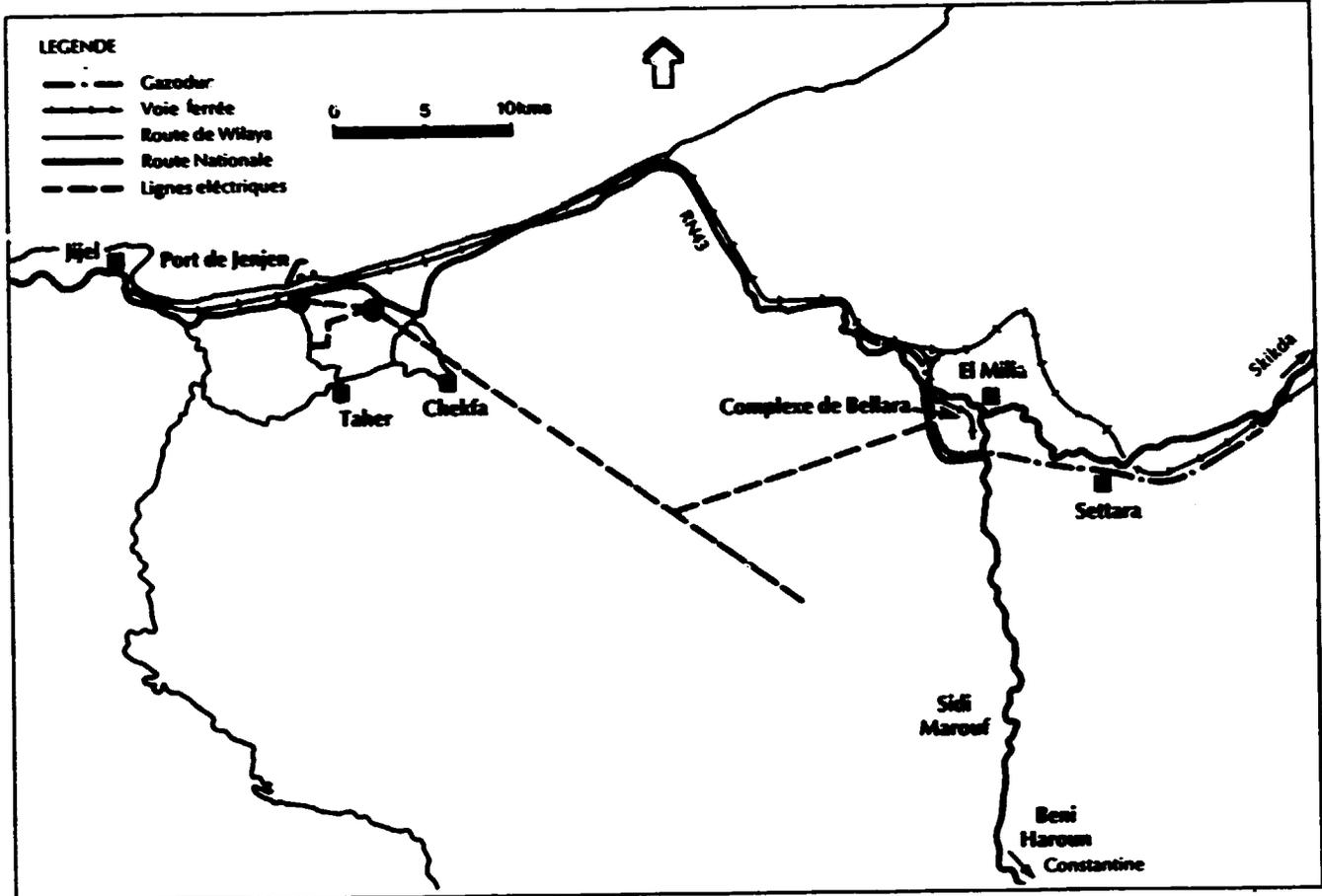
ANNEXE I

LES DONNEES DE BASE DU PROJET SIDERURGIQUE DE JIJEL (Algérie)

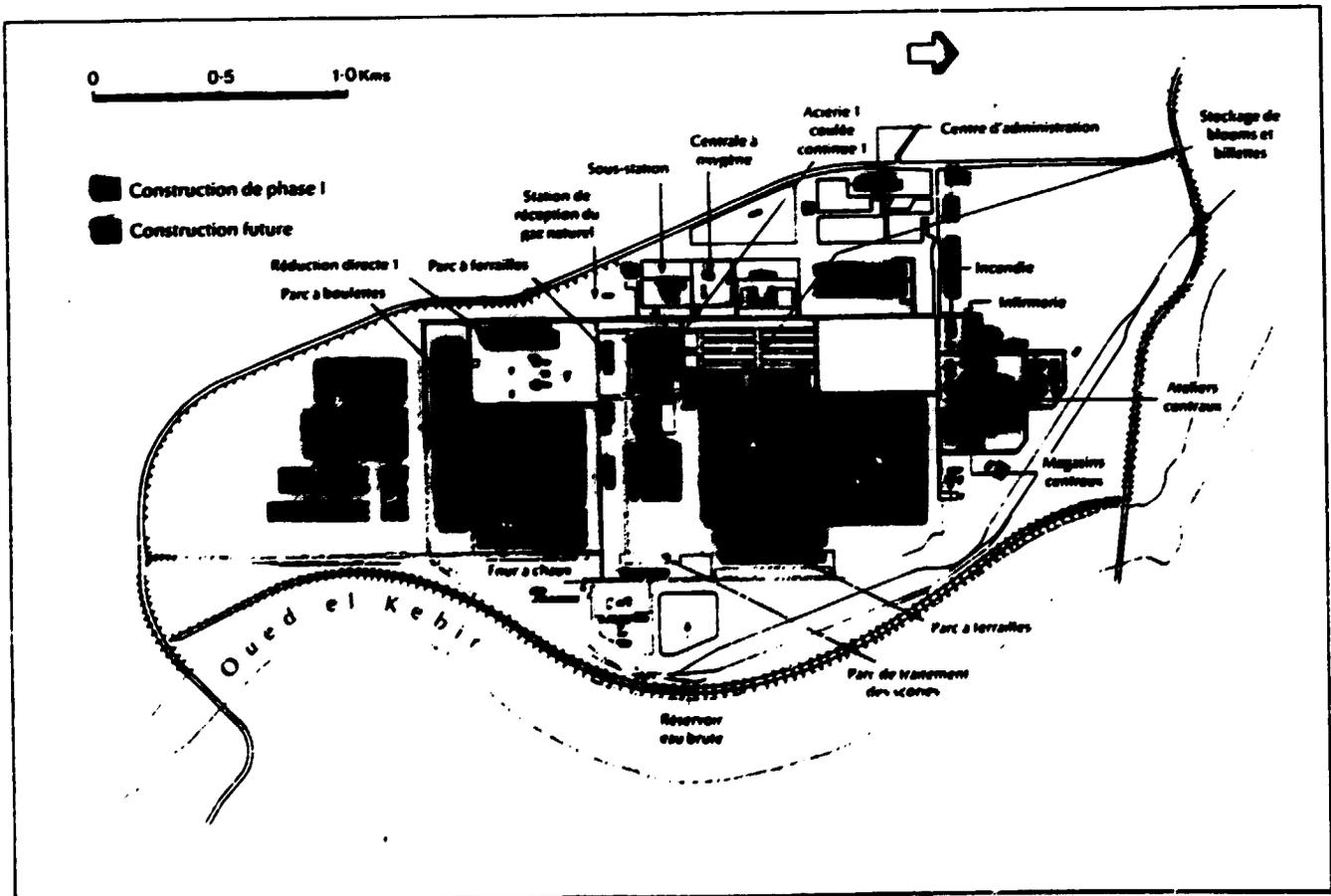
Pour pouvoir comparer ce projet de JIJEL aux données du présent rapport, nous indiquerons, dans cette annexe, les principales caractéristiques, telles qu'elles sont actuellement arrêtées, du projet de JIJEL. Ces données sont rassemblées sous les trois chapitres de :

- 1 - Préambule
- 2 - Configuration de l'ensemble aciérie - métallurgie en poche - coulée continue
- 3 - Réduction directe

La figure ci-jointe (page I-2) rappelle la situation géographique de ce projet et son infrastructure, d'une part, le plan d'aménagement du site, d'autre part.



Infrastructure



Plan d'aménagement du site

PREAMBULE

Le programme de développement de la sidérurgie des Aciers Courants agréé en 1984 a retenu la réalisation d'installations d'une capacité de production de l'ordre de deux millions de tonnes annuelles de Produits Longs destinés principalement au Marché National de l'Habitat, de la Construction, des infrastructures. Les installations prévues comprennent :

- une usine de fabrication de demi-produits (BILLETES et BLOOMS) implantée à BELLARA, EL-MILIA, wilaya de JIJEL,
- plusieurs Laminoirs Finisseurs (Ronds à Béton, Fils, Fers Marchands, Barres, Profilés, éventuellement Rails) implantés en d'autres lieux, en fonction de la politique d'Aménagement du Territoire National.

Selon les orientations des Autorités de Tutelle et de Planification (Conseil Interministériel de Juillet 1985), la réalisation sera organisée en plusieurs phases successives. La première sera de l'ordre de 01 (un) million de tonnes de produits longs, et correspond à :

- l'aménagement du site de BELLARA pour la capacité finale,
- la construction à BELLARA d'une Usine de production de BILLETES et BLOOMS,
- la construction de Deux Laminoirs Finisseurs.

Lors du Conseil Interministériel de Juillet 1986, les sites et l'ordre de réalisation de ces deux premiers Laminoirs ont été précisés :

- un LAMINOIR A ROUNDS ET BARRES (L.R.B.), d'une capacité de 600.000 Tonnes par an, implanté à BARIKA, Wilaya de BATNA,
- un LAMINOIR A PROFILEES MOYENS (L.P.M.), d'une capacité finale de l'ordre de 400.000 Tonnes annuelles, implanté à BELLARA en prolongement de l'Usine de fabrication de BILLETES et BLOOMS.

Selon les prévisions du Plan Pluriannuel, les individualisations de l'Usine de BELLARA et du L.R.B. seront "simultanées", celle du L.P.M. pourra être décalée d'une année.

Les étapes futures du développement consisteront principalement en la réalisation de:

- assez rapidement (échéance, un Plan Quinquennal?):
 - *une deuxième capacité de production de l'ordre de 01 (un) million de tonnes à BELLARA,
 - *deux autres Laminoirs Finisseurs non encore complètement définis (Ronds et Barrés ou Fils et Ronds, Fers Marchands), dont l'un pourrait être, également, implanté à BELLARA,
- à long terme, sans échéance fixée (possibilités d'implantation à réserver seulement):
 - *une capacité spécialisée de production (Aciérie et Laminoir) de l'ordre de 100 à 200.000 Tonnes par an de Rails et Profilés Lourds (Profilés de 200 à 400 mm, Rails U.I.C.54),
 - *une Unité de Préparation des Minerais par Bouillage (Pelletisation) avant leur réduction.

D'autre part, des études préliminaires engagées par l'Entreprise ou d'autres organismes (A.I.D.O., U.A.F.A., ...) envisagent d'utiliser une partie du site disponible à BELLARA pour y implanter éventuellement:

- une Unité d'Aciers Fins et Spéciaux,
- une Unité de Production de Ferro-Alliages.

Ces études préliminaires ne peuvent être prises en compte au stade actuel du Projet SIDER, elles ne sont que des hypothèses maximales.

**CONFIGURATION PRECONISEE POUR
L'ENSEMBLE ACIERIE-METALLURGIE EN POCHE-COULEE CONTINUE**

La configuration de l'aciérie de BELLARA préconisée est basée sur le programme d'équipements suivant:

- 2 Fours Electriques modernes de capacité 130 à 140 T, équipés d'un transformateur de 100MVA, temps de cycle moyen annuel de 103mn pour un temps de cycle théorique de calcul de 87 mn, charge d'acier coulée 135 T avec talon liquide de 15/20T restant dans le four, Taux de marche annuel de 82%, soit 7200 H de travail effectif.
- 2 Fours Poches de 135T/20MVA, Taux de marche annuel de l'ordre de 60 à 75% (fonctionnement "en ligne" avec 4 ou 5 coulées en séquence), ou de 40 à 45% (fonctionnement en "coulée rapide" et des séquences de 8 coulées).
- 2 Machines de Coulée Continue à 6 lignes, Taux de marche annuel de 73,6% avec 4 coulées séquentielles et une durée moyenne de coulée de 85 mn, ou 75,6% avec 3 coulées en séquence: l'objectif étant, bien entendu, de couler le maximum de poches par séquence.

SIDER a choisi la configuration de l'Acierie à "deux fours-deux fours poches-deux coulées continues", en réservant les possibilités d'équiper, de suite ou dans un stade ultérieur une fois atteinte la maîtrise nécessaire, les machines de coulée continue des facilités:

- de production d'aciers de qualité,
- de très longues séquences avec changement de poches et répartiteurs "à la volée",
- et de vitesses de coulée rapides.

REDUCTION DIRECTE

L'Unité de Réduction Directe des minerais présente divers problèmes :

-pour la capacité de production d'acier demandée en première phase de l'Usine de BELLARA il faut produire 1.200.000 Tonnes de préréduits ce qui nécessite deux MODULES de REDUCTION de la plus grande taille déjà réalisée par les CONTRACTANTS. *
Cependant MIDREX semble prêt à proposer:

- soit de construire un module prototype de la capacité totale, (un four unique de 6,5 m de diamètre, avec deux réformeurs de gaz),
- soit de construire son plus gros module existant en renforçant la capacité de réformage pour produire environ 800/850.000 T de préréduits, capacité qui serait compatible avec un enfournement de 40% de ferrailles à l'aciérie pour le tonnage d'environ 1.000 à 1.050.000 Tonnes d'acier liquide, soit 950 à 980.000 T de BILLETES et BLOOMS.

D'autre part, H.Y.L. ne veut pas s'engager à réaliser un gros module, mais n'installe qu'un seul réformeur de gaz pour alimenter les deux fours de réduction.

-le préréduit H.Y.L. semble être beaucoup plus stable que les produits MIDREX, qui demande un temps de passivation sous atmosphère de gaz inerte si le produit reste sous forme de pellets ou exige une installation de briquetage à chaud avec des coûts d'exploitation et d'entretien élevés. Cependant, la meilleure stabilité des produits H.Y.L. n'a pas été reconnue par l'O.M.C.I. et les règles de transport maritime des pellets préréduits sont toujours extrêmement sévères alors qu'elles ont été "annulées" pour les briquettes. Pour le cas de BELLARA, il faudrait apprécier si des périodes d'excédents de capacité de préréduits par rapport aux besoins de l'aciérie ne vont pas entraîner un intérêt majeur à exporter une partie de la production... Si non, le briquetage à chaud ne serait justifié que s'il permet une économie sensible sur les investissements d'inertage et de stockage des préréduits. Le choix devra être déterminé par le calcul économique intégrant les économies d'investissement et les surcoûts d'exploitation.

ANNEXE II

DETAIL DU PROGRAMME DE L'ETUDE

Début Octobre 1987 :

Arrangements avec l'ONUDI pour fixer le programme de l'étude comme suite à notre mission de Mai 1987 (Mission d'identification des problèmes posés par la négociation des contrats du projet sidérurgique de JIJEL - BELLARA (Algérie) par J. ASTIER - consultant ONUDI).

Vendredi 9 Octobre 1987 :

Paris 11 h 30 AH 1145

Annaba 13 h 40

Entretiens avec Mme BENNANI BAITI et M. KELSSAL

Samedi 10 Octobre 1987 :

Entretiens à CHAIBA SIDER DPJ avec : Mme BENNANI BAITI (UNIDO)

Mr HACKE (PNUD)

Mr BAZOUZI (DPJ)

Mr BERCHER (DPJ)

Dimanche 11 Octobre 1987 :

Annaba 8 h 30 AH 1144

Paris 10 h 45

Puis déroulement de l'étude et rédaction du texte préliminaire

Vendredi 11 Décembre 1987 :

Paris 13 h 55 AH 1145

Annaba 16 h

Samedi 12 Décembre 1987 et Dimanche 13 Décembre 1987 :

Entretiens avec MM. BAZOUZI et BERCHER à la DPJ à CHAIBA pour finaliser le rapport.

Lundi 14 Décembre 1987 :

Annaba 8 h 30 AH 213

Alger 9 h 25 -

Alger 15 h 55 SR 227

Zurich 19 h 05 -

Zurich 20 h 20 OS 231

Vienne 21 h 35 -

Mardi 15 Décembre 1987 :

ONU/DI Vienne

Entretien avec Mme BENNANI BAITI et M. CALDAS LIMA

Vienne 18 h 15 OS 231

Paris 20 h 10
