

CENTRE DES SCIENCES DE LA TERRE

UNIVERSITE DE BOURGOGNE

**LA QUALITE DES CHARBONS
DANS LE BASSIN HOULLER DE LORRAINE**

par

LIU Xin Bing

Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne

soutenu le 19 octobre 1990

Boris ALPERN 6
Philippe BERTRAND 5
Jacques CLERMONTÉ 4
Louis COUREL 1
Martin DONSIMONI 3
Jean-Paul LOREAU
Pierre SCHROETER 2

Professeur honoraire à l'Université d'Orléans
Chargé de recherches au CNRS, Univ. d'Orléans
Professeur, Université de Nancy I
Professeur, Université Bourgogne, Directeur Thèse
Ingénieur géologue au BRGM, Orléans
Professeur, Université de Bourgogne
Ingénieur, Houillères du Bassin de Lorraine

Rapporteur
Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur
Examineur

CENTRE DES SCIENCES DE LA TERRE

UNIVERSITE DE BOURGOGNE

**LA QUALITE DES CHARBONS
DANS LE BASSIN HOUILLER DE LORRAINE**

par

LIU Xin Bing

Thèse de Doctorat de l'Université de Bourgogne

soutenu le 19 octobre 1990

Boris ALPERN
Philippe BERTRAND
Jacques CLERMONTE
Louis COUREL
Martin DONSIMONI
Jean-Paul LOREAU
Pierre SCHROETER

Professeur honoraire à l'Université d'Orléans
Chargé de recherches au CNRS, Univ. d'Orléans
Professeur, Université de Nancy I
Professeur, Université Bourgogne, Directeur Thèse
Ingénieur géologue au BRGM, Orléans
Professeur, Université de Bourgogne
Ingénieur, Houillères du Bassin de Lorraine

Rapporteur
Rapporteur
Rapporteur
Examineur
Examineur
Examineur

AVANT - PROPOS

Cette étude a été réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le Centre des sciences de la terre de l'université de Bourgogne et l'Unité des Services Techniques des Houillères du Bassin de Lorraine (HBL). Il m'est agréable de rendre hommage à toutes les personnes qui, par leur aide et leur soutien, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Monsieur le professeur L. COUREL, mon directeur de thèse, m'a proposé ce thème de recherches à la suite de mon DEA. Tout au long de ce travail, j'ai largement bénéficié de ses vastes connaissances sur la géologie du charbon, de son soutien efficace, ... et enfin de son aide dans la correction de ce mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur P. SCHOETER, chef de service Géologie et Sondage des HBL, m'a accueilli avec beaucoup de chaleur dans son service et proposé ce thème de recherches. Il m'a toujours assuré les meilleures conditions de travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Monsieur R. MEUNIER, ingénieur au service Géologie et Sondage des HBL, a suivi ce travail dans ses débuts avec beaucoup d'intérêt et d'efficacité. Je tiens à lui exprimer toute ma gratitude.

Monsieur M. BRANCHET, ingénieur au service Géologie et Sondage des HBL, s'est intéressé de très près à ce travail. Je le remercie vivement pour son aide et son soutien efficace.

Je remercie sincèrement monsieur F. DOUAI, ingénieur au service Géologie et Sondage des HBL.

Messieurs P. FAYOLLE, B. LENGERT, S. VICENTIN, S. CHUMACHER, géologues aux HBL, avec lesquels j'ai eu le bonheur de travailler, ont mis à ma disposition tous les documents nécessaires à la réalisation de ce travail. J'ai profité de leur grande connaissance de la géologie du bassin houiller lorrain. Je leur accorde mes remerciements sincères.

Monsieur J-C. BLANCHART, informaticien au service Géologie et Sondage des HBL, m'a consacré des journées devant son ordinateur pour la réalisation d'un très grand nombre de dessins et de graphes. Je le remercie profondément et avec beaucoup d'amitié.

Je remercie tous les géomètres de la Direction Générale des HBL, ainsi que les géomètres des sièges de Simon et de Vouters.

Monsieur A. BLANGY, chef du laboratoire central de la Station Expérimentale de Marienau, ainsi que tous les membres de son service, m'ont chaleureusement accueilli pour les différentes analyses des charbons. Je les remercie très sincèrement.

J'adresse tous mes remerciements à Monsieur M. DONSIMONI, ingénieur au BRGM, qui m'a fait profiter de ses vastes connaissances sur les bassins houillers, et plus particulièrement le bassin houiller lorrain.

Je tiens à remercier Monsieur B. ALPERN, qui s'intéresse toujours au bassin houiller lorrain et m'a donné beaucoup de conseils au cours de la réalisation de ce travail. Je le remercie également d'avoir accepté de rapporter sur mon mémoire.

Je remercie Monsieur P. BERTRAND, chargé de recherches au CNRS à l'université d'Orléans, qui s'est intéressé à ce travail depuis le début. Je le remercie d'être également rapporteur de ce mémoire.

Je remercie également monsieur CLERMONTE, professeur à Université de Nancy I, qui a bien voulu rapporter sur mon mémoire.

J'adresse aussi mes remerciements à monsieur Y. PAQUETTE, ingénieur au CERCHAR, ainsi qu'aux personnes de la bibliothèque du CHERCHAR, qui m'ont accueilli avec beaucoup de chaleur pour des consultations bibliographiques.

Je tiens à remercier Monsieur R. GABLE, du BRGM, qui m'a initié aux problèmes intéressants de la géothermie dans le bassin houiller lorrain.

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur B. GAUTHERON, professeur de chimie organique à l'université de Bourgogne, qui m'a accueilli dans son laboratoire pour les analyses d'Infrarouge; à Monsieur R. MUTIN, chercheur au CNRS en chimie minérale à l'université de Bourgogne, qui m'a beaucoup aidé dans l'étude de la fusibilité des cendres des charbons lorrains.

Je remercie aussi Monsieur J.P. DURAND, du laboratoire de géologie marine et sédimentologie appliquée du centre universitaire Marseille- Luminy, qui m'a consacré un temps précieux pour une aide sur l'interprétation des spectres de RX de de IR.

Je remercie Monsieur P. LAURENT, thésard au Centre des sciences de la terre de l'Université de Bourgogne, qui m'a guidé dans mes premiers pas dans la géologie du bassin houiller lorrain et qui m' a fait bénéficier de sa vaste expérience sur la géologie de ce bassin.

Je tiens également à remercier l'ensemble du personnel enseignant et technique du Centre des sciences de la terre de l'université de Bourgogne, tout particulièrement Mmes M-F. CROUZET, M-C. GEOFFROY et A. BUSSIERE pour la réalisation pratique de ce mémoire, Melle M.J. MILLOUX pour les analyses de RX, à tous mes camarades de 3ème cycle.

Ce travail a été réalisé avec l'appui financier des Houillers dU bassin de Lorraine (HBL)

OBJECTIF DU TRAVAIL ET PLAN DU MEMOIRE

Cette étude s'est développée dans un contexte de collaboration entre les exploitants du charbon des HBL et l'université de Bourgogne. L'objet de ce travail est d'abord de connaître la distribution de la qualité des charbons lorrains. Pour cela, on a traité un grand nombre de données acquises par la Station Expérimentale de Marienau depuis les années 50, complétées par des analyses qui se sont révélées indispensables au cours du travail. On tente de fournir un maximum d'informations sur les charbons lorrains non seulement pour l'exploitation mais aussi pour la commercialisation du charbon.

En fait, au cours de ce travail, j'ai eu beaucoup de difficultés, en raison du manque de certaines analyses qui auraient été très utiles mais que je n'ai pas pu obtenir. Par exemple, les analyses macérales sont rares et les mesures de PRV sont peu nombreuses et mal distribuées dans le bassin (peu dans les sondages, dispersées dans les galeries).

L'étude de la qualité des charbons lorrains est faite veine par veine et siège par siège, en utilisant les différents paramètres: indice de MV, PCS/pur, taux de cendres, indice de gonflement, indice Arnu, teneurs en carbone, en oxygène, en hydrogène, en soufre, en chlore, valeurs de PRV. Chaque veine est classée suivant différentes profondeurs d'après la classification internationale de 1956 et la classification française.

Une étude critique sur les variations des paramètres de qualité et de leurs relation est aussi réalisée. Elle permet d'évaluer la qualité des charbons à partir de certains paramètres choisis en fonction des différentes gammes du rang. Les études du chlore et de la fusibilité des cendres tendent à résoudre des problèmes particuliers en ce qui concerne l'utilisation et la commercialisation des charbons lorrains.

La distribution des paramètres de qualité des charbons a été confrontée aux données sur la géothermie actuelle en fonction de la lithologie et de la structure plissée des terrains. Cette confrontation conduit à une reconstitution de l'évolution de la houillification des charbons lorrains et de l'histoire géothermique du bassin.

Après une présentation générale du bassin houiller lorrain dans le premier chapitre, les paramètres de qualité utilisés dans ce travail et les caractéristiques générales des charbons sont décrits dans le chapitre II.

Le chapitre III rassemble toutes les données de qualité, veine par veine et siège par siège, pour dégager les principales lois de distribution de la qualité des charbons lorrains.

Les chapitres suivants traitent des problèmes particuliers en ce qui concerne la qualité des charbons lorrains:

-----Le chapitre IV est une étude critique de la signification des paramètres et de leurs relations, ainsi que des facteurs qui les influencent.

-----Le chapitre V porte sur le comportement au feu des matières minérales et la fusibilité des cendres dans les charbons lorrains.

-----Le chapitre VI traite du chlore dont le problème est sérieusement posé depuis ces dernières années du fait de la corrosion des installations et de la pollution.

-----Le chapitre VII propose enfin une étude des conditions de houillification des charbons et une reconstitution de l'histoire géothermique du bassin.

La terminologie propre aux mineurs a parfois été utilisée pour la rédaction de ce mémoire. Afin que la lecture de celui-ci soit plus aisée pour les géologues non spécialistes, les définition suivantes sont nécessaires:

---- Schiste: roche sédimentaire silico-alumineuse de la taille des lutites et siltites qui, dans une séquence à charbon, constitue le faciès généralement présent sous, sur ou dans la veine de charbon. En Lorraine, ce terme est exclusivement utilisé pour la description lithologique des terrains Westphaliens. Dans ce mémoire, le schiste est parfois confondu avec une roche silto-argileuse.

---- Schiste gréseux: équivalent de siltite, parfois légèrement gréseux.

---- Grès schisteux: grès fin à matrice argilo-silteuse.

---- Stérile: intercalaires détritiques entre les bancs de charbons ou unités sédimentaires non charbonneuses.

---- Ouverture: épaisseur cumulée des bancs de charbon + épaisseur cumulée des intercalaires stériles.

---- Puissance: épaisseur cumulée des bancs de charbon qui forment la veine.

---- Sondage du "jour": sondage minier réalisé depuis la surface.

---- Sondage du "fond": sondage minier foré depuis une galerie, un travers-banc ou un traçage de veine.

---- T.B.: travers banc, qui est une galerie taillée et tracée à un niveau plus ou moins constant permettant la reconnaissance du gisement.

---- Traçage en veine: galerie taillée et tracée dans une veine de charbon.

SOMMAIRE

CHAPITRE I. LE BASSIN HOILLER LORRAIN: PRESENTATION GENERALE

1. CADRE GEOGRAPHIQUE	1
2. CADRE STRUCTURAL	1
3. CADRE STRATIGRAPHIQUE	4
3.1. Les étages carbonifères	4
3.2. Le Permien	8
3.3. La couverture triasique	9
3.4. Tonsteins	9
4. GENESE ET DEVELOPPEMENT DU BASSIN HOILLER SARRO-LORRAIN	10
5. EXPLOITATION MINIERE DES HBL	11
5.1. Sièges en activité actuellement	11
5.2. Sièges fermés actuellement	14

CHAPITRE II. RAPPELS DES CARATERISTIQUES GENERALES DES CHARBONS

1. FORMATION DES CHARBONS	15
2. RAPPELS SUR LES DIFFERENTS PARAMETRES DE QUALITE DES CHARBONS	16
2.1. Analyses immédiates	16
2.2. Propriétés cokéfiantes	18
2.3. Analyses élémentaires	20
2.4. Analyses particulières	21
3. CLASSIFICATION DES CHARBONS	22
3.1. Classification internationale de 1956	22
3.2. Codification internationale de 1988	25
3.3. Classification universelle des charbons (Alpern's classification).....	27
3.4. Classification française de Marienau	29
3.5. Classification des charbons en Chine	29
4. HOUILLIFICATION ET RANG DES CHARBONS	29
5. CONSTITUTION PETROGRAPHIQUE DES CHARBONS (LES MACERAUX)	32
5.1. Groupe de la vitrinite	32
5.2. Groupe de l'inertinite	32
5.3. Groupe de l'exinite	33
6. CONSTITUTION ET COMPOSITION CHIMIQUES DES CHARBONS	33

CHAPITRE III. QUALITE DES CHARBONS LORRAINS

1. GENERALITES	37
2. LA QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE SIMON.....	38
2.1. Présentation du siège de Simon	38
2.2. Veines K et J	38
2.3. Veine C	43
2.4. Veines Henri, Wohlwert et 5b-6	45
2.5. Veines 10-11, 12b et 13-14	52
2.6. Veine St Jean	58
2.7. Qualité des charbons au siège de Simon (Conclusion partielle)	60
3. QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE MARIENAU	62
3.1. Présentation du siège de Marienau	62
3.2. Veines H2 et G1	62
3.3. Veines F, E, D1 et D	68
3.4. Veines C, B et A	72
3.5. Veines Henri et Wohlwert	77
3.6. Qualité des charbons du siège de Marienau (Conclusion partielle)	80
4. QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE REUMAUX	82
4.1. Présentation du siège de Reumaux	82
4.2. Veine Louise	82
4.3. Veines Jacqueline et Irma	89
4.4. Veine Georgette	94
4.5. Veines Frieda 5, Frieda 4, Frieda 3, Frieda 2 et Frieda 1	97
4.6. Veines Erna 3-2 et Dora-Cécile	104
4.7. Qualité des charbons dans le siège de Reumaux (Conclusion partielle)	108
5. QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE VOUTERS	110
5.1. Présentation du siège de Vouters	110
5.2. Veines Jacqueline et Irma	110
5.3. Veines Henriette et Georgette	113
5.4. Veines Frieda 5, 4, 3, 2 et 1.....	116
5.5. Veines Erna 3-2, Dora-Cécile, Berta et Anna	120
5.6. Veines 0 et 1	124
5.7. Veines 2, 5, 7 et 8	127
5.8. Veines 10 et 12	130
5.9. Veines 14 et 15	133
5.10. Qualité des charbons dans le siège de Vouters (Conclusion partielle)	136
6. LA DEGRADATION DE QUALITE DES CHARBONS; COINCIDENCE EVENTUELLE AVEC LA LITHOLOGIE GRESEUSE AU TOIT DE LA VEINE.....	138
7. VARIATION DES PARAMETRES DE QUALITE DANS LES CHARBONS LORRAINS.....	145

CHAPITRE IV. ETUDE CRITIQUE DE LA SIGNIFICATION DES PARAMETRES INDUSTRIELS DE QUALITE DES CHARBONS ET RELATIONS ENTRE CES PARAMETRES

1. INTRODUCTION	149
2. LES PARAMETRES DES ANALYSES IMMEDIATES	149
2.1. Indice de matières volatiles	149
2.2. Pouvoirs calorifiques	151
2.3. Cendres	156
2.4. Teneur en eau de rétention	157
3. LES PARAMETRES DES PROPRIETES COKEFIANTES	159
3.1. Généralités	159
3.2. Les paramètres des propriétés cokéifiantes dans les charbons lorrains	159
4. LE POUVOIR REFLECTEUR DE LA VITRINITE	165
5. LES COMPOSANTS ELEMENTAIRES	172
5.1. Le carbone	172
5.2. L'oxygène	176
5.3. L'hydrogène	178
5.4. Le soufre et Le chlore	179
5.5. L'azote	181
6. PRESENTATION DES CHARBONS LORRAINS DANS LE DIAGRAMME DE VAN KREVELEN	181
7. CONCLUSION	182

CHAPITRE V. LES CENDRES ET LA FUSIBILITE DES CENDRES DES CHARBONS LORRAINS

1. LES MATIERES MINERALES ET LES CENDRES	183
1.1. Les principaux minéraux dans les charbons	183
1.2. comportements des matières minérales à la calcination	183
2. FUSIBILITE DES CENDRES	193
2.1. Etudes antérieures	193
2.2. Relation entre la fusibilité des cendres et leur composition chimique dans les charbons lorrains	195
2.3. Relation entre la fusibilité des cendres et leur composition minéralogique hypothétique pendant la combustion	207
2.4. Fusibilité des mélanges de cendres	209
3. CONCLUSION	211

CHAPITRE VI. LE CHLORE DANS LES CHARBONS LORRAINS

1. INTRODUCTION	213
2. LE CHLORE DANS LES EAUX SOUTERRAINES	213
3. LE CHLORE DANS LES DIFFERENTES VEINES	215
4. LE COMPORTEMENT DU CHLORE AU CHAUFFAGE	216
4.1. Rôle de la température	216
4.2. Rôle du temps de chauffage	218
5. LAVABILITE DU CHLORE	218
5.1. Lavage du chlore dans l'eau à température ambiante	218
5.2. Lavage du chlore dans l'eau chaude (60°C)	219
5.3. Lavage du chlore par différentes solutions inorganiques	219
5.4. Lavage du chlore dans les charbons préchauffés	220
5.5. Lavage des charbons à l'eau chaude (60°C) en ajoutant Na ₂ CO ₃	221
5.6. Lavage des mélanges (charbon + Na ₂ CO ₃) préchauffés	221
5.7. Lavage du chlore dans les solutions organiques	222
6. CONCLUSION	222

CHAPITRE VII. GEOTHERMIE ACTUELLE ET PALEOGEOTHERMIE DANS LE BASSIN HOULLIER LORRAIN

1. TEMPERATURE ACTUELLE AU FOND: MESURES ET INTERPRETATIONS DES DONNEES	225
1.1. Mesures et signification des données de base	225
1.2. Répartition de la température actuelle dans le bassin	227
1.3. Gradient géothermique dans le bassin	230
2. RELATION ENTRE LA TEMPERATURE DES TERRAINS ET LE DEGRE DE HOULLIFICATION DES CHARBONS LORRAINS	233
2.1. Distribution des rôles respectifs de la température actuelle et des paléotempératures dans la houillification des charbons	234
2.2. Effet du gradient géothermique sur la houillification des charbons lorrains.....	238
3. CONCLUSION	241

CHAPITRE VIII. CONCLUSION GENERALE..... 243

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... 247

ANNEXE. Variations de qualité des charbons lorrains en fonction de la profondeur dans les différents sièges.....	255
---	-----

CHAPITRE I

LE BASSIN HOULLER LORRAIN: PRESENTATION GENERALE

CHAPITRE I

LE BASSIN HOUILLER LORRAIN: PRESENTATION GENERALE

1. CADRE GEOGRAPHIQUE

Le bassin houiller lorrain se situe au NE de la France; il se prolonge au delà de la frontière allemande en Sarre pour constituer le grand bassin houiller sarro-lorrain. Ce bassin sarro-lorrain s'étend sur une superficie d'environ 140 km de long et 70 à 80 km de large (fig.1). Il est limité au NW par la faille de Metz et son prolongement souterrain. Au sud, la limite passe par Gironcourt et Sarrebourg. Enfin, la limite occidentale coïncide avec le grand accident de la vallée de la Marne (Donsimoni 1981).

L'extraction minière est localisée au NE du bassin, à l'est de Faulquemont et à proximité de la frontière franco-allemande (fig.2).

En surface, le paysage de ce bassin est composé d'une succession de côtes mésozoïques avec des buttes-témoins. L'ensemble est recouvert de pâturages et forêts. Les eaux courantes sont drainées en direction du N-NW (Sarre, Meurthe, Moselle, Meuse, Nied).

Dans ce bassin houiller, le réseau routier et le chemin de fer sont très développés à ce carrefour de l'Europe qui relie la France et l'Allemagne. Dans la partie de l'exploitation minière (concession des HBL), les principales agglomérations sont Forbach, Freyming-Merlebach, St-Avold, Faulquemont et Boulay.

2. CADRE STRUCTURAL

Au SW de la frontière allemande, les terrains houillers carbonifères disparaissent sous un recouvrement permo-mésozoïque qui s'épaissit progressivement du NE vers le SW. Cette série carbonifère constitue un vaste anticlinorium d'axe NE-SW, comportant plusieurs anticlinaux parallèles, qui, du NW au SE, sont: l'anticlinal de Merlebach, l'anticlinal de Simon et l'anticlinal d'Alsting. Les synclinaux se localisent entre ces anticlinaux: synclinal de Marienau, synclinal de Sarrguemines.

L'anticlinal de Merlebach est dissymétrique; son flanc sud se présente en dressants localement renversés (fig.3). Sur le versant NW du pli, on trouve un pendage de 35° décroissant lentement vers le NW.

L'anticlinal de Simon est connu en Sarre sous le nom d'anticlinal de Saarbrücken et s'y présente comme un pli dissymétrique. En France, il est simplement un pli redressé sur le flanc SE et semi-redressé sur le flanc NW. Sur le flanc SE, le pendage diminue progressivement de dressants à des plateaux en s'éloignant de l'axe du pli en direction du SE.

L'anticlinal d'Alsting est inexploité et très mal connu.

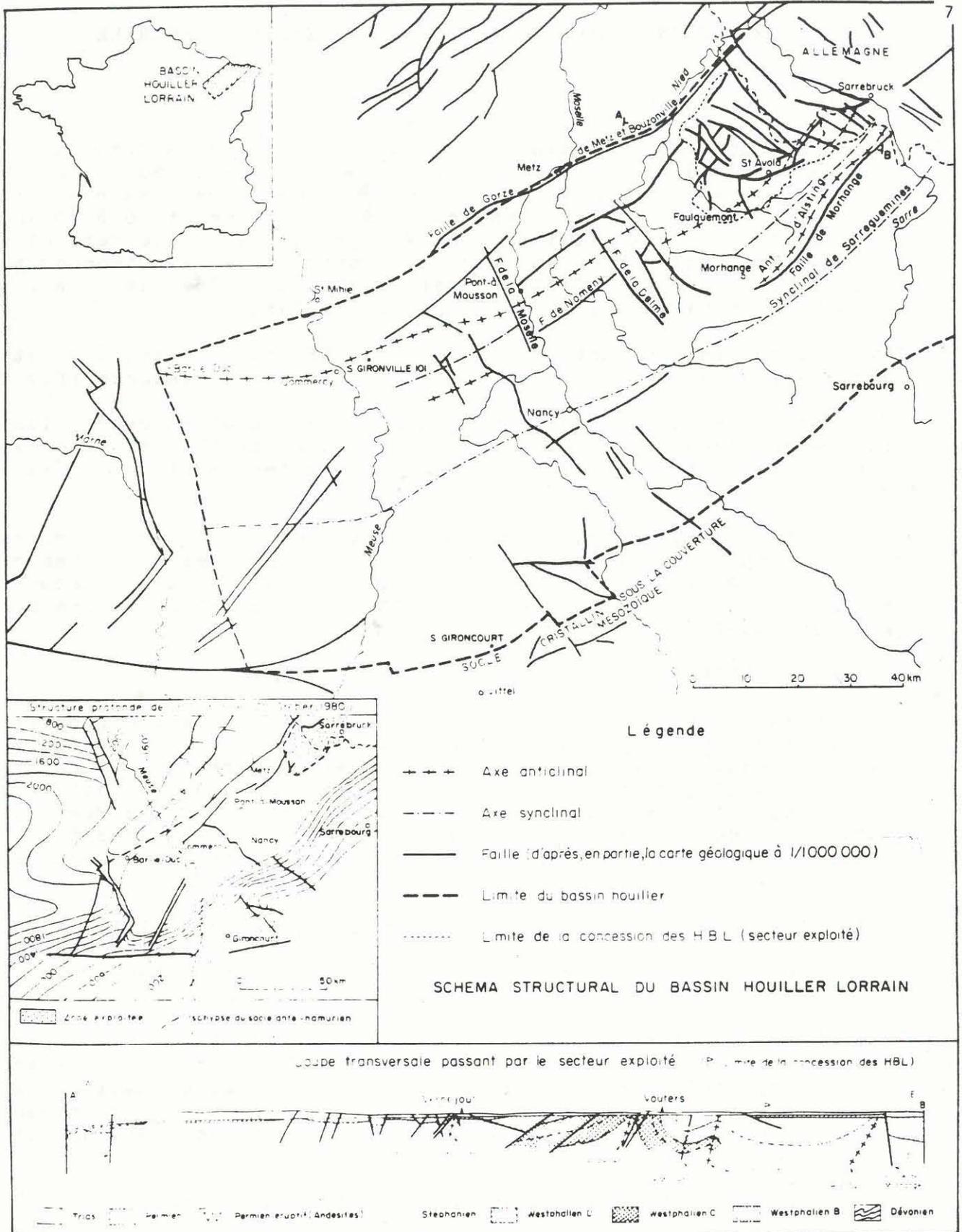


Fig.1 - Carte de Localisation et carte structurale du bassin houiller lorrain (Donsimoni 1981)

La formation des plis anticlinaux et synclinaux a été accompagnée et suivie par des fracturations d'ajustement et de décompression. L'âge de ces failles est parfois difficile à déterminer, car elles ont pu rejouer à plusieurs reprises. Deux systèmes de failles de type normal peuvent être distingués: failles "directionnelles" et failles "transversales".

Les failles directionnelles, peu nombreuses, suivent sensiblement la direction des anticlinaux. Citons la faille de Nomeny, la faille de Longville, la faille de la Chapelle et la faille de Hombourg (fig. 1 et 2). Les rejets de ces failles peuvent atteindre une hauteur de 200 à 1000m.

Les failles transversales, qui ont toujours la forme de failles directes, sont généralement postérieures aux failles directionnelles, car elles les décalent souvent. Dans la concession des HBL, ces failles constituent généralement les frontières des sièges d'exploitation. Citons la faille de Geislautern, la faille de Wendel Vuillemin, la faille de St Nicolas, les grands dérangements du siège de La Houve (fig. 2). Les rejets de ces failles sont de l'ordre de quelques centaines de mètres.

Enfin, des failles moins importantes sont aussi connues dans les panneaux d'exploitation; les rejets vont d'une trentaine de mètres à la fracture sans déplacement appelée "STICH" en jargon de mineur.

3. CADRE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

L'échelle stratigraphique utilisée pour le bassin est celle définie par Bertrand (1928), qui a été reproduite dans les monographies de Pruvost (1934) et de Donsimoni (1981). Alpern* a aussi beaucoup étudié la zonation palynologique des terrains houilliers dans le bassin de Lorraine.

Cette échelle est basée essentiellement sur l'analyse précise et la répartition d'une macroflore abondante (fig. 4).

3.1 - Les étages carbonifères

Au niveau de la concession des HBL, les terrains les plus anciens sont datés du Westphalien B. En dehors de cette concession, plus à l'ouest du bassin, le Westphalien A est reconnu dans le sondage profond de Gironville 101, avec une lithologie de "schistes" noirs.

3.1.1 - Westphalien B

L'Assise de St Ingbert est dans la partie supérieure du Westphalien B; cette assise correspond au faisceau de Rothel qui a été seulement

-
- *Alpern B. (1960) - Etude palynologique préliminaire du bassin houiller de Lorraine, Application à la corrélation des couches. Bull. Soc. Géol. France. Série 7, Tome II, pp.527-533.
 - (1963) - Coupe palynologique du Westphalien du bassin houiller de Lorraine. C. R. Acad. SC., T.256, pp.5170-5172.
 - (1965) - Nouvelles données concernant l'extension du faisceau de Steinbesch dans le bassin houiller de Lorraine, Sur la base des analyses palynologiques. C. R. Acad. SC. Paris, T.260, pp.235-236.
 - (1966) - Zonation palynologique du bassin houiller de Lorraine. Z. Deutsch. Geol. Ges., Band 117, 1. Tell. pp.162-177.
 - (1967a) - Le bassin houiller lorrain peut-il fournir un stratotype pour le Westphalien Supérieur? Rev. Palaeobotan. palynol., 5, pp75-91.
 - (1967b) - Considérations palynologiques sur le Westphalien et le Stéphanien: Proposition pour un parastratotype. C. R. Acad. SC. Paris, T.265, pp.840-843.

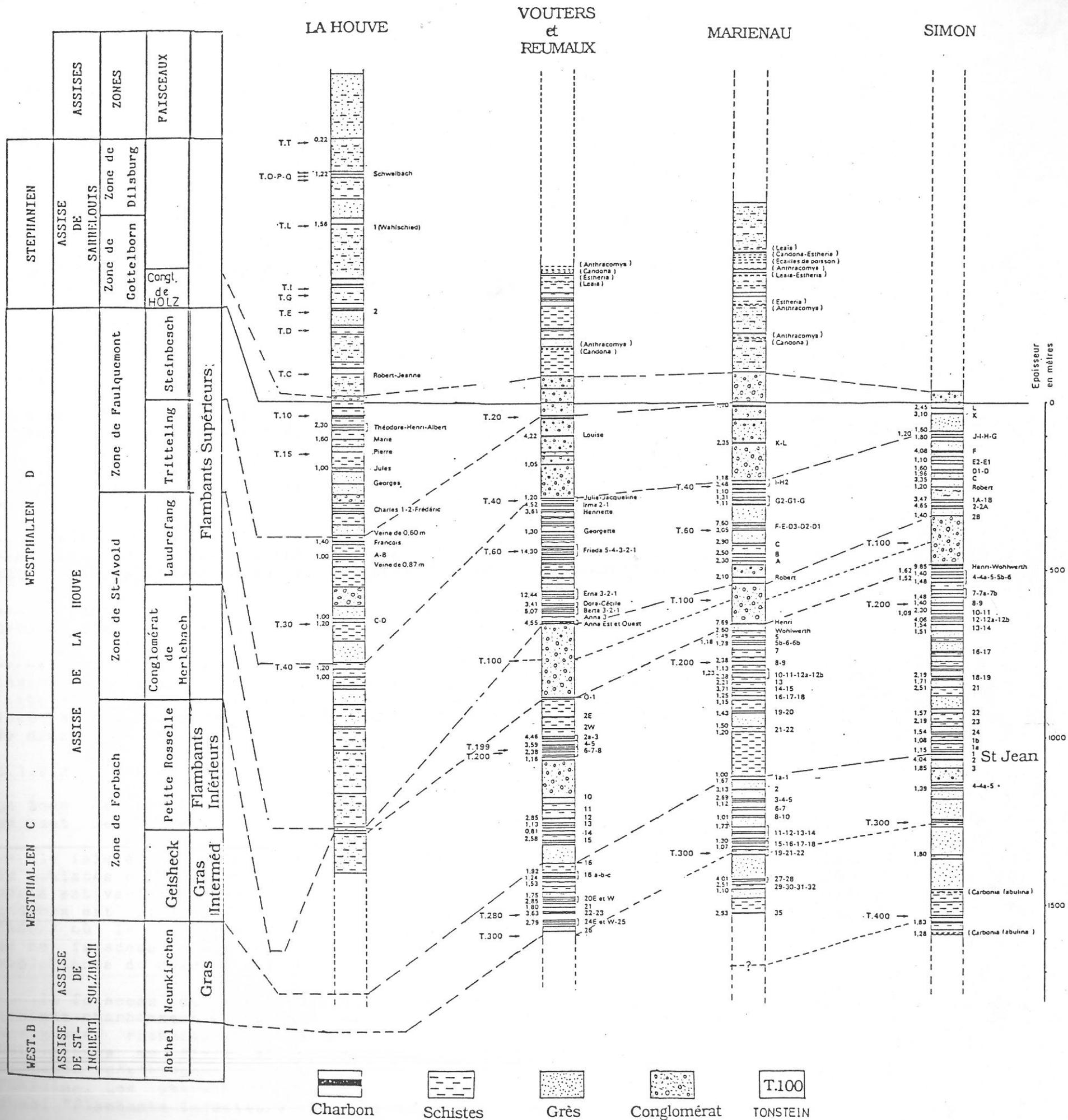


Fig. 4 - Coupes lithostratigraphiques dans les sièges des Houillères du Bassin de Lorraine (M. DONSIMONI 1981)

reconnu au coeur de l'anticlinal de Merlebach, au siège de Ste Fontaine, actuellement fermé.

D'une épaisseur de 520m, le faisceau de Rothel renferme 12 veines (de R1 à R12), dont 7 seulement ont une puissance légèrement supérieure au mètre.

3.1.2 - Westphalien C

Le Westphalien C correspond, de bas en haut, à l'Assise de Sulzbach et à la partie inférieure de l'Assise de La Houve, dénommée Zone de Forbach(fig.4). Une subdivision en fonction de la qualité du charbon est aussi utilisée aux HBL; les charbons de l'Assise de Sulzbach sont des "Gras" et les charbons de la Zone de Forbach sont de bas en haut des "Gras Intermédiaires" et des "Flambants Inférieurs".

3.1.2.1 - Assise de Sulzbach

La coupe la plus complète dans cette assise est établie à Ste Fontaine, où on distingue de bas en haut:

----le Conglomérat de Ste Fontaine dont l'épaisseur est de 140m environ, qui surmonte le faisceau de Rothel. Il est constitué d'un ensemble homogène de grès et de conglomérats moyens à grossiers.

----une série schisto-gréseuse riche en charbon, épaisse de 350m, renfermant 23 veines de charbon dont 6 d'entre elles ont une puissance supérieure ou égale à 1 mètre.

----un banc de grès grossier, localement conglomératique, dénommé Grès de Ste Fontaine, épais de 80 à 100m, totalement stérile.

----enfin, une nouvelle série schisto-gréseuse très riche en charbon. Il s'agit de la partie supérieure de l'Assise de Sulzbach. Cette série est aussi reconnue au siège de Simon et au siège de Vouters. Son épaisseur est de 220m environ, comprenant une vingtaine de couches de charbon.

3.1.2.2 - Zone de Forbach (Base de l'Assise de La Houve)

La Zone de Forbach est divisée en deux faisceaux, qui sont: de bas en haut, le faisceau de Geisheck et le faisceau de Petite -Rosselle.

----le faisceau de Geisheck est constitué d'un ensemble de grès et de schistes entrecoupés de niveaux charbonneux. L'épaisseur de cette série est variable: 200m à Merlebach et 380m à Simon. La richesse en charbon est plus importante dans la partie orientale (siège de Simon) où le faisceau renferme une dizaine de veines. Les charbons de ce faisceau sont appelés aussi "Gras Intermédiaires" par les exploitants du charbon des HBL.

----le faisceau de Petite-Rosselle, correspondant à un ensemble schisto-charbonneux entrecoupé de bancs de grès, se caractérise par une grande richesse en charbon dans la partie NE de la concession HBL (sièges de Simon et de Marienau). L'épaisseur du faisceau augmente sensiblement du NE vers le SW: 200m à Simon et 370m à Ste - Fontaine. Les charbons du faisceau de Petite-Rosselle sont appelés aussi "Flambants Inférieurs" par les exploitants du charbon des HBL.

3.1.3 - Westphalien D

Le Westphalien D correspond en Lorraine à la partie supérieure de l'Assise de La Houve que l'on désigne couramment aux HBL par le nom "Flambants Supérieurs". En réalité, cette classification des veines par qualité n'est pas exacte, on a montré, dans cette étude, que dans les "Flambants Supérieurs", il existe aussi des charbons à Gras en grande profondeur. Le Westphalien D est subdivisé en deux zones qui sont de bas en haut: la Zone de Saint-Avold et la Zone de Faulquemont.

3.1.3.1 - Zone de Saint-Avold

La Zone de Saint-Avold regroupe le Conglomérat de Merlebach et le Faisceau de Laudrefang.

----le Conglomérat de Merlebach est constitué pétrographiquement par des galets de quartz, assez bien calibrés et arrondis, cimentés par un grès arkosique.

Ce conglomérat est caractérisé par sa grande extension horizontale à l'échelle du bassin. Son épaisseur se réduit progressivement du Sud vers le Nord (350m à Folschviller, 150m à Simon et 25m à Hôpital). Le contact entre ce conglomérat et les couches sousjacentes est érosif. Au SE du siège de Simon, les veines du sommet du Faisceau de Petite-Rosselle sont érodées par ce conglomérat (sondage Simon sud 2)

Cette formation conglomératique admet localement dans sa partie moyenne une passée schisto-charbonneuse renfermant quelques veines de charbon (siège de Folschviller). Dans la partie orientale du bassin, on trouve aussi une veine renfermée dans ce conglomérat (Alyssa aux sièges de Reumaux et de Vouters, Robert aux sièges de Simon et de Marienau.

----le Faisceau de Laudrefang qui surmonte le Conglomérat de Merlebach est constitué d'un ensemble essentiellement schisto-charbonneux à intercalations de grès. Son épaisseur est comprise entre 255m à Simon et 500m à La Houve. Il se caractérise localement par une grande richesse en charbon, mais celle-ci varie rapidement. On note un appauvrissement du charbon de ce Faisceau du SE vers l'W et vers le NW.

3.1.3.2 - Zone de Faulquemont

La Zone de Faulquemont est subdivisée en deux faisceaux qui sont de bas en haut: le Faisceau de Tritteling et le Faisceau de Steinbesch.

----le Faisceau de Tritteling, essentiellement constitué de conglomérats et de grès grossiers, a une épaisseur comprise entre 250m (Vouters, Ste-Fontaine, Folschviller) et 400m (La Houve). A partir du siège de Vouters, vers le NE, il disparaît progressivement par érosion du Conglomérat de Holz (base du Stéphalien discordant). Ainsi son épaisseur est réduite à 100m au siège de Simon. Par contre, on note une tendance à l'augmentation de la fraction fine vers l'W et vers le NW où elle forme des stampes de plus en plus épaisses.

Cet ensemble conglomératique admet cependant quelques veines de charbon. C'est dans le secteur de Faulquemont qu'elles apparaissent les plus développées. En direction du NE, ces couches de charbon se raréfient et le Faisceau ne contient pratiquement plus que la veine 8 à Folschviller, les veines Louise, K-L, M à Vouters et à Reumaux, les veines K-L, M à Marienau et à Simon.

----le Faisceau de Seinbesch: tout comme le Conglomérat de Tritteling, ce Faisceau atteint son développement maximum dans la partie occidentale de la concession HBL (500m à La Houve). Vers l'E et le NE, ce Faisceau disparaît progressivement par érosion du Conglomérat de Holz. Son épaisseur est réduite à 150m à Ste-Fontaine, à 70m à Folschviller et 40m à Vouters. A Marienau et à Simon, il est totalement absent.

3.1.4 - Stéphanien

Le caractère le plus marquant du Stéphanien de Lorraine réside dans sa couleur rouge bariolée de vert, qui tranche avec les teintes uniformément grises ou noires des terrains westphaliens.

La série stéphanienne est pauvre en charbon (seulement deux veines sont exploitables au siège de La Houve). Parmi les stériles, les roches détritiques grossières représentent plus de 60% des dépôts. On observe aussi des lits et des nodules carbonatés dans cette série, mais la proportion relative à l'ensemble de la série est assez faible (0,5% environ).

A la base du Stéphanien, le Conglomérat de Holz marque la limite Westphalien-Stéphanien, ce dernier étant transgressif, du SW vers le NE, sur les formations sous-jacentes. L'épaisseur de ce Conglomérat varie de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres. Il est constitué de galets de quartzites lustrés du Dévonien, parfois décimétriques, et de galets de quartz, généralement bien roulés, qui sont souvent reconnaissables à leur patine rouille (Heckel 1988).

D'une épaisseur maximale de 1000m en Lorraine, le Stéphanien a été partiellement érodé après le plissement saalien. Il est souvent absent sur l'axe de l'anticlinal de Merlebach et de Simon, mais des grandes failles ont pu favoriser la conservation du Stéphanien sur ces axes anticlinaux (siège de Marienau sur l'anticlinal de Simon).

3.2 - Permien

En Lorraine, le Permien n'est représenté que par le Saxonien (Permien supérieur), discordant sur les dépôts carbonifères. Cette discordance résulte de la phase de compression saalienne qui a engendré le plissement des terrains houillers soumis ensuite à une érosion intense.

L'épaisseur du Saxonien est très variable, de 10 à 300m à l'échelle de la concession HBL. Des failles (surtout les failles directionnelles NE-SW) paraissent avoir contrôlé les variations d'épaisseur du Saxonien pendant la sédimentation. Ces dépôts

Permiens sont constitués de conglomérats rouges à galets de quartz et de quartzites et de grès lie-de-vin, alternant avec des argilites versicolores. Des épanchements d'andésite associés à des tufs et des brèches andésitiques sont signalés au NW du bassin, à proximité de la faille de Metz (Donsimoni 1981).

3.3 - Couverture triasique (Grès Vosgien)

La couverture triasique du bassin est formée pétrographiquement de grès fin à moyen, grossier par endroits, à ciment argileux, souvent mal consolidés. La couleur des sédiments est beige à brun rouge et l'épaisseur de cette couverture est de 200 à 300m.

3.4 - Tonsteins

Comme la plupart des bassins houillers d'Europe occidentale, le bassin houiller sarro-lorrain possède un grand nombre de Tonsteins, roches de texture particulière qui sont depuis longtemps utilisées par les mineurs comme horizons repères. Leur extension à l'échelle du bassin est large et ils peuvent être utilisés pour affiner les corrélations en complétant les critères paléobotaniques et palynologiques.

Termier (1923) fut le premier à s'intéresser à la minéralogie des Tonsteins sarro-lorrains. Pruvost (1934) compléta ces observations et analysa les origines possibles de ces Tonsteins. A cette époque, six Tonsteins étaient recensés et utilisés dans le bassin (un dans le Stéphaniens et 5 dans le Westphalien). Ce n'est qu'à partir des années 1960 qu'une étude plus complète est réalisée dans ce bassin. J-L. Merry (1967) proposa une nouvelle nomenclature où les Tonsteins westphaliens, anciennement connus, sont désignés de bas en haut par des centaines entières: 500, 400, 300, 200, 100, et les nouveaux par un nombre intermédiaire figurant leur position stratigraphique, tandis que les Tonsteins Stéphaniens sont affectés de lettres dans l'ordre alphabétique de bas en haut (Heckel 1988).

A l'heure actuelle, la chronologie des Tonsteins connus est la suivante:

---au Westphalien (21 tonsteins)

Westphalien B: 600

Assise de Sulzbach 500, 400, 390, 380, 305, 301,
300, 280, 240, 230

Westphalien C:

Zone de Forbach 200, 199

Westphalien D:

Zone de Saint-Avold 101, 100, 60, 40

Zone de Faulquemont 30, 20, 15, 10

---au Stéphaniens (12 Tonsteins): C, D, E, G, I, L, O, P, Q, T, Y, W

4. GENESE ET DEVELOPPEMENT DU BASSIN HOUILLER SARRO-LORRAIN

Le bassin houiller sarro-lorrain s'est superposé à la <<Zone cristalline externe>> qui borde au nord la <<Zone interne>> de la chaîne hercynienne (Vosges, Massif Central et Zone Sud-Armoricaine). Il est séparé de <<l'avant-pays nord-hercynien>> et du bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais par la <<Zone rhéno-hercynienne>> qui correspond à l'Ardenne et en Angleterre à la région Cornouaille-Devonshire (Donsimoni 1981).

D'après des études plus récentes de Donsimoni (1981), le développement de ce bassin fait suite au mouvement de charriage du bloc de la <<Zone cristalline externe>> sur le bloc de la <<Zone rhéno-hercynienne>> soumis au plissement et au soulèvement (Phase Sudète). Après la Phase Sudète, la <<Zone cristalline externe>>, du fait d'un comportement subsidit, se transforme en une vaste dépression intramontagneuse à sédimentation molassique limno-fluviatile.

Le remplissage du bassin s'est poursuivi de façon continue durant le Westphalien, toujours dans le même contexte de type continental limno-fluviatile. Dans la partie orientale du bassin, une structure syn-sédimentaire, fonctionnant comme haut-fond est responsable de la variabilité des faciès et des épaisseurs. C'est au niveau et le long de l'emplacement de cet ancien seuil que se situent les couches de charbon les plus puissantes et les plus nombreuses, témoignant ainsi d'un développement maximum de la végétation subaquatique.

Vers la fin de la période westphalienne, il semble que ce seuil ait été émergé, provoquant ainsi à la fois une érosion et une interruption de sédimentation dans la partie orientale du bassin intra-concession.

Après cette période d'émersion partielle, la subsidence reprend et la sédimentation affecte progressivement la totalité du bassin. La série stéphanienne se dépose, à l'emplacement de l'ancien seuil, sur un Westphalien amputé de sa partie supérieure. Le Conglomérat de Holz, base du Stéphanien, est en discordance, dans cette région, sur les assises successives du Westphalien D, avec une lacune stratigraphique dont l'importance croît d'W en E.

Durant le Stéphanien, le remplissage du bassin se poursuit sous un régime de lac plus profond.

Aux dépôts stéphanien font suite, en concordance, des formations appartenant à l'Autunien (en Sarre uniquement).

A la fin de l'Autunien, le remplissage du bassin se termine. L'ensemble des terrains westphaliens, stéphanien et autunien est pris dans le plissement hercynien de la phase Saalienne, provoquant la naissance d'un anticlinorium allongé NE-SW observé actuellement. Une érosion intense a succédé au plissement en Lorraine; l'Autunien est entièrement enlevé et le Stéphanien est partiellement érodé. Le Permien supérieur et le Grès Vosgien se sont déposés après cette érosion et ont gardé un pendage subhorizontal.

5. EXPLOITATION MINIÈRE DES HBL

Les Houillères du Bassin de Lorraine (HBL) font partie du groupe Charbonnages de France (CdF). La production de charbon des HBL est en faible diminution malgré la crise des charbons français depuis ces dernières années. Elle représentait 60% environ de la production nationale en 1988. Le tableau 1 montre l'évolution de la production du charbon dans ce bassin.

La découverte de houille dans le bassin sarro-lorrain remonte probablement à des temps très anciens, puisque, déjà en 1357 il est fait mention dans un document de travaux de recherches en tranchées dans la région de Dudweiler, en Sarre. Ce n'est cependant que vers le milieu du 18ème siècle que débuta vraiment une production industrielle, à partir des affleurements nombreux dans la région de Sarrebrück.

La notion d'un prolongement en France ne pris corps que vers le début du 19ème siècle à la suite de la réorganisation de l'administration des mines sous l'Empire. La mise en production du gisement dans la partie française démarra péniblement à la fin du 19ème siècle, gênée qu'elle était par la nature comme par les bouleversements territoriaux de cette époque. Cependant, l'importance de ce bassin se révéla peu à peu, jusqu'à ce qu'il apparaisse aujourd'hui comme le principal gisement houiller français et de loin.

A l'heure actuelle (fin 1988), la production des HBL est assurée par cinq unités (sièges) d'exploitation: sièges de Simon, de Marienau, de Reumaux, de Vouters (fig.5) et de La Houve.

6.1 - Sièges en activité actuellement (fig.5)

Siège de Simon

Sur l'anticlinal de Simon, le siège de Simon s'étend de la frontière à la faille de Vuillemin-Wendel. Il est recoupé transversalement par la faille de Geislautern caractérisée par un pendage nord et un rejet de 200m en moyenne.

L'exploitation s'effectue sur les deux flancs de l'anticlinal de Simon. Le flanc NW en semi-dressants, avec des pendages de 30 à 40°, est limité par l'axe du synclinal de Marienau. Le versant SE est en dressants, avec des pendages de 70 à 90°. Plus vers le SE, ces

	1929	1938	1949	1960	1965	1967	1969	1971	1973	1975
Lorraine	6,093	6,739	9,772	14,703	15,574	15,032	13,906	11,512	10,111	10,021
France	53,779	46,504	51,204	55,966	54,037	50,555	43,533	35,766	28,457	25,600
	1977	1979	1980	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Lorraine	10,033	9,59	9,809	10,135	10,579	10,883	9,815	9,897	9,901	9,901
France	24,374	21,065	20,720	19,960	19,621	19,020	16,962	16,536	15,794	

Tabl. 1 -- Production des charbons en Lorraine et dans l'ensemble de la France depuis 1929 (en millions de tonnes) (source de CdF "Statistique 1988")

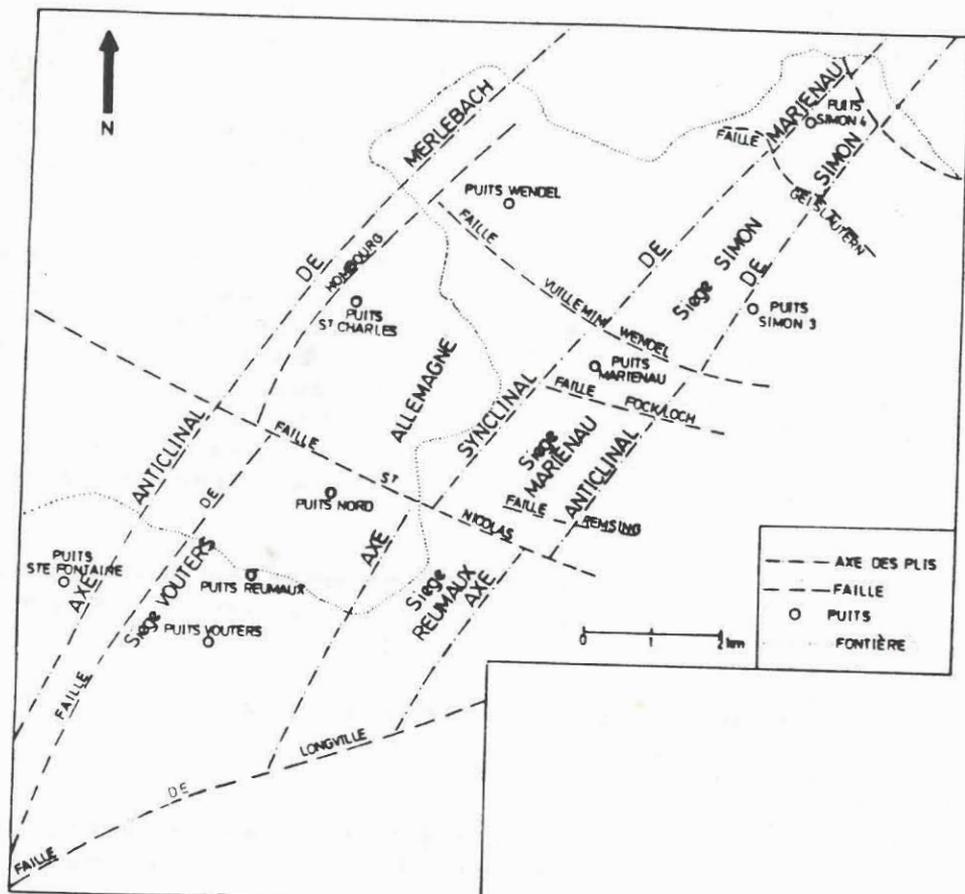


Fig. 5 - Localisation des sièges en activité (sauf La Houve) des HBL

dressants passent progressivement à des semi-dressants et des plateures. L'exploitation s'intéresse maintenant surtout aux plateures malgré une profondeur assez importante (1250m).

Au siège de Simon, on exploite les Flambants Supérieurs, les Flambants Inférieurs, et même les Gras Intermédiaires et les Gras dans le flanc W.

Siège de Marienau

Sur l'anticlinal de Simon, le siège de Marienau constitue le prolongement SW du gisement du siège de Simon, séparé de ce dernier par la faille de Vuillemin-Wendel. Le siège de Marienau est limité à l'W par la faille de St-Nicolas. Les terrains houillers sont abaissés de 300 à 400m par ces deux failles, par rapport à ceux du siège de Simon.

L'exploitation du siège de Marienau s'effectue seulement dans le flanc W de l'anticlinal, surtout dans les Flambants Supérieurs, en raison de l'abaissement de la série charbonneuse par les deux failles périphériques. Actuellement, les Flambants Inférieurs attirent l'attention des HBL par leur bonne qualité.

Siège de Reumaux

Se situe aussi sur l'anticlinal de Simon; le siège de Reumaux représente le prolongement ouest du siège de Marienau, séparé de ce dernier par la faille de St-Nicolas. Au NW, ce siège est séparé du siège de Vouters par l'axe du synclinal de Marienau.

L'exploitation de ce siège s'effectue sur les deux flancs de l'anticlinal (champ sud et champ nord). Les veines exploitées sont surtout les Flambants Supérieurs. Les Flambants Inférieurs sont en situation trop profonde.

Siège de Vouters

Le siège de Vouters se situe sur le flanc SE de l'anticlinal de Merlebach, au NW du siège de Reumaux. Il est constitué de terrains houillers fortement redressés et même renversés. Ce siège qui s'étend sur une longueur de 5800m environ, est limité au NE par la faille de St-Nicolas et à l'W par la faille "directionnelle" de Hombourg.

L'exploitation s'effectue dans les Flambants Supérieurs, les Flambants Inférieurs, les Gras Intermédiaires et même dans les Gras.

Siège de La Houve

Le siège de La Houve exploite une partie du prolongement occidental du versant NW de l'anticlinal de Merlebach, qui se caractérise par l'allure faiblement pentée des terrains houillers (0 à 20°).

L'exploitation de ce siège s'effectue dans le Stéphanien et dans la partie supérieure du Westphalien D (Zone de Faulquemont). La profondeur d'exploitation est relativement faible et la qualité du charbon est moindre. Ce siège n'a pas été étudié dans ce travail, mais des documents ont été récemment apportés par Heckel (1988).

6.2 - Sièges actuellement fermés

Siège de Wendel

Le siège de Wendel se situe sur le flanc SE de l'anticlinal de Merlebach, en contact avec la frontière sarroise. Il est limité au Nord par la frontière, au NW par la faille de Hombourg, au S et au SE par l'axe du synclinal de Marienau.

L'exploitation du siège se développait dans 4 faisceaux: Flambants Supérieurs, Flambants Inférieurs, Gras Intermédiaires et Gras.

Siège de Sainte Fontaine

Le siège de Ste-Fontaine se situe sur le versant NW de l'anticlinal de Merlebach dont le pendage ne dépasse pas 35°. Il est limité au Nord par la faille de St-Nicolas, à l'Est par l'axe de l'anticlinal de Merlebach et au Sud par la faille de la chapelle. Les gisements sont fortement perturbés par plusieurs grandes failles. Une fermeture progressive a commencé en 1972 et extraction du charbon s'est terminée en 1981. Le siège de Ste-Fontaine exploitait surtout les Gras dans la bas du Westphalien C et dans le Westphalien B.

Siège de Folschviller et le siège de Faulquemont

Le siège de Folschviller et le siège de Faulquemont se localisent dans la partie Sud de la concession HBL, au Sud de la faille de Longeville. Ces deux sièges sont limités au Sud par l'abaissement des couches et l'épaississement des assises stéphaniennes toujours stériles. La faille de Faulquemont-Folschviller en direction N-S est la limite entre ces deux sièges.

Les travaux du siège de Folschviller, fermé depuis 1979, se sont développés dans le Faisceau de Laudrefang (Flambants Supérieurs du Westphalien D). Les pendages des terrains houillers de ce siège apparaissent relativement constants et faibles sur l'étendue du gisement (15° en moyenne).

Les anciens travaux du siège de Faulquemont, actuellement fermé, se localisaient dans la zone de Faulquemont (partie supérieure du Westphalien D) et dans le sommet du Faisceau de Laudrefang (base du Westphalien D).

CHAPITRE II

RAPPELS DES CARACTERISTIQUES GENERALES DES CHARBONS

CHAPITRE II

RAPPELS DES CARACTERISTIQUES GENERALES DES CHARBONS

1 - FORMATION DES CHARBONS

Le charbon est une roche sédimentaire combustible, constituée essentiellement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, avec des quantités moindres de soufre, d'azote et de chlore. Des matières minérales se présentent aussi dans le charbon, en quantités plus ou moins importantes comme impuretés.

Le charbon est formé à partir de l'accumulation de débris végétaux sous une faible tranche d'eau, qui protège ces débris végétaux de la décomposition par l'oxydation.

Les milieux de formation des charbons sont généralement sous faible subsidence de dépression, dans lesquels les impuretés minérales sont nulles ou très faibles. La plupart des formations houillères en grande extension se trouve dans les plaines paraliques. Toutefois, il existe aussi des charbons des bassins limniques à extension relativement faible, souvent dans les milieux lacustres ou fluviaux.

Le milieu du dépôt influence non seulement le développement de la veine du charbon (extension et épaisseur), mais aussi la décomposition et la transformation des débris végétaux avec lesquels que le charbon est formé. Les recherches récentes de la pétrologie du charbon ont tenté d'établir les relations entre la position paléogéographique-sédimentaire et la composition pétrologique du charbon. Certains auteurs considèrent le rapport Vitrinite sur Inertinite comme un indice de degré d'oxydation de la tourbe dans son milieu de déposition (Smyth 1984, Harvey et Dillon 1985, in Teichmüller 1989).

La formation du charbon est aussi influencée par le climat et la végétation au moment de la déposition de veine. Un climat sec donne en général au charbon une richesse en inertinite et un climat humide donne une richesse en vitrinite accompagné la pyrite syngénétique (Teichmüller 1989).

Après la déposition des débris végétaux, la première phase de transformation en surface est une dégradation de la cellulose, de la lignine et d'autres substances; elle est appelée aussi houillification biochimique. Cette phase est affectée par des agents divers: oxygène, bactéries aérobies, champignons etc. Pour les couches un peu plus profondes, les transformations sont contrôlées principalement par les bactéries anaérobies.

La deuxième phase de transformation des charbons à plus grande profondeur est appelée houillification géochimique, au cours de laquelle interviennent seulement des transformations physico-chimiques, sous l'influence prépondérante de deux facteurs: température (croissant avec la profondeur d'enfouissement selon le

degré géothermique) et temps. Cette houillification entraîne la transformation des charbons, des tourbes aux lignites, aux houilles et aux anthracites selon des rangs de plus en plus élevés.

Une transformation importante, au stade de la tourbe et du lignite, est la gélification. Les matières humiques y prennent une forme colloïdale qui obture progressivement les pores initiaux, masquant souvent les structures biologiques originelles. Cette gélification correspond au deux phases différentes:

----l'une dite de gélification biochimique, qui se développe au cours des stades tourbe-lignite tendre, contrôlée par le milieu de dépôt. Cette gélification biochimique entraîne une perte partielle ou totale de la structure cellulaire, une peptisation, une plastisation, une compaction et une homogénéisation de la tourbe.

----l'autre est la gélification géochimique; elle se réalise aux stades des lignites mats et brillants et nécessite une évolution thermique et un certain enfouissement. Cette gélification géochimique convertit les huminites des tourbes et des lignites en vitrinite des charbons. Après cette gélification, les propriétés physico-chimiques des charbons ont beaucoup changé par rapport au lignite: de couleur brune à noire, de lustre mat à brillant, la dureté augmente et la porosité diminue. Cette gélification est aussi marquée par la bituminisation et par le phénomène dit "fenêtre de pétrole".

On trouve souvent des charbons autochtones dont l'accumulation végétale se fait sur place ou à la suite d'un très faible transport, comme en témoignent souvent la présence de racines dans le mur de la veine. Mais on rencontre aussi des charbons allochtones dont les débris organiques se déposent dans une région différente de l'origine des végétaux à la suite d'un transport souvent par l'eau. Dans ce cas là, Les débris végétaux sont relativement plus oxydés et parfois se manifestent une concentration des substances plus résistantes.

2 - RAPPELS SUR LES DIFFERENTS PARAMETRES DE QUALITE DES CHARBONS

Le charbon est étudié depuis très longtemps; plusieurs paramètres se sont progressivement imposés pour définir son degré de houillification et sa qualité. Ces paramètres, ainsi que le mode opératoire des analyses, étaient différents d'un pays à l'autre, ce qui créait des difficultés dans les échanges scientifiques et commerciaux internationaux. C'est la raison pour laquelle on a commencé, dès 1949, à normaliser ces différents paramètres. Des modes opératoires et des appareillages précis sont définis par les Normes internationales ou françaises en France.

2.1 - Analyse immédiates

Parmi les nombreuses analyses effectuées sur les charbons, certaines peuvent être réalisées très rapidement, appelées analyses immédiates.

Humidité

Un charbon brut, extrait de mines ou de forages, contient toujours une certaine humidité. On a séparé dans "l'humidité" deux fractions:

A. Première fraction d'humidité

Pour éviter la dégradation de la qualité, l'échantillon de charbon qui sert aux différentes analyses doit être séché avec ménagement. Pour éviter une oxydation importante du charbon pendant le séchage, on le sèche à l'air à une température inférieure ou égale à 40°C. Le plateau taré avec l'échantillon de charbon est placé dans une étuve ventilée chauffée à 40°C. Dans cette étuve, un séjour de 4-5h est le plus souvent suffisant pour évaporer l'eau se trouvant à la surface des grains de charbon. Par pesées avant et après séchage, on détermine l'humidité h_1 , appelée la première fraction d'humidité. On obtient ainsi un échantillon de "charbon sec à l'air".

B. Deuxième fraction d'humidité

Le "charbon sec à l'air" n'est pas anhydre; il contient encore ce qu'on appelle la deuxième fraction d'humidité qui est une humidité interne ou constitutionnelle. Cette humidité dépend du rang des charbons et de leur porosité interne. Cette humidité peut être enlevée en chauffant le charbon jusqu'à une température de 105 à 110°C, à laquelle le charbon aurait subi une oxydation dégradative. La détermination de cette fraction d'humidité est donc plus difficile; on utilise une méthode par entraînement au xylène ou une méthode par déplacement et adsorption par un produit desséchant.

Pour représenter l'humidité d'un charbon, on utilise souvent la teneur en eau de rétention qui est la capacité maximale de rétention d'humidité. On la détermine en séchant le charbon à 105-110°C, après conditionnement préalable par humification à refus, à 30°C dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau (96% d'humidité). Ce paramètre de l'eau de rétention exprime en pourcentage la quantité maximale d'eau adsorbée dans le charbon, par pesées avant et après séchage.

Taux de cendres

Le charbon, même après son traitement au lavoir, contient encore des impuretés minérales. Après une calcination, ces impuretés minérales constituent "les cendres". Le taux de cendres est déterminé à la suite d'une combustion de charbon à 815°C en atmosphère oxydante.

En fait, le taux de cendres, exprimé en pourcentage, est toujours inférieur à celui des impuretés minérales, en raison d'une décomposition et d'une gazéification partielle de ces impuretés minérales au cours de la calcination.

Indice de matières volatiles

L'indice de matières volatiles est généralement un des paramètres les plus importants dans l'évaluation du rang d'un charbon.

L'indice de matières volatiles est la perte de masse exprimée en pourcentage, obtenue après pyrolyse du charbon chauffé à l'abri de l'air dans des conditions normalisées, abstraction faite de la perte de masse due à l'évaporation de l'eau et à la transformation des matières minérales.

Le MV/pur est donc la perte de masse sur la matière organique pure.

Le MV/sec est la perte de masse sur le charbon total.

Pouvoir calorifique

Il existe plusieurs types de pouvoir calorifique suivant le mode opératoire. Quatre types sont fréquemment utilisés: Pouvoir calorifique supérieur sur pur (PCS/pur), Pouvoir calorifique supérieur sur sec (PCS/sec), Pouvoir calorifique supérieur sur humide (PCS/humide), Pouvoir calorifique inférieur sur pur (PCI/pur).

Le pouvoir calorifique supérieur sur pur est la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de masse du charbon, exempt des cendres, l'eau produite étant entièrement condensée et les autres produits de la combustion ramenés à la température initiale fixée à 25°C. C'est une caractéristique théorique (combustion à volume constant, avec une condensation de la vapeur d'eau produite), et, en réalité, la chaleur obtenue est toujours inférieure à PCS/pur.

Le pouvoir calorifique supérieur sur sec est le pouvoir calorifique supérieur sur le charbon total.

Le pouvoir calorifique supérieur sur humide est le pouvoir calorifique supérieur mesuré sur un charbon saturé de vapeur d'eau (96% d'humidité), en retranchant le poids de cendres.

Le pouvoir calorifique inférieur sur pur: la combustion de charbon a lieu en général à pression constante (pression atmosphérique) avec dégagement de l'eau produite sous la forme de vapeur. Dans ce cas, le volume n'est pas constant et on ne récupère pas la chaleur de vaporisation de l'eau. Le pouvoir calorifique est alors plus faible que le pouvoir calorifique supérieur; on parle alors de pouvoir calorifique inférieur (PCI). Le pouvoir calorifique inférieur sur pur est le PCI mesuré sur la matière organique pure, en retranchant le poids de cendres.

2.2 - Propriétés cokéfiantes

Indice de gonflement (IG)

L'indice de gonflement est le test le plus rapide que peut effectuer l'utilisateur pour contrôler les propriétés cokéfiantes du charbon. Au cours du test, une masse de charbon contenue dans un creuset est chauffée sur un brûleur à gaz dans des conditions normalisées et

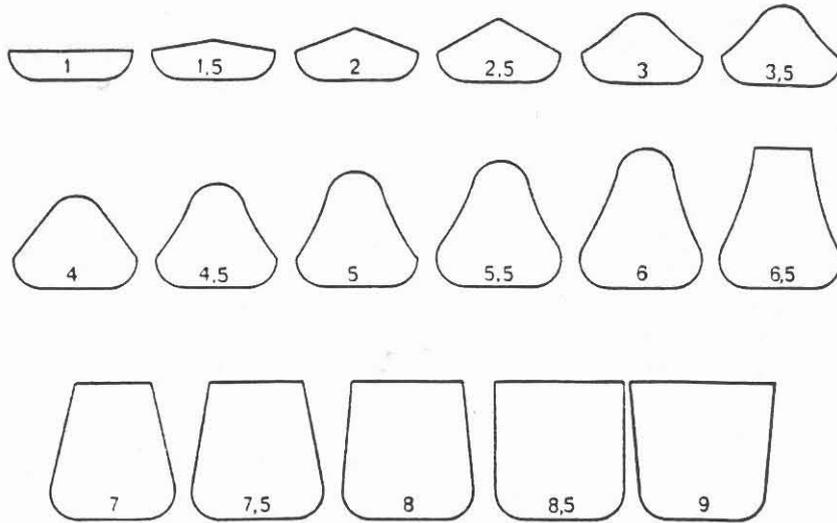
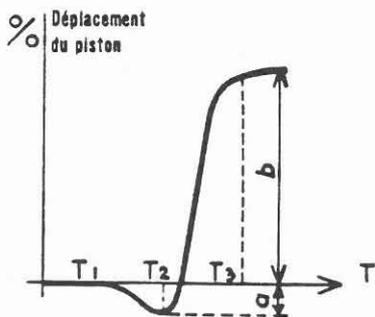


Fig. 6 - Profils types pour l'indice de gonflement



Les points suivants sont caractéristiques :

- T_1 température à laquelle le piston est descendu de 0,5 mm : température de début de ramollissement.
- T_2 température à laquelle le piston atteint sa position la plus basse : température de contraction maximale.
- T_3 température à laquelle le piston atteint sa position la plus élevée : température de dilatation maximale.
- a maximum de contraction en pourcentage.
- b maximum de dilatation en pourcentage.

Fig. 7 - Courbe dilatométrique du test Audibert-Arnu

suivant une loi de chauffage définie jusqu'à une température finale de 820°C. Le culot de coke obtenu est classé par comparaison avec les profils numérotés d'une série type (fig.6). Le numéro du profil le plus proche de celui du culot de coke obtenu est "l'indice de gonflement" du charbon, qui témoigne de la poussée des gaz inclus dans la masse fondue lors de la pyrolyse à l'abri de l'air.

Indice du dilatomètre Audibert-Arnu

L'essai Audibert-Arnu constitue l'un des paramètres retenus par la commission économique des Nations Unies à Genève (1956), en vue de la classification internationale des houilles d'après leur nature. Il a pour objet de donner une appréciation de l'aptitude à la cokéfaction d'une houille ou d'un mélange de houilles en ce qui concerne le ramollissement et le gonflement.

Dans un tube étroit calibré avec précision, on introduit un crayon de charbon pulvérisé moulé sous pression, sur lequel on place une tige calibrée en acier (piston), coulissant dans le tube. L'ensemble est chauffé à une allure constante bien définie. Une lecture régulière du déplacement du piston en fonction de la température permet, en l'exprimant en pourcentage de la longueur du crayon à l'origine, de tracer une courbe de déplacement du piston (fig.7).

Trois températures et deux pourcentages sont caractéristiques, mais on prend souvent la dilatation maximale b , qui représente le mieux le test d'Arnu. Si la courbe ne remonte pas à la hauteur initiale, cela signifie que le charbon ne gonfle pas, mais subit une contraction. L'indice Arnu est encore utilisé, mais il est négatif.

Pour les charbons à degré de houillification très faible ou très élevé, il n'y a ni contraction ni dilatation du charbon au cours du test d'Arnu, et l'indice Arnu est donc nul.

Indice Roga

L'indice Roga constitue aussi un des paramètres retenus par la commission économique des Nations Unies à Genève (1956). Il a pour objet l'estimation du pouvoir agglutinant du charbon dans des conditions normalisées.

L'indice Roga est déterminé par la résistance mécanique du coke obtenu par la carbonisation au creuset d'un mélange intime de 1g de charbon et 5g d'anthracite normalisé. Ce coke est ensuite soumis à un essai de résistance à la fragmentation au tambour et l'indice Roga est calculé à partir de ces résultats.

2.3 - Analyses élémentaires

On effectue couramment sur les charbons le dosage des éléments dont ils sont constitués; ces éléments sont, par ordre d'importance: le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, le soufre, l'azote, le chlore ...

2.4 - Analyses particulières

Les paramètres physico-chimiques décrits précédemment sont parfois insuffisants pour définir la qualité du charbon. Des analyses particulières sont alors nécessaires.

Analyses macérales

Le charbon est constitué pétrographiquement par des macéraux qui correspondent aux minéraux dans les autres roches. On distingue 3 groupes de macéraux: Vitrinite, Inertinite, Exinite, qui ont des propriétés physico-chimiques et optiques différentes.

La détermination des macéraux est réalisée à partir d'une section polie sous microscope par comptage statistique des différents macéraux.

Pouvoir réflecteur de la vitrinite (PRV)

L'expérience a montré que la quantité de lumière réfléchie par la vitrinite est d'autant plus grande que le degré de houillification du charbon est élevé. La mesure du "pouvoir réflecteur" de la vitrinite est de ce fait l'un des moyens principaux d'identification du rang des charbons.

La mesure du pouvoir réflecteur de la vitrinite nécessite une préparation de sections polies. Cette mesure s'effectue sous un microscope métallographique équipé d'un photomultiplicateur (cellule photo-électrique à multiplication d'électrons). La section polie est observée non par transparence mais par réflexion de la lumière sur les grains de vitrinite (télocollinite). Celle-ci est envoyée, suite au renversement d'un prisme, vers le photomultiplicateur alimenté par un courant électrique stabilisé. L'intensité du courant transmis par le photomultiplicateur est mesurée à l'aide d'un galvanomètre; elle est proportionnelle à la quantité de lumière entrant dans le photomultiplicateur.

Les résultats des mesures sont exploités statistiquement, 200 à 500 mesures à la Station Expérimentale de Marienau (Leyendecker 1981). On établit un réflectogramme qui est un histogramme des valeurs du PRV mesurées. Cet histogramme renseigne non seulement sur le rang du charbon mais aussi sur l'homogénéité ou l'hétérogénéité de ce charbon. Pour les charbons homogènes, la moyenne de ce réflectogramme des PRV mesurés est la plus représentative du rang.

Fusibilité des cendres

Pour les charbons destinés à la combustion industrielle, la fusibilité des cendres pose beaucoup de problèmes techniques et économiques. Le dépôt des cendres fondues sur les parois ou le fond des chaudières (scorification), diminue la conductivité thermique dans les chaudières. Cette scorification dépend, pour une grande part, de la fusibilité des cendres au cours de la combustion des charbons.

La détermination de la fusibilité des cendres s'effectue souvent en préparant une pyramide ou une pastille de cendres, chauffées dans

une atmosphère semi-réductrice obtenue en introduisant dans le four un mélange de gaz (50% H₂ et 50% CO₂). La loi de chauffage est strictement normalisée et 3 températures caractéristiques sont retenues.

----Température de déformation: température à laquelle apparaissent les premiers signes d'arrondissement de la pointe ou des arêtes de l'éprouvette (pyramide ou pastille).

----Température d'hémisphère: température à laquelle l'éprouvette forme approximativement un hémisphère, c'est-à-dire quand la hauteur devient égale à la moitié du diamètre de la base, d'après des observations visuelles.

----Température d'écoulement: température à laquelle les cendres s'étalent sur le support en une couche dont la hauteur égale un tiers de la hauteur qui avait l'éprouvette à la température d'hémisphère.

3 - CLASSIFICATION DES CHARBONS

Il y a longtemps que les exploitants de chaque pays ont été amenés à donner des noms aux charbons et à les classer. Les paramètres utilisés et les noms étaient toutefois différents d'un pays à l'autre. Généralement, les charbons étaient classés en fonction de l'indice de matières volatiles, et du résultat d'un essai de pyrolyse en vue de l'évaluation des propriétés cokéfiantes. Le manque de normalisation et de langage commun fut parfois gênant. Pour faciliter les discussions scientifiques et les transactions commerciales, les vendeurs et les acheteurs de charbon se sont rendu compte qu'il était indispensable d'établir une classification internationale. Ainsi, en 1949, la Commission Economique des Nations-Unies à Genève a constitué un groupe de travail pour établir une classification internationale. Ce travail s'est achevé en 1956, mais cette classification est malheureusement peu utilisée par les exploitants en raison de la complexité de la définition des charbons et de certains modes opératoires. Depuis longtemps, les défauts de cette classification internationale de 1956 ont été constatés et elle a du mal à être acceptée. C'est la raison pour laquelle une nouvelle classification internationale des charbons a été proposée par la CEE en 1988, qui remplace celle de 1956. Ce nouveau système de classification des charbons est plus précis et rigoureux, mais encore plus compliqué que celui de 1956.

En France, la classification internationale de 1956 n'était utilisée que par les spécialistes, par contre, la classification la plus fréquemment appliquée en France est celle de la Station Expérimentale de Marienau.

3.1 Classification internationale de 1956

Dans la classification internationale de 1956, les charbons sont désignés par un numéro de 3 chiffres. Pour établir ce numéro, 3 paramètres sont à prendre à considération:

- l'indice de matières volatiles ou le pouvoir calorifique supérieur sur humide.
- l'indice de gonflement ou l'indice Roga.
- le dilatomètre Audibert-Arnu ou l'essai Gray-King .

Les charbons sont d'abord classés suivant l'indice de matières volatiles du produit sec exempt de cendres (MV/pur), ce qui donne les 7 classes suivantes (tabl.2).

Les charbons dont l'indice de MV dépasse 33%, sont classés en fonction de leur pouvoir calorifique supérieur, calculé sur le produit humide, exempt des cendres (PCS/humide), ce qui donne les classes suivants (tabl.3).

N° de classe	MV/pur %	N° de classe	MV/pur %
0	$MV < 3$	3	$14 < MV \leq 20$
1a	$3 < MV \leq 6,5$	4	$20 < MV \leq 28$
1b	$6,5 < MV \leq 10$	5	$28 < MV \leq 33$
2	$10 < MV \leq 14$	6, 7, 8, 9	$MV > 33$

Tabl.2 - Distribution en classes d'après MV/pur

N° de classe	PCS/humide (kcal/kg)	MV/pur %
6	$7750 < PCS/h$	33 à 41
7	$7200 < PCS/h \leq 7750$	33 à 44
8	$6100 < PCS/h \leq 7200$	35 à 50
9	$5700 < PCS/h \leq 6100$	42 à 50

Tabl.3 - Distribution en classes (6 à 9) d'après le PCS/humide

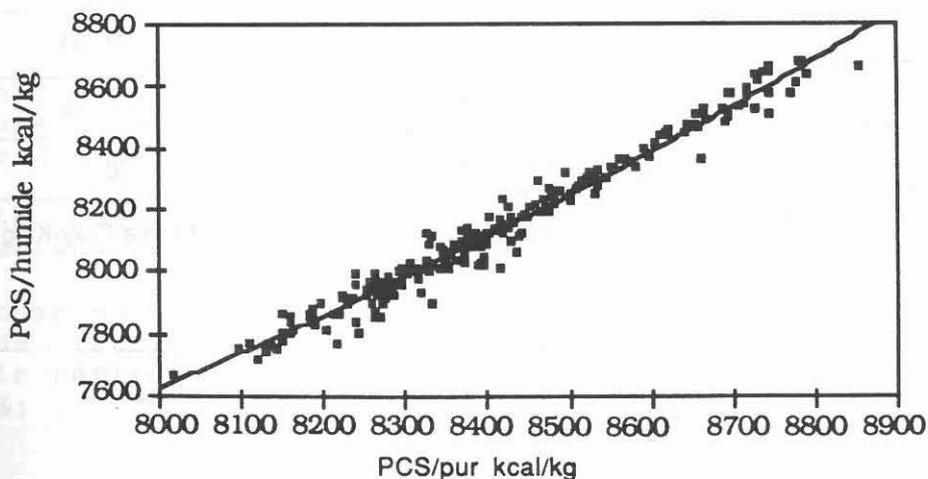


Fig. 8 - Relation entre le PCS/pur et le PCS/humide des charbons lorrains

N° de classe	PCS/humide (kcal/kg)	PCS/pur (kcal/kg)
6	7750<PCS/h	8133<PCS/p
7	7200<PCS/h<7750	7742<PCS/p<8133
8	6100<PCS/h<7200	6960<PCS/p<7742
9	5700<PCS/h<6100	6676<PCS/p<6960

Tabl.4 - Distribution en classes (6 à 9) d'après le PCS/pur

N° de groupe	Indice de gonflement	Indice Roga
0	compris entre 0 et 0,5	compris entre 0 et 5
1	compris entre 1 et 2	compris entre 5 et 20
2	compris entre 2,5 et 4	compris entre 20 et 45
3	supérieur à 4	supérieur à 45

Tabl.5 - Distribution en groupe d'après l'indice de gonflement ou l'indice Roga

N° de sous-groupe	Indice Arnu	Type de coke Gray-King
0	ne se ramollissant pas	A
1	contraction seulement	B-D
2	0 et au-dessous	E-G
3	compris entre 0 et 50	G1-G4
4	compris entre 50 et 140	G5-G8
5	supérieur à 140	G8

Tabl.6 - Distribution en sous-groupe d'après l'indice Arnu ou type de coke Gray-King

En réalité, à cause des difficultés expérimentales, les analyses de PCS/humide sont moins courantes que celles de PCS/pur. Pour cette raison, j'ai établi, dans les charbons lorrains, une corrélation qui est excellente, entre le PCS/pur et le PCS/humide (fig.8). La formule de la corrélation est la suivante:

$$\text{PCS/pur} = 2623 + 0,711 \times \text{PCS/humide}$$

On peut donc ranger les charbons en classes à partir du PCS/pur (tabl.4), qui est un paramètre plus souvent analysé.

11 classes sont établies à partir de MV et de PCS. Le numéro de classe donne le premier chiffre dans la classification internationale.

Après avoir été répartis dans les classes mentionnées ci-dessus, les charbons sont subdivisés en groupes en fonction de leur indice de gonflement ou de leur pouvoir agglutinant (indice Roga).

4 groupes sont établis (tabl.5), qui représentent le deuxième chiffre du numéro du type dans la classification internationale.

Après la répartition dans les groupes décrits ci-dessus, les charbons sont subdivisés encore en sous-groupes en fonction de leur aptitude à la cokéfaction (essai d'Arnu ou type de Gray-King). L'établissement des sous-groupes est donné dans le tableau 6.

Le numéro de sous-groupe représente le 3ème chiffre dans le numéro des charbons dans la classification internationale de 1956.

En fait, pour la plupart des charbons du monde, seules certaines combinaisons de ces 3 chiffres de classe, de groupe et de sous-groupe sont possibles (tabl.7). Ces combinaisons par convention constituent la classification internationale de 1956 de Genève.

3.2 - Codification internationale des charbons de 1988

Cette codification représente le système international pour les charbons de rang moyen et de rang supérieur, établi par le groupe d'experts de l'utilisation et de la préparation des combustibles solides du comité du charbon de la CEE. Ce système de codification permettra d'éviter toute ambiguïté dans les rapports entre les producteurs, les vendeurs et les acheteurs de charbon quant aux exigences de qualité requises en vue d'une utilisation déterminée.

Dans cette nouvelle codification, on sépare d'abord les charbons de rang inférieur et de rang plus élevé:

---les charbons de rang inférieur: le pouvoir calorifique supérieur sur humide (PCS/humide) est inférieur à 24 MJ/kg (5700 kcal/kg), et le pouvoir réflecteur aléatoire moyen de la vitrinite est plus petit que 0,60%;

GROUPS — GROUPE			CODE NUMBERS — NOMBRES CONVENTIONNELS									SUB-GROUPS — SOUS-GROUPES										
(determined by caking properties)			(determined d'après le pouvoir agglutinable)									(determined by caking properties)			(determined d'après le pouvoir agglutinable)							
Group number N° de groupe	Alternative group parameters Paramètre de détermination du groupe (au choix)		The first figure of the code number indicates the class of the coal, determined by volatile matter content up to 31% V.M. and by calorific parameter above 31% V.M. Le premier chiffre du nombre conventionnel indique la classe déterminée d'après l'indice M.V. (Charbons contenant jusqu'à 31% de M.V. ou par paramètre de pouvoir calorifique (charbons contenant plus de 31% M.V.)									Sub-group number N° de sous-groupe	Alternative sub-group parameters Paramètre de détermination de sous-groupe (au choix)									
	Crucible-swelling number Indice du gonflement au creuset	Roga index Indice Roga	The second figure indicates the group of coal, determined by caking properties. Le deuxième chiffre indique le groupe, déterminé d'après le pouvoir agglutinable. The third figure indicates the sub-groups, determined by caking properties. Le troisième chiffre indique le sous-groupe, déterminé d'après le pouvoir agglutinable.										Diameter Essai diamétrique	Gray King Essai Gray King								
3	>4	>45										435	535	635				5	>140	>G8		
2	2½-4	>20-45																				
1	1-2	>5-20																				
0	0-½	0-5																				

Class number — N° de la classe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Volatile matter (daf) Matières volatiles (produit au séchage des charbons)	0-3	>3-10	>10-14	>14-20	>20-28	>28-33	>33	>33	>33	>33
Calorific parameter Paramètre de pouvoir calorifique* (Produit (nombre exemple de calories)	-	-	-	-	-	-	>7 750	>7 200 - 7 150	>6 100 - 7 200	>5 700 - 6 100

Class	6	7	8	9
Class 6	31-41%			
Class 7		31-46%		
Class 8			35-50%	
Class 9				42-50%

CLASSES

(determined by volatile matter up to 31% V.M. and by calorific parameter above 31% V.M.) — (déterminées d'après l'indice de matières volatiles (charbons contenant jusqu'à 31% de M.V. ou par paramètre de pouvoir calorifique). Les bornes sont en pourcentage de M.V.)

Tabl.7 - Classification internationale des charbons par nature de 1956, Nations Unies

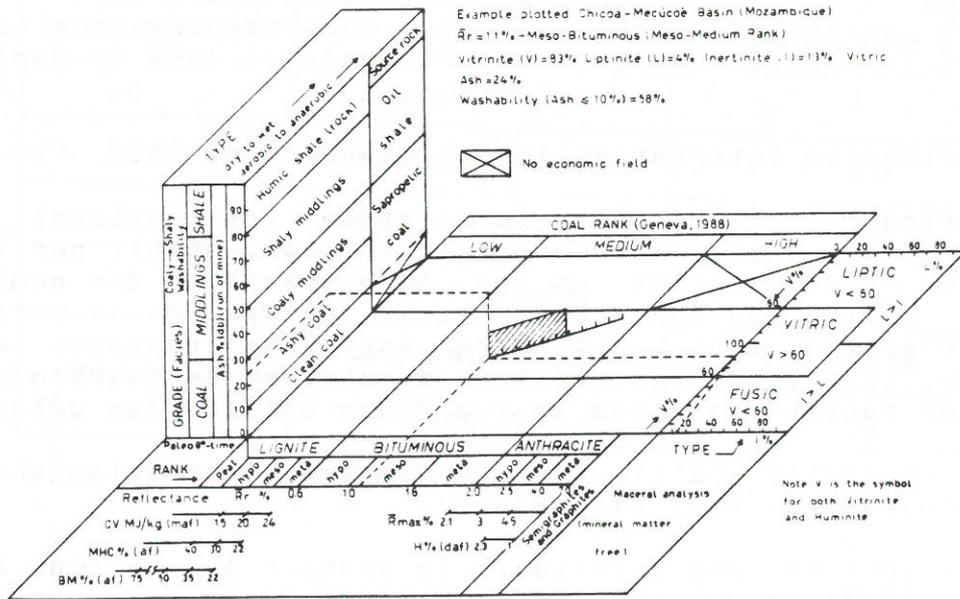


Fig. 9 - Alpern's classification des charbons

---- les charbons de rang moyen et supérieur: le pouvoir calorifique supérieur sur humide est égal ou supérieur à 24 MJ/kg (quel que soit le pouvoir réflecteur aléatoire moyen de la vitrinite). Ou bien le PCS/humide est plus petit que 24 MJ/kg, mais le pouvoir réflecteur aléatoire moyen de la vitrinite est égal à ou plus grand que 0,60%.

Dans cette codification, les paramètres de base sont nombreux, chaque charbon de rang moyen ou supérieur est caractérisé par un code chiffré comportant 14 chiffres qui expriment la valeur des 8 paramètres décrits ci-après:

---- pouvoir réflecteur aléatoire moyen de la vitrinite	2 chiffres
---- caractéristiques du réflectogramme	1 chiffre
---- indice de la composition macérale	2 chiffres
---- indice de gonflement	1 chiffre
---- indice de matières volatiles sur pur	2 chiffres
---- teneur en cendres du charbon sec	2 chiffres
---- teneur totale en soufre du charbon sec	2 chiffres
---- pouvoir calorifique supérieur sur pur	2 chiffres

	14 chiffres

La codification de ces paramètres est présentée dans le tableau 8, chaque combinaison de ces codes constitue un numéro qui représente la qualité de ce charbon (08 0 03 3 36 07 08 34, par exemple).

3.3 - Classification universelle des charbons (Alpern's classification)

Alpern a proposé une classification universelle des charbons en 1979, quand il était en activité au CERCHAR. Cette classification a été beaucoup présentée et publiée par l'auteur dans les grands congrès internationaux (Alpern 1981, 1987, 1988, 1989). A l'heure actuelle, cette classification a été acceptée par plusieurs grandes organisations comme ICCP et la CEE.

Dans Alpern's classification, les charbons sont classés par 3 paramètres: Rang, Type, Faciès.

---- Le Rang: est mesuré par la réflectance de l'Huminite-Vitrinite sur les échantillons. Les charbons (et les lignites) sont classés en 3 groupes par leur rang:

Lignite:	$R_r < 0,60\%$
Houille (Bituminous):	$0,60\% \leq R_r < 2,00\%$
Anthracite:	$R_r > 2,00\%$

---- Le Type: est la composition macérale des charbons: Vitrinite (V), Liptinite (L, exinite), Inertinite (I). Les charbons sont classés en:

Vitrique:	$V \geq 60\%$ à 100%
Fusique:	$I > L, V < 60\%, I > 20\%$ à 100%
Liptique:	$L > I, V < 60\%, L > 20\%$ à 100%

No de code	Pouvoir réfecteur aléatoire moyen de la vitrine	Caractéristiques du réflectogramme voir tableau B	Indice de la composition en groupes de macéraux, en % du volume, matières minérales déduites		Indice de gonflement au creuset	Taux de matières volatiles (% de la masse, produit sec, cendres déduites)		Cendres % de la masse, produit sec	Soufre total % de la masse, produit sec	Pouvoir calorifique supérieur du produit sec, cendres déduites MJ/kg
			4 - Inertinite	5 - Liptinite		7,8	9,10			
02	0.20-0.29	3	0	0-<10	0	0- 1/2	48	00	0.0-<0.1	21
03	0.30-0.39	1	1	10-<20	1	1-1 1/2	46	01	0.1-<0.2	22
04	0.40-0.49	2	2	20-<30	2	2-2 1/2	44	02	0.2-<0.3	23
05	0.50-0.59	3	3	30-<40	3	3-3 1/2	42	03	0.3-<0.4	24
06	0.60-0.69	4	4	40-<50	4	4-4 1/2	40	04	0.4-<0.5	25
07	0.70-0.79	5	5	50-<60	5	5-5 1/2	39	05	0.5-<0.6	26
08	0.80-0.89	6	6	60-<70	6	6-6 1/2	36	06	0.6-<0.7	27
09	0.90-0.99	7	7	70-<80	7	7-7 1/2	34	07	0.7-<0.8	28
10	1.00-1.09	8	8	80-<90	8	8-8 1/2	32	08	0.8-<0.9	29
11	1.10-1.19	9	9	>90	9	9-9 1/2	30	09	0.9-<1.0	30
12	1.20-1.29	0	0	exempté	0	0	28	10	1.0-<1.1	31
13	1.30-1.39	1	1	>0-<5	1	1-1 1/2	26	11	1.1-<1.2	32
14	1.40-1.49	2	2	5-<10	2	2-2 1/2	24	12	1.2-<1.3	33
15	1.50-1.59	3	3	10-<15	3	3-3 1/2	22	13	1.3-<1.4	34
16	1.60-1.69	4	4	15-<20	4	4-4 1/2	20	14	1.4-<1.5	35
17	1.70-1.79	5	5	20-<25	5	5-5 1/2	18	15	1.5-<1.6	36
18	1.80-1.89	6	6	25-<30	6	6-6 1/2	16	16	1.6-<1.7	37
19	1.90-1.99	7	7	30-<35	7	7-7 1/2	14	17	1.7-<1.8	38
20	2.00-2.09	8	8	35-<40	8	8-8 1/2	12	18	1.8-<1.9	39
21	2.10-2.19	9	9	>40	9	9-9 1/2	10	19	1.9-<2.0	>39
22	2.20-2.29	0	0		0		09	20	2.0-<2.1	
23	2.30-2.39	08	08		08		08	21	2.1-<2.2	
24	2.40-2.49	07	07		07		07	22	2.2-<2.3	
25	2.50-2.59	06	06		06		06	23	2.3-<2.4	
26	2.60-2.69	05	05		05		05	24	2.4-<2.5	
27	2.70-2.79	04	04		04		04	25	2.5-<2.6	
28	2.80-2.89	03	03		03		03	26	2.6-<2.7	
29	2.90-2.99	02	02		02		02	27	2.7-<2.8	
30	3.00-3.09	01	01		01		01	28	2.8-<2.9	
31	3.10-3.19							29	2.9-<3.0	
32	3.20-3.29							30	3.0-<3.1	
33	3.30-3.39									
34	3.40-3.49									
35	3.50-3.59									
36	3.60-3.69									
37	3.70-3.79									
38	3.80-3.89									
39	3.90-3.99									
40	4.00-4.09									
41	4.10-4.19									
42	4.20-4.29									
43	4.30-4.39									
44	4.40-4.49									
45	4.50-4.59									
46	4.60-4.69									
47	4.70-4.79									
48	4.80-4.89									
49	4.90-4.99									

Code	Ecart type	Type
0	≤ 0,1	Charbon de veine
1	> 0,1 ≤ 0,2	Mélange simple
2	> 0,2	Mélange complexe
3	1 discontinuité	Mélange avec 1 discontinuité
4	2 discontinuités	Mélange avec 2 discontinuités
5	Plus de 2 discontinuités	Mélange avec plus de 2 discontinuités

Tabl.8 - Codification internationale des charbons de rang moyen et de rang supérieur de 1988, Nations Unies

D'après Alpern, le Type des charbons représente le milieu de déposition et de décomposition des débris végétaux. Du Type Fusique au Type Vitrique et au Type Liptique exprime le passage de milieux franchement continentaux arborescents secs à des milieux de plus en plus humides lacustres et parfois lagulaires. Les processus de décomposition, d'aérobie deviennent anaérobie et les débris végétaux fusinisés sur le continent deviennent gélifiés lorsque la couverture aqueuse monte rapidement en fonction de la vitesse de subsidence et de la tectonique (Alpern 1981).

---- Le Faciès: correspond à la teneur en cendres du produit brut, extrait de mine ou de forage.

Le schéma de classification (fig.9) permet le pointage graphique des veines ou groupe de veines à classer sur les 3 axes.

3.4 - Classification de la Station Expérimentale de Marienau

Cette classification est en France la plus utilisée; elle est basée surtout sur l'indice de MV et l'indice de gonflement (tabl.9).

3.5 - Classification des charbons en Chine

En Chine, la classification des charbons a été établie à la fin de 1956; elle est influencée par les classifications soviétiques. Dans cette classification, les paramètres de base sont: l'indice de MV sur pur et l'épaisseur maximale de la masse fondue du semi-coke (Ymm). En fonction de ces deux paramètres, on a classé les charbons en 10 types et 19 subdivisions (tabl.10).

4. HOUILLIFICATION ET RANG DES CHARBONS

Le terme "houillification" est fréquemment utilisé, mais sa signification exacte est assez mal définie. Dans un sens général, la houillification représente un processus très complexe de maturation du charbon, allant du bois aux tourbes, aux lignites, aux houilles et enfin aux antracites. La houillification se manifeste par un processus d'enrichissement en carbone puis d'orientation moléculaire au sein du charbon. Le stade atteint par cette houillification est appelé le Rang, déterminé par la mesure de paramètres établis suivant des normes bien définies.

En fait, aucun paramètre n'est parfait pour caractériser le rang d'un charbon, le problème est de savoir quel paramètre le reflète le mieux. On utilise souvent le PRV comme un paramètre le plus efficace pour définir le rang des charbons. Une valeur de PRV de 0,60% marque la limite des lignites et des charbons (cette limite est parfois complétée par le PCS/humide). Aux usages industriels, on utilise souvent plusieurs paramètres industriels en même temps, pour désigner au mieux la qualité et le rang du charbon. Cependant, les variations de ces paramètres sont plus ou moins irrégulières et non

Dénomination du charbon	Ind. des Mat. vol. sur pur	I.O. Afnor	Dilatometre Arnu	P.R.V. moyen	P.C.S. sur pur
Flambants secs	39 - 44	0,5 - 2	uniquement faible contraction	< 0,6	7 950 - 8 150
Flambants gras B	38 - 41	2 - 4	uniquement contraction	0,6 - 0,75	8 150 - 8 250
Flambants gras A	37 - 41	4 - 6,5	- 30 à + 10	0,75 - 0,85	8 250 - 8 400
Gras B	35 - 39	6,5 - 7,5	+ 10 à + 50	0,85 - 0,95	8 400 - 8 600
Gras A	30 - 35	7,5 - 8,5	+ 50 à + 140	0,95 - 1,15	8 600 - 8 750
Gras à coke B	26 - 30	7,5 - 9	+ 80 à + 200	1,15 - 1,35	8 650 - 8 750
Gras à coke A	21 - 26	8 - 9	+ 50 à + 100	1,35 - 1,50	8 650 - 8 750
3/4 Gras	18 - 21	8 - 9	+ 20 à + 50	1,50 - 1,60	8 650 - 8750
1/2 Gras	13 - 18	2 - 6	uniquement contraction	1,60 - 1,80	
1/4 Gras	12 - 16	1 - 2	uniquement contraction	1,80 - 2,0	
Maigres	8 - 12	0	-	2 à 3	
Anthracite	< 8	0	-	> à 3	

Tabl. 9 - Classification des charbons adoptée par la Station Expérimentale de Marienau en 1984

Classification		paramètres	
Groupes	Subdivisons	MV/pur %	Y (mm)
Anthracite		0 - 10	
Pauvre		> 10 - 20	0 (en poudre)
Maigre	Maigre 1	> 14 - 20	0 (en morceau)
	Maigre 2	> 12 - 20	> 8 - 12
Coke	Maigre coke	> 14 - 18	> 12 - 25
	Coke principale	> 18 - 26	> 12 - 25
	Coke maigre	> 20 - 26	> 8 - 12
	Coke gras 1	> 26 - 30	> 9 - 14
	Coke gras 2	> 26 - 30	> 14 - 25
Gras	Gras 1	> 26 - 37	> 25 - 30
	Gras 2	> 26 - 37	> 30
	Gras coke 1	< 26	> 25 - 30
	Gras coke 2	< 26	> 30
	Gras	> 37	> 25
Charbon à gaz	Gras à gaz 1	> 30 - 37	> 9 - 14
	Gras à gaz 2	> 30 - 37	> 14 - 25
	Charbon à gaz 1	> 37	> 5 - 9
	Charbon à gaz 2	> 37	> 9 - 14
	Charbon à gaz 3	> 37	> 14 - 25
Charbon à faible agglutination	N° 1	> 20 - 26	0 (morceau) - 8
	N° 2	26 - 37	0 (morceau) - 9
Charbon non agglutiné		20 - 37	0 (poudre)
Flambants		> 37	0 - 5
Lignite		> 40	

Tabl. 10 - Classification chinoise des charbons de 1956

linéaires tout au long de l'évolution du charbon. la sensibilité de variation d'un paramètre change d'une gamme à l'autre, ce qui explique l'absence d'un "paramètre magique" pour définir tous les rangs des charbons. Par convention, les paramètres utilisés pour l'évaluation des rangs des charbons carbonifères du hémisphère Nord sont: teneur en eau de rétention, pouvoir calorifique, teneur en carbone, indices de matières volatiles et le pouvoir réflecteur de la vitrinite (Stach et al 1975).

D'après Chiche (1989), la houillification du charbon se traduit par toute une série de réactions parallèles ou consécutives dont les principales sont les suivantes:

---- décarboxylation ou élimination d'anhydride carbonique CO_2 à partir des groupes carboxyles COOH ;

---- déshydroxylation, ou élimination d'eau à partir des groupes hydroxyles OH ;

---- désalkylation, ou élimination, en majeure partie sous forme de méthane CH_4 , des chaînes latérales telles que les groupes méthyles CH_3 ;

---- déshydrogénation ou aromatisation, correspondant à une élimination d'hydrogène à partir des groupes CH_2 naphténiques avec transformation des cycles hydroaromatiques ou naphténiques en cycles aromatiques;

---- condensation de systèmes cycliques ou polycycliques avec élimination d'hydrogène et formation de liaisons directes C-C et de nouveaux cycles aromatiques.

Toutes ces réactions ne sont pas régulières et linéaires tout au long de la houillification du charbon. Les études antérieures ont confirmé que des transformations brutales apparaissent à quatre stades de houillification, appelées sauts de houillification (Stach et al 1975).

Le premier saut de houillification se situe à la limite lignite/houille (C=80%, MV=43%, PRV=0,6%), qui affecte toute la fraction à tendance hydrogénée (bitumineuse) des charbons. Des produits bitumineux renforcent brutalement les spectres de fluorescence et sont adsorbés dans les pores de la vitrinite. C'est à ce stade que se forme la micrite, à partir des diverses exinites: sporinite, résinite,...

Le deuxième saut de houillification se trouve au stade de charbon à coke (C=87%, MV=29%, PRV=1,3%); il est dû principalement à la transformation brutale de l'exinite. A ce stade, l'exinite qui est riche en matière lipidique, perd brutalement et rapidement ses groupements fonctionnels (Robert 1985). L'engagement soudain du carbone dans les cycles aromatiques confère une nouvelle rigidité aux charbons. Ce saut correspond donc à une diminution brutale et importante du taux de MV et à une augmentation brutale de PR des exinites. Ce saut entraîne aussi des variations de PCS, de

plasticité, et d'agglutination maximales, ainsi que des variations d'humidité et de densité minimales.

Le 3ème saut de houillification se situe au stade des maigres (C=91%, MV=8%, PRV=2,5%) et le 4ème saut au stade d'anhracite (C=93,5%, MV=4%, PRV=3,7). A ces deux stades, l'élimination de l'hydrogène sous forme de CH₄ s'accélère et la réorganisation moléculaire est le phénomène majeure.

5 - CONSTITUTION PETROGRAPHIQUE DES CHARBONS (LES MACÉRAUX)

Les observations microscopiques nous révèlent que le charbon est composé de constituants appelés Macéreaux. Ceux-ci sont des débris de plantes houillifiées et des produits de dégradation d'origine végétale. Les macéreaux ont été rassemblés en 3 groupes d'après leurs propriétés optiques et physico-chimiques.

5.1 - Groupe de la vitrinite

De composition originelle ligno-cellulosique, la vitrinite est le macéral le plus abondant dans les charbons humiques. La formation de la vitrinite exige une subsidence rapide de la surface du dépôt; celle-ci permet de garder le matériel organique submergé et par conséquent à l'abri de toute oxydation. La vitrinite est constituée, en partie, de tissus végétaux et, en partie, d'un produit de la macération de l'ensemble des substances végétales. Au cours de la gélification, la macération entraîne un déplacement sous forme fluide de matières d'origine ligno-cellulosique. C'est la raison pour laquelle la vitrinite cimente souvent les autres macéreaux et présente un aspect plus homogène.

La composition chimique de la vitrinite est intermédiaire entre celle de deux autres groupes de macéreaux (inertinite et exinite). Le comportement de la vitrinite au cours de la houillification est aussi presque toujours intermédiaire entre celui de l'inertinite et celui de l'exinite. Les propriétés optiques de la vitrinite montrent une remarquable continuité de variation sur une grande gamme de houillification (PRV <2,00%). C'est pourquoi on a choisi le pouvoir réflecteur de la vitrinite comme un indicateur représentatif du rang des charbons.

5.2 - Groupe de l'inertinite

De composition ligno-aromatique, les inertinites constituent la partie la plus condensée des matières charbonneuses. Elles correspondent à des tissus végétaux ayant subi une altération aérobie précoce responsable de leurs propriétés dominantes. On accepte classiquement que les macéreaux du groupe de l'inertinite se forment par une oxydation de ces débris végétaux en présence des bactéries aérobies quand la tranche d'eau du milieu de dépôt baisse, exposant ainsi le matériel végétal à l'air. Cependant, une partie de l'oxydation peut être due à des feux de forêt. La transformation par oxydation des substances végétales en inertinite est appelée aussi "fusinisation". La formation des inertinites a lieu avant ou pendant

la déposition des débris végétaux, elle peut aussi se manifester au stage précoce des tourbes. Cependant, la plupart des inertinites n'atteint leurs propriétés que dans les charbons, mais pas dans les tourbes et les lignites. C'est la raison pour laquelle qu'on trouve souvent plus de l'inertinite dans les charbons que dans les lignites et les tourbes (Teichmüller 1989).

La fusinisation entraîne dans l'inertinites une concentration plus importante en carbone parmi les 3 groupes de macéraux. Par contre, elle est le plus pauvre en hydrogène. Le taux de matières volatiles est le plus faible dans les inertinites qui est la plus aromatisée. Les propriétés cokéfiantes de ce macéral sont dégradées, ce qui correspond au nom "inertie". Enfin, ce groupe de macéraux se caractérise par son pouvoir réflecteur plus élevé que celui des autres.

5.3 - Groupe de l'exinite

Les exinites proviennent de substances de plantes relativement riches en hydrogène (sporopollénine, cutine, subérine, résines, cires, huiles...), ainsi que de matières algaires dont la composition chimique est voisine des sécrétions végétales aliphatiques. La plupart de ces substances sont très résistantes à l'oxydation et à l'altération.

Ce groupe macéral se caractérise par son pouvoir réfléchissant qui est le plus faible des 3 groupes de macéraux. A dominante aliphatique, le groupe de l'exinite est le plus riche en hydrogène et le plus pauvre en carbone des 3 groupes de macéraux. Son degré d'aromatisation est aussi le plus faible. D'un aspect lipide, les exinites présentent une grande richesse en matières volatiles. Leurs propriétés cokéfiantes sont meilleures avec l'aptitude de gonflement la plus forte parmi ces 3 groupes de macéraux.

En fait, les propriétés physico-chimiques et optiques de ces 3 groupes de macéraux s'approchent avec la progression du rang des charbons et se rejoignent au stade du rang très élevé (Anthracite).

6 - CONSTITUTION ET COMPOSITION CHIMIQUES DES CHARBONS

Le charbon comprend toujours une fraction majeure de matière organique dont la détermination est redoutable, à cause de la complexité de sa structure. Il ne s'agit en aucune façon de corps purs au sens chimique, mais de "macromolécules" dont la masse moléculaire est très élevée et variable. La connaissance de ces macromolécules est très difficile, si bien que, depuis longtemps, plusieurs modèles de constitution à partir de carbone, d'oxygène, d'hydrogène et d'hétéroatomes (S, N, Cl...) sont proposés, qui présentent de grandes différences suivant les auteurs.

Le caractère macromoléculaire et la très faible solubilité de la plupart des charbons en rendent extrêmement ardue toute étude de structure. A l'heure actuelle, on dispose de plusieurs méthodes d'étude groupées en 3 catégories en fonction de leur principe et de

leur signification.

Les analyses élémentaires: fournissent les concentrations des différents éléments constitutifs: le carbone, l'oxygène, l'hydrogène, le soufre, l'azote, le chlore, ... Les résultats ainsi obtenus ne permettent toutefois pas de tirer de conclusion précise quant à leur agencement au sein de la matière.

Les méthodes de dégradation ménagée: sont la solvolysse, la pyrolyse, l'oxydation et l'hydrogénation qui sont les plus couramment appliquées, suivies de méthodes analytiques chimiques (Chromatographie gaz, Spectroscopie de masse ect.).

Les méthodes directes: sont la spectrométrie Infrarouge, la diffraction aux Rayons X, la Résonance Magnétique Nucléaire, la spectroscopie dans l'ultraviolet. Ce sont les méthodes qui renseignent sur la structure et les différentes liaisons au sein de la matière organique.

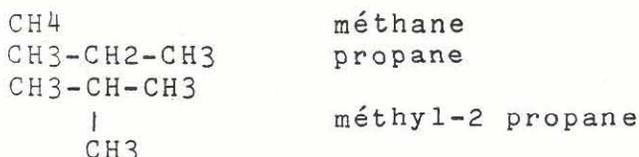
Bien que la structure moléculaire des charbons soit appelée un "casse-tête" par les chercheurs français, notre connaissance dans ce domaine progresse.

Le carbone, élément le plus important, est tétravalent; il possède quatre liaisons équivalentes dirigées vers les quatre sommets d'un tétraèdre régulier. Ces quatre liaisons sont toujours présentes dans la combinaison avec d'autres éléments.

On distingue d'abord dans le charbon les composés aliphatiques et cycliques.

---- Les composés aliphatiques:

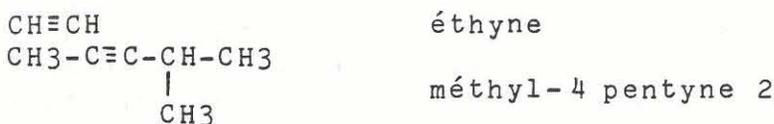
-- composés saturés, appelés aussi alcanes, de formule générale C_nH_{2n+2} :



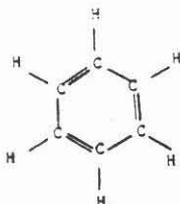
-- composés non saturés comportant une ou plusieurs liaisons doubles dans la molécule appelés aussi alcènes. La formule des alcènes à une seule double liaison est C_nH_{2n} :



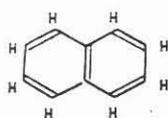
-- composés non saturés comportant une ou plusieurs liaisons triples appelés aussi alcynes. La formule générale des alcynes à une seule triple liaison est C_nH_{2n-2} :



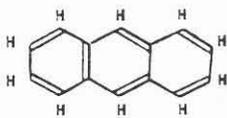
---- Les composés cycliques sont constitués le plus souvent d'un ou plusieurs cycles saturés ou non penta- et surtout hexagonaux. Dans ces cycles hexagonaux, il faut citer en tout premier lieu les composés les plus stables de la chimie organique, les hydrocarbures aromatiques, dont le plus simple est le benzène C_6H_6 où les atomes de carbone dessinent un hexagone régulier où alternent trois liaisons simples et trois liaisons doubles dites conjugués:



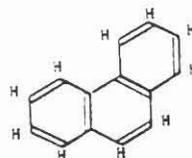
Plusieurs cycles benzéniques peuvent s'associer:



naphthalène $C_{10}H_8$



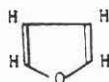
anthracène $C_{14}H_{10}$



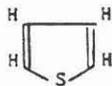
phénanthrène



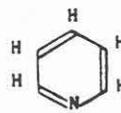
Il existe aussi, dans les molécules du charbon, des cycles penta- ou hexagonaux, aromatiques ou non, où un ou plusieurs hétéroatomes (O, N, S, Cl...) sont introduits:



furanne C_4H_4O



thiophène C_4H_4S



pyridine C_5H_5N

Depuis longtemps, malgré une connaissance incomplète de la structure chimique du charbon, on a défini des "unités structurales" dans l'ensemble des molécules. Chaque unité structurale est un noyau comportant plusieurs cycles aromatiques associés et les chaînes latérales liées avec ce noyau (fig.10). Les unités se rattachent l'une à l'autre par une liaison des hétéroatomes ou des chaînes latérales aliphatiques.

Au fur et à mesure de la houillification, les unités structurales évoluent dans le sens d'un accroissement par une condensation des cycles aromatiques et par une élimination des hétéroatomes et des composés aliphatiques. Cette houillification entraîne une graphitisation de la structure moléculaire dans les charbons de rang élevé (anthracite, par exemple).

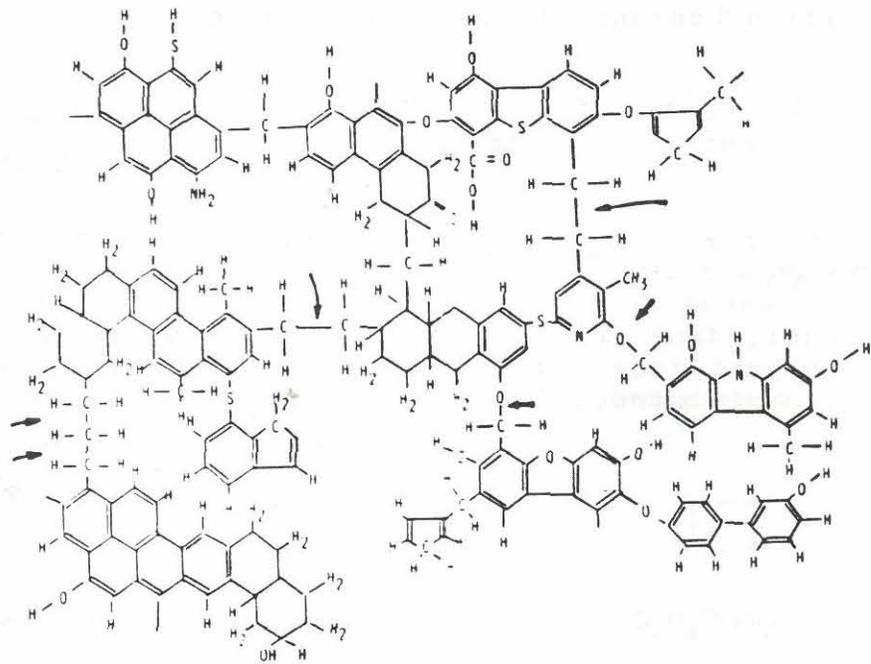


Fig. 10 - Chéma synthétique de la structure du charbon (in Chiche 1989)

CHAPITRE III

QUALITE DES CHARBONS LORRAINS

CHAPITRE III

LA QUALITE DES CHARBONS LORRAINS

1 - GENERALITES

Depuis les années 50, pour des raisons diverses (exploitation et commercialisation des charbons), la Station Expérimentale de Marienau a effectué un très grand nombre d'analyses de qualité sur les charbons lorrains. Les analyses sont réparties dans toute la concession des HBL, sur les échantillons de sondages ou de galeries. Ce travail traite seulement de la qualité des charbons dans les sièges actuellement exploités (Simon, Marienau, Reumaux, Vouters), afin de donner un guide de la distribution de la qualité des charbons lorrains pour les exploitants et pour ceux qui commercialisent le charbon. Pour cette raison, la description de la distribution de qualité des charbons, veine par veine et siège par siège, est indispensable dans les sièges en activité, quelque soit ce chapitre ressemblait à un catalogue.

La qualité d'un charbon est estimée de diverses façons par les différents utilisateurs. Un bon charbon à coke n'est pas un bon charbon pour les centrales thermiques. En Lorraine, les rangs des charbons sont relativement faibles (des Flambants secs aux Gras A), on considère que la qualité d'un charbon est d'autant plus intéressante que son rang est élevé, quelle que soit l'utilisation envisagée. Cette qualité est représentée par les différents paramètres industriels (analyses immédiates: indice de MV, PCS/pur, taux de cendres; propriétés cokéfiantes: indice de gonflement, indice Arnu; analyses élémentaires: teneurs en carbone, en oxygène, en hydrogène, en soufre et en chlore). Pour faciliter la présentation, on a réalisé les diagrammes en tenant compte la variation des moyennes des valeurs d'un paramètre en fonction de la profondeur d'exploitation. Ce qui est intéressant de suivre la variation de qualité des charbons dans les profondeurs d'exploitation.

Les données traitées dans ce travail concernent seulement les veines exploitables, en les groupant par leur analogie de qualité et par leur position stratigraphique voisine.

2 - QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE SIMON

2.1 - Présentation du siège de Simon

Situé au NE de la concession des HBL, le siège de Simon est sur l'anticlinal de Simon, à proximité de la frontière franco-allemande. Il comprend cinq champs d'exploitation (fig.11). Les champs Est et Nord ne sont plus exploités et les 3 autres champs (champs ouest, dressants, plateures) le sont actuellement. Les dressants sont à moins de 600m et les plateures sont à plus de 900m de profondeur dans le flanc SE.

L'exploitation des charbons s'effectue dans les "Flambants Supérieurs" et les "Flambants Inférieurs". Les anciens travaux ont exploité aussi les Gras de la partie inférieure du Westphalien C (voir fig.4).

Les veines exploitées actuellement au siège de Simon sont de haut en bas:

---- dans les "Flambants Supérieurs": K, J, C

---- dans les "Flambants Inférieurs": Henri, Wohlwert, 5b-6, 10-11, 12b, 13-14

---- la veine St Jean a été exploitée aux champs ouest, dans les anciens travaux.

2.2 - Veines K et J

Les veines K et J se trouvent au sommet des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang) au siège de Simon. Elles existent seulement sur le flanc SE de l'anticlinal de Simon et elles sont érodées sur le flanc NW. Actuellement, on les exploite surtout dans le champ des plateures de Creuzberg en grande profondeur.

La veine K a une puissance de 3,50m environ et la veine J de 2,50m environ.

2.2.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV de ces deux veines sont relativement élevés ce qui témoigne de leur faible degré de houillification. Ils sont de 40% dans les dressants et diminuent jusqu'à 37% dans les plateures (fig. 12A). Dans ces deux veines et surtout dans la veine K, on constate qu'il existe une diminution importante et brutale des indices de MV quand on passe des dressants aux semidressants à 600m de profondeur. Au sein des dressants et au sein des semidressants et des plateures, les indices de MV ne varient pas beaucoup avec la profondeur. Ceci nous conduit à penser que la relation entre les indices de MV et la profondeur est mauvaise. La diminution importante des indices de MV de la veine K à 600m n'est pas attribuable à augmentation de profondeur.

En raisons diverses, l'analyse macérale de la veine K dans les dressants et dans les plateures n'a pas pu faire. 3 échantillons prélevés dans les plateures ont montré une richesse en inertinite par une estimation dans les lames minces. En fait, la veine K se situe au sommet des "Flambants Supérieurs", surmontée souvent directement par des bancs massifs de grès et de conglomérats dans les semidressants et dans les plateures. Les analyses macérales des veines Louise et Frieda

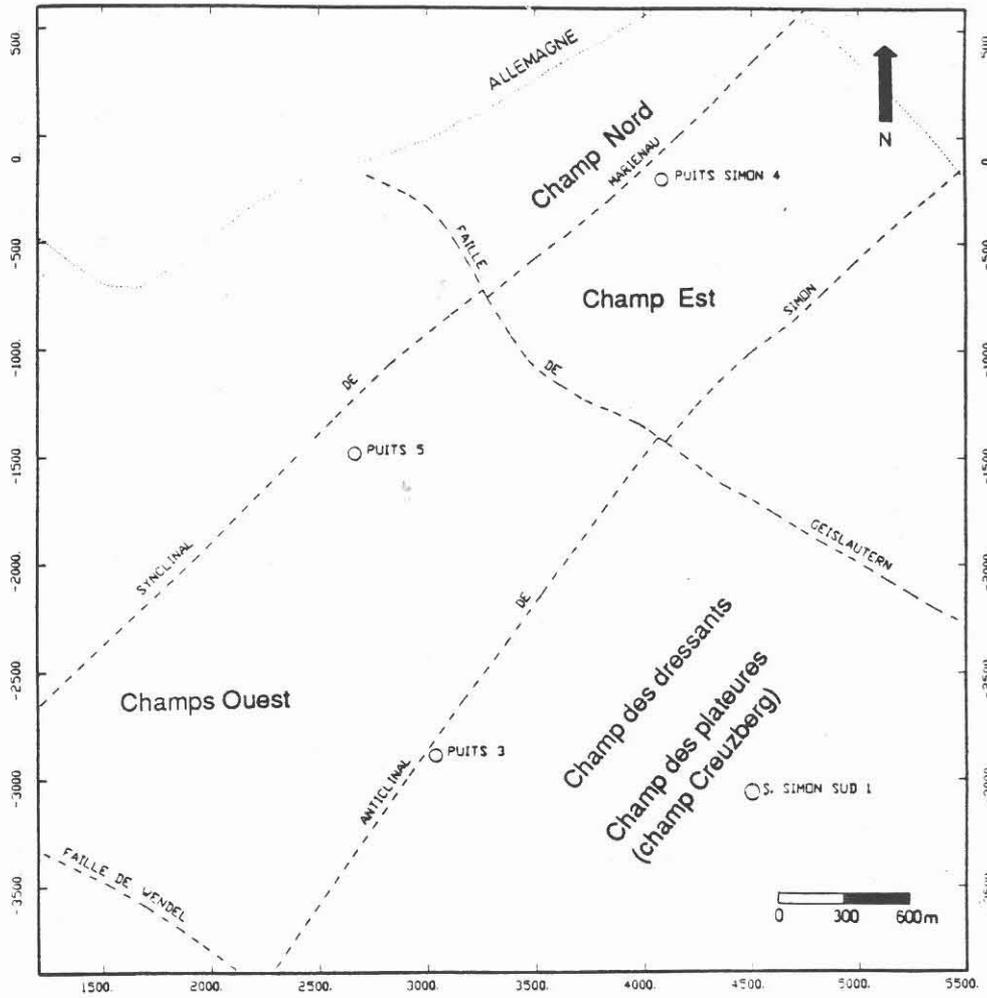


Fig. 11 - Carte d'exploitation du siège de Simon

5 (Siège Reumaux) qui sont les veines en même situation lithologique que la veine K, ont montré aussi une richesse en inertinite dans la composition macérale. On pense que les plus faibles indices de MV de la veine K dans les plateures et dans les semidressants sont dûs à la composition macérale qui est aussi riche en inertinite. Cependant cette richesse en inertinite ne peut pas attribuer directement à la présence des corps détritiques au-dessus de la veine, car les inertinites ont été formées avant ou pendant la déposition de la veine plus avant l'arrivée des corps détritiques. Cette coïncidence entre la présence des corps détritiques au toit de la veine et la richesse en inertinite de la veine est souvent rencontrée dans les charbons lorrains et on va la discuter plus en détail dans ce chapitre paragraphe 6.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les valeurs de PCS/pur sont très semblables dans ces deux veines; elles augmentent de 8000 à 8400 kcal/kg entre 300 et 1100m (fig.12B) La corrélation entre le PCS/pur et la profondeur est assez bonne. La veine K présente une inflexion dans l'augmentation de PCS/pur à 900m de profondeur, à la limite entre les semidressants et les plateures (de 8200 à 8400 kcal/kg). Cette inflexion est sans doute liée à la forte teneur en carbone dans ce champ.

Dans les dressants et les semidressants, la veine J a des valeurs de PCS plus élevées que celles de la veine K, ce qui est en accord avec leur superposition stratigraphique. Par contre, dans les plateures, la veine K a des PCS supérieurs à 8400 kcal/kg, qui sont plus élevés que ceux de la veine J à profondeur égale.

Cendres

Les taux de cendres de ces deux veines sont identiques en moyenne; ils varient de 5 à 15% suivant les coordonnées des échantillons.

2.2.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de la veine J présentent une belle corrélation avec la profondeur actuelle (fig. 13A); ils varient de 4 à 7,5 entre 400 et 1100m. Pour la veine K, la courbe présente une augmentation rapide des indices de gonflement (de 1,50 à 5) entre 300 et 600m, dans les dressants où les IG de cette veine sont plus faibles que ceux de la veine J. Au-dessous de 600m, dans les semidressants et les plateures, les indices de gonflement de ces deux veines sont pratiquement égaux à profondeur égale. On constate aussi que le taux d'augmentation d'IG avec la profondeur dans la veine K est faible dans les semidressants et les plateures.

Indices Arnu

La veine K et la veine J ont des degrés de houillification assez faibles, liés à leurs positions stratigraphiques superficielles; leur pouvoir agglutinant est faible (fig.13B). A moins de 500m, les charbons de ces deux veines ne se ramolissent pas au test d'Arnu, avec des indices nuls. Les charbons commencent à se contracter à partir de 500m (indice Arnu b négatif); ils commencent à se dilater dès 900m (b positif). Dans les plateures, ces deux veines ont toutes des faibles dilatations avec des valeurs b entre 0 et +30.

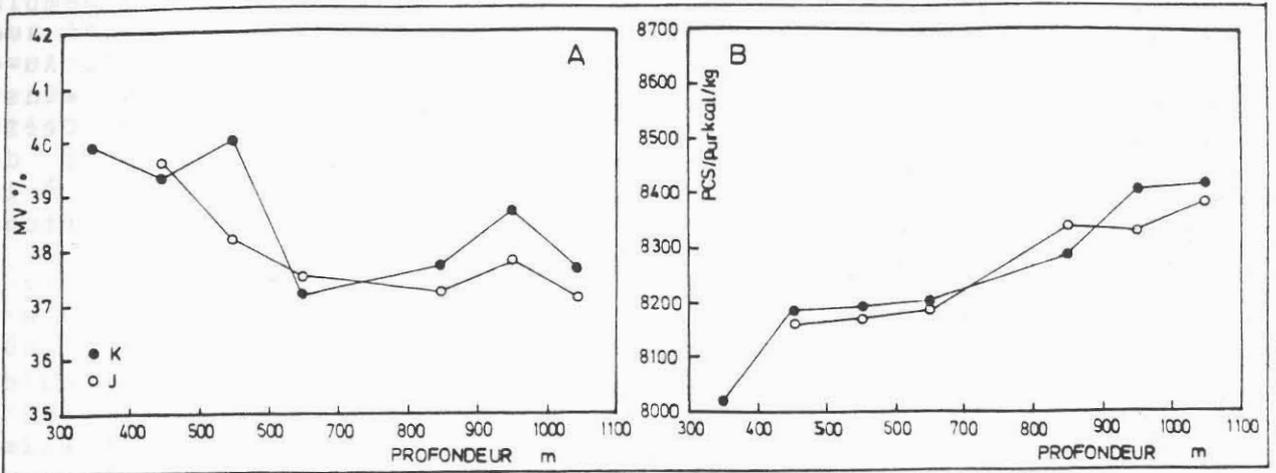


Fig. 12 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines K et J.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines K et J.

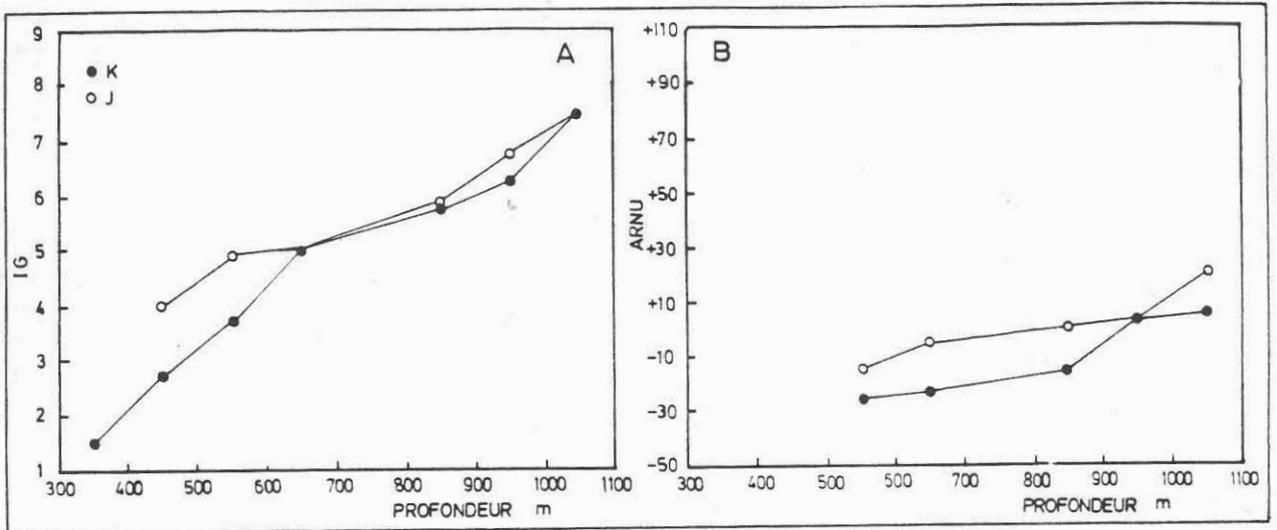


Fig. 13 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines K et J.
 B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnou des veines K et J.

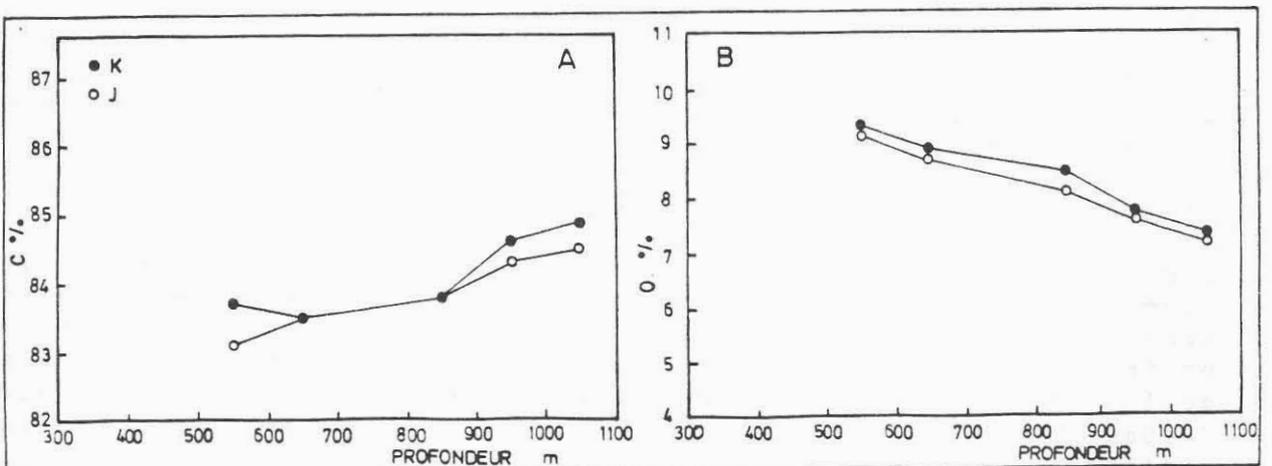


Fig. 14 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines K et J.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines K et J.

2.2.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone de ces deux veines sont très semblables à moins de 900m de profondeur; elles sont de 83,7% environ avec très peu d'augmentation en fonction de la profondeur (fig.14A). Au-dessous de 900m, dans les plateures, les teneurs en carbone de la veine K sont supérieures à celles de la veine J à profondeur égale. Ceci est en accord avec les inflexions de PCS/pur dans ce champ décrites précédemment. L'inflexion de la teneur en carbone est liée à la perte rapide de l'oxygène avec la profondeur et probablement à la richesse en inertinite dans les charbons des plateures.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène des veines K et J sont plus élevées dans les dressants que dans les plateures, elles sont aussi plus élevées dans la veine K que dans la veine J à profondeur égale (fig.14B). L'élimination d'oxygène avec la profondeur est semblable dans la veine K que dans la veine J et plus rapide dans les plateurs que dans les dressants.

Dans les plateures, les teneurs en oxygène sont toujours plus élevées dans la veine K que dans la veine J, bien que les teneurs en carbone soient aussi plus élevées dans la première. Cela s'explique par une teneur en hydrogène plus faible dans la veine K que dans la veine J.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène sont plus élevées dans la veine J que dans la veine K (5,30% contre 5,00%). Ces teneurs sont très constantes avec la profondeur dans les profondeurs étudiées. La faible teneur en hydrogène de la veine K semble être un argument de la richesse en inertinite et une dégradation de qualité des charbons dans cette veine.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces deux veines sont assez élevées par rapport aux autres veines du siège de Simon; la moyenne est de 1,15%. Il semble que la veine J contient un peu plus de soufre que la veine K (1,18% contre 1,06%). Il n'existe pas de relation générale entre la teneur en soufre et le degré de houillification. Par contre, ces valeurs, comme les taux de cendres, sont liées à la position géographique de l'échantillon, sans loi générale. Ceci suggère des variations initiales des teneurs en soufre en fonction d'hétérogénéités propres au milieu de sédimentation et de diagenèse.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore de la veine K sont relativement faibles; elles augmentent avec la profondeur de 0,18 à 0,36% entre 500 et 1100m. On trouve des teneurs en chlore supérieures à 0,30% à partir de 850m environ. La veine J a des teneurs en chlore légèrement plus élevées que celles de la veine K, qui augmentent de 0,25 à 0,42% entre 500 et 1200m. Ces teneurs sont supérieures à 0,30% à partir de 800m de profondeur.

2.2.4 - Classification des veines K et J

D'après la classification internationale de 1956, en prenant les

valeurs des PCS/pur, d'IG et d'Arnu, on classe ces deux veines sous les numéros 700, 712, 621, 622 pour les charbons ayant une profondeur inférieure à 600m (dans les dressants), et sous les numéros 632, 633 pour les charbons audessous de cette profondeur.

Dans la classification française, on place ces deux veines sous les noms de Flambants secs et Flambants gras B pour les charbons des dressants, et sous les noms de Flambants gras A et Gras B dans les semidressants et plateures.

2.3 - Veine C

La veine C se trouve au milieu des "Flambants Supérieurs", dans un faisceau de charbon comprenant 4 ou 5 veines. Les intercalaires stériles sont schisteux plutôt que gréseux. Cette veine a une épaisseur de l'ordre de 2,20m; elle est érodée sur le flanc NW de l'anticlinal de Simon et exploitée actuellement sur le flanc SE dans les champs des dressants.

2.3.1 - Analyses immédiates

Peu de données existent sur la veine C. L'ensemble des analyses montre que son degré de houillification est supérieur à celui des veines K et J. Mais les indices de matières volatiles sont toutefois plus élevés dans cette veine que dans les veines K et J, avec des valeurs de 40% environ dans les dressants et de 38% dans les plateures.

Les valeurs de PCS/pur de la veine C sont plus importantes que celles des veines K et J. Dans les plateures, elles atteignent 8500 kcal/kg environ. Ces valeurs élevées de PCS/pur de cette veine correspondent au degré de houillification plus important, d'une part, et à la richesse en hydrogène dans ses composants élémentaires, d'autre part.

Le taux de cendres de la veine C est comparable à celui des veines K et J; la moyenne est de 6,50%.

2.3.2 - Propriétés cokéfiantes

Les indices de gonflement de la veine C varient de 1,00 à 8,50 suivant la profondeur actuelle entre 200 et 1250m (fig.15). La corrélation entre ces indices de gonflement et la profondeur est très bonne, exprimée par une droite. On note que l'augmentation de ces indices avec la profondeur est assez rapide. Dans les plateures (à partir de 900m), où les indices de gonflement sont élevés et proches de la valeur maximale 9.

En ce qui concerne les indices Arnu, les valeurs sont aussi bien corrélées avec la profondeur. Au-dessus de 500m de profondeur, les charbons de cette veine ne ramolissent pas au test Arnu. Entre 500 et 800m, les charbons ont des indices Arnu négatifs qui correspondent seulement à des contractions. A partir de 800m, les charbons ont des dilatations au chauffage, avec des indices Arnu positifs. Dans les plateures, cette veine a des indices Arnu positifs, mais inférieurs à +50, ce qui est plus élevé que dans le cas des veines K et J.

2.3.3 - Analyses élémentaires

Les pourcentages des composants élémentaires de la veine C sont différents de ceux des veines K et J. Elle est plus riche en

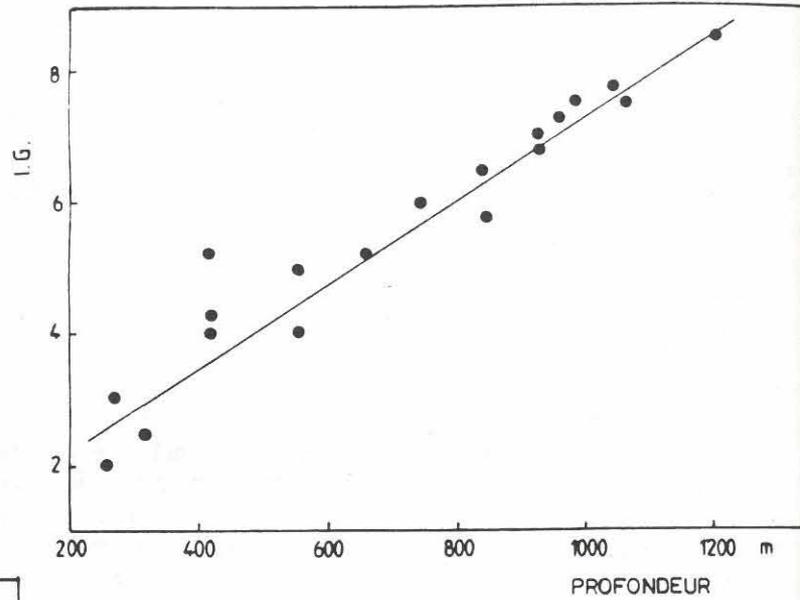


Fig. 15 - Relation entre la profondeur et les indices de gonflement de la veine C

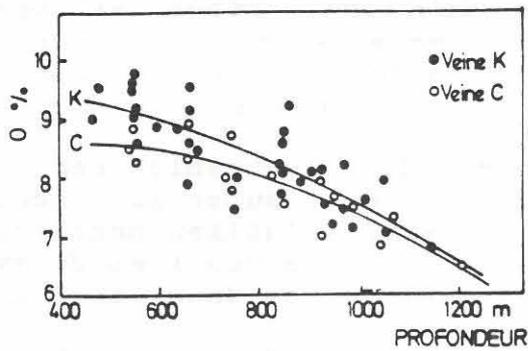


Fig. 16 - La diminution des teneurs en oxygène en fonction de la profondeur des veines K , C

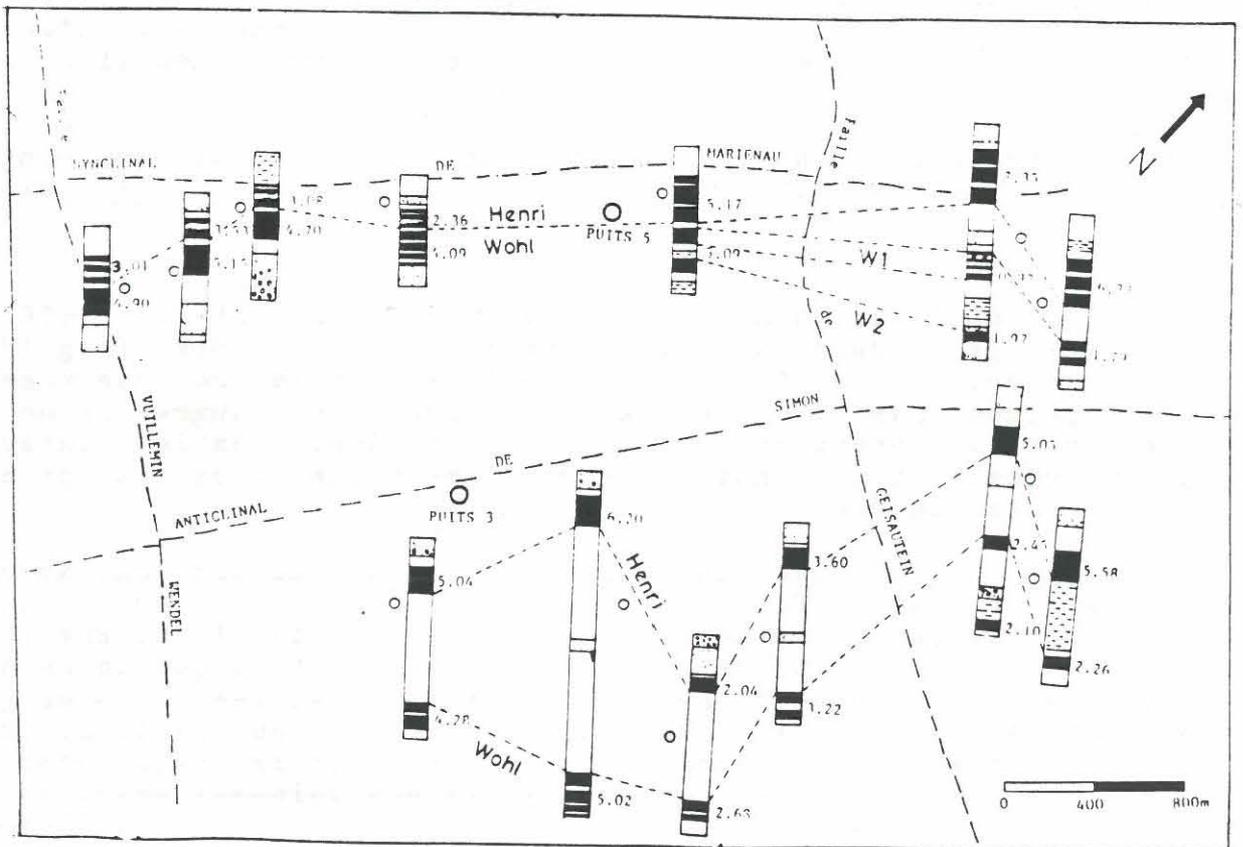


Fig. 17 - Les dichotomies des veines Henri et Wolwert dans le siège de Simon

hydrogène et plus pauvre en oxygène.

La teneur en carbone de la veine C augmente avec la profondeur, elle est de l'ordre de 85,0% dans les plateures.

La teneur en oxygène est plus importante dans les dressants que dans les plateures (8,80% contre 7,50%). La diminution de cette teneur en oxygène en fonction de la profondeur est moins rapide que dans le cas de la veine K (fig.16).

La teneur en hydrogène de la veine C est assez élevée, de l'ordre de 5,40%; elle reste très constante avec la profondeur entre 300 et 1200m.

La teneur en soufre de la veine C est à peu près égale à celle des veines K et J, la moyenne est de 1,05%. Cette teneur est relativement élevée parmi les charbons lorrains.

Les teneurs en chlore de la veine C sont plus élevées que celles des veines K et J; elles augmentent avec la profondeur de 0,25 à 0,40% entre 500 et 1200m. Ces teneurs sont supérieures à 0,30% à partir de 750m.

2.3.4 - Classification de la veine C

Nous pouvons placer cette veine, dans la classification internationale de 1956, sous les numéros 711, 611, 622 pour les charbons audessus de 600m et sous les numéros 622, 632, 633 audessous de cette profondeur.

Dans la classification française, il s'agit de Flambants secs et Flambants gras B pour les charbons des dressants et de Flambants gras A et Gras B pour les charbons des semidressants et plateures.

2.4 - Veines Henri, Wohlwert et 5b-6

Les veines Henri, Wohlwert et 5b-6 se situent au sommet des "Flambants Inférieurs" (Faisceau de Petite Rosselle). La veine Henri se place en fin de séquence au contact avec le Conglomérat de Merlebach situant immédiatement à son toit. Ces 3 veines sont exploitées dans tous les champs du siège, sauf au coeur de l'anticlinal de Simon où elles sont érodées.

Des dichotomies apparaissent du SE vers le NW, c'est-à-dire de plus proche de la bordure vers le centre du bassin (fig.17). Dans le flanc NW, qui est plus distal, la veine Henri est sous forme de 3 ou 4 sous-veines; la veine Wohlwert est sous forme de 2 sous-veines; la veine 5b-6 se sépare en veines 5b et 6. Par contre, sur le flanc SE, qui est proximal, le nombre des sous-veines est beaucoup plus réduit. On constate, par ailleurs que les stériles séparant ces 3 veines sont plus importants et plus gréseux sur le flanc SE que sur le flanc NW, ce qui marque un apport détritique plus important et plus grossier proche de la bordure que vers le centre du bassin.

En ce qui concerne la qualité des charbons, ces 3 veines ont fait l'objet d'un grand nombre d'analyses.

2.4.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de matières volatiles de ces 3 veines sont supérieurs à 35%; ils diminuent avec l'augmentation de profondeur actuelle mais de façon irrégulière (fig.18A).

La veine Henri, qui est la plus jeune parmi les 3, a des indices de MV plus faibles que ceux des veines Wohlwert et 5b-6 dans un même flanc à profondeur égale. Cette différence des indices de MV entre la veine Henri et les veines Wohlwert et 5b-6 se manifeste surtout au flanc SE qui se trouve plus proximal de la bordure et que les niveaux gréseux ou conglomératiques y sont les plus développés. Ces indices de MV des veines Wohlwert et 5b-6 sont très semblables à profondeur égale. Cette anomalie de la veine Henri qui a des indices de MV plus faibles ne signifie pas qu'elle a un rang plus élevé que celui des deux autres veines. Compte-tenu de sa position lithostratigraphique dans la série, cette veine Henri pose directement sur les niveaux gréseux et elle est aussi surmontée directement par le Conglomérat de Merlebach au flanc SE de l'anticlinal de Simon. Il s'agit, comme dans la veine K, d'une coïncidence entre la présence des corps détritiques au toit de la veine et la dégradation de qualité des charbons de cette veine. Ce phénomène sera discuté plus en détail dans le paragraphe 6 de ce même chapitre.

Les indices de MV des veines Wohlwert et 5b-6 sont supérieurs à 38% dans tous les champs; la diminution de ces indices avec la profondeur est très faible.

On note que les indices de MV d'une même veine sont plus faibles dans le flanc SE de l'anticlinal de Simon que dans le flanc NW, à profondeur égale. Il semble que les charbons sont plus houillifiés dans le flanc SE que dans le flanc NW. On trouve, dans la veine Henri, des beaucoup plus faibles indices de MV au flanc SE par rapport aux autres veines et à la même veine du flanc NW à profondeur égale. Ceci s'explique non seulement par un rang plus élevé dans les charbons du flanc SE, mais aussi par une dégradation de qualité des charbons de cette veine dans le flanc SE où les corps détritiques sont les plus développés.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Le PCS/pur de ces 3 veines augmente avec la profondeur de 300 à 1100m, entre 8200 et 8400 kcal/kg sur le flanc NW et jusqu'à 8550kcal/kg sur le flanc SE (fig.18B). Le PCS/pur augmente aussi de la veine Henri à la veine 5b-6 à profondeur égale, ce qui est dans l'ordre de leur superposition stratigraphique.

Dans la veine Henri, la dégradation de qualité des charbons a diminué le PCS/pur en raison d'une teneur élevée en oxygène, d'une part, et d'une faible teneur en hydrogène, d'autre part. Mais la teneur en oxygène de cette veine s'épuise rapidement avec la profondeur et la teneur en carbone augmente corrélativement. Cette augmentation plus rapide de la teneur en carbone de la veine Henri donne à cette veine une augmentation de PCS/pur aussi plus rapide avec la profondeur que celle des autres veines. Audessous de 900m, le PCS/pur de la veine Henri est aussi important que celui des veines Wohlwert et 5b-6, malgré sa faible teneur en hydrogène.

On note aussi que les valeurs de PCS/pur d'une même veine sont plus élevées sur le flanc SE que sur le flanc NW à profondeur égale.

Cendres

Les taux de cendres de ces 3 veines sont comparables, ils varient de 4 à 18% suivant les positions géographiques du prélèvement, avec des

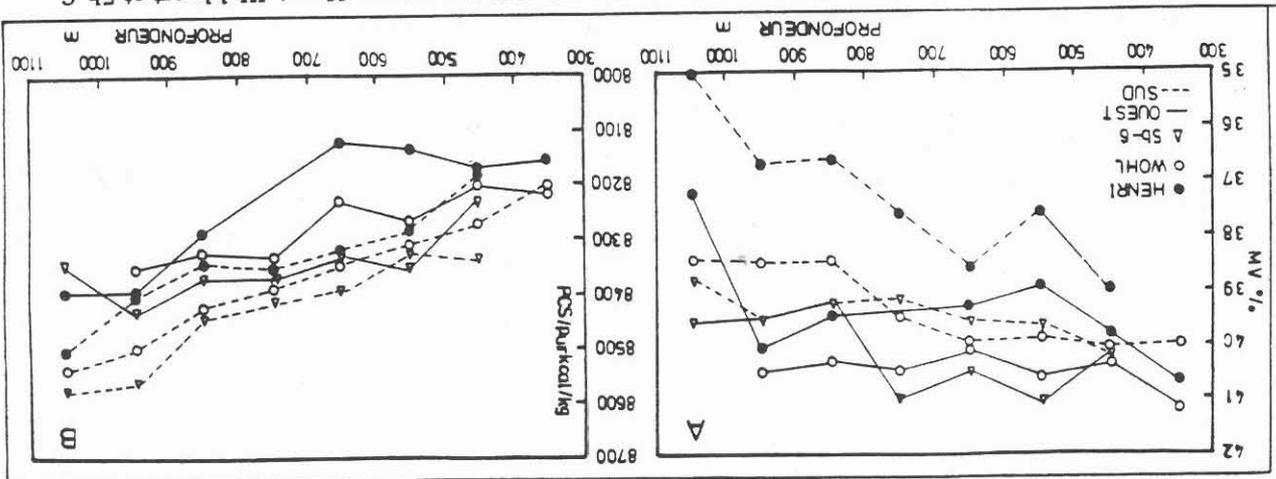


Fig. 18 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Henri, Wohlert et 5b-6
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Henri, Wohlert et 5b-6.

moyennes de 6,50%.

2.4.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de ces 3 veines ont des bonnes relations de proportionnalité avec la profondeur (fig.19A). Ils varient de 3,00 à 8,00 suivant une profondeur de 300 à 1100m.

A profondeur égale, les indices de gonflement de la veine 5b-6 sont supérieurs à ceux de Wohlwert, et ceux de Wohlwert supérieurs à ceux de Henri, ce qui est dans l'ordre de leur superposition. On remarque que la différence des valeurs est très faible entre la veine 5b-6 et la veine Wohlwert. En revanche, la veine Henri a des indices de gonflement beaucoup plus faibles en raison d'une dégradation de qualité dans cette veine.

On note aussi que les indices de gonflement de ces 3 veines sont plus élevés sur le flanc SE que sur le flanc NW, à profondeur égale.

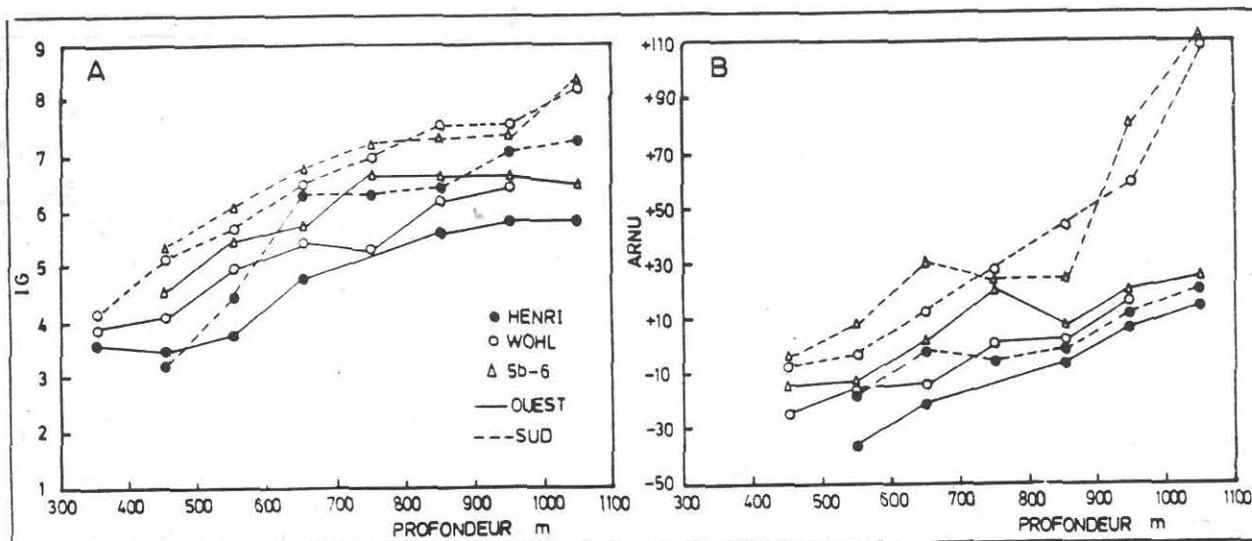


Fig.19 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Henri, Wohlwert et 5b-6.

B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines Henri, Wohlwert et 5b-6.

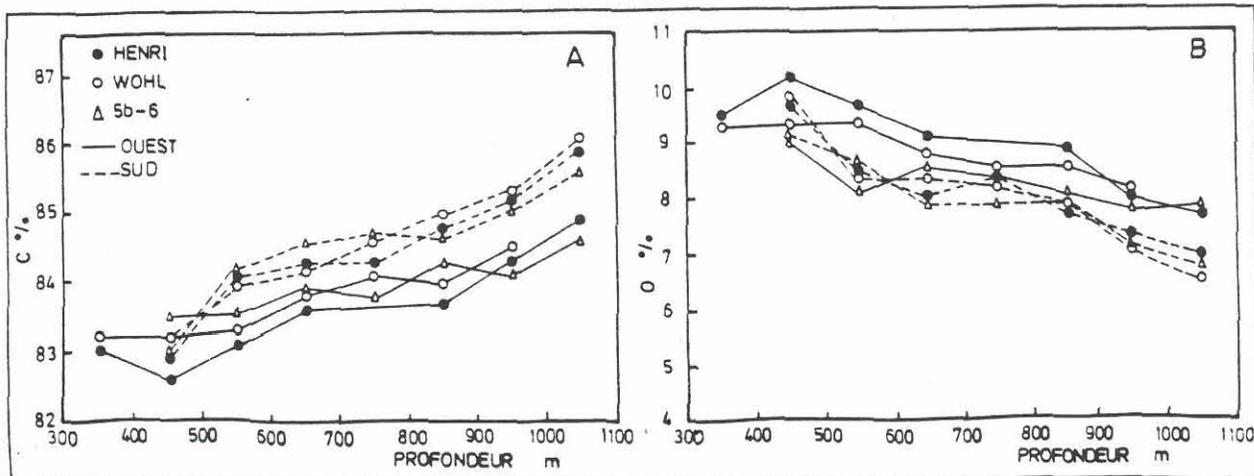


Fig. 20 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Henri, Wohlwert et 5b-6.

B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Henri, Wohlwert et 5b-6.

Indices Arnu

Les indices Arnu croissent de la veine Henri à la veine 5b-6 suivant la superposition des veines à profondeur égale. Ces indices augmentent aussi avec la profondeur (fig.19B).

Dans la veine Henri, audessus de 500m de profondeur, les charbons ne se ramolissent pas au chauffage. Entre 500 et 850m, les charbons ont seulement des contractions, ce qui correspond à des indices Arnu négatifs. A partir de 850m, les charbons de cette veine commencent à se dilater; l'indice Arnu devient positif.

Pour les veines Wohlwert et 5b-6, les charbons commencent à se contracter dès 400m de profondeur et commencent à se dilater à partir de 600m. Dans ces deux veines, on note que l'augmentation des indices Arnu s'accrélère à partir de 900m, dans les plateures. Cette inflexion de l'augmentation est liée aux caractéristiques des indices Arnu, qui sont beaucoup plus sensibles dans les charbons des Gras que dans les charbons des Flambants.

Dans le champ des plateures, ces 3 veines ont des indices Arnu positifs, mais ceux de la veine Henri sont beaucoup plus faibles que ceux des deux autres (+18 contre +120 à 1100m). Il s'agit toujours d'une dégradation de qualité des charbons de la veine Henri qui est la fin de séquence et qui contacte directement avec le Conglomérat de Merlebach.

On note que les indices Arnu d'une même veine sont toujours plus importants dans le flanc SE que dans le flanc NW, à profondeur égale.

2.4.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone de ces 3 veines sont comparables; elles augmentent de 83 à 86% entre 300 et 1100m de profondeur (fig.20A).

L'augmentation de la teneur en carbone avec la profondeur est assez régulière dans les trois veines. En comparant la veine Henri avec la veine 5b-6, on remarque que la veine Henri a des teneurs en carbone plus faibles que celles de la veine 5b-6 à des faibles profondeurs (< 800m au flanc SE et < 900m au flanc NW), et plus élevées que celles de la veine 5b-6 à plus grandes profondeurs. Cette augmentation plus rapide de la teneur en carbone dans la veine Henri est due à la perte rapide de l'oxygène à grande profondeur. A faible profondeur, la teneur relative en carbone de la veine Henri est abaissée par la forte teneur en oxygène (10% à 550m). Mais la diminution de cette teneur en oxygène devient très rapide à partir de 800m et la teneur en carbone augmente donc aussi rapidement et corrélativement. Par contre, dans la veine 5b-6, l'oxygène contenu est plus faible au départ, ce qui donne une teneur en carbone relativement importante à faible profondeur. Ces oxygènes s'éliminent moins rapidement avec la profondeur et la teneur en carbone n'augmente pas aussi vite dans la veine 5b-6 que dans la veine Henri. Il en résulte que la teneur en carbone de la veine 5b-6 est plus faible que celle de la veine Henri à grande profondeur.

On remarque aussi que la teneur en carbone est toujours plus élevée dans le flanc SE que dans le flanc NW pour une même veine à profondeur égale.

Teneurs en oxygène

Parmi ces 3 veines, la teneur en oxygène est plus élevée dans la veine Henri que dans les deux autres veines, à profondeur égale (fig.20B). On note qu'à 400m de profondeur, la veine Henri a 10,2% d'oxygène et les deux autres veines ont 9,00% seulement. Au fur et à mesure de la houillification, la veine Henri a une diminution accélérée de l'oxygène à partir de 800m de profondeur. Par contre, cette diminution de l'oxygène en fonction de la profondeur est moins rapide dans les deux autres veines. Les teneurs en oxygène des 3 veines se rapprochent donc les unes les autres à grande profondeur. Cette différence de vitesse de l'élimination de l'oxygène entre la veine Henri et la veine 5b-6 est bien mise en évidence sur la figure 21.

Teneurs en hydrogène

La veine 5b-6 et la veine Wohlwert sont plus riches en hydrogène que la veine Henri (5,5% contre 5,2% en moyenne). Cette teneur en hydrogène de la veine Henri est encore plus réduite (5,00%) au champ des plateaux où le Conglomérat de Merlebach est le plus développé. Ces teneurs en hydrogène sont très constantes dans une même veine en fonction de la profondeur.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de la veine Henri et de la veine Wohlwert sont semblables et relativement faibles, avec une moyenne de 0,70%. La veine 5b-6 a des teneurs en soufre plus élevées, avec une moyenne de 1,00%.

Ces teneurs en soufre sont indépendantes de la houillification, et dépendent essentiellement de la position géographique du prélèvement. Les veines Henri et Wohlwert ont des teneurs en soufre assez homogènes sur tout le siège, sauf quelques valeurs élevées au SW du siège, près de la faille Vuillemin-Wendel. La veine 5b-6 a des valeurs très importantes (de 1,00 à 1,80%) dans cette même région, près de la faille de Vuillemin-Wendel (fig.22). Il s'agit probablement d'un contexte sédimentaire différent près de cette faille qui aurait eû un jeu précoce.

Les teneurs en chlore

Les teneurs en chlore de ces trois veines sont relativement faibles, avec des valeurs légèrement plus élevées dans la veine Henri que dans les veines Wohlwert et 5b-6. Ces teneurs sont plus faibles dans les champs E et N que dans les champs W et S. La veine Henri a des teneurs en chlore qui varient de 0,15 à 0,37% entre 600 et 1100m de profondeur. L'augmentation de ces teneurs avec la profondeur est mal marquée. On trouve des teneurs supérieures à 0,30% dans cette veine à partir de 900m. Les veines Wohlwert et 5b-6 ont des teneurs en chlore très voisines, de 0,10 à 0,29% entre 500 et 1100m. La relation entre ces teneurs en chlore et la profondeur est très mal marquée. Les teneurs supérieures à 0,30% sont rares jusqu'à 1100m.

2.4.4 - Classification des veines Henri, Wohlwert et 5b-6

Dans la classification internationale de 1956, ces 3 veines sont classées sous les numéros 621, 622, 623 pour les charbons se situant au-dessus de 600m, et sous les numéros 632, 633 au-dessous de cette profondeur.

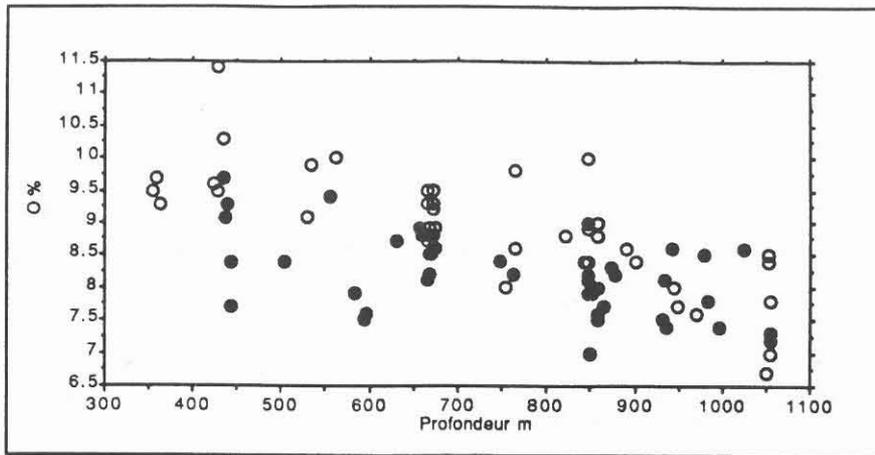


Fig. 21 - Diminution de teneurs en oxygène avec la profondeur des veines Henri et 5b-6.
○ Henri, ● 5b-6

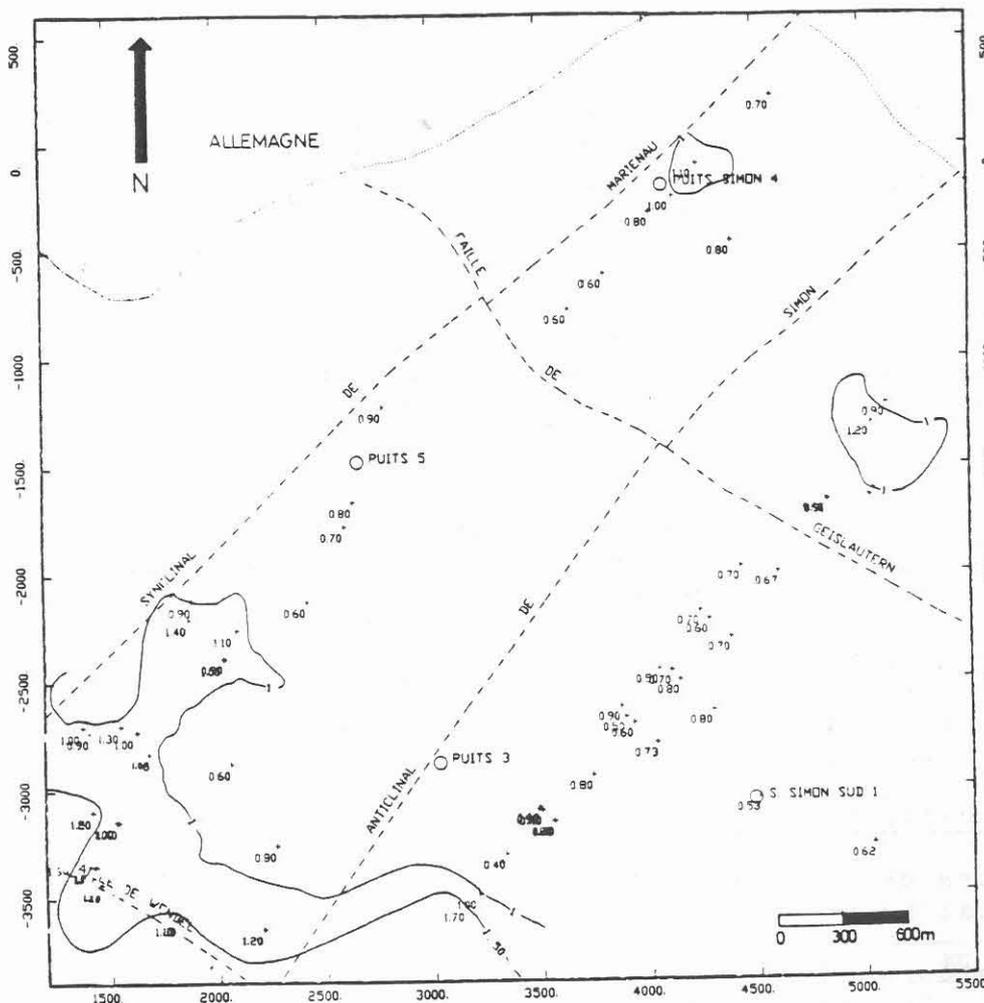


Fig. 22 - Carte d'isovaleurs en soufre de la veine 5b-6

Dans la classification française, ces 3 veines prennent les noms de Flambants gras B pour les charbons des dressants et de Flambants gras A et Gras B dans les semi-dressants et plateures.

2.5 - Veines 10-11, 12b et 13-14

Se situant au milieu des "Flambants Inférieurs" (Faisceau de Petite Rosselle), les veines 10-11, 12b et 13-14 sont exploitées dans les deux flancs de l'anticlinal de Simon. Du point de vue de la qualité, ces 3 veines ont fait l'objet d'un grand nombre d'analyses en raison de leur importance dans l'exploitation du siège.

2.5.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de matières volatiles de ces 3 veines sont semblables et supérieurs à 36% (fig.23A). Ces indices ont tendance à diminuer avec la profondeur, mais les fluctuations sont assez importantes.

On note que dans la veine 10-11, les indices de MV sont plus élevés dans les champs ouest que dans les champs sud, à profondeur égale. Aux champs ouest, le taux de diminution de ces indices avec la profondeur est très faible. Par contre, dans les champs sud, les indices de MV se réduisent plus rapidement en fonction de la profondeur (40% à 400m et 37% à 1100m).

Les indices de MV de la veine 12b diminuent plus régulièrement avec la profondeur dans les champs ouest. Sur une vue en plan, les indices les plus faibles se localisent au SW du siège, près de la faille Vuillemin Wendel.

Les indices de MV de la veine 13-14 sont plus faibles que ceux des deux autres veines, à profondeur égale. Il semble que la différence des indices de MV de cette veine entre les champs ouest et les champs sud sont moins marquée. Mais la diminution de ces indices avec la profondeur est plus régulière dans les champs sud que dans les champs ouest. Sur une vue en plan, les indices les plus forts se trouvent dans le champ nord, les plus faibles se trouvent, comme dans la veine 12b, au SW du siège, près de la faille Vuillemin Wendel (fig.24). On note que ces indices diminuent surtout du NE vers le SW, ce qui ne correspond pas à l'augmentation de profondeur, mais à la dichotomie accompagnant une teneur en grès croissante autour de cette veine suivant la même direction. Un stérile gréseux, au sein de la veine 13-14, la sépare en veines 13 et 14 au SW du siège (fig.25). La veine 14 y est encadrée par des grès et des grès conglomératiques. L'explication de cette diminution des indices de MV de la veine 13-14 est la même que dans les veines K et Henri, décrites précédemment.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les valeurs de PCS/pur de ces 3 veines augmentent régulièrement de 8250 à 8500 kcal/kg de 300 à 1100m de profondeur (fig.23B).

Les variations du PCS/pur avec la profondeur sont comparables dans ces 3 veines. La veine 13-14 a des valeurs de PCS/pur plus élevées que celles de la veine 10-11 dans tout le siège. Ceci correspond à leur superposition stratigraphique. Par contre, dans les champs ouest, la veine 12b a des valeurs de PCS/pur pratiquement identiques que celles de la veine 13-14, bien qu'elle soit au-dessus de cette veine. Ces

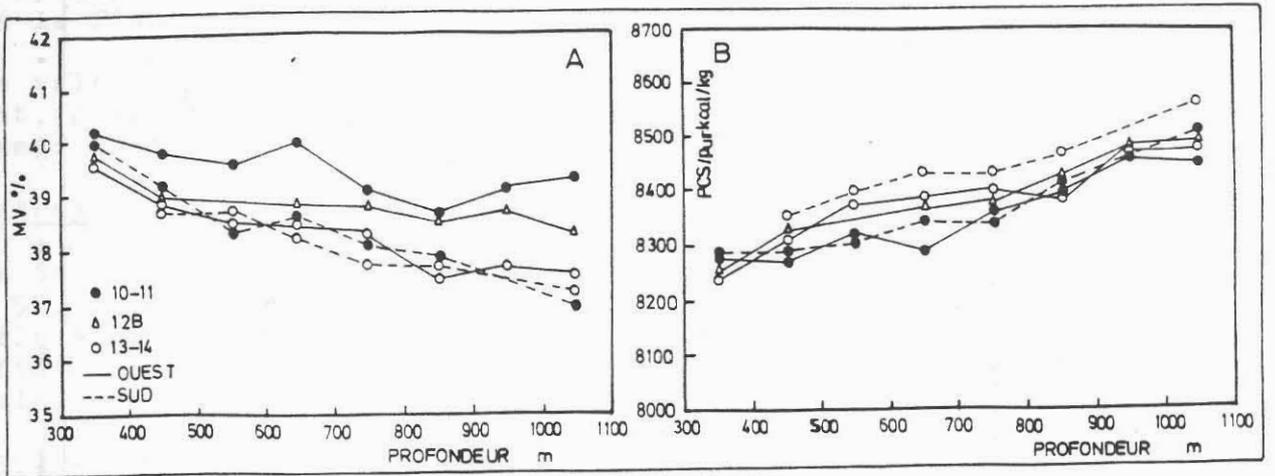


Fig. 23 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines 10-11, 12b et 13-14.
B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines 10-11, 12b et 13-14.

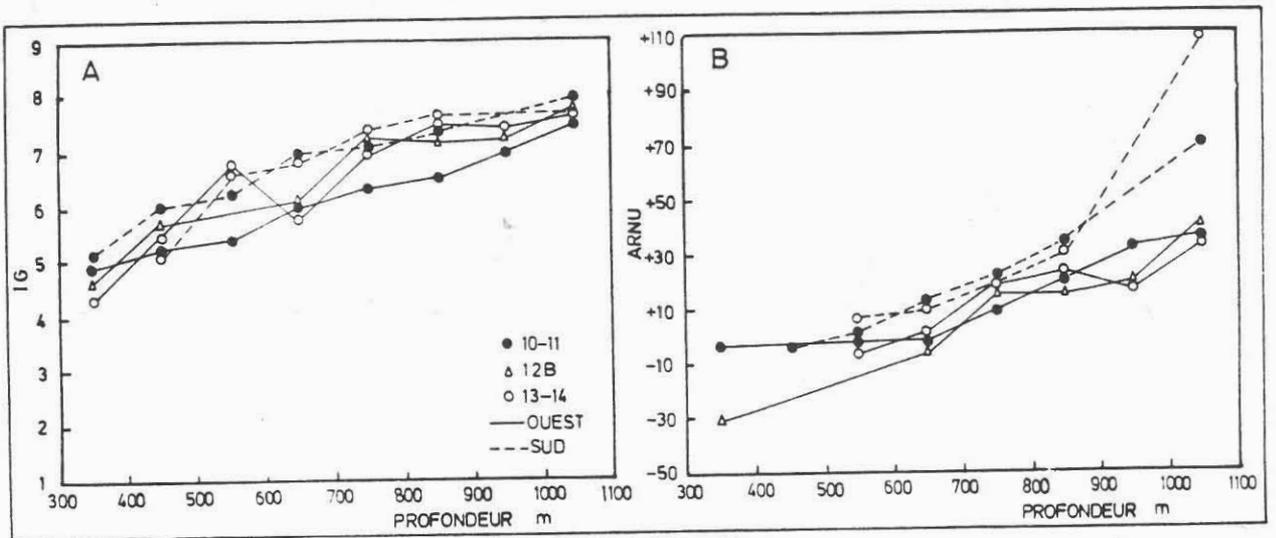


Fig. 26 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines 10-11, 12b et 13-14.
B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines 10-11, 12b et 13-14.

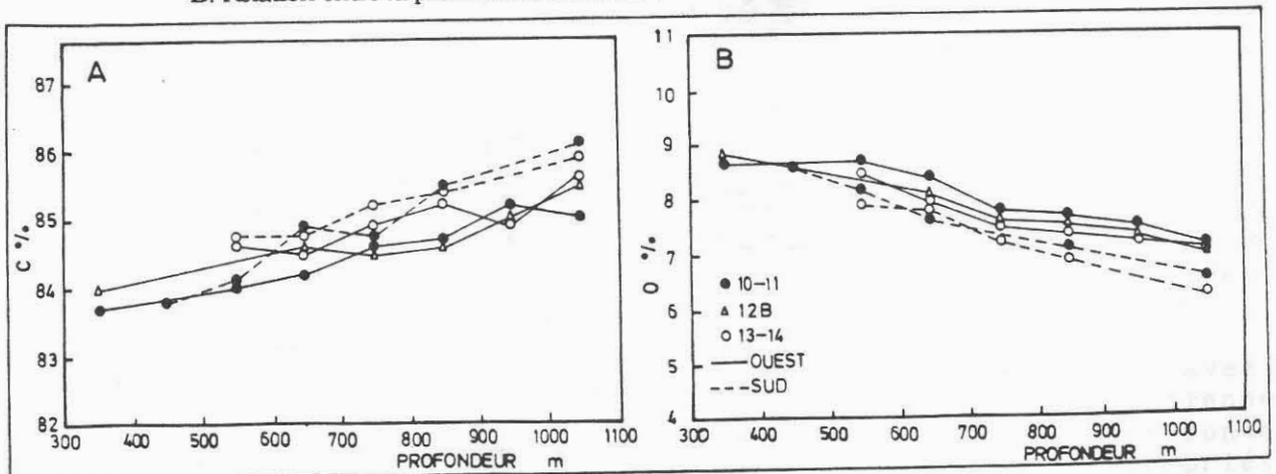


Fig. 27 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines 10-11, 12b et 13-14.
B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines 10-11, 12b et 13-14.

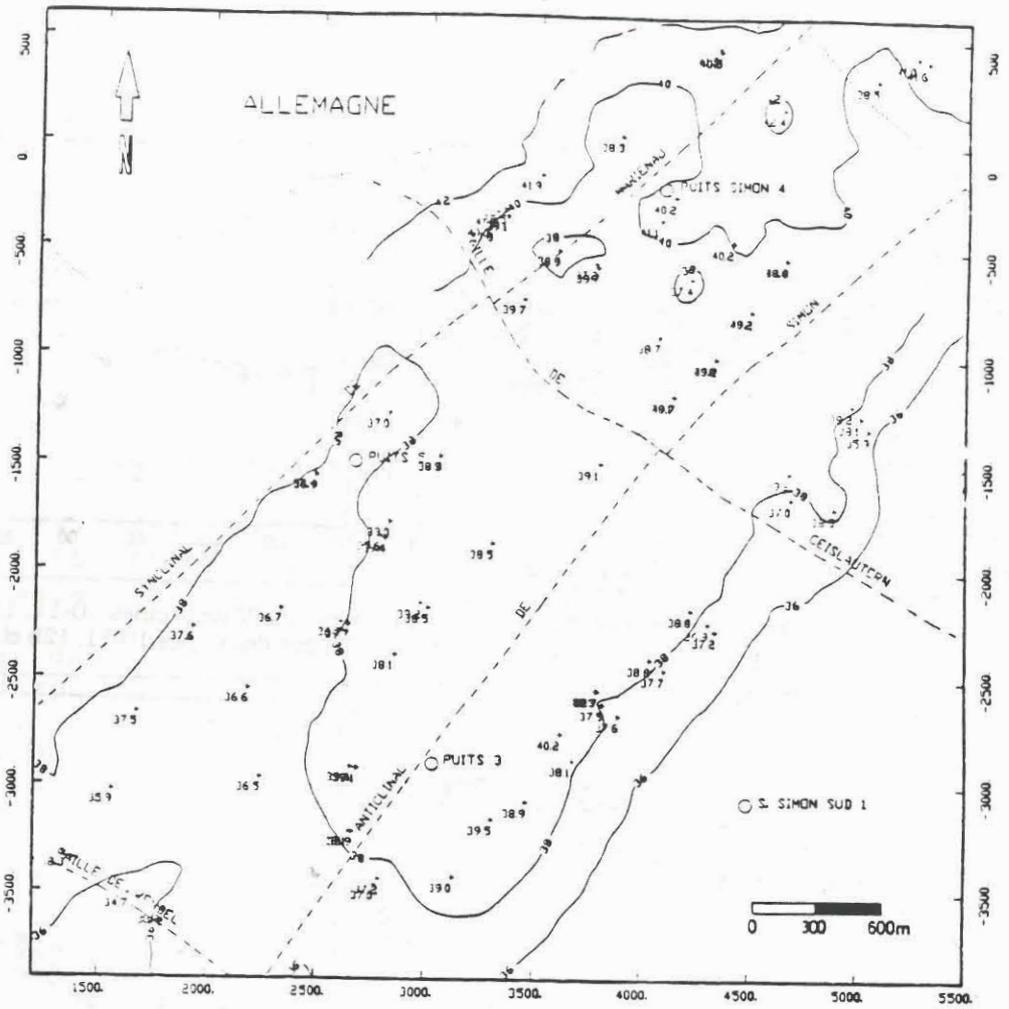


Fig. 24 - Carte d'isovaleurs des indices de MV da la veine 13-14 au siège de Simon.

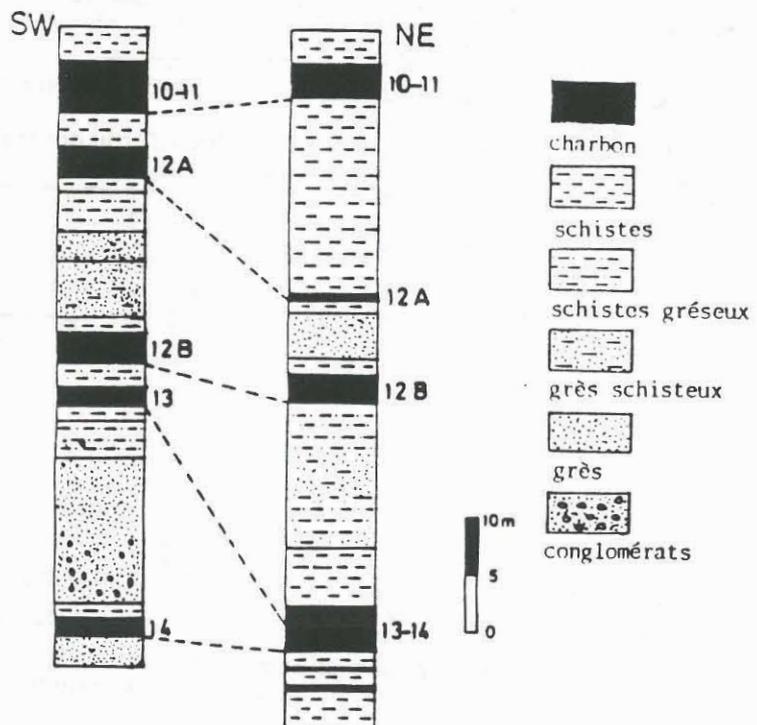


Fig. 25 - Variation lithologique du faisceau des veines 10-11, 12b et 13-14 dans la direction du NE vers le SW du siège de Simon

fortes valeurs de PCS/pur de la veine 12b ne correspondent pas à ses teneurs en carbone qui sont plus faibles que celles de veine 13-14 (voir les analyses élémentaires). Il s'agit probablement d'une teneur en hydrogène plus importante dans la veine 12b que dans la veine 13-14 sur le flanc ouest.

Les valeurs de PCS/pur des veines 10-11 et 13-14 ont montré qu'elles sont, pour la plupart, plus élevées dans les champs Sud que dans les champs Ouest, à profondeur égale.

Cendres

Les taux de cendres de ces 3 veines sont semblables, avec une moyenne de 5%. Ces valeurs dépendent de la position géographique des prélèvements. La répartition horizontale de ces taux de cendres est mal définie en raison d'une mauvaise répartition des analyses. Il est vraisemblable que les taux de cendres sont plus élevés au NE qu'au SW.

2.5.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de ces 3 veines sont plus élevés que ceux des veines décrites précédemment, avec une valeur de 4,50 à 300m de profondeur. Ces indices augmentent plus ou moins régulièrement avec la profondeur (fig.26A).

Dans les champs ouest, la veine 10-11 a des indices de gonflement plus faibles que ceux des deux autres veines qui sont plus anciennes. Par contre, la veine 12b et la veine 13-14 ont des indices très semblables, ce qui est dû à la dégradation des propriétés cokéfiantes de la veine 13-14 dans ce champ.

Dans les champs sud, la veine 10-11 et la veine 13-14 ont des indices de gonflement pratiquement identiques au-dessous de 600m de profondeur.

Les indices de gonflement d'une même veine sont plus importants dans les champs sud que dans les champs ouest, à profondeur égale. Cette différence est plus marquée dans la veine 10-11 que dans la veine 13-14.

Indices Arnu

Les indices Arnu sont comparables dans ces 3 veines, ils sont plus élevés que ceux des veines décrites précédemment. Les charbons commencent à se contracter dès 300m de profondeur et à se dilater à partir de 600m environ (fig.26B). A plus grande profondeur, les indices Arnu de ces 3 veines sont assez élevés (+90 environ à 1050m), car dans ces charbons à degré de houillification relativement élevé (Gras B et Gras A), les indices Arnu ont une augmentation sensible avec la progression du rang des charbons.

Dans les champs ouest, les indices Arnu ne sont pas en accord avec la superposition des 3 veines. La veine 13-14 qui est la plus ancienne a des indices plus faibles que ceux des deux autres veines, à profondeur égale. Ceci confirme encore une fois la dégradation des propriétés cokéfiantes de la veine 13-14 dans ce champs.

Dans les champs sud, les indices Arnu de la veine 10-11 et de la veine 13-14 sont très semblables, la différence de l'ancienneté entre ces deux veines n'est pas sensible.

A profondeur égale, les indices Arnu d'une même veine sont toujours plus élevés dans les champs sud que dans les champs ouest.

2.5.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone sont comparables dans ces 3 veines, elles varient de 83,7% à 85,5% entre 300 et 1100m de profondeur (fig.27A). Dans ces 3 veines, le taux d'augmentation de la teneur en carbone avec la profondeur est moins rapide que dans le cas des veines décrites précédemment. Il s'agit d'un enrichissement en carbone moins rapide en fonction de la profondeur, du fait d'une faible élimination d'oxygène.

Dans les champs ouest, à profondeur égale, la teneur en carbone de la veine 13-14 est généralement plus élevée que celle des veines 10-11 et 12b. Il est possible que ces plus fortes teneurs en carbone de la veine 13-14 soient liées au degré de houillification plus élevé d'une part, mais aussi à la dégradation de qualité dans cette veine d'autre part.

Dans les champs sud, la veine 10-11 a aussi des teneurs en carbone plus faibles que celles de la veine 13-14, à profondeur égale.

Dans une même veine, les teneurs en carbone sont plus élevées dans les champs sud que dans les champs ouest, à profondeur égale. Ce phénomène est plus marqué dans la veine 10-11 que dans la veine 13-14.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène de ces 3 veines sont très semblables à profondeur égale, il existe dans un même flanc une faible diminution de teneur de la veine 10-11 à la veine 13-14 suivant la superposition des veines. Ces teneurs diminuent aussi régulièrement et lentement avec la profondeur dans une même veine (fig.27B). Les charbons des champs sud contiennent des plus faibles teneurs en oxygène que ceux des champs ouest, si bien que la veine 10-11 du flanc sud est plus pauvre en oxygène que la veine 13-14 du flanc ouest.

Sur un même flanc, la veine 13-14 contient moins d'oxygène que les deux autres. Ces plus faibles teneurs en oxygène de la veine 13-14 la distinguent des autres veines en pareil cas (Les veines K et Henri). Sur une vue en plan, il n'y a pas d'accroissement de teneur en oxygène du NE vers le SW du siège, parallèlement à la croissance des grès autour de la veine suivant cette même direction (fig.28). Il s'agit probablement d'une unification des teneurs en oxygène sur tout le siège pour la veine 13-14 qui a un degré de houillification relativement élevé. Les études précédentes des veines Henri, Wohlwert et 5b-6 ont montré en effet que, dans un stade de houillification relativement élevé (Flambants gras A environ), les teneurs en oxygène se rapprochent les unes des autres dans toutes les veines voisines.

Teneurs en hydrogène.

Les teneurs en hydrogène sont relativement élevées dans ces 3 veines (5,4% en moyenne) à l'exception de celles de la veine 13-14 dans le SW du siège qui sont plus réduites avec une moyenne de 5,1% environ. Ceci serait aussi un argument en faveur de la dégradation de qualité de cette veine au SW du siège où les intercalaires gréseux sont plus développés.

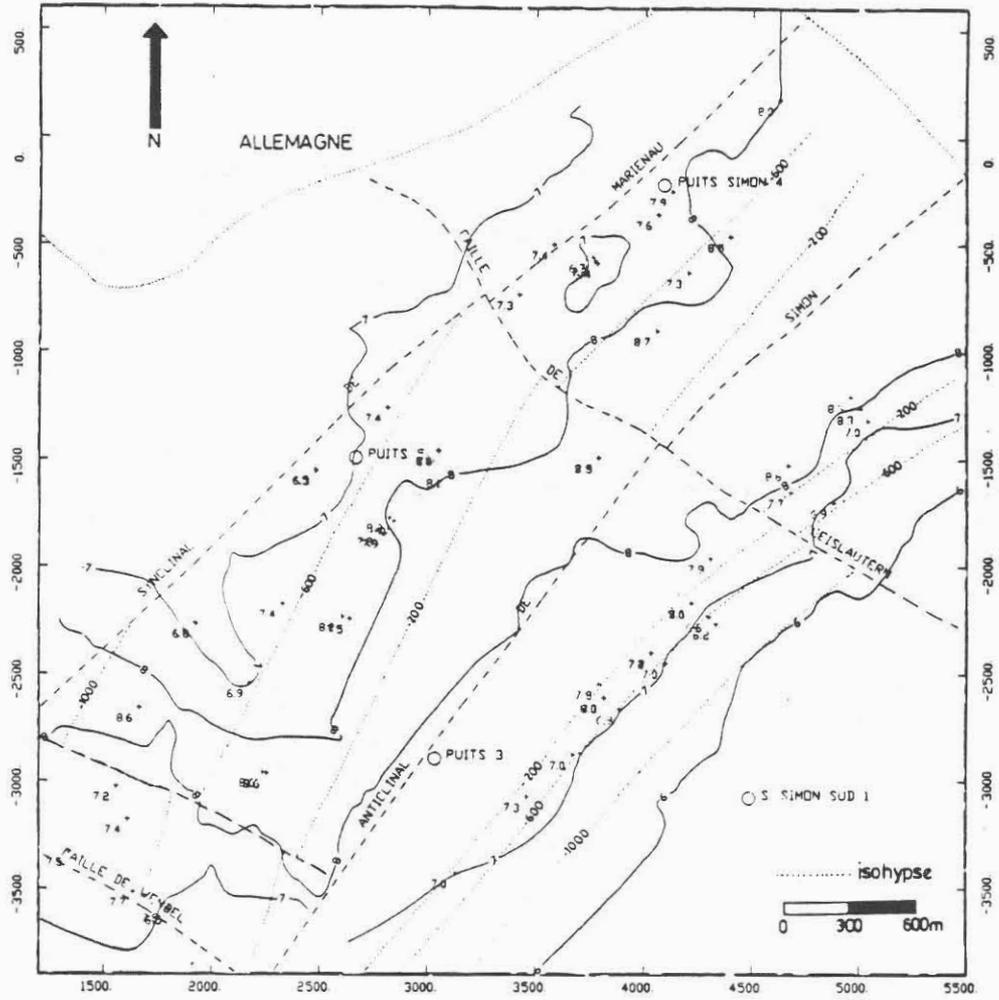


Fig. 28 - Carte d'isoteneurs en oxygène de la veine 13-14 au siège de Simon

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces 3 veines sont identiques et faibles (0,8% en moyenne). La répartition hoirizontale de ces teneurs est assez homogène sur tout le siège à l'exception des teneurs élevées au SW du siège, près de la faille de Vuillemin-Wendel (1,20% environ).

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore sont faibles dans ces 3 veines avec des moyennes de 0,25% dans la veine 10-11, de 0,23% dans la veine 12b et dans la veine 13-14. Très peu de valeurs dépassent 0,30%. Les charbons du champ Est contiennent les plus faibles teneurs en chlore. Par contre, celles des champs Ouest et Sud sont plus ou moins égale. Dans tous les champs, on ne trouve pas une augmentation de ce teneurs en chlore avec la profondeur.

2.5.4 - Classification des veines 10-11, 12b et 13-14

D'après la classification internationale de 1956, on peut classer ces 3 veines sous les numéros: 622, 623, 632, 633, 634. Ces numéros correspondent dans la classification française aux Flambants gras A, Gras B et Gras A.

2.6 - Veine St Jean

La veine St Jean se trouve dans la partie supérieure de l'Assise de Sulzbach, dans les "Gras" du Westphalien C. Cette veine est la plus puissante (4,00m maximale) parmi les veines des "Gras" et des "Gras Intermédiaires". Elle a été exploitée surtout dans les champs ouest du siège de Simon.

2.6.1 -Analyses immédiates

Les indices de matières volatiles de la veine St Jean varient de façon aléatoire en fonction de la profondeur actuelle (fig.29A), de 32,5 à 40% avec des indices identiques dans les flancs sud et ouest. Cette mauvaise corrélation entre les indices de MV et la profondeur actuelle de la veine St Jean montre que cette profondeur affecte très peu le rang de cette veine qui a été acquise un rang assez important avant le plissement du bassin. Ce phénomène sera discuté plus loin, dans le chapitre VII, paragraphe 2.

Les valeurs de PCS/pur de la veine St Jean augmentent de 8500 à 8800kcal/kg de 600 à 1300m de profondeur (fig.29B). La corrélation entre ces PCS/pur et la profondeur est assez mauvaise et la différence entre le flanc sud et le flanc ouest n'est pas visible dans cette veine.

2.6.2 - Propriétés cokéfiantes

La veine St Jean se trouve dans les "Gras"; elle a des bonnes propriétés cokéfiantes. Les indices de gonflement varient de 7,75 à 8,50 de 600 à 1300m de profondeur (fig.30A). On note que l'augmentation des indices avec la profondeur est lente, ce qui est dû à la faible sensibilité de ce paramètre dans les charbons de Gras et à la faible corrélation entre le rang de cette veine et la profondeur actuelle.

Dans les Gras, l'indice Arnou est un paramètre sensible au rang. Ces indices de la veine St Jean augmentent très rapidement de +50 à +300

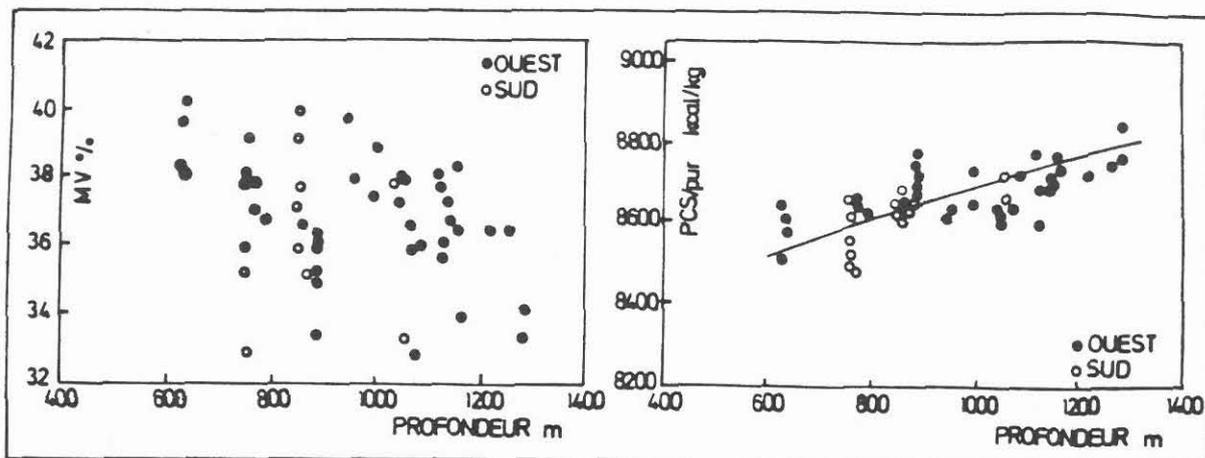


Fig. 29 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV de la veine St Jean.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur de la veine St Jean

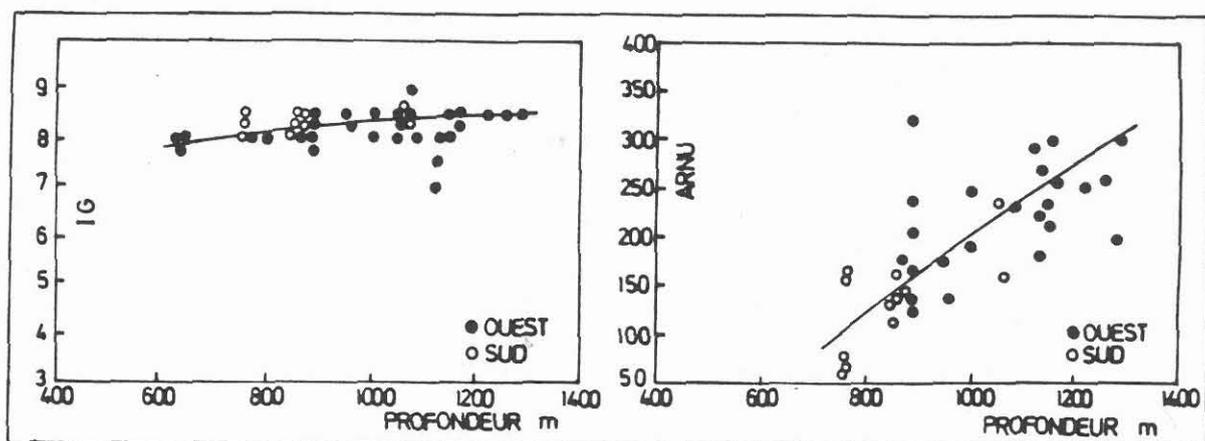


Fig. 30 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement de la veine St Jean.
 B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu de la veine St Jean.

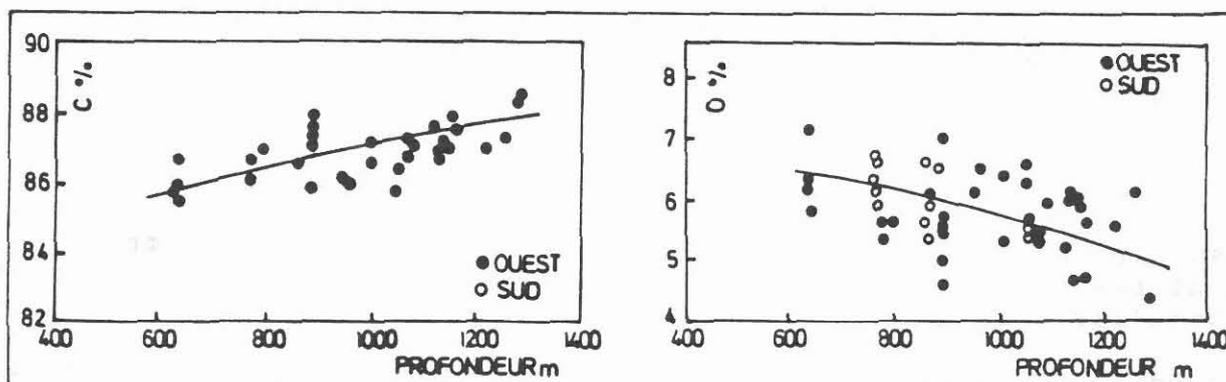


Fig. 31 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone de la veine St Jean.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène de la veine St Jean.

entre 600 et 1300m, mais la fluctuation est assez importante (fig.30B). La profondeur actuelle a joué un faible rôle sur la houillification de cette veine qui aurait été acquise en grande partie avant le plissement. Entre les charbons des champs sud et les charbons des champs ouest, il n'existe pas de différence.

2.6.3 - Analyses élémentaires

Les teneurs en carbone de la veine St Jean sont assez élevées (>85%); elles augmentent légèrement de 85,5 à 88,0% entre 600 et 1300m (fig.31A). La corrélation entre ces teneurs et la profondeur est assez mauvaise et il n'y a pas de différence entre les champs sud et ouest.

Les teneurs en oxygène de la veine St Jean varient de 4 à 7%; elles sont relativement faibles et marquent un degré de houillification élevé, mais non lié à la profondeur actuelle.

Les teneurs en hydrogène de la veine St Jean sont élevées avec une moyenne de 5,60% environ. Ceci montre aussi la résistance de l'hydrogène dans les charbons lorrains jusqu'au rang de la veine St Jean.

Les teneurs en soufre de la veine St Jean sont très faibles avec une moyenne de 0,50% environ; elles sont peu dispersées et la moyenne est donc significative.

Les teneurs en chlore de la veine St Jean sont faibles avec une moyenne de 0,20%, elles n'augmentent pas avec la profondeur. Dans les champs sud et ouest, très peu de valeurs dépassent 0,30%.

2.6.4 - Pouvoir réflecteur de la vitrinite

La veine St Jean a des valeurs de PRV assez élevées parmi les charbons lorrains, elles augmentent de 0,91 à 1,00% entre 700 et 1100m, mais avec une forte dispersion par rapport à la profondeur actuelle.

2.6.5 - Classification de la veine St Jean

La veine St Jean correspond, dans la classification internationale de 1956, aux numéros: 634, 635, 535, et dans la classification française aux Gras B et Gras A.

2.7 - Qualité des charbons au siège de Simon (Conclusion partielle)

Dans le siège de Simon, les veines exploitables sont nombreuses et les qualités des charbons sont aussi très variables (des Flambants secs jusqu'aux Gras A).

La veine K qui est la plus récente veine exploitée au siège, a généralement un degré de houillification relativement faible (Flambants secs en général). Par contre, à grande profondeur (dans les plateures), cette veine a un rang assez élevé (Flambants gras A), ce qui suggère que la profondeur actuelle a joué un rôle important sur la houillification de cette veine. La qualité de cette veine au champ des plateures est toutefois dégradée à cause d'une coïncidence avec des grès au toit de la veine. Cette dégradation de qualité est marquée par les faibles indices de MV, les propriétés cokéfiantes dégradées et les faibles teneurs en hydrogène.

La veine Henri est importante pour l'exploitation du siège du fait de

sa grande épaisseur. Pourtant elle a subi aussi, comme dans la veine K, une dégradation de qualité qui coïncide avec le Conglomérat de Merlebach au toit de la veine. Par contre, dans le même faisceau, un peu plus bas que la veine Henri, la veine 5b-6 qui est plus riche en hydrogène a une qualité meilleure.

Les veines 10-11, 12b, 13-14 sont voisines; leurs qualités sont semblables. Elles ont des degrés de houillification relativement élevés (Flambants gras A, Gras B et même Gras A à grande profondeur). Au SW du siège, la veine 13-14 aurait subi une faible dégradation de qualité, comme dans les pareils cas des veines K et Henri.

La veine St Jean a un degré de houillification élevé (Gras B et Gras A). Elle est riche en hydrogène et pauvre en oxygène avec une qualité intéressante.

Dans presque toutes les veines; la qualité est meilleure dans le flanc SE de l'anticlinal de Simon que dans le flanc NW. Cette différence géographique de qualité diminue de la veine Henri à la veine St Jean des veines les plus récentes aux plus anciennes.

3 QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE MARIENAU

3.1 - Présentation du siège de Marienau

Le siège de Marienau se trouve aussi sur l'anticlinal de Simon, au SW du siège de Simon, séparé de celui-ci par la faille de Vuillemin-Wendel (fig.32). Ce siège est limité au SW par la faille de St Nicolas. L'exploitation se réduit aux semi-dressants du flanc NW de l'anticlinal (champs A, B, C, D), mais s'étend au NW au delà de l'axe du synclinal de Marienau, sur le flanc SE de l'anticlinal de Merlebach (champ E à profondeur d'exploitation <600m). Au SE, l'exploitation est limitée par l'axe de l'anticlinal de Simon, mais au flanc SE de cet anticlinal, il existe quelques sondages de prospection.

D'un point de vue structural, les deux grandes failles périphériques (failles de Vuillemin-Wendel et de St Nicolas), de type normal, pentées en direction convergente, ont des rejets de 500m environ et constituent les flancs d'un graben dont l'axe est à peu près E-W (fig.33). Au sein du siège, la faille de Fockloch et la faille de Remsing sont les plus importantes. De type également normal, ces deux failles sont pentées vers le NE et découpent ce siège en 3 blocs disposés en marches d'escaliers qui remontent du NE au SW. Les rejets de ces deux failles sont de 100m environ.

La série lithostratigraphique est la même que dans le siège de Simon, mais le Stéphanien est beaucoup plus développé au siège de Marienau, du fait de la disposition en graben de la structure, qui abaisse toute la série. L'exploitation minière s'effectue surtout dans les Flambants Supérieurs et un peu dans les "Flambants Inférieurs". Les veines exploitées sont les mêmes que celles du siège de Simon, mais la nomenclature des veines est malheureusement différente (fig.4).

Onze veines sont exploitées au siège de Marienau; ce sont de haut en bas:

- dans les Flambants Supérieurs: -dans les Flambants Inférieurs:

H2
G1
F
E
D1
D
C
B
A

Henri
Wolhwert

3.2 - Veines H2 et G1

Les veines H2 et G1 se trouvent dans la partie sommetiale des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang). Des grès ou des grès conglomératiques recouvrent directement la veine H2. Par contre, entre la veine H2 et la veine G1, la séparation est un stéril schisteux d'une épaisseur de 30m environ.

La veine H2 s'épaissit de 1,50 à 3,00m du flanc SE vers le flanc NW de l'anticlinal de Simon, son mur devient aussi de plus en plus schisteux dans cette même direction. L'épaisseur de la veine G1 est assez homogène dans tout le siège (1,50m environ).

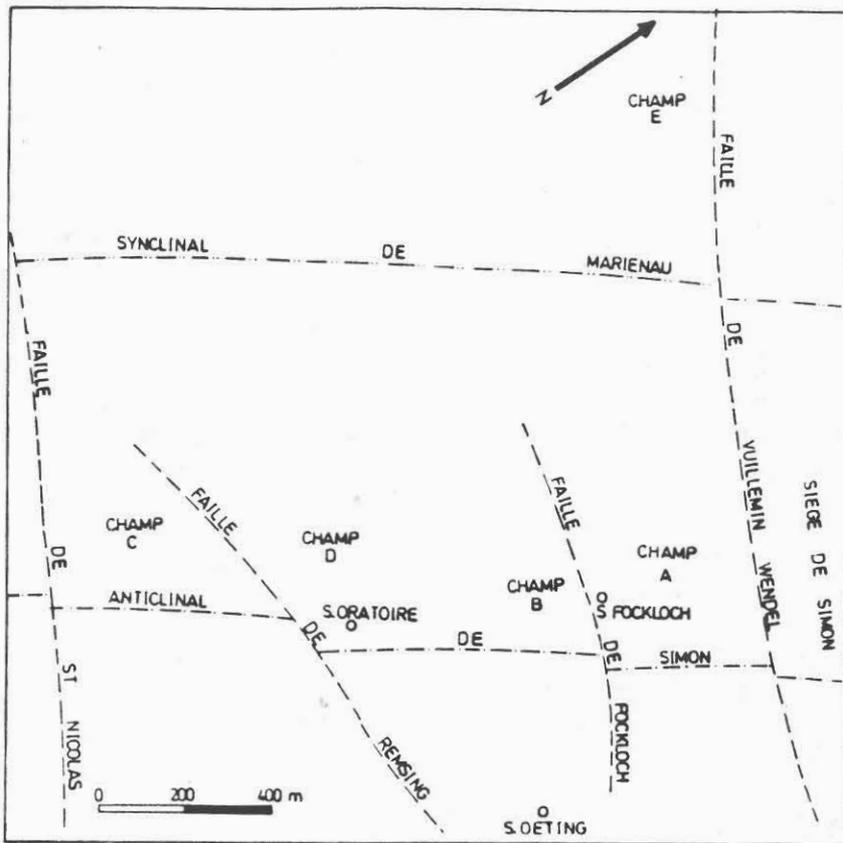


Fig. 32 - Carte d'exploitation du siège de Marienau

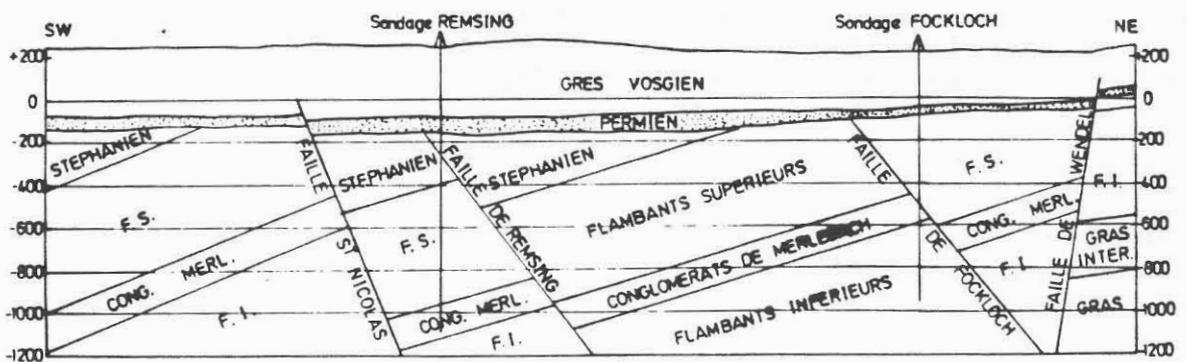


Fig. 33 - Coupe longitudinale du siège de Marienau.

3.2.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV de ces deux veines sont généralement élevés du fait de leur faible degré de houillification (>35%). Ces indices de MV diminuent plus ou moins régulièrement avec la profondeur (fig.34A). La veine H2 qui est la plus jeune a des indices de MV plus faibles que ceux de la veine G1 à profondeur égale. Cette anomalie semble pouvoir être expliquée, comme dans la veine K au siège de Simon, par une coïncidence entre la dégradation de qualité des charbons et les niveaux gréseux au toit de la veine.

Dans la figure 34A, on remarque aussi que la diminution des indices de MV en fonction de la profondeur est plus rapide dans la veine H2 que dans la veine G1.

Les indices de MV de la veine H2 sont plus élevés dans le champ E que dans les champs A, B, D (fig.35). Ces indices élevés du champ E correspondent en partie à des faibles profondeurs de cette veine (<600m), mais sont également corrélés avec la lithologie schisteuse des couches encaissantes dans ce champ. Dans les champs A, B, D, les indices de MV sont aussi parfois supérieurs à 38%. Dans le champ C et dans le flanc SE de l'anticlinal de Simon, les indices de MV sont beaucoup plus réduits.

Pour la veine G1, les indices de MV sont assez homogènes dans le flanc NW de l'anticlinal de Simon (champs A, B, C, D) avec des valeurs entre 38 et 40%. Dans le champ E, la veine G1 a aussi des indices de MV très élevés (>39%).

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les valeurs de PCS/pur de ces deux veines sont relativement faibles qui augmentent de 8000 à 8250 kcal/kg dans la veine H2 et de 8100 à 8350 kcal/kg dans la veine G1 entre 300 et 1100m (fig.34B). A profondeur égale, la veine G1 a des PCS/pur plus élevés que ceux de la veine H2, ce qui montre que la veine H2 est moins houillifiée que la G1, malgré les plus faibles indices de MV dans la première. En tout cas, ces deux veines ont des PCS/pur qui ne dépassent pas 8350 kcal/kg jusqu'à 1100m de profondeur.

Cendres

Les taux de cendres des veines H2 et G1 varient de 3,00 à 15,0% avec une grande dispersion géographique. La moyenne est de 6%.

3.2.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de ces deux veines augmentent irrégulièrement avec la profondeur (fig.36A). La veine H2 a des indices plus faibles à profondeur égale, avec une valeur stable de 2,00 environ entre 300 et 800m. Les indices de gonflement de cette veine commencent à augmenter rapidement de 2 à 6 entre 800 et 1100m. La veine G1 a des indices de gonflement relativement élevés et les valeurs sont assez constantes de 4,25 environ entre 300 et 1000m. A partir de 1000m, les indices commencent aussi à augmenter rapidement (6,25 environ à 1050m).

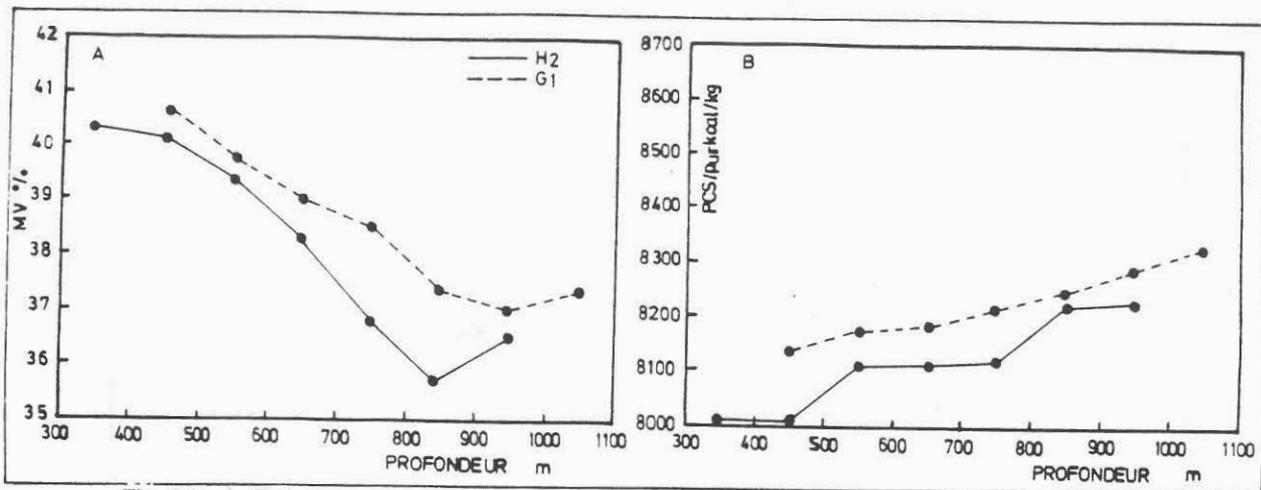


Fig. 34 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines H2 et G1.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines H2 et G1

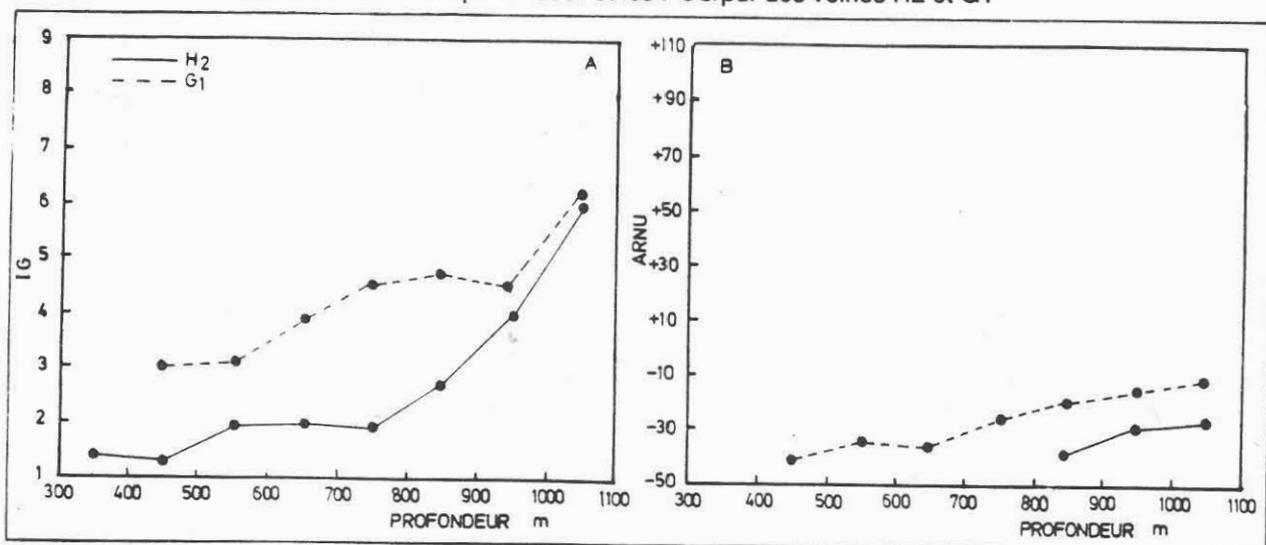


Fig. 36 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines H2 et G1.
 B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines H2 et G1.

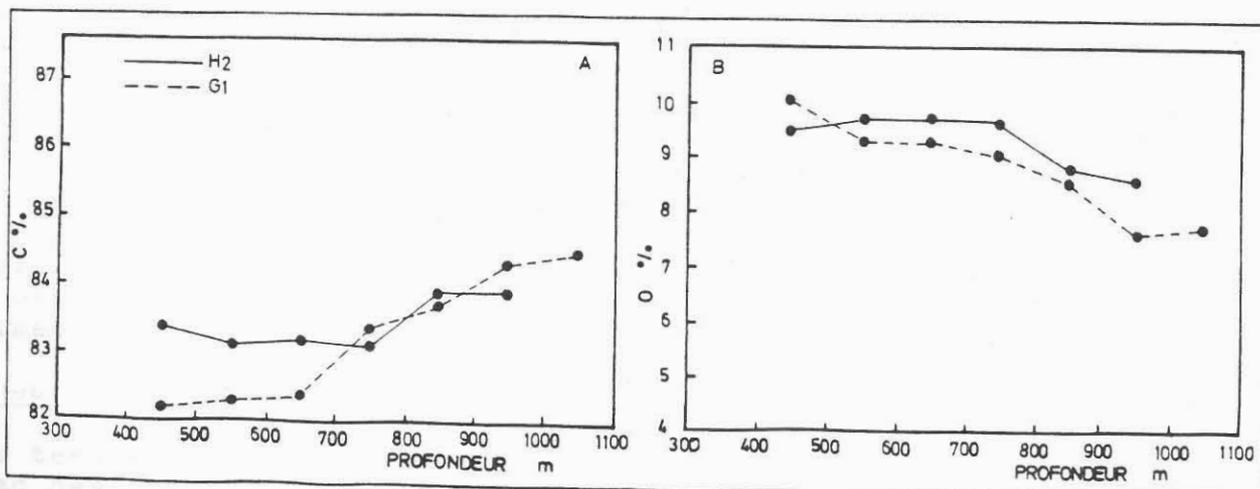


Fig. 37 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines H2 et G1.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines H2 et G1.

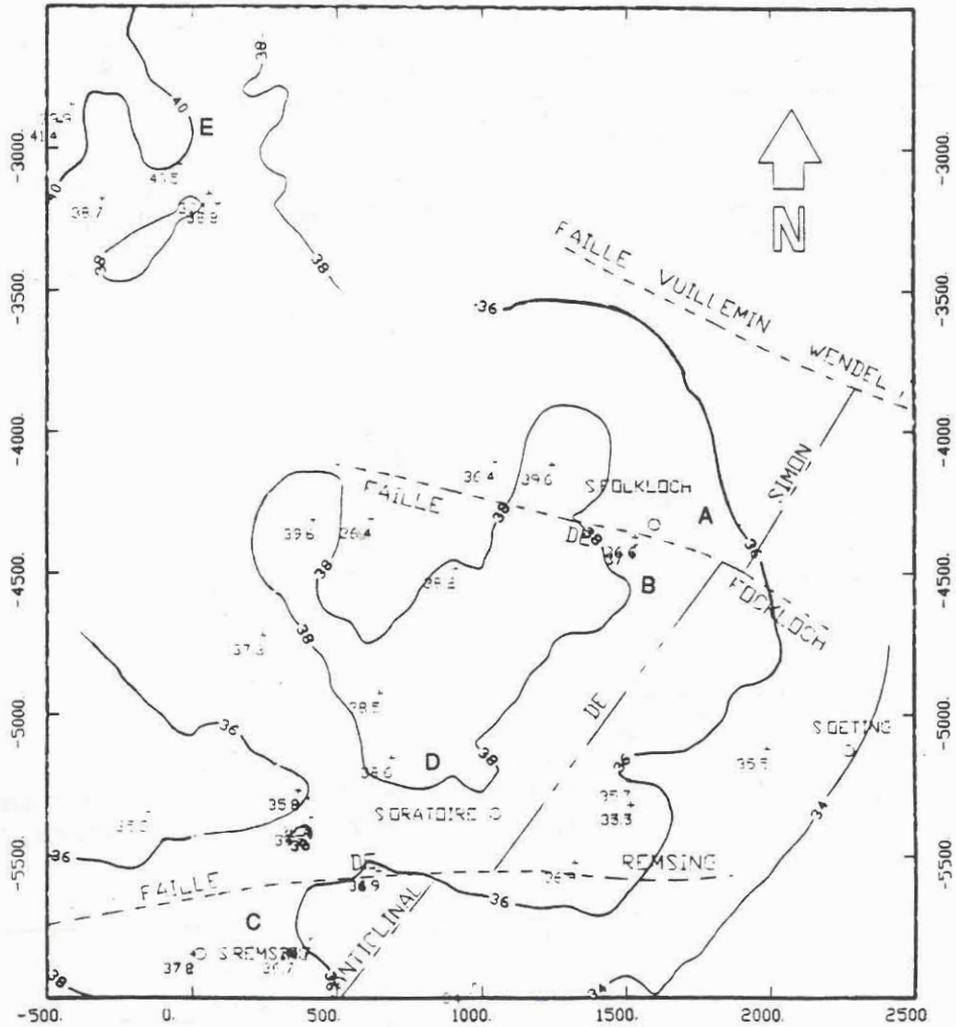


Fig.35 - Carte d'isoteneurs en MV de la veine H2 au siège de Marienau

La grande différence des indices de gonflement entre la veine H2 et la veine G1 à profondeur égale ne signifie surtout pas un écart élevé du rang, mais une dégradation importante des propriétés cokéfiantes de la veine H2.

Indices Arnu

Les indices Arnu de ces deux veines augmentent lentement avec la profondeur (fig.36B). Ces indices sont faibles, avec des valeurs négatives du fait de faibles rangs dans ces deux veines. Ces indices sont plus faibles dans la veine H2 que dans la veine G1 à profondeur égale, ce qui confirme la dégradation des propriétés cokéfiantes dans la première. Dans la veine H2, les charbons au-dessus de 800m ne se ramollissent pas dans le test d'Arnu. Ils commencent à se contracter à partir de cette profondeur avec des valeurs négatives très importantes (-30 environ).

Les propriétés cokéfiantes de la veine G1 sont meilleures à celles de la veine H2 à profondeur égale. Les charbons commencent à se contracter dès 400m et les indices Arnu augmentent régulièrement avec la profondeur, mais ne dépassent pas -10 jusqu'à 1100m.

3.2.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone de ces deux veines augmentent irrégulièrement de 82,0 à 84,0% entre 400 et 1100m de profondeur (fig.37A). La veine H2 a des teneurs en carbone assez constantes de 83% environ entre 400 et 800m. Dans cette gamme de profondeur, la veine G1 a des teneurs en carbone plus faibles que celles de la veine H2. Les plus fortes teneurs en carbone de la veine H2 sont liées à la dégradation de qualité de cette veine. A partir de 800m, les teneurs en carbone de ces deux veines augmentent rapidement en fonction de la profondeur avec des valeurs souvent plus fortes dans la veine G1 que dans la veine H2.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène de ces deux veines sont élevées, avec des valeurs plus fortes dans la veine H2 que dans la veine G1 à profondeur égale (fig.37B). Entre 400 et 700m de profondeur, la veine H2 a des teneurs en oxygène constantes de 9,50% environ. A partir de 700m, ces teneurs commencent à diminuer assez rapidement. Les teneurs en oxygène de la veine G1 diminuent aussi lentement avec la profondeur entre 400 et 800m. A partir de 800m, ces teneurs commencent aussi à diminuer rapidement. On note que la veine H2 a des teneurs élevées en carbone et en oxygène, ceci est dû à une faible teneur en hydrogène dans cette veine.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène des veines H2 et G1 sont relativement faibles avec des valeurs légèrement plus élevées dans la veine G1 que dans la veine H2 (5,10% contre 5,00% en moyenne). Ces teneurs sont très constantes dans chaque veine entre 300 et 1100m de profondeur.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces deux veines sont comparables, avec des moyennes de 0,98% pour la veine H2 et de 0,94% pour la veine G1. La

veine H2 a des teneurs en soufre très dispersées, avec une quantité importante d'échantillons à teneur en soufre élevée (entre 1,20 et 1,70%).

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore de la veine H2 augmentent rapidement de 0,15 à 0,45% entre 500 et 1100m de profondeur. Ces teneurs sont supérieures à 0,30% à partir de 800m. La veine G1 a des teneurs en chlore légèrement plus élevées que celles de la veine H2, qui varient de 0,22 à 0,50%.

3.2.4 - Classification des veines H2 et G1

Dans la classification internationale de 1956, la veine H2 est classée en 700 pour les charbons au-dessus de 700m de profondeur et en 621, 622 pour les charbons au-dessous de cette profondeur. La veine G1 est classée en 711 pour les charbons au-dessus de 400m de profondeur et en 622, 632 pour les charbons au-dessous de cette profondeur.

Dans la classification française, la veine H2 est placée en Flambants secs au-dessus de 700m de profondeur et en Flambants gras B au-dessous de cette profondeur. La veine G1 est placée en Flambants secs au-dessus de 400m et en Flambants gras B entre 400 et 900m et en Flambants gras A au-dessous de 900m de profondeur.

3.3 - Veines F, E, D1, D

Les veines F, E, D1, D se situent aussi dans la partie supérieure des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang), elles se séparent des veines précédentes (H2 et G1) par des stériles plus ou moins gréseux épais de 40m environ. Des grès grossiers ou conglomératiques qui varient de 5 à 20m du SE vers le NW, surmontent souvent la veine F, qui est la dernière veine du faisceau. Au sein du faisceau de ces 4 veines, la lithologie fine (charbons et schistes) est majoritaire (80% environ).

La veine F et la veine E sont très proches, séparées par une petite passée stérile shisto-argileuse de 0,40m environ. Par contre, les veines D1 et D se trouvent vers le bas un peu plus écartées des veines F et E (8m en moyenne).

L'ensemble des veines F et E a une puissance de 5 à 7 m et les veines D1 et D ont des épaisseurs de 2m environ chacune.

3.3.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV sont comparables dans ces 4 veines; ils diminuent de 41,0 à 36,0% entre 300 et 1100m (fig.38A). On constate que la veine F qui est la plus jeune se distingue des 3 autres par ses plus faibles indices de MV à profondeur égale, malgré une fluctuation assez importante. Par contre, les veines E, D1, D ont des indices de MV assez semblables. Cette différence des indices de MV entre la veine F et les autres se manifeste surtout dans les champs A, B, C, D où la profondeur d'exploitation est supérieure à 600m. Dans le champ E, à plus faible profondeur (<600m), les indices de MV sont relativement élevés dans toutes les veines avec des valeurs entre 39 et 41,5%.

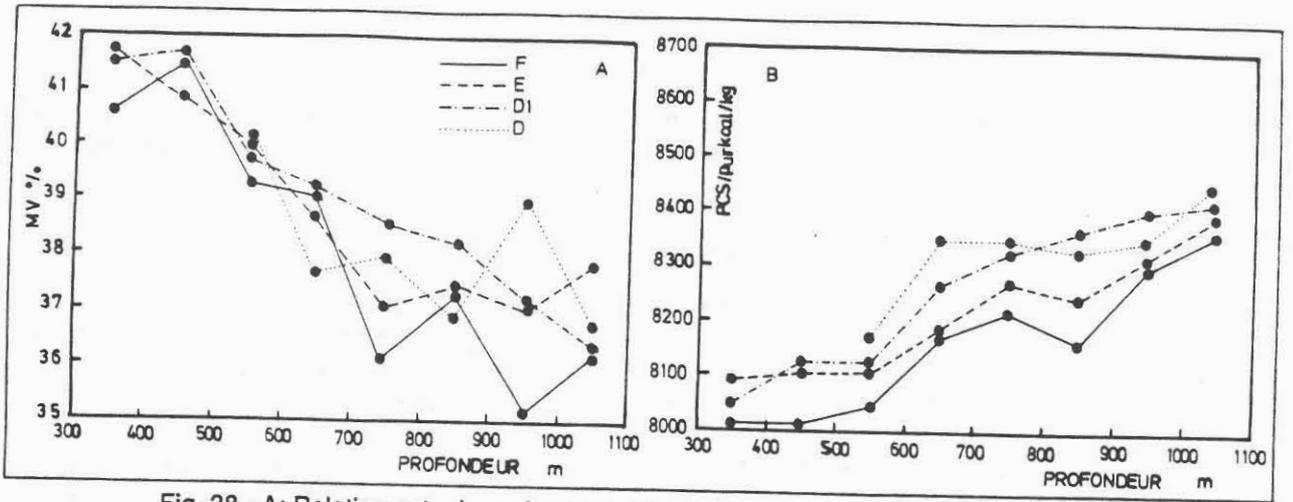


Fig. 38 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines F, E, D1 et D.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines F, E, D1 et D.

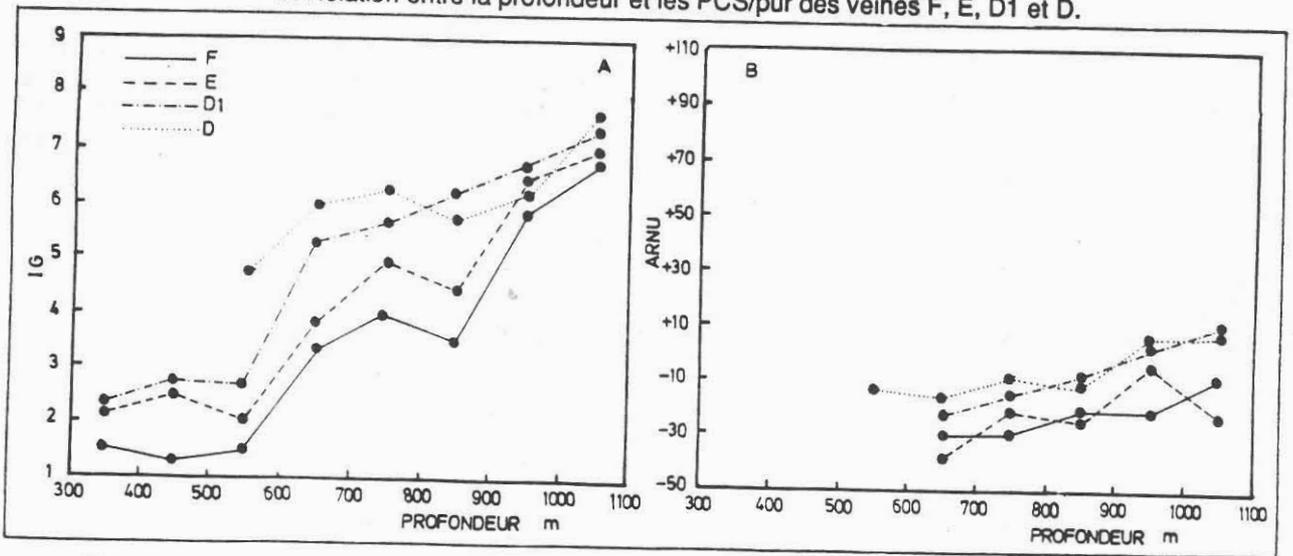


Fig. 39 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines F, E, D1 et D.
 B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines F, E, D1 et D.

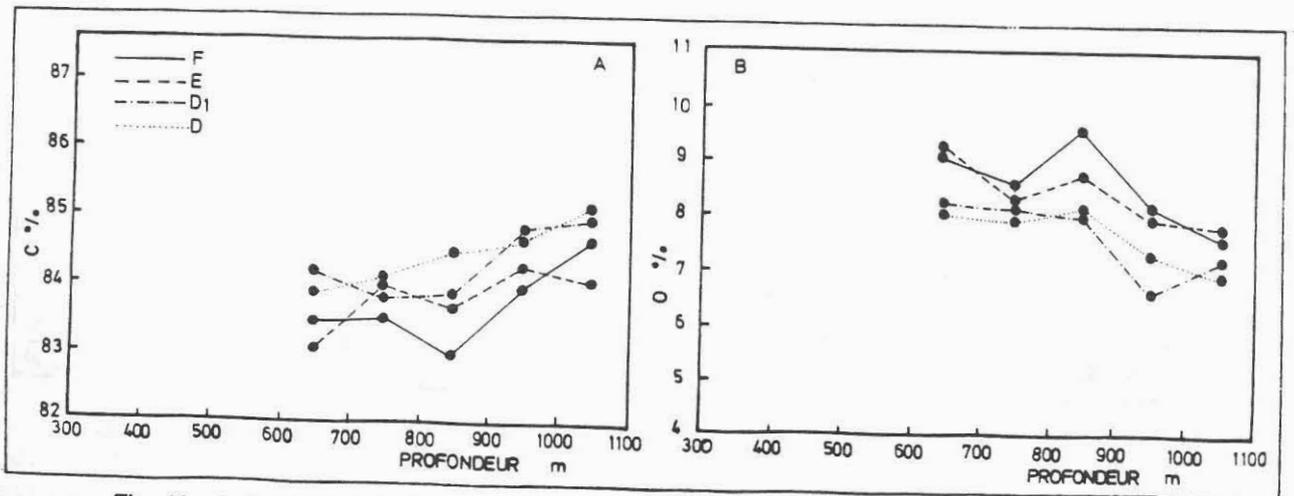


Fig. 40 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines F, E, D1 et D.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines F, E, D1 et D.

Dans les champs A, B, C, D, les faibles indices de MV de la veine F ne signifient pas un rang plus élevé dans cette veine que dans les autres. Compte-tenu la lithologie grossière du toit de la veine F, on peut expliquer ce phénomène, comme dans toutes les veines en pareils cas, par la coïncidence entre la dégradation de qualité et les sédiments grossiers au toit de la veine. Dans le champ E, plus vers le centre du bassin, le toit de la veine F, comme celui des autres, est de nature silto-argileuse. Les indices de MV sont relativement élevés et voisins dans toutes les veines.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur de ces 4 veines sont relativement faibles (<8400 kcal/kg jusqu'à 1050m de profondeur). Ils augmentent avec la profondeur dans une même veine et de la veine F à la veine D, à profondeur égale, suivant la superposition stratigraphique des veines (fig.38B).

Dans le champ E (profondeur<600m), les PCS/pur sont très faibles dans ces 4 veines et assez constants, avec 8100 kcal/kg dans les veines E et D1, 8000 kcal/kg dans la veine F. Dans les champs A, B, C, D, la veine F a aussi des PCS/pur plus faibles que ceux des 3 autres veines à profondeur égale. Il semble que la différence des PCS/pur entre la veine F et les 3 autres diminue avec la profondeur. L'augmentation rapide de PCS/pur avec la profondeur de la veine F est liée à une diminution rapide de l'oxygène et un enrichissement corrélativement rapide en carbone.

Cendres

Les taux de cendres de la veine F et de la veine E sont très voisins avec des valeurs assez faibles de 2 à 10%; les moyennes sont de 5%. Les veines D1 et D ont des taux de cendres plus élevés qui varient de 4 à 25%; les moyennes sont de 9%.

Les taux de cendres paraissent inversement proportionnels à la puissance des veines. Les veines F et E ont des épaisseurs importantes et contiennent des faibles taux de cendres. Par contre, les veines D1 et D sont moins épaisses et avec des puissances très variables. Elles sont riches en cendres avec parfois des valeurs très élevées (>25%).

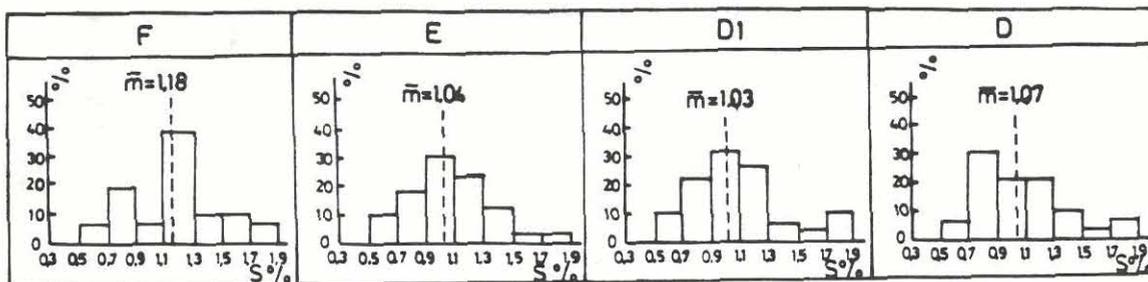


Fig. 41 - Histogrammes des teneurs en soufre des veines F, E, D1 et D

3.3.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement augmentent avec la profondeur dans une même veine et augmentent de la veine F à la veine D à profondeur égale (fig.39A).

Dans le champ E (entre 300 et 600m), les indices de gonflement sont faibles et constants dans chaque veine. La veine F se distingue des 3 autres par ses plus faibles indices, ce qui marque non seulement un rang plus faible mais aussi une dégradation de qualité dans cette veine sommetiale.

Dans les champs A, B, C, D, ces 4 veines ont des indices de gonflement beaucoup plus élevés que dans le champ E. Ces indices sont toujours plus faibles dans la veine F que dans les 3 autres à profondeur égale. On constate aussi que la veine E a des indices de gonflement beaucoup plus faibles que ceux des veines D1 et D. La différence des indices de gonflement entre les veines diminue avec la profondeur; ils sont très proches d'une valeur de 7,25 environ pour ces 4 veines à 1050m. Les beaucoup plus faibles indices de gonflement de la veine F marquent toujours une dégradation de qualité dans cette veine.

Indices Arnu

Les indices Arnu de ces 4 veines augmentent en fonction de la profondeur, avec des faibles valeurs qui sont inférieures à +20 jusqu'à 1100m (fig.39B). Dans le champ E, les charbons des veines F, E, D1 ne se ramolissent pas dans le test d'Arnu; seuls ceux de la veine D, qui est la plus ancienne, ont des contractions entre 500 et 600m de profondeur. Dans les champs A, B, C, D, les charbons de ces 4 veines commencent à se contracter dès 600m au chauffage et une faible dilatation se manifeste à grande profondeur. On distingue deux groupes de veines à propriétés cokéfiantes différentes: les veines F, E et les veines D1, D. Les veines F et E qui sont les veines très voisines, ont des indices Arnu aussi voisins et faibles. Par contre, les veines D1 et D ont des indices Arnu assez semblables qui sont plus élevés.

On a montré que les indices de gonflement de ces 4 veines se rapprochent à partir de 900m de profondeur. Mais les indices Arnu marquent toujours une différence des propriétés cokéfiantes entre ces 4 veines. Les indices Arnu sont plus efficaces que les indices de gonflement pour évaluer les propriétés cokéfiantes dans les charbons plus houillifiés.

3.3.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone de ces 4 veines augmentent irrégulièrement de 83,2 à 84,2% pour les veines F, E et de 84,0 à 85,2% pour les veines D1 et D entre 600 et 1100m (fig.40A). A profondeur égale, les veines F et E ont des teneurs en carbone généralement plus faibles que celles des veines D1 et D. Par contre, le groupement des veines est moins marqué dans les teneurs en carbone que dans les propriétés cokéfiantes décrites précédemment. La veine F qui a subi une dégradation de qualité a des teneurs en carbone relativement faibles audessus de 900m où les teneurs en oxygène sont élevées. Cette teneur augmente brutalement à 900m, en liaison avec une perte importante d'oxygène à cette

profondeur. Les teneurs en carbone de la veine F se rapprochent alors de celles des veines D1 et D à grande profondeur.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène diminuent avec la profondeur dans une même veine et diminuent de la veine F à la veine D à profondeur égale (fig.40B). Les deux groupes de veines (F,E et D1,D) sont mieux individualisés par les teneurs en oxygène que par les teneurs en carbone. La veine F, et éventuellement la veine E, qui auraient subi une dégradation de qualité ont des teneurs en oxygène voisines et plus élevées. Ces teneurs en oxygène ont des faibles diminution entre 600 et 900m. On trouve des inflexions des courbes à 900m environ dans toutes les veines, mais celle de la veine F est la plus importante. Après ces inflexions, ces teneurs se rapprochent, ce qui marque une diminution plus rapide de l'oxygène dans les veines F et E. A 1050m de profondeur, les teneurs en oxygène sont de 7,8% environ dans les veines F, E et de 7% environ dans les veines D1, D.

Teneurs en hydrogène

Dans chaque veine, la teneur en hydrogène ne varie pas avec la profondeur entre 300 et 1100m. La moyenne de la veine F est de 5%, celles des veines E, D1, D sont respectivement de 5,2%, 5,23% et 5,24%. Les plus faibles teneurs en hydrogène de la veine F nous donnent un argument sur la dégradation de qualité de cette veine.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces 4 veines sont relativement élevées et supérieures à 1,00% en moyenne (fig.41). La veine F est plus riche en soufre que les 3 autres, qui ont des teneurs très voisines. La plus forte teneur en soufre de la veine F, comme dans le cas de la veine H2 au même siège, n'est pas encore expliquée à notre connaissance.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore sont élevées dans ces 4 veines; elles augmentent en fonction de la profondeur. La veine F a des teneurs en chlore supérieures à 0,30% dès 600m de profondeur et elles atteignent 0,45% à 1100m. Les veines E, D1, D ont des teneurs en chlore semblables qui varient de 0,30 à 0,42% entre 600 et 1100m.

3.3.4 - Classification des veines F, E, D1, D

Dans la classification internationale de 1956, les veines F, E sont classées en 711 pour les charbons au-dessus de 600m de profondeur et en 621, 622, 632 pour les charbons au-dessous de cette profondeur. Les veines D1 et D sont classées en 721 au-dessus de 600m et en 622, 632, 633 au-dessous de cette profondeur.

Dans la classification française, les veines F et E sont placées en Flambants secs au-dessus de 600m et de Flambants gras B, Flambants gras A au-dessous de cette profondeur. Les veines D1 et D sont placées en Flambants secs et en Flambants gras B au-dessus de 600m et en Flambants gras A au-dessous de cette profondeur.

3.4 - Veines C, B, A

Les veines C, B, A se trouvent dans la partie inférieure des "Flambants"

Supérieurs", au-dessus de Conglomérat de Merlebach. Ces 3 veines sont séparées par des stériles silto-argileux, parfois gréseux, d'épaisseur très variable (de 15 à 35m entre la veine C et la veine B; de 5 à 20m entre la veine B et la veine A).

La veine C est composée d'un paquet de petites veines (<1,00m) séparées par des bancs silto-argileux à faible épaisseur. L'ensemble de la veine C a une puissance de 2,00 à 4,00m. La veine B et la veine A sont moins divisées, mais leur épaisseur est aussi très variable de 1,00 à 2,50m chacune.

3.4.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV de ces 3 veines sont très semblables; ils diminuent de 41,5 à 37% entre 300 et 1100m (fig.42A). Dans le champ E où l'exploitation est audessus de 600m de profondeur, ces 3 veines ont des indices de MV très élevés de 40 à 42%, avec une faible diminution en fonction de la profondeur. Dans ce champ, la veine A qui est la plus ancienne a des indices plus élevés à profondeur égale.

Dans les champs A, B, C, D, ces 3 veines ont des indices de MV plus réduits, inférieurs à 39%. Entre 600 et 800m, les veines B et A ont des indices de MV assez faibles, de 37 à 38%. Entre 800 et 1000m, ces 3 veines ont des indices un peu plus élevés, de 38,5% environ. A partir de 1000m, ces indices commencent à diminuer considérablement dans ces 3 veines, avec de plus faibles indices dans la veine A et de plus forts indices dans la veine C, ce qui est en accord avec leur superposition.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur de ces 3 veines sont très semblables et ils augmentent assez régulièrement avec la profondeur (fig.42B). Dans le champ E, les PCS/pur sont très faibles (8100 kcal/kg environ) et ils sont assez constants entre 300 et 600m de profondeur. Dans les champs A, B, C, D, les PCS/pur sont beaucoup plus élevés, avec une valeur de 8300 kcal/kg à 650m de profondeur. L'augmentation de ces PCS/pur avec la profondeur est plus faible entre 600 et 900m qu'entre 900 et 1100m. La veine C a des valeurs de PCS/pur plus faibles que celles des veines B et A à profondeur égale. Cette différence de PCS/pur diminue avec la profondeur de 600 à 1100m. A partir de 900m, les PCS/pur de ces 3 veines sont pratiquement identiques à profondeur égale (8500 kcal/kg à 1050m).

Cendres

Les taux de cendres des 3 veines sont généralement élevés, malgré une dispersion géographique importante. La veine C a des taux de cendres de 4 à 20% (9% en moyenne). La veine B a des taux un peu plus faibles, avec une moyenne de 6%. La veine A présente des taux de cendres de 4 à 20% (8,50% en moyenne). Les taux de cendres élevés dans ces 3 veines sont liés à des faibles puissances et à la dichotomie de ces veines.

3.4.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

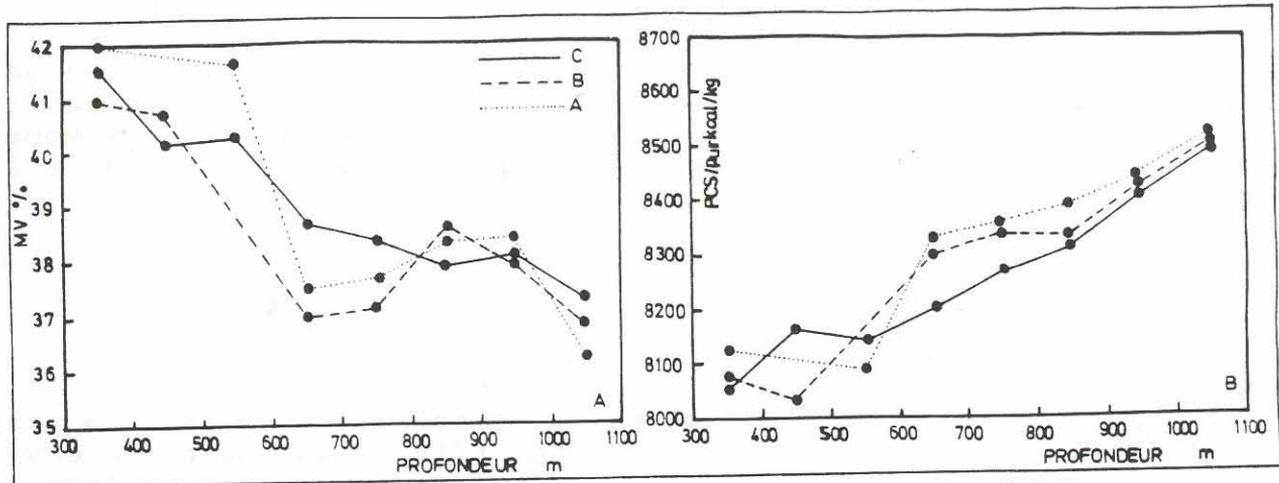


Fig. 42 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines C, B, A.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines C, B, A.

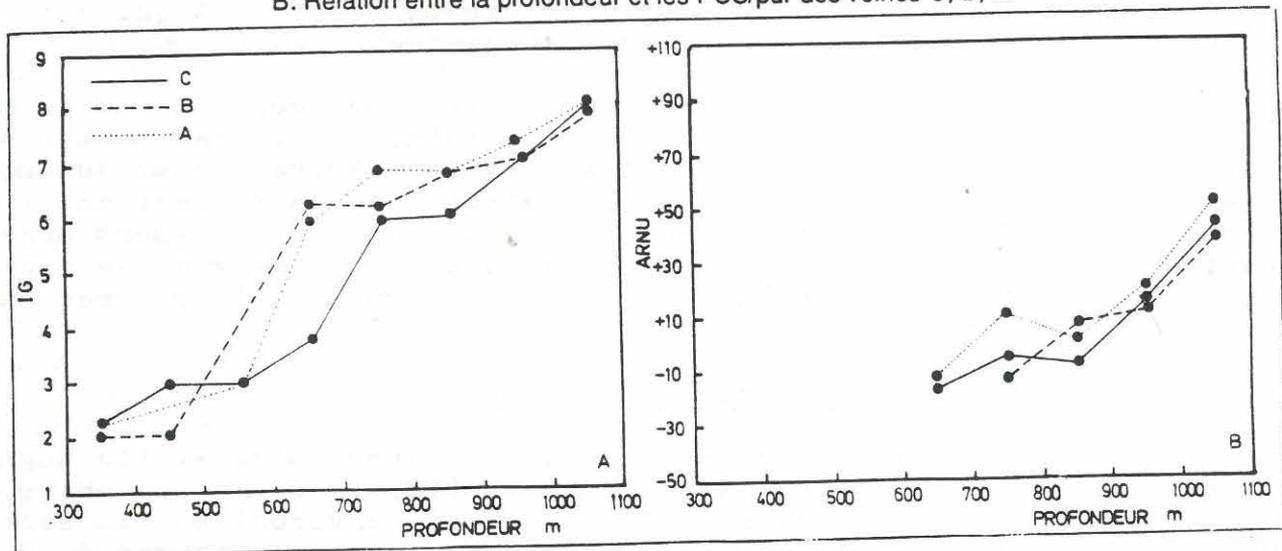


Fig. 43 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines C, B, A.
 B: Relation entre la profondeur et les indices d'ArnU des veines C, B, A.

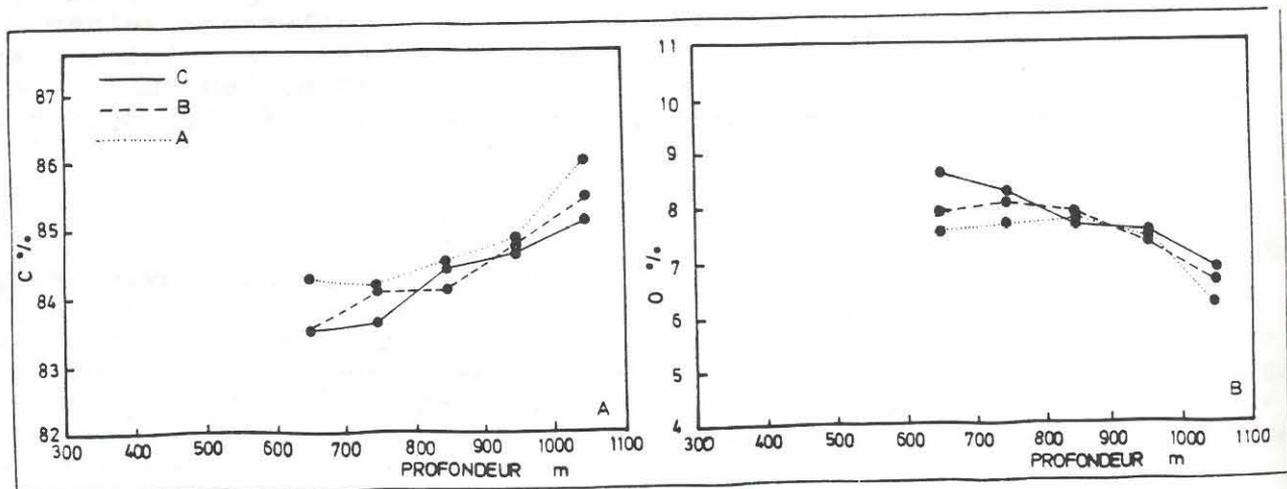


Fig. 44 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines C, B, A.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines C, B, A.

Les indices de gonflement des 3 veines sont voisins et ils augmentent de 2,00 à 8,00 entre 300 et 1100m (fig.43A). Dans le champ E, les indices de gonflement sont faibles (<3,00) dans ces 3 veines, avec aussi une faible augmentation de ces indices entre 300 et 600m. On trouve des ruptures dans l'augmentation entre 600 et 700m où se situe le passage du champ E aux champs A, B, C, D. Dans ces 4 champs, les indices de gonflement sont assez élevés (>6,00), mais augmentent faiblement entre 600 et 1100m. Cette faible augmentation est due au caractère de ce paramètre de l'indice de gonflement qui est peu sensible dans les charbons plus houillifiés (Flambants gras A et Gras B pour ces 3 veines).

Indices Arnu

Les indices Arnu des 3 veines sont semblables et ils croissent de -10 à +50 entre 600 et 1100m (fig.43B). Dans le champ E, les charbons sont moins houillifiés et ils ne se ramolissent pas dans le test d'Arnu. Dans les champs A, B, C, D, les charbons ont des contractions entre 600 et 800m (indices Arnu de -10 à 0). A partir de 800m, les charbons commencent à se dilater au chauffage avec des indices Arnu de 0 à +50 entre 800 et 1100m.

Dans la figure 43B, on constate qu'entre 600 et 900m de profondeur, les indices d'Arnu ont des faibles augmentations avec la profondeur. Mais à partir de 900m environ, ces indices augmentent de plus en plus rapidement avec la profondeur. Ce phénomène est dû au caractère du paramètre qui est plus sensible dans les charbons plus houillifiés (Flambants gras A et Gras B et A) que dans les Flambants secs et Flambants gras B.

3.4.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone des 3 veines augmentent de 83,5 à 85,5% entre 600 et 1100m (fig.44A). A profondeur égale, ces teneurs augmentent de la veine C à la veine A suivant leur superposition. La différence des teneurs en carbone entre ces veines est assez faible, ce qui fait penser que l'effet de la superposition est de plus en plus effacé dans les charbons relativement plus houillifiés.

Dans les champs A, B, C, D, les charbons des 3 veines ont des teneurs en carbone relativement élevées avec 83,5% à 650m et 84,7% à 950m de profondeur. On constate que l'augmentation des teneurs en carbone avec la profondeur est moins rapide entre 600 et 1000m qu'entre 1000 et 1100m où se présente une inflexion des courbes due à une perte rapide d'oxygène. L'enrichissement en carbone n'est donc pas linéaire au cours de la houillification.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène sont analysées seulement dans les champs A, B, C, D à partir de 600m de profondeur (fig.44B). On constate que ces 3 veines ont des teneurs en oxygène très voisines qui diminuent de 8,00 à 7,00% entre 600 et 1100m. La diminution de ces teneurs est assez faible entre 600 et 1000m. Une rupture de diminution des teneurs en oxygène se présente à 1000m environ et les teneurs sont inférieures à 7,00% à 1100m de profondeur. Ceci confirme que l'épuisement d'oxygène avec la profondeur n'est pas régulier, mais avec des sauts à certaines profondeurs correspondant à des rangs définis.

Teneurs en hydrogène

Ces 3 veines sont riches en hydrogène, avec des teneurs identiques en moyenne de 5,3%. Ces teneurs en hydrogène sont très constantes en fonction de la profondeur entre 600 et 1100m.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre des 3 veines sont identiques et relativement élevées avec une moyenne de 1%. Ces teneurs sont assez dispersées géographiquement (de 0,5 à 1,9%).

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore sont voisines dans les 3 veines avec des valeurs généralement supérieures à 0,30%. Ces teneurs augmentent irrégulièrement avec la profondeur et jusqu'à 0,45% à 1100m. Les moyennes des teneurs en chlore de ces 3 veines sont de 0,35%.

3.4.4 - Classification des veines C, B, A

Dans la classification internationale de 1956, ces 3 veines sont classées en 721 au-dessus de 600m (les charbons du champ E) et en 632 pour les charbons entre 600 et 1000m, et en 633 au-dessous de 1000m.

Dans la classification française, les charbons du champ E sont classés en Flambants secs et les charbons des champs A, B, C, D en Flambants gras B, Flambants gras A et Gras B.

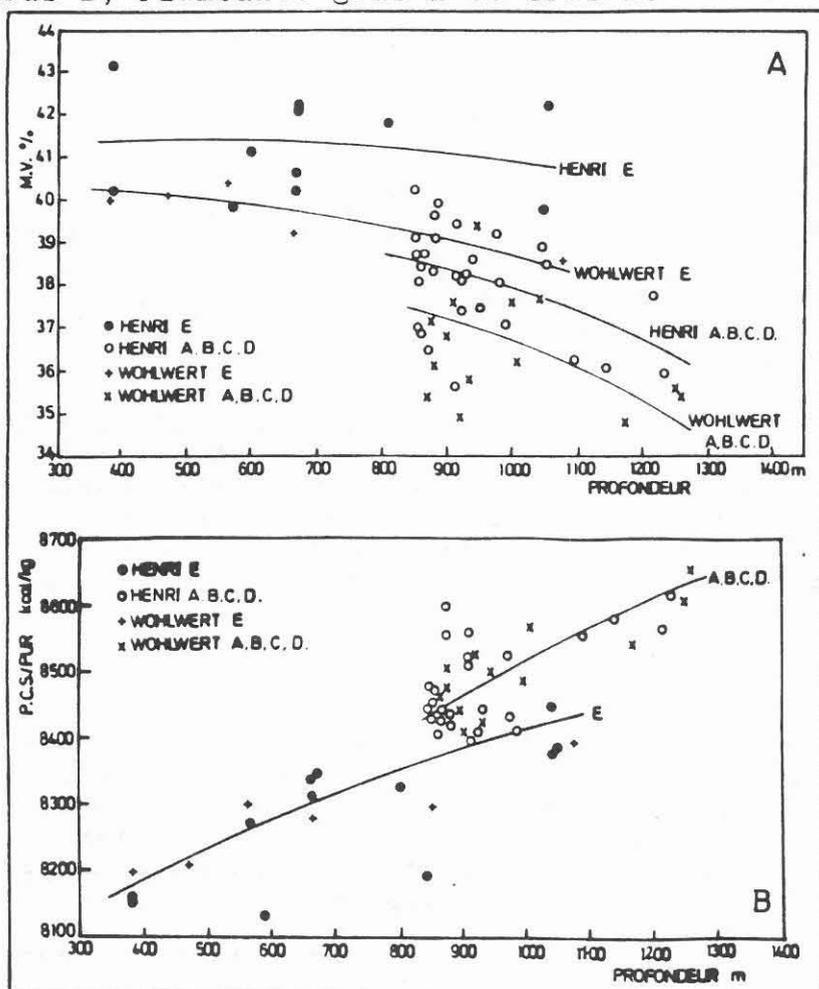


Fig. 45 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Henri et Wohlwert.
B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Henri et Wohlwert.

3.5 - Veines Henri et Wohlwert

Comme dans le siège de Simon, les veines Henri et Wohlwert du siège de Marienau se situent au-dessous du Conglomérat de Merlebach, au sommet des "Flambants Inférieurs" (Faisceau de Petite Rosselle). Dans ce siège, la veine Henri est séparée du Conglomérat de Merlebach par un niveau silto-argileux de 4m comprenant parfois la veine 2, ce qui est différent du siège de Simon où la veine est en contact avec le Conglomérat de Merlebach sus-jacent. Il n'existe aucune érosion de la veine Henri par le Conglomérat au siège de Marienau. Les veines Henri et Wohlwert ont des profondeurs importantes (>850m) aux champs A, B, C, D, c'est la raison pour laquelle les exploitations antérieures y ont été rares. Les charbons de ces deux veines ayant de bonnes qualités sont actuellement exploités pour les mélanger à l'autres charbons extraits de ce siège.

3.5.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de matières volatiles sont assez dispersés avec la profondeur dans ces deux veines (fig.45A). Ces indices sont plus élevés dans le champ E que dans les champs A, B, C, D. On constate dans un même champ, à profondeur égale, que la veine Henri a des indices de MV plus élevés que ceux de la veine Wohlwert. Dans les champs A, B, C, D, malgré la dispersion avec la profondeur (de 35 à 40% à 900m dans une même veine), on peut distinguer la veine Henri qui est plus riche en MV que la veine Wohlwert à profondeur égale.

Rappelons-nous que dans le siège de Simon, on a montré que la veine Henri aurait subi une dégradation de qualité et qu'elle a des indices de MV plus faibles que ceux de la veine Wohlwert. Au siège de Marienau, il n'existe pas cette dégradation et la veine Henri a des indices de MV plus élevés que ceux de la veine Wohlwert, ce qui est en accord avec la superposition stratigraphique de ces deux veines.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur de ces deux veines sont identiques dans un même champ à profondeur égale (fig.45B). Les charbons du champ E ont des pouvoirs calorifiques plus faibles que ceux des champs A, B, C, D à profondeur égale. Dans le champ E, les PCS/pur varient de 8100 à 8400 kcal/kg entre 300 et 1000m. L'augmentation de ces valeurs avec la profondeur est assez régulière. Dans les champs A, B, C, D, les PCS/pur sont assez dispersés, par exemple de 8400 à 8600 kcal/kg à 900m.

Les valeurs voisins de PCS/pur de la veine Henri et de la veine Wohlwert confirment que ces deux veines ont des rang et des qualités identiques au siège de Marienau.

Cendres

Les taux de cendres de ces deux veines épaisses sont relativement faibles. La veine Henri contient moins de cendres dans les champs A, B, C, D que dans le champ E (3,30% contre 6,10% en moyenne). La veine Wohlwert contient des faibles taux de cendres dans tous les champs avec une moyenne de 3,2%.

3.5.2 - Propriétés cokéfiantes

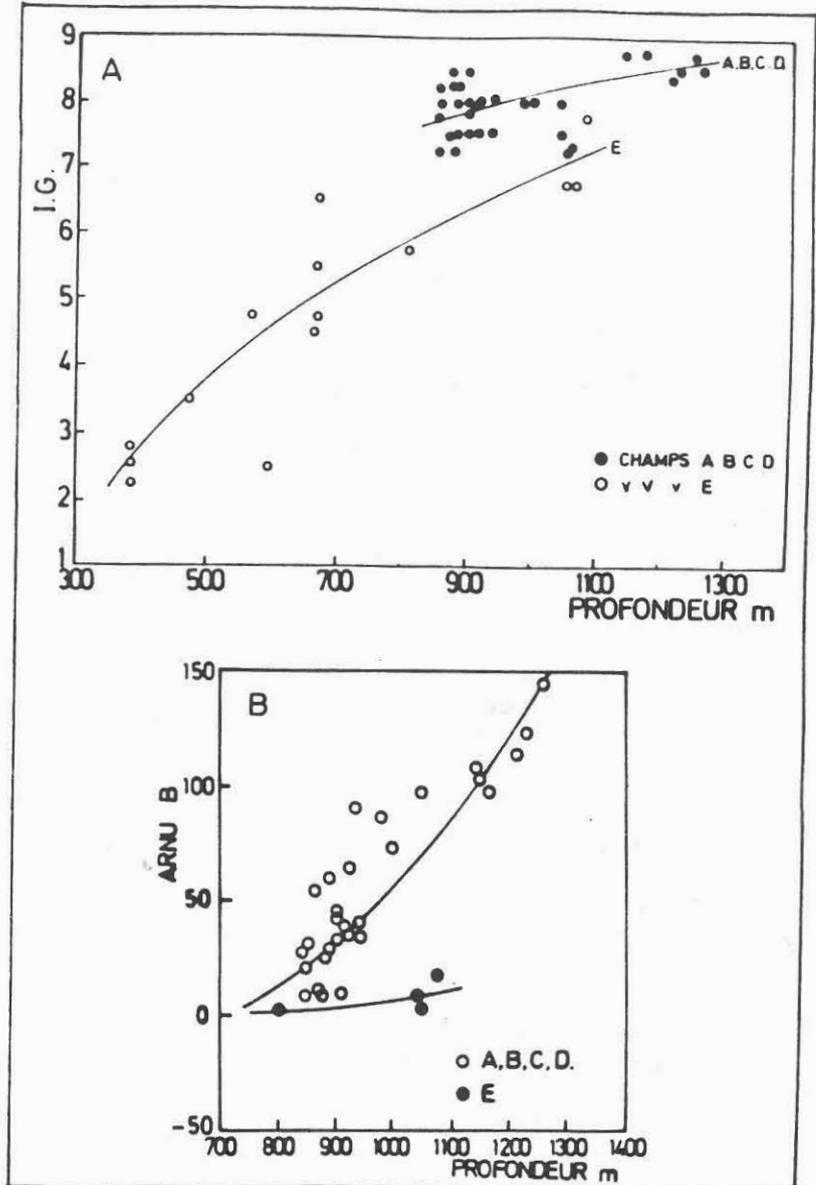


Fig. 46 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Henri et Wohlwert.
B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines Henri et Wohlwert.

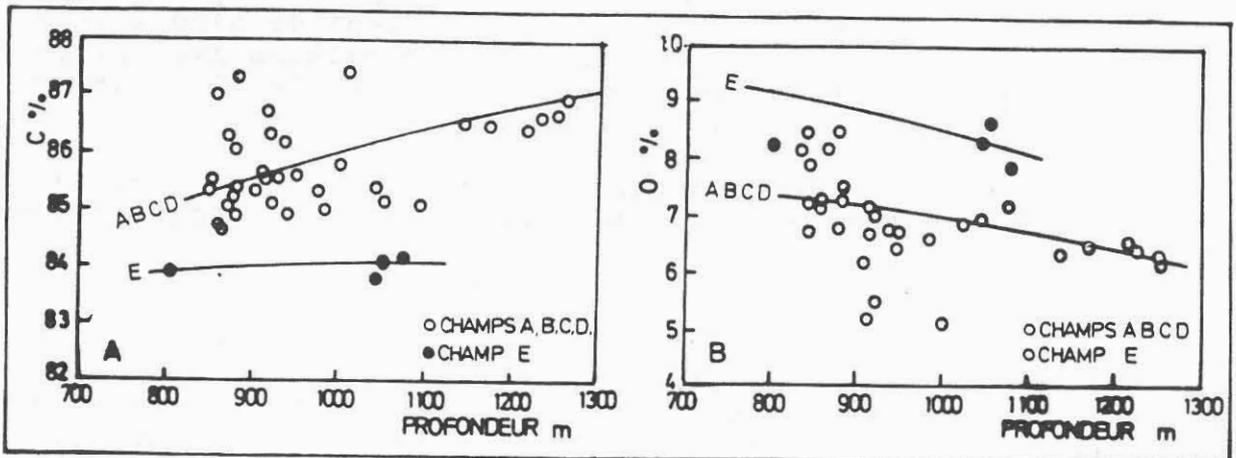


Fig. 47 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Henri et Wohlwert.
B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Henri et Wohlwert.

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de la veine Henri et de la veine Wohlwert sont identiques dans un même champ (fig.46A). A profondeur égale, les charbons du champ E ont des indices de gonflement plus faibles que ceux des champs A, B, C, D. Dans le champ E où l'exploitation s'effectue généralement à faible profondeur, les indices de gonflement varient de 2 à 7 entre 300 et 1000m. L'augmentation des indices de gonflement en fonction de la profondeur dans ce champ est assez rapide et régulière. Dans les champs A, B, C, D, les indices de gonflement de ces deux veines sont élevés (>7,00) et ils augmentent très lentement en fonction de la profondeur avec des valeurs très dispersées.

Indices Arnu

Les analyses des indices Arnu sont faites à partir de 800m de profondeur avec très peu de données dans le champ E (fig.46B). Les indices Arnu sont identiques dans la veine Henri et dans la veine Wohlwert dans un même champ. A profondeur égale, les indices Arnu du champ E, sont plus faibles que ceux des champs A, B, C, D. Dans le champ E, les deux veines ont des indices Arnu faibles qui varient de 0 à +15 suivant une profondeur de 800 à 1050m. Par contre, dans les champs A, B, C, D, les indices Arnu augmentent très rapidement de 0 à +150, de 800 à 1300m. La dispersion des indices dans ces champs est aussi importante.

3.5.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone sont identiques dans la veine Henri et dans la veine Wohlwert; elles sont plus faibles dans le champ E que dans les champs A, B, C, D à profondeur égale (fig.47A).

Dans le champ E, les teneurs en carbone des deux veines n'augmentent pratiquement pas de 800 à 1100m, à teneur relativement faible (84% environ). Dans les champs A, B, C, D, les teneurs en carbone augmentent plus rapidement en fonction de la profondeur, mais avec des valeurs assez dispersées.

Comme les autres paramètres de qualité, les teneurs en carbone des veines Henri et Wohlwert sont très dispersées avec la profondeur dans les champs A, B, C, D. Deux explications sont proposées:

---- les failles de Remsing et de Fockloch auraient modifié les profondeurs des veines, mais les degrés de houillification de ces deux veines auraient été seulement légèrement affectés par ces rejets. Ce serait une raison pour laquelle la relation entre les paramètres de qualité et la profondeur actuelle serait mauvaise.

---- l'étude de la répartition des températures actuelles du bassin montre que celles-ci sont plus chaudes au coeur de l'anticlinal que dans les flancs, à profondeur égale, (voir chapitre VII). Cette hétérogénéité de la répartition de la température aurait renforcé la dispersion de la relation entre le rang des charbons et la profondeur actuelle.

Teneurs en oxygène

Les analyses des teneurs en oxygène sont faites à partir de 800m de profondeur; les valeurs sont identiques pour un même champ dans les deux veines (fig.47B). On trouve des teneurs en oxygène plus importantes dans le champ E que dans les autres champs à profondeur égale. Dans le champ E, la diminution de teneur en oxygène avec la profondeur est quasi nulle avec une valeur de 8,25% environ entre 800 et 1050m. Dans les champs A, B, C, D, la diminution de cette teneur en oxygène en fonction de la profondeur est aussi faible avec des valeurs très dispersées de 5,50 à 8,50% à une profondeur de 900m. Cette dispersion est sans doute due aux faits mentionnés dans le cas des teneurs en carbone de ces deux veines.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène de ces deux veines sont assez élevées dans le siège de Marienau, ce qui est différent du siège de Simon où la veine Henri aurait subi une dégradation de qualité. Au siège de Marienau, la veine Henri est plus riche en hydrogène que la veine Wohlwert (5,33% contre 5,20% en moyenne dans les champs A, B, C, D et 5,70% contre 5,50% en moyenne dans le champ E). On constate que les charbons des champs A, B, C, D sont moins riches en hydrogène que ceux du champ E où les indices de MV sont aussi très élevés.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces deux veines sont très voisines avec des valeurs relativement faibles (0,78% et 0,71% en moyenne pour la veine Henri et pour la veine Wohlwert). Il n'existe pas de différence de teneur en soufre entre le champ E et les autres champs.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore de ces deux veines sont aussi voisines, avec des valeurs assez élevées de 0,34% et 0,33% en moyenne pour la veine Henri et pour la veine Wohlwert, entre 800 et 1300m. Ces teneurs augmentent irrégulièrement avec la profondeur jusqu'à 0,45% à 1300m. Il semble que dans le champ A, les teneurs en chlore de ces deux veines sont relativement faibles (0,25% en moyenne). Par contre, dans les champs B et D, les teneurs en chlore sont élevées (0,40% en moyenne).

3.5.4 - Classification des veines Henri et Wohlwert

Dans la classification internationale de 1956, ces deux veines sont classées en 621, 622, 623 dans le champ E et en 633, 634, 635, dans les champs A, B, C, D.

Dans la classification française, ces deux veines sont classées sous les noms de Flambants gras B et Flambants gras A pour les charbons du champ E et sous les noms de Gras B et Gras A pour les charbons des champs A, B, C, D.

3.6 - Qualité des charbons au siège de Marienau (Conclusion partielle)

Dans le siège de Marienau, les veines exploitées se trouvent surtout dans les Flambants Supérieurs avec des degrés de houillification relativement faibles, qui varient des Flambants secs aux Gras B suivant la profondeur de 300 à 1100m.

La veine H2 et la veine F ont subi une dégradation de qualité dans le

siège de Marienau. Cette dégradation est marquée par des indices réduits de MV, des propriétés cokéfiantes dégradées et des faibles teneurs en hydrogène.

Les veines C, B, A sont les plus houillifiées parmi les veines des "Flambants Supérieurs"; elles ont des rangs semblables avec des qualités voisines à profondeur égale. On trouve, dans ces 3 veines, des Gras B à partir de 1000 de profondeur.

Les veines Henri et Wohlwert sont les seules veines actuellement exploitées au siège de Marienau parmi les "Flambants Inférieurs". La veine Henri n'a pas subi une dégradation de qualité dans le siège de Marienau, ce qui est différent de cette même veine au siège de Simon. Ces deux veines ont des bonnes propriétés cokéfiantes, des teneurs élevées en hydrogène et des faibles teneurs en cendres et en soufre au siège de Marienau. Dans les champs A, B, C, D, elles ont des degrés de houillification assez élevés (Gras B et des Gras A).

Les teneurs en chlore sont relativement élevées dans toutes les veines de ce siège avec des valeurs généralement supérieures à 0,30% (sauf la veine H2).

Géographiquement, les charbons du champ E ont des degrés de houillification plus faibles que ceux des champs A, B, C, D, à profondeur égale. Ce phénomène pourrait être lié à une position structurale plus "froide" dans le champ E que dans les autres champs.

4 QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE REUMAUX

4.1 - Présentation générale du siège de Reumaux

Le siège de Reumaux se situe dans la partie méridionale de l'anticlinal de Simon, au sud du siège de Marienau. Il est séparé de ce dernier par la faille de St Nicolas (fig.48).

Le siège de Reumaux comprend deux champs d'exploitation: champ Sud et champ Nord, correspondant respectivement au flanc SE et au flanc NW de l'anticlinal de Simon.

Dans le siège de Reumaux, les terrains houillers du flanc NW ont un pendage de 25° environ et ceux du flanc SE un pendage beaucoup plus fort, de 60° environ. Au sein du siège, les fractures sont rares.

Les terrains de recouvrement sont assez importants, avec 250 à 300m de Grès Vosgien et 30m environ de Permien. L'épaisseur de Stéphanien varie de 700 à 100m, des flancs vers le coeur de l'anticlinal de Simon où le Stéphanien est partiellement érodé.

Les veines exploitées au siège de Reumaux se trouvent dans les "Flambants Supérieurs" (faisceau de Laudrefang), au-dessus du Conglomérat de Merlebach. Les "Flambants Inférieurs" (Faisceau de Petite Rosselle) sont trop profonds et non exploités dans ce siège.

Dans la partie supérieure du Westphalien D, le Faisceau de Tritteling, essentiellement conglomératique, renferme une veine puissante: la veine Louise, exploitée seulement dans ce siège.

Les autres veines exploitées dans ce siège sont dans la partie inférieure du Westphalien D, le Faisceau de Laudrefang. Ces veines sont les prolongements de celles du siège de Marienau (voir fig.4), mais la dénomination des veines est différente d'un siège à l'autre.

Dans le siège de Reumaux, les veines exploitées sont de haut en bas:

---- Louise
---- Jacqueline, Irma;
---- Georgette;
---- Frieda 5, 4, 3, 2, 1;
---- Erna, Dora-Cécile.

4.2 - Veine Louise

La veine Louise se trouve au sein des conglomérats de Tritteling, généralement encadrée par une lithologie conglomératique. Cette veine est très développée dans ce siège, avec une épaisseur qui varie de 1 à 5m du NE vers le SW sur le flanc NW de l'anticlinal de Simon (fig.49). Sur le flanc SE, cette veine est souvent érodée par le Conglomérat de Holz qui représente la base du Stéphanien.

Au NW du siège, près de l'axe du synclinal de Marienau, le toit de la veine Louise est silto-argileux d'une épaisseur de 2m environ. Par contre, ailleurs, cette veine est en contact direct avec les conglomérats sus-jacents.

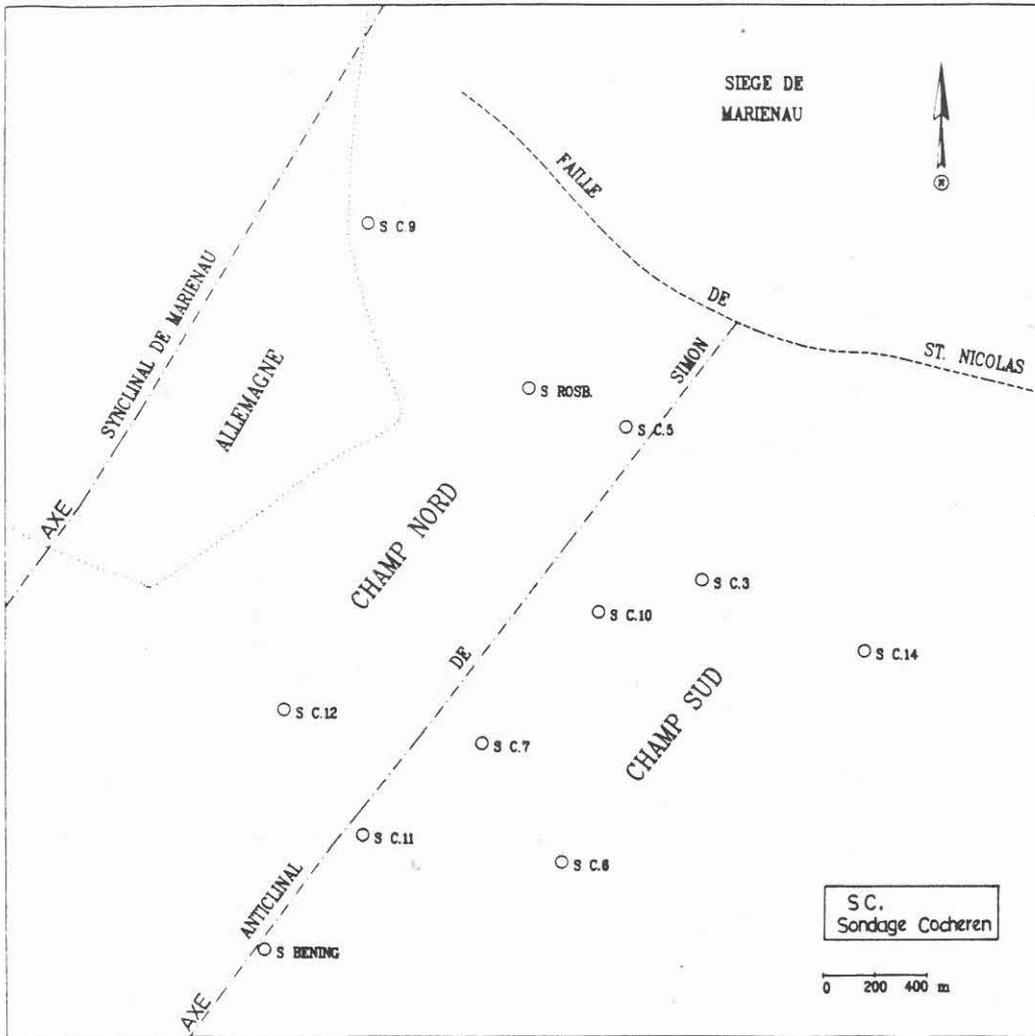


Fig. 48 - Carte d'exploitation du siège de Reumaux

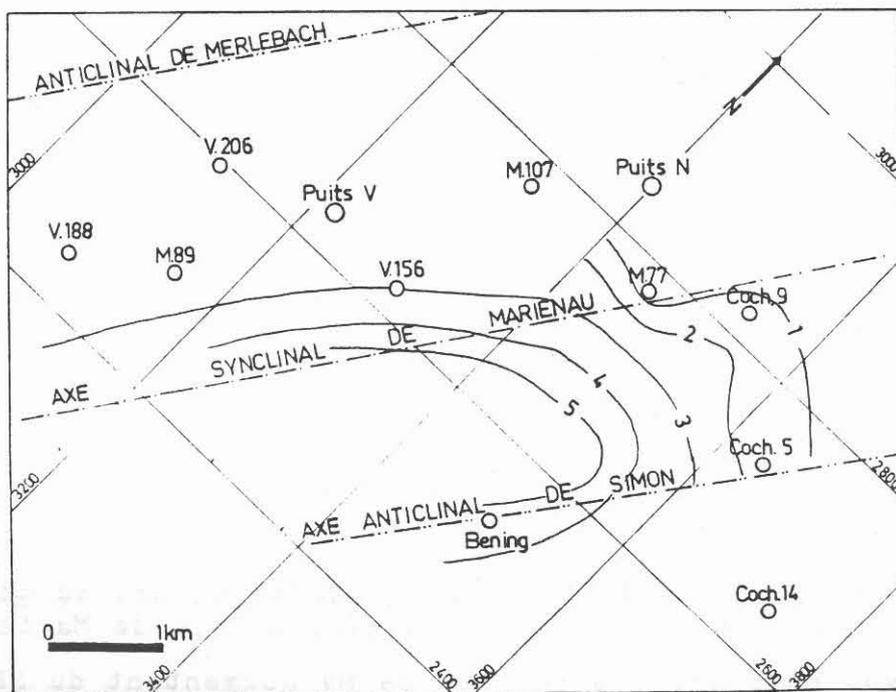


Fig. 49 - Isopaques de la veine Louise au siège de Reumaux

4.2.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV de la veine Louise présentent des valeurs généralement inférieures à 36% (fig.50A). Ils sont plus élevés dans le champ Nord que dans le champ Sud à profondeur égale. Dans le champ Nord, les indices de MV sont entre 35 et 36% et ne diminuent pratiquement pas avec la profondeur entre 300 et 1100m. Dans le champ Sud, les analyses sont peu nombreuses en raison de l'absence fréquente de cette veine.

La veine Louise, qui est la plus jeune dans le siège de Reumaux, présente cependant des indices de MV assez faibles. Compte-tenu la situation lithologique de cette veine, on l'explique toujours, comme dans les veines K et Henri au siège de Simon, la coïncidence entre les conglomérats au toit de la veine et la dégradation de qualité de la veine.

Pour savoir la cause de cette dégradation de qualité, quelques analyses macérales ont été effectuées dans cette veine et dans les veines voisines (Jacqueline, Irma, Frieda 5 et Frieda 3); les résultats sont présentés dans le tableau 11. On constate que la veine Louise est plus pauvre en vitrinite et plus riche en inertinite (fusinite et semi-fusinite) que les veines Jacqueline, Irma et Frieda 3 (60% contre 75% pour la vitrinite et 22% contre 13% en moyenne pour l'inertinite). Les pourcentages en exinite de la veine Louise sont aussi légèrement plus faibles que ceux des autres veines (8,5% contre 11,0% en moyenne).

La richesse en inertinite et la pauvreté en vitrinite et en exinite de la veine Louise diminue non seulement les indices de MV, mais affecte aussi tous les paramètres de qualité, ce qui résulte une dégradation de qualité dans cette veine.

Veines	Composition			macérale
	Vitrinite %	Exinite %	Fusinite %	semi-fusinite %
Louise	55,3	9,50	27,4	7,80
Louise	65,6	12,4	19,9	2,10
Louise	69,2	8,10	21,5	1,20
Louise	63,3	8,50	24,5	3,70
Louise	70,4	8,30	17,8	3,50
Jacqueline	78,4	10,0	9,30	2,30
Jacqueline	71,4	11,4	12,5	4,70
Jacqueline	78,2	10,8	7,80	3,20
Jacqueline	73,4	9,20	12,1	5,30
Jacqueline	75,9	7,90	10,6	5,60
Irma	69,1	14,0	14,2	2,50
Irma	74,3	10,7	12,5	2,50
Irma	76,2	8,10	12,1	3,70
Frieda 5	67,4	12,4	10,0	10,2
Frieda 5	66,6	14,2	16,5	2,70
Frieda 3	73,3	10,6	11,6	4,50
Frieda 3	70,9	13,4	12,4	3,30
Frieda 3	77,6	11,1	10,1	1,20

Tabl.11. Analyses macérales de quelques veines au siège de Reumaux (réalisées à la Station Expérimentale de Marienau).

Sur une vue en plan, les indices de MV augmentent du SE vers le NW où apparaît un toit silto-argileux près de l'axe du synclinal de Marienau

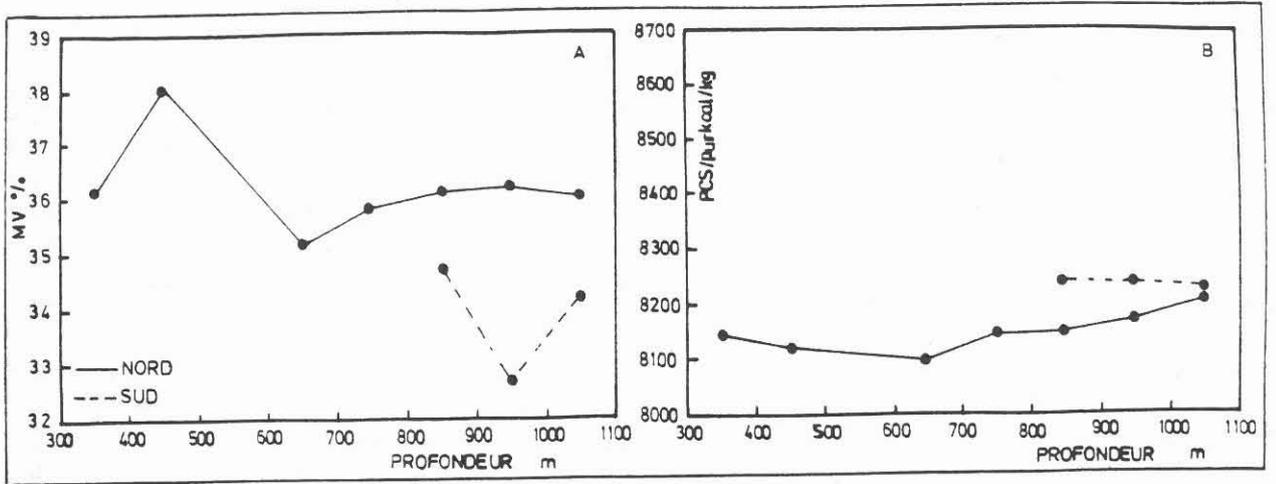


Fig. 50 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV de la veine Louise.
B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur de la veine Louise.

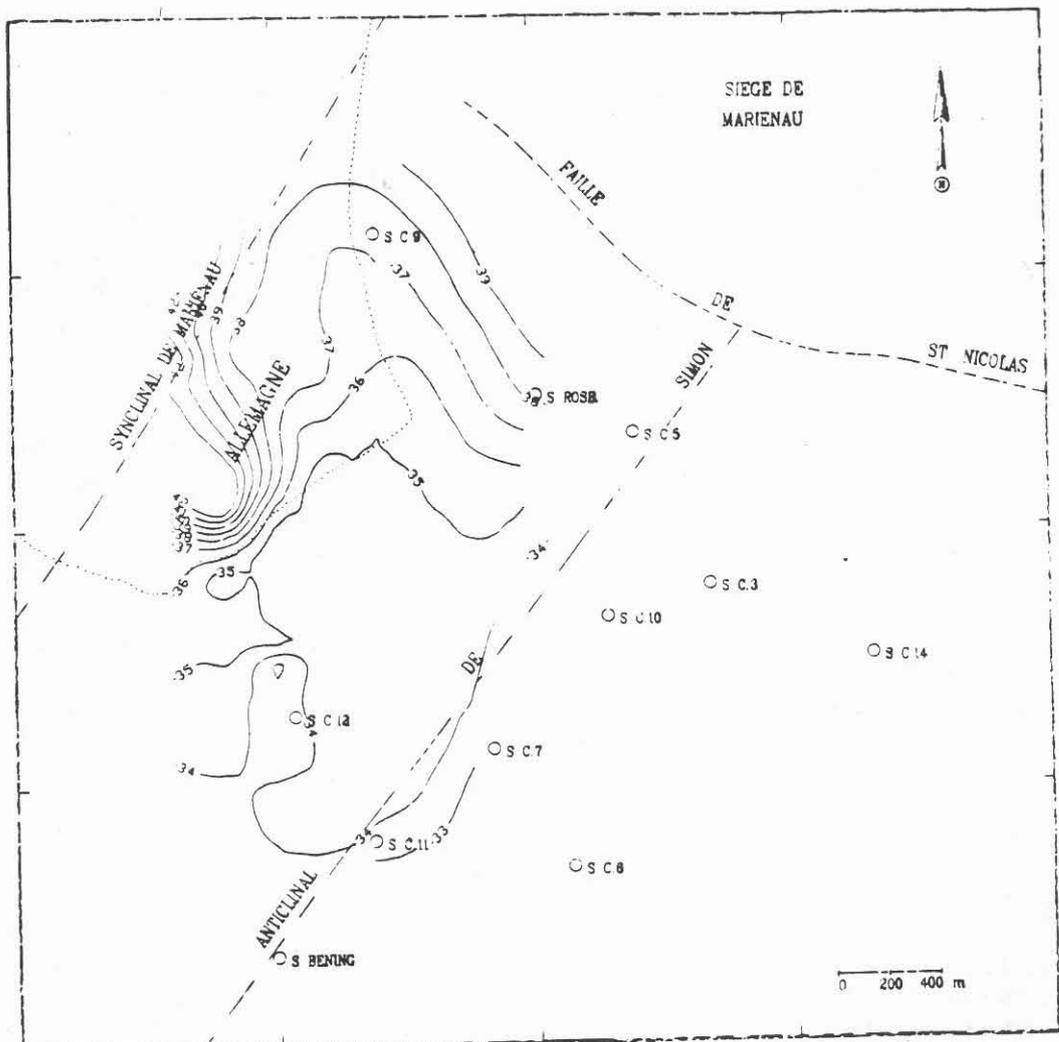


Fig. 51 - Carte d'isovaleurs des indices de MV de la veine Louise au siège de Reumaux.

(fig.51). Dans cette figure, l'effet de la profondeur sur les indices de MV est masqué par les variations de la composition macérale. Dans la partie NW du siège (près de l'axe du synclinal de Marienau), la veine Louise a en fait une profondeur assez importante, mais elle a des indices de MV très élevés (>39%), car elle y aurait subi une fusinisation moins intense. Par contre, le fait que les faibles profondeurs associées à des faibles indices de MV dans la partie SE du flanc Nord (près de l'axe de l'anticlinal de Simon) est dû à une richesse en inertinite dans la composition macérale du charbon. Dans la partie NE du siège (sondages C.9, C.5 et Rosbrück), les indices de MV sont aussi relativement élevés, ce qui témoigne aussi d'une fusinisation moins importante, malgré une faible profondeur de la veine dans cette zone.

La veine Louise a montré que la coïncidence entre la dégradation de qualité des charbons et la présence des corps détritiques au toit de la veine est simplement due à une fusinisation dans la composition macérale du charbon. Mais la cause de cette fusinisation ne peut pas être la présence des corps détritiques au toit de la veine, car les inertinites sont acquises avant ou pendant la déposition de la veine (Teichmüller 1989). La mise en place des corps détritiques sont après (même beaucoup plus après) la déposition de la veine. Il s'agit probablement d'un milieu de dépôt plus oxydé qui favorise la fusinisation des débris végétaux et la mise en place des corps détritiques dans un domaine plus proximal. Ce phénomène sera discuté plus en détail dans le paragraphe 6 dans ce chapitre.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les valeurs de PCS/pur de la veine Louise sont faibles de 8100 à 8200 kcal/kg entre 300 et 1100m, ce qui confirme qu'elle a un faible degré de houillification malgré ses faibles indices de MV. Ces valeurs de PCS/pur augmentent très lentement avec la profondeur de 300 à 1100m (fig.50B). Ces faibles valeurs de PCS/pur seraient liées à la composition élémentaire pauvre en hydrogène et riche en oxygène.

A profondeur égale, cette veine a des PCS/pur plus élevés dans le champ Sud que dans le champ Nord, mais il semble que cette différence diminue avec la profondeur.

Cendres

Les taux de cendres de la veine Louise sont variables de 2 à 18% suivant la position géographique. Il semble que ces taux de cendres diminuent du NE vers le SW du siège, correspond à une augmentation de puissance de la veine dans cette même direction.

4.2.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de la veine Louise sont très faibles; ils augmentent de 1,00 à 3,50 entre 300 et 1100m (fig.52). La faible augmentation des indices de gonflement avec la profondeur serait due à la forte teneur en inertinite de cette veine. On note que les charbons du champ Sud ont des indices de gonflement plus faibles que ceux du champ Nord à profondeur égale, ce qui semble anormal car les autres paramètres de qualité ont montré que cette veine a un rang plus élevé dans le champ Sud que dans le champ Nord. On pense que la dégradation des indices de gonflement est plus important dans les charbons du champ

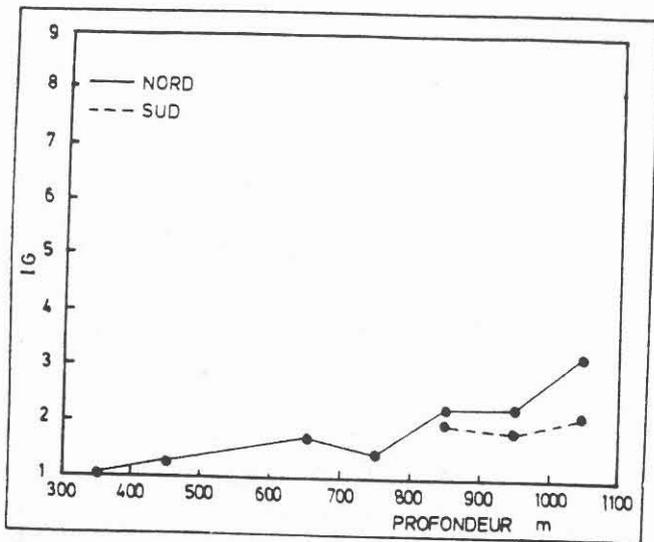


Fig. 52 - Relation entre la profondeur et les indices de gonflement de la veine Louise

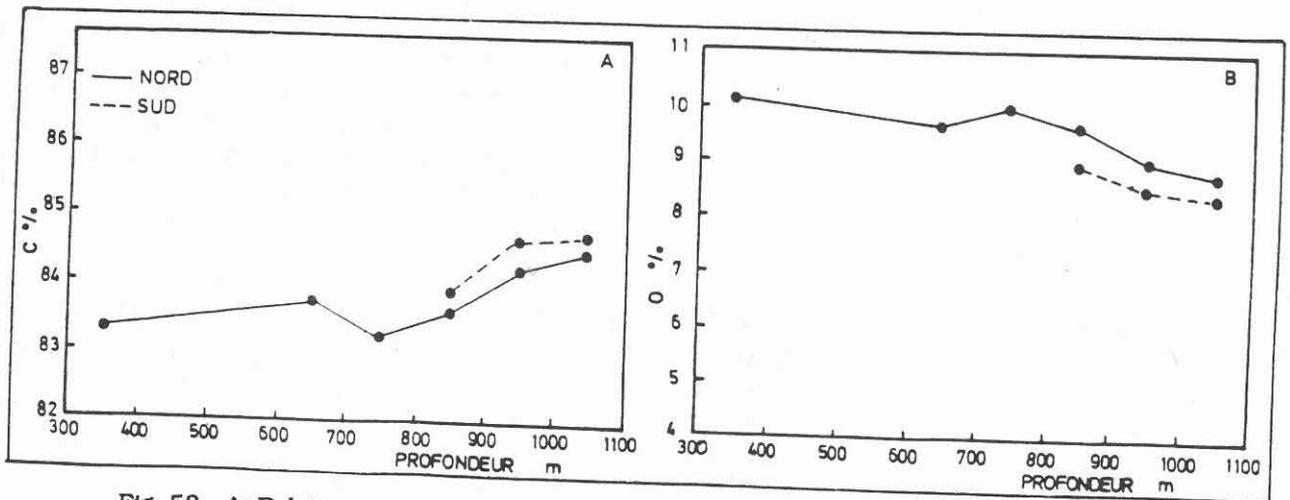


Fig. 53 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone de la veine Louise. B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène de la veine Louise.

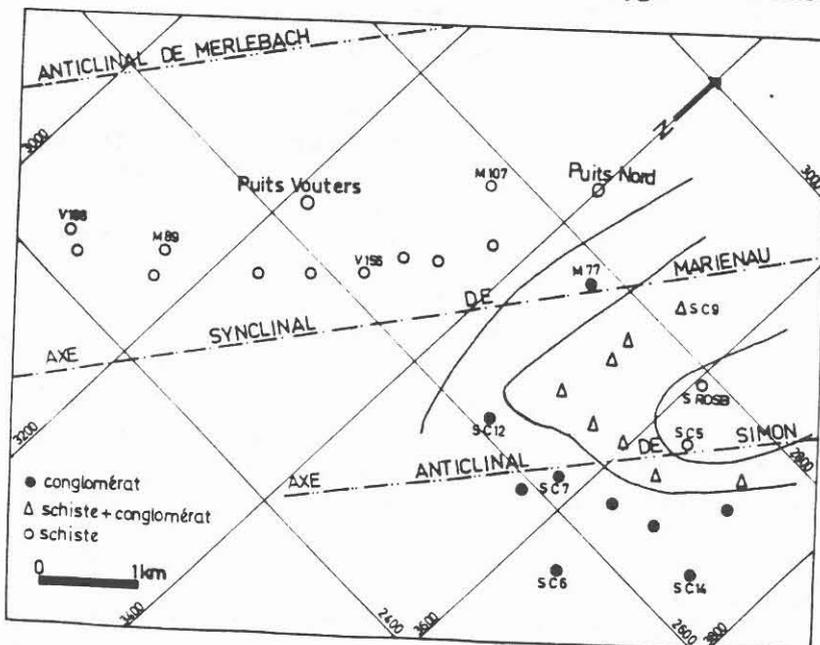


Fig. 54 - Variation lithologique du toit de la veine Jacqueline aux sièges de Reumaux et de Vouters.

Sud qui est plus proximal que dans ceux du champ Nord, liée à une fusinisation plus intense dans le premier champ que dans le deuxième. Les propriétés cokéfiantes des charbons dépendent ici de la composition macérale plutôt du degré de houillification.

Indices Arnu

Les indices Arnu de la veine Louise sont généralement nuls dans la gamme de profondeur de 300 à 1000m. Par contre, à partir de 1000m environ, les charbons de cette veine ont des faibles contractions dans le test d'Arnu, avec des indices Arnu inférieurs à -30.

4.2.3 - Analyses élémentaires

La veine Louise a des teneurs en carbone relativement élevées par rapport à son faible degré de houillification; elles varient de 83,3 à 84,7%, de 300 à 1100m de profondeur (fig.53A). Ces fortes teneurs en carbone sont liées sans doute à la richesse en inertinite de cette veine. On constate que les teneurs en carbone sont assez constantes (83,3% environ) entre 300 et 800m de profondeur. Elles augmentent rapidement à partir de 800m, du fait d'une perte corrélative et importante en oxygène à cette profondeur. Les charbons du champ Sud ont des teneurs en carbone plus élevées que celles du champ Nord à profondeur égale, ce qui s'explique probablement par une teneur en inertinite plus importante dans le premier que dans le deuxième champ et par un rang plus élevé dans les charbons du champ Sud que celui des charbons du champ Nord..

Les teneurs en oxygène de la veine Louise sont assez élevées; elles varient de 10,2 à 8,50% entre 300 et 1100m (fig.53B). Dans le champ Nord, les teneurs en oxygène sont très constantes, autour de 10,%, entre 300 et 800m de profondeur. Ces teneurs commencent à diminuer avec la profondeur à partir de 800m. Ce qui entraîne une augmentation des teneurs en carbone à partir de cette profondeur.

A profondeur égale, les charbons du champ Sud qui ont subi une fusinisation plus importante ont des teneurs en oxygène plus faibles que celles des charbons du champ Nord.

Les teneurs en hydrogène de la veine Louise sont faibles, avec une moyenne de 4,90%. Ces faibles teneurs en hydrogène sont dues à la richesse en inertinite de cette veine. Les charbons du champ Sud ont des teneurs en hydrogène légèrement plus faibles que celles des charbons du champ Nord. Près de l'axe du synclinal de Marienau où le toit de la veine est silto-argileux, les teneurs en hydrogène sont plus élevées (5,30% environ).

Les teneurs en soufre de la veine Louise sont très faibles, avec une moyenne de 0,45%. Sur tout le siège, les valeurs sont assez homogènes, entre 0,20 et 0,70%. Ces faibles teneurs en soufre de la veine Louise pourraient être expliquées par la richesse en inertinite qui contient moins de soufre organique (Casandrane 1987).

Les teneurs en chlore de la veine Louise sont réduites à faible profondeur (0,15% à 700m. Ces teneurs augmentent avec la profondeur jusqu'à 0,4% à 1050m. On note que l'augmentation de la teneur en chlore est rapide en fonction de la profondeur dans cette veine riche en inertinite. Une discussion sur cette augmentation de la teneur en chlore avec la profondeur est abordée dans le chapitre VI, paragraphe 3.

4.2.4 - Classification de la veine Louise

Dans la classification internationale de 1956, la veine Louise est classée en 711 pour les charbons au-dessus de 800m et en 621 pour les charbons au-dessous de cette profondeur.

Dans la classification française, cette veine est placée dans les Flambants secs pour les charbons au-dessus de 800m et les Flambants gras B pour les charbons au-dessous de cette profondeur.

4.3 - Veines Jacqueline et Irma

Les veines Jacqueline et Irma se trouvent au sommet des "Flambants Supérieurs" du Faisceau de Laudrefang. La veine Jacqueline est en contact à sa partie supérieure avec le Faisceau de Tritteling, de type conglomératique. La figure 54 présente les variations lithologiques du toit de la veine Jacqueline dans les sièges de Reumaux et de Vouters. On constate que les conglomérats occupent pratiquement tout le flanc SE de l'anticlinal de Simon. Ailleurs, les conglomérats sont rarement en contact direct avec la veine Jacqueline. Ils en sont souvent séparés par des couches argileuses qui deviennent de plus en plus épaisses vers l'ouest. Dans la partie NW du siège de Reumaux et dans le siège de Vouters, on trouve des couches argileuses massives qui surmontent la veine Jacqueline. Il semble, d'après la figure 54, que les conglomérats de Tritteling sont ravirants au SE où ils ont sans doute érodé les couches argileuses se situant normalement au-dessus de la veine Jacqueline.

La veine Jacqueline a une épaisseur de 0 à 2,50m, mais qui est le plus souvent inférieure à 2,00m dans le siège de Reumaux. Cette veine est érodée au SE du siège de Reumaux, près du sondage de Cocheren 14.

La veine Irma est séparée de la veine Jacqueline par un niveau stérile silto-argileux de 2 à 5m d'épaisseur. Cette veine a une puissance qui varie de 0 à 3,50m, du SE vers le NW du siège; elle est érodée aussi au SE, dans le sondage de Cocheren 14.

4.3.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV de ces deux veines diminuent irrégulièrement de 39 à 36% environ en fonction d'une profondeur de 500 à 1300m (fig.55A). On constate que la veine Jacqueline, qui est la plus jeune, a des indices de MV plus élevés que ceux de la veine Irma à profondeur égale. Dans chaque veine, les indices de MV sont plus faibles dans le flanc SE que dans le flanc NW.

Les analyses macérales nous montrent que ces deux veines ont des compositions macérales légèrement différentes (tabl.11). Les teneurs en vitrinite sont assez voisines dans la veine Jacqueline et la veine Irma (74,% environ) mais les teneurs en exinite sont légèrement supérieures et les teneurs en inertinite légèrement inférieures dans la veine Jacqueline que dans la veine Irma.

Il est intéressant de déterminer dans quelle mesure les conglomérats du toit de la veine Jacqueline, comme dans la veine Louise, affectent ou non la qualité de cette veine? On peut étudier la répartition en

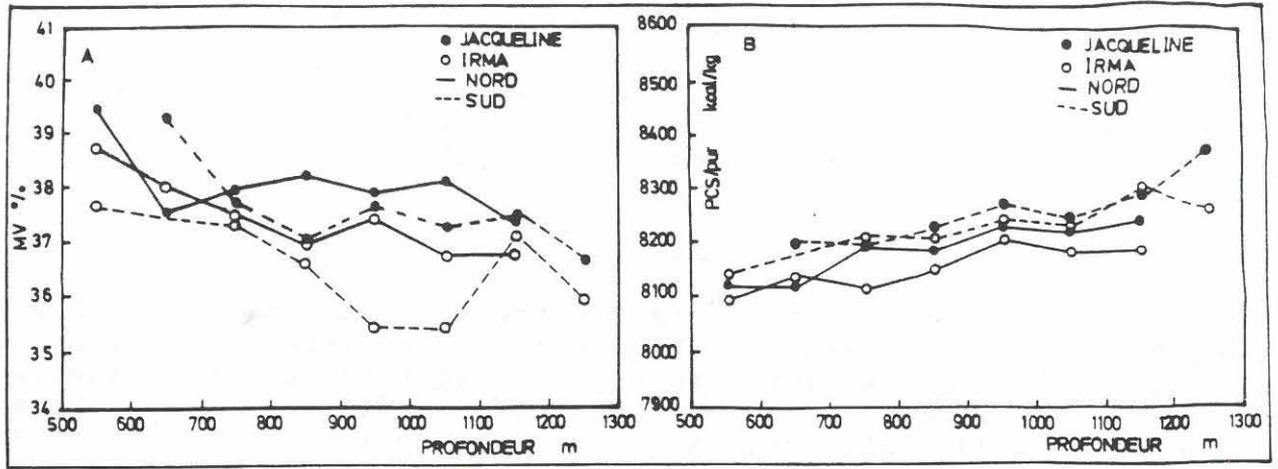


Fig. 55 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Jacqueline et Irma.
B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Jacqueline et Irma.

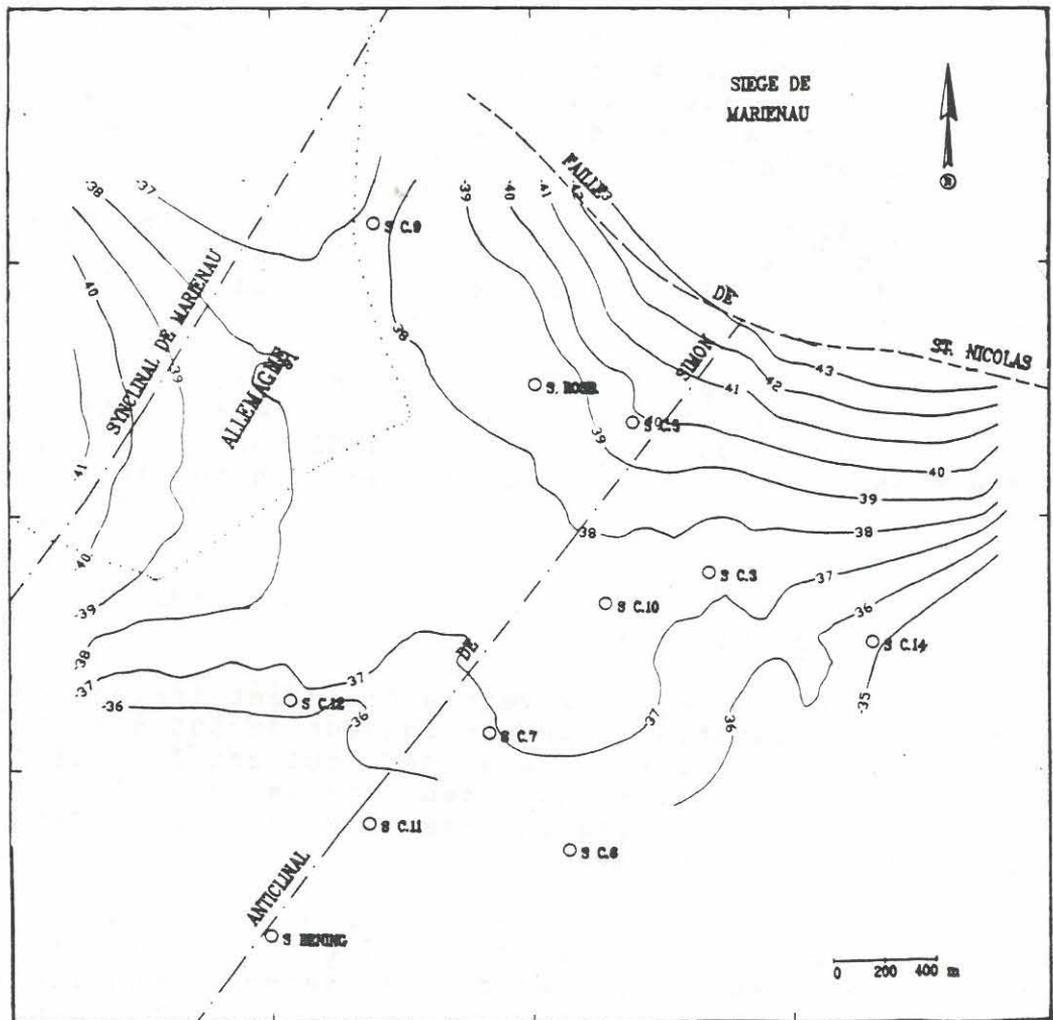


Fig. 56 - Carte d'isovaleurs des indices de MV de la veine Jacqueline au siège de Reumaux.

plan de ses indices de MV de la veine Jacqueline (fig.56). On constate que dans le champ Sud, où le toit de la veine est conglomératique, les indices de MV sont relativement faibles et diminuent rapidement avec la profondeur. Par contre, dans la partie NE du siège, près de la faille de St Nicolas, la variation des indices de MV ne se corrèle pas avec la profondeur; les indices augmentent du SW vers le NE dans la même direction que l'épaississement du toit argileux. Au NW du siège, près de l'axe du synclinal de Marienau, les indices de MV sont également élevés et correspondent à un toit argileux. Dans le champ Nord, la forme de couloir à faibles indices de MV est bien dessinée, correspondant à la bande conglomératique du toit présentée dans la figure 54. Cette répartition des indices de MV montre clairement la coïncidence entre la lithologie du toit de la veine et la qualité des charbons de la veine Jacqueline.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur de ces deux veines sont relativement faibles; ils augmentent lentement de 8100 à 8300 kcal/kg suivant une profondeur de 500 à 1300m (fig.55B). Dans chaque veine, les PCS/pur sont plus élevés dans les charbons du champ Sud que dans les charbons du champ Nord. Dans un même champ, la veine Jacqueline a des PCS/pur plus élevés que ceux de la veine Irma à profondeur égale, ce qui n'est pas en accord avec la superposition de ces deux veines. Il semble que cette différence entre les veines est moins importante dans le champ Sud que dans le champ Nord. Les compositions macérales légèrement différentes de ces deux veines ne semblent pas responsables de cette anomalie de PCS/pur. Nous pensons qu'ils pourraient s'expliquer par une plus grande richesse en cendres dans la veine Irma que dans la veine Jacqueline et par une légèrement plus forte teneur en hydrogène dans la deuxième que dans la première.

Cendres

les taux de cendres de la veine Jacqueline sont faibles, avec une moyenne de 4%. Les taux de cendres de la veine Irma sont assez élevés de 4,50 à 20,0%, la moyenne étant de 7,00%. La répartition horizontale des taux de cendres dans la veine Jacqueline est assez homogène sur tout le siège de Reumaux. Par contre, elle est très irrégulière dans la veine Irma.

4.3.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de ces deux veines augmentent assez régulièrement de 1,50 à plus de 4,00 suivant une profondeur de 500 à 1300m (fig.57A). Dans une même veine, les indices de gonflement sont toujours plus élevés dans les charbons du champ Sud que dans ceux du champ Nord. Dans un même champ, la veine Jacqueline a des indices de gonflement plus importants que ceux de la veine Irma à profondeur égale. Cette observation n'est pas en accord avec la superposition de ces deux veines, mais on l'a rencontrée déjà à propos du paramètre de PCS/pur. Dans la veine Irma, les indices de gonflement sont très faibles; ils ne dépassent pas 3,50 jusqu'à 1200m de profondeur.

Dans le champ Sud, la veine Jacqueline a des indices de gonflement assez élevés, qui sont de 6,75 à 1300m et de 5,50 à 1100m de profondeur. Ces indices ont par ailleurs une augmentation brutale à partir de 1000m de profondeur.

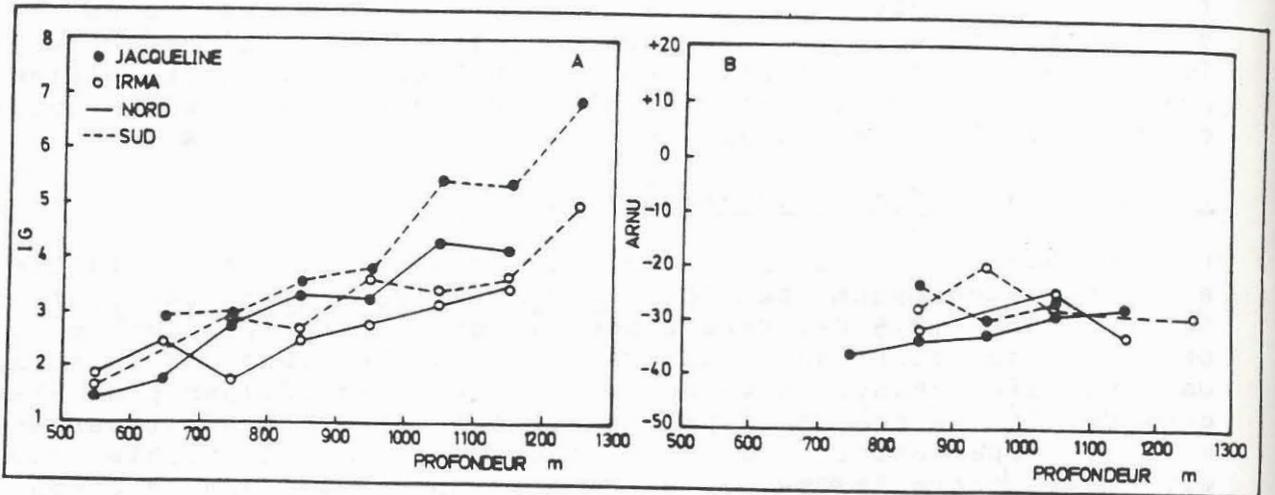


Fig. 57 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Jacqueline et Irma.

B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines Jacqueline et Irma.

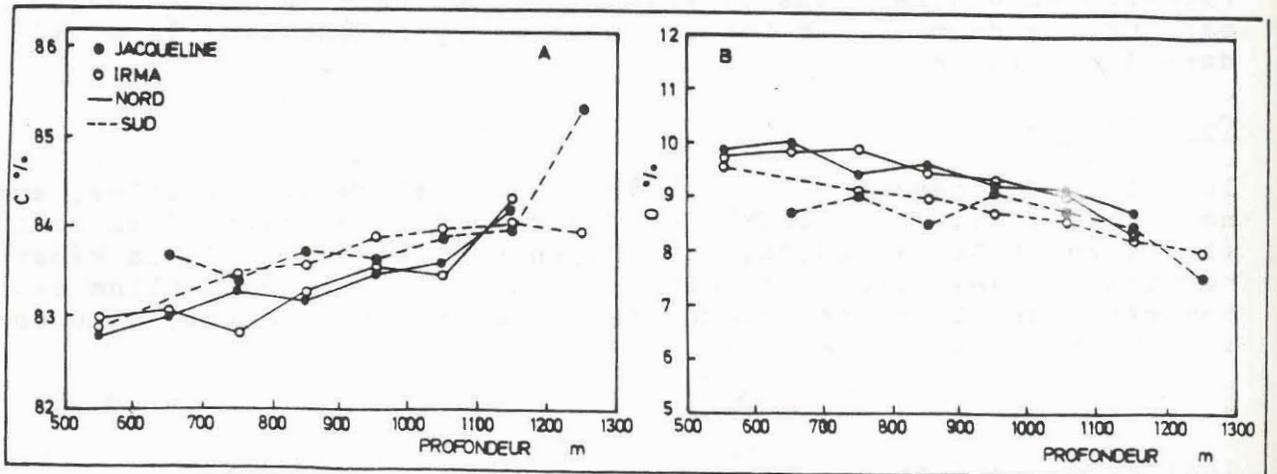


Fig. 58 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Jacqueline et Irma.

B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Jacqueline et Irma.

Indices Arnu

Les veines Jacqueline et Irma ont des faibles rangs au siège de Reumaux; leurs charbons ne se ramolissent généralement pas au test d'Arnu au-dessus de 800m de profondeur (fig.57B). A partir de cette profondeur, ces deux veines ont des contractions dans le test d'Arnu, avec des indices inférieurs à -20. Il semble qu'il n'y a pas de différence d'indices Arnu entre ces deux veines à profondeur égale et entre le champ Sud et le champ Nord, ce qui serait dû probablement aux faibles sensibilité de ce paramètre dans les charbons moins houillifiés. Ces indices n'augmentent d'ailleurs pratiquement pas en fonction de la profondeur entre 800 et 1300m, avec des valeurs de -30 en moyenne.

4.3.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone ont des augmentations assez régulières en fonction de la profondeur, de 82,9 à 84,1% entre 500 et 1200m (fig.58A). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont des teneurs en carbone plus élevées que celles des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans un même champ, ces deux veines ont des teneurs en carbone pratiquement identiques, ce qui n'explique pas les plus faibles valeurs de PCS/pur dans la veine Irma.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène des veines Jacqueline et Irma sont assez élevées; elles diminuent de 9,80 à 8,00% suivant une profondeur de 500 à 1300m (fig.58B). On constate toujours que, dans une même veine, les charbons du champ Sud ont des teneurs en oxygène plus faibles que celles des charbons du champ Nord à profondeur égale. Ceci confirme que les charbons du champ Sud ont des degrés de houillification plus élevés que ceux des charbons du champ Nord. Dans un même champ, les teneurs en oxygène de ces deux veines sont identiques à profondeur égale.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène des veines Jacqueline et Irma sont relativement faibles. Dans une même veine, il n'existe pas de différence entre le champ Sud et le champ Nord. La veine Jacqueline a une teneur en hydrogène de 5,15% et celle de la veine Irma est de 5,05% en moyenne. La veine Irma est moins riche en hydrogène que la veine Jacqueline, ce qui peut être une des causes de ses faibles propriétés cokéfiantes et ses faibles valeurs de PCS/pur.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre des veines Jacqueline et Irma sont moyennes au siège de Reumaux par rapport aux charbons lorrains. La veine Jacqueline (champs Sud et Nord) et la veine Irma au champ Nord ont des teneurs en soufre de 0,75% environ en moyenne. La veine Irma au champ Sud a une teneur en soufre de 0,95% en moyenne, avec 50% des valeurs supérieures à 1,00%.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore de la veine Jacqueline sont assez élevées; elles augmentent de 0,25 à 0,38% entre 500 et 1100m. Les teneurs de

la veine Irma sont encore légèrement plus élevées que celles de la veine Jacqueline, qui varient de 0,25 à 0,45% dans la même gamme de profondeur. On trouve dans ces deux veines des teneurs en chlore supérieures à 0,30% à partir de 900m environ de profondeur.

4.3.4 - Classification des veines Jacqueline et Irma

Dans la classification internationale de 1956, ces deux veines sont classées en 711 pour les charbons au-dessus de 700m de profondeur du champ Nord et en 622, 632 pour les charbons du champ Sud et les charbons au-dessous de 700m du champ Nord.

Dans la classification française, ces deux veines sont placées dans les Flambants secs pour les charbons du champ Nord au-dessus de 700m et dans les Flambants gras B, Flambants gras A pour les charbons du champ Sud et les charbons au-dessous de 700m du champ Nord.

4.4 - Veine Georgette

La veine Georgette se trouve au milieu des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang), à 80m plus bas que la veine Jacqueline qui représente le sommet du Faisceau. Cette veine est associée avec les veines Gabrielle et Henriette qui sont au-dessus d'elle et non exploitées. Les stériles entre ces 3 veines sont généralement silto-argileux, mais le toit de la veine Georgette est localement gréseux ou conglomératique au SE du siège (Sondages Cocheren 6 et 14).

La veine Georgette a une puissance de 0,70 à 2,50m; elle s'épaissit du SE vers le NW du siège. Cette veine est exploitée surtout sur le flanc NW (champ Nord) de l'anticlinal de Simon.

4.4.1 - Analyses immédiates

Les **indices de MV** de la veine Georgette sont beaucoup plus élevés dans le champ Nord que dans le champ Sud à profondeur égale (fig.59A). Dans le champ Nord, les indices de MV sont assez stables en fonction de la profondeur entre 600 et 1300m, avec des valeurs de 40% environ. Dans le champ Sud, les indices de MV sont assez réduits et ils diminuent avec la profondeur de 39 à 37% entre 700 et 1300m. Les plus faibles indices de MV de la veine Georgette au champ Sud seraient dûs à un rang plus élevé dans ce champ que dans le champ Nord.

Les valeurs de **PCS/pur** de la veine Georgette sont aussi plus élevées dans le champ Sud que dans le champ Nord à profondeur égale (fig.61B). On note que cette différence est plus importante à grande profondeur (>1000m) qu'à faible profondeur. Dans le champ Nord, les PCS/pur augmentent assez régulièrement de 8200 à 8400 kcal/kg entre 600 et 1300m. Dans le champ Sud, Les PCS/pur sont voisins de 8300 kcal/kg entre 700 et 1000m; ils augmentent brutalement à 1000m pour atteindre une valeur de 8450 kcal/kg, qui reste assez stable jusqu'à 1300m de profondeur.

Les taux de **cendres** de la veine Georgette sont très variables (de 3 à 25%) suivant les endroits; la moyenne est de 7%. Il semble qu'au NW du siège (près de l'axe du synclinal de Marienau) et au SE (près du sondage Cocheren 14), on trouve des taux de cendres plus élevés (de 15 à 25%).

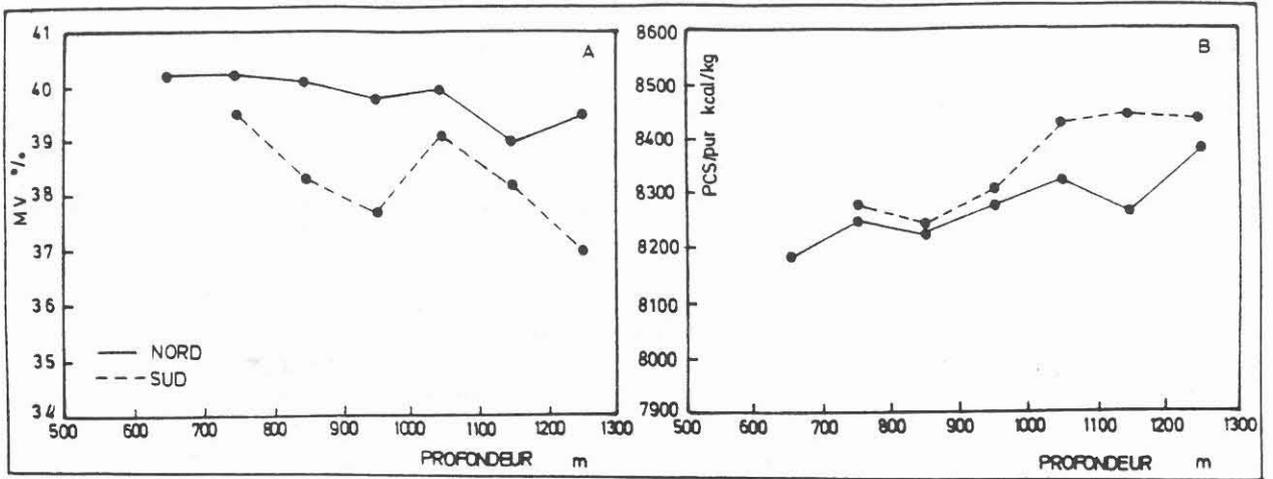


Fig. 59 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV de la veine Georgette.
B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur de la veine Georgette.

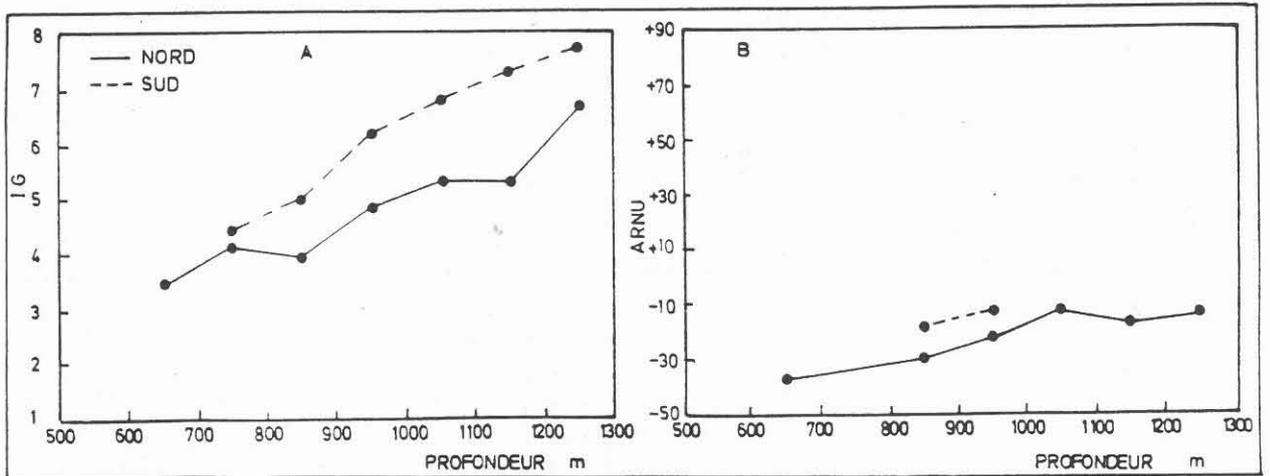


Fig. 60 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement de la veine Georgette.
B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu de la veine Georgette.

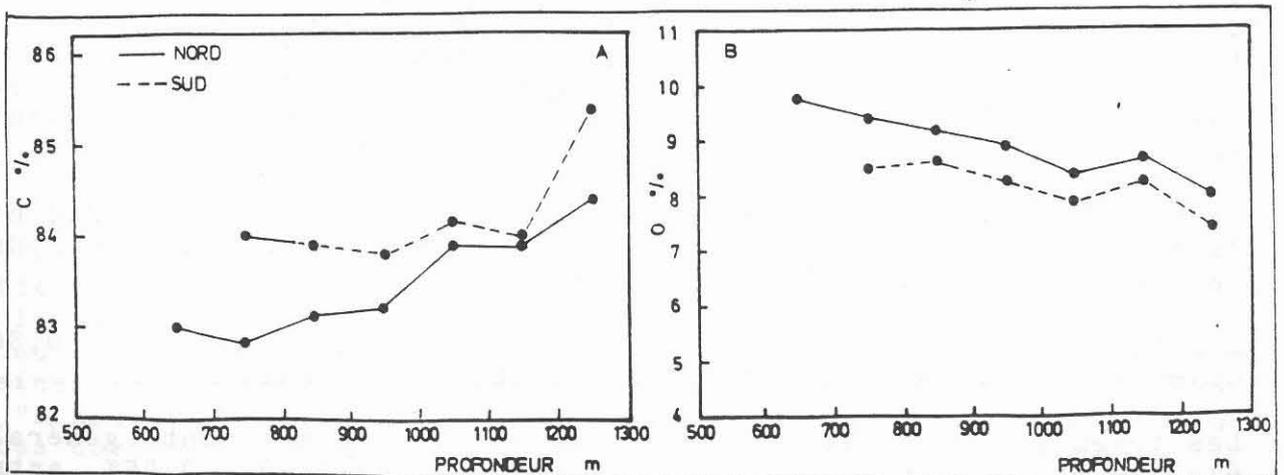


fig. 61 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone de la veine Georgette.
B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène de la veine Georgette.

4.4.2 - Propriétés cokéfiantes

Les propriétés cokéfiantes de la veine Georgette sont meilleures que dans les veines Jacqueline et Irma. Les **indices de gonflement** augmentent assez régulièrement de 3,25 à 7,75 entre 600 et 1300m (fig.60A). Ces indices sont plus élevés dans le champ Sud que dans le champ Nord à profondeur égale, ce qui confirme que les rangs des charbons sont plus importants au champ Sud qu'au champ Nord à une même profondeur. Cette différence des indices de gonflement entre les deux champs s'accroît avec la profondeur, comme pour le paramètre de PCS/pur.

Il y a peu de mesures des **indices Arnu** pour la veine Georgette dans les charbons du champ Sud (fig.60B), mais ils sont toujours plus élevés que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans le champ Nord, les charbons commencent à se contracter dès 600m de profondeur, mais les indices Arnu augmentent très lentement avec la profondeur, de 600 à 1300m, avec des valeurs plus petites que -10 jusqu'à 1300m.

4.4.3 - Analyses élémentaires

Les teneurs en **carbone** de la veine Georgette augmentent irrégulièrement en fonction de la profondeur de 600 à 1300m, avec des valeurs différentes dans le champ Sud et dans le champ Nord. Les charbons du champ Sud ont toujours des teneurs en carbone plus élevées à profondeur égale (fig.61A). Les teneurs en carbone y sont assez constantes entre 700 et 1200m, avec des valeurs voisines de 84%. A partir de 1200m, l'augmentation de la teneur en carbone est rapide (85,4% à 1250m). Dans le champ Nord, les teneurs en carbone sont aussi relativement constantes entre 600 et 1000m de profondeur, avec des valeurs de 83% environ. On trouve une inflexion de courbe à 1000m, correspondant à une augmentation rapide des teneurs en carbone à cette profondeur. En comparant les charbons des deux champs, il semble que la différence des teneurs en carbone diminue progressivement avec la profondeur, ce qui est le contraire de ce qui a été observé pour le PCS/pur et les indices de gonflement.

Les teneurs en **oxygène** de la veine Georgette diminuent lentement et assez régulièrement avec la profondeur (fig.61B). Les charbons du champ Sud ont des teneurs en oxygène moins importantes que celles des charbons du champ Nord, mais les courbes de variation de ces teneurs en fonction de la profondeur sont parallèles. Dans le champ Sud, on trouve des teneurs en oxygène relativement faibles qui varient de 8,80 à 7,20% entre 700 et 1300m. Dans le champ Nord, les teneurs en oxygène diminuent de 9,80 à 8,00% de 600 à 1300m.

Les teneurs en **hydrogène** sont identiques dans le champ Sud et dans le champ Nord, avec une moyenne de 5,30%. Ces teneurs en hydrogène ne varient pas jusqu'à 1300m de profondeur.

Les teneurs en **soufre** de la veine Georgette sont de 0,80% en moyenne. Les valeurs qui dépassent 1,00% sont rares.

Les teneurs en **chlore** de la veine Georgette sont généralement élevées et augmentent avec la profondeur, de 0,28 à 0,45%, entre 600 et 1300m. Au-dessous de 900m de profondeur, les teneurs en chlore sont toutes supérieures à 0,38%.

4.4.4 - Pouvoir réflecteur de la vitrinite

Les valeurs du PRV de la veine Georgette varient de 0,76 à 0,84% entre 700 et 1200m. Entre 700 et 1000m, les PRV sont de 0,77% environ et ils atteignent 0,81 environ à 1100m de profondeur.

4.4.5 - Classification de la veine Georgette

Dans la classification internationale de 1956, la veine Georgette est classée en 622, 632 suivant une profondeur de 600 à 1300m. Dans la classification française, cette veine appartient aux Flambants gras B et aux Flambants gras A dans les deux champs.

4.5 - Veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1

Le groupe des veines Frieda (Frieda 5, 4, 3, 2, 1) se trouve au milieu des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang), 10 à 80m plus bas que la veine Georgette. Cette distance entre la veine Frieda 5 et la veine Georgette est de plus en plus importante du SE vers le NW du siège. Les stériles qui les séparent sont composés de schistes, de grès et même de conglomérats à bancs plus ou moins massifs, mais le toit de la veine Frieda 5 est généralement silto-argileux.

La veine Frieda 5 est très importante dans l'exploitation du siège, grâce à sa grande puissance, de 5,50 à 7,80m du SE vers le NW. Dans le flanc SE de l'anticlinal de Simon, cette veine est généralement sous une seule couche épaisse, mais, dans le flanc NW, elle est divisée souvent en 3 couches dont la plus basse a une plus faible puissance (1,50m environ).

La veine Frieda 4 est séparée de la veine Frieda 5 par des stériles qui s'épaississent du SW vers le NE du siège (fig.62A). On note que dans les sondages de Cocheren 7 et 11, la Frieda 4 est très proche de la Frieda 5, ce qui est l'inverse du sondage Cocheren 3. Cette intercalation stérile est plus gréseuse au NE du siège (dans les sondages de Cocheren 3, 14, 5 et Rosbrück) qu'au NW du siège (Cocheren 9) (fig.62B). Les grès surmontent parfois directement la veine Frieda 4 (sondages Cocheren 14 et 3). La veine Frieda 3 est toujours très proche de la veine Frieda 4 mais s'en écarte très légèrement du SE vers le NW. Ces deux veines ont des épaisseurs variables, de 1,00 à 3,00m chacune suivant les endroits. La veine Frieda 4 est généralement plus épaisse que la veine Frieda 3; cependant, ces deux veines ont des mêmes variations de puissance qui augmentent du SE vers le NW et du NE vers le SW du siège.

La veine Frieda 2 est séparée de la veine Frieda 3 par un stérile de 5 à 30m d'épaisseur de type schisteux, gréseux ou conglomératique. Ce stérile est surtout gréseux ou conglomératique au NE et au SE du siège; vers le NW et vers le SW, il devient de moins en moins épais et silto-argileux ou charbonneux. La veine Frieda 1 est souvent très proche de la veine Frieda 2. Dans la partie NW et SW du siège où la série est plus "schisteuse", ces deux veines sont subdivisées en plusieurs petites couches. L'épaisseur cumulée de ces petites couches est supérieure à 5,00m en général, mais leur intérêt est pour l'exploitation est réduit.

Cette série de veines Frieda s'est déposée dans un milieu où les apports détritiques grossiers sont assez importants. Les dépôts de plus en plus fins s'installent du SE vers le NW du siège où les

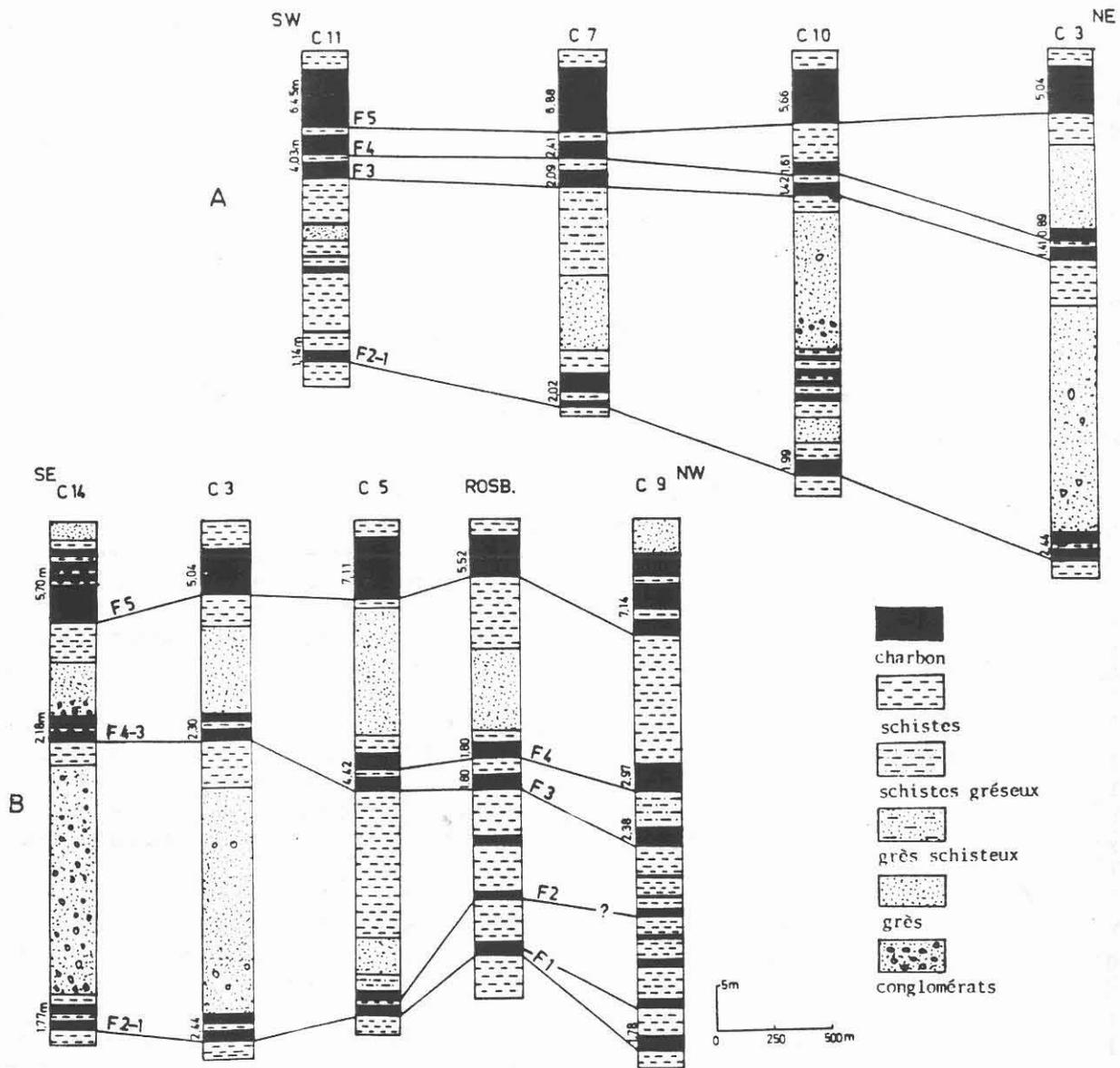


Fig. 62 - Corrélation des veines Frieda dans le siège de Reumaux.
A: Coupe SW--NE; B: Coupe SE--NW

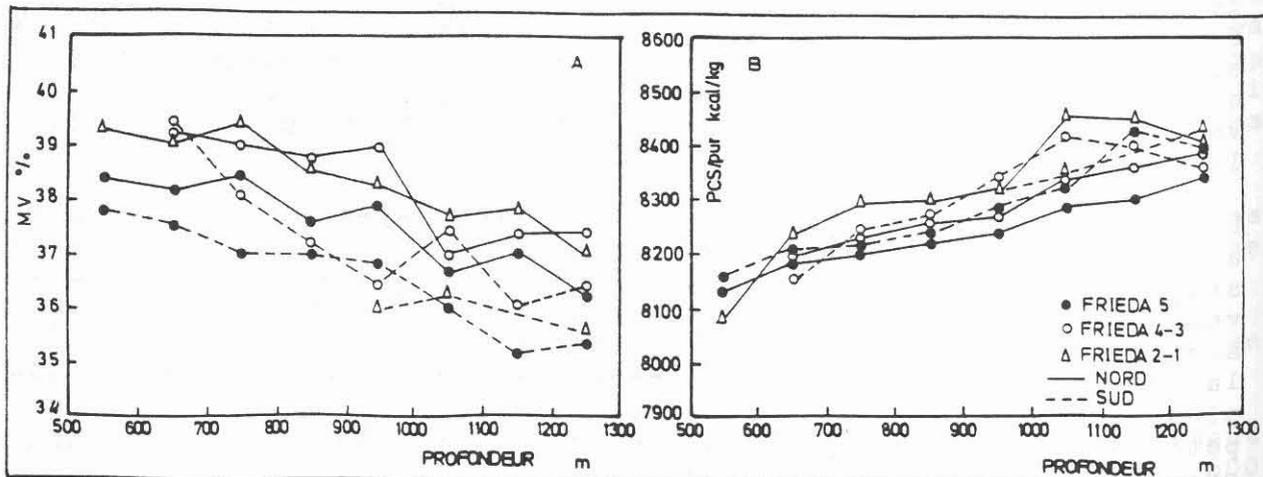


Fig. 63 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.
B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.

charbons apparaissent dans un milieu relativement calme avec des stériles silto-argileux et charbonneux et on y trouve des veines souvent dichotomisées.

Pour mieux étudier la qualité des charbons de ces 5 veines, on a groupé, du fait de leur grande analogie de qualité et de leur position stratigraphique, la veine Frieda 5, les veines Frieda 4 et 3, et les veines Frieda 2 et 1.

4.5.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV sont très variables dans ces 5 veines à profondeur égale (fig.63A). On constate que, dans une même veine, les indices sont plus élevés dans le champ Nord que dans le champ Sud à profondeur égale. Dans un même champ, ces indices sont plus faibles dans la veine Frieda 5 que dans les autres veines.

Les charbons du champ Nord ont des indices de MV plus élevés que ceux du champ Sud, comme dans le cas des veines précédentes, du fait d'un plus faible rang. Cependant, les faibles indices de MV de la veine Frieda 5 seraient probablement liés à une dégradation de qualité dans cette veine. Les analyses macérales (tabl.11) de la veine Frieda 5 nous indiquent que cette veine est plus riche en inertinite que la veine Frieda 3 (V:E:I - 67,0:13,3:19,7 contre 73,9:11,7:14,4). Cette richesse en inertinite de la veine Frieda 5 diminue les indices de MV et provoque une dégradation de qualité de cette veine. Ceci ne s'explique pas par la coïncidence entre la dégradation de qualité et la présence des corps détritiques au toit de la veine. Car au siège de Reumaux, le toit de la veine Frieda 5 est généralement silto-argileux bien que son épaisseur est faible (1m environ). On pense que la position finale dans la séquence favorise aussi la fusinisation de cette veine.

Dans le champ Nord, les veines Frieda 4-3 et Frieda 2-1 ont des indices de MV semblables et relativement élevés, qui varient de 39,2 à 37,2% entre 500 et 1300m. Dans le champ Sud, les veines Frieda 4-3 ont des indices qui varient irrégulièrement avec la profondeur. mais sont plus faibles que dans le champ Nord.

Sur une vue en plan (fig.64), les plus forts indices de MV (>38%) de la veine Frieda 5 se trouvent au NE du siège, près des sondages Rosbrück et Cocheren 5 où la profondeur de la veine est entre 500 et 600m. La veine s'enfonce de plus en plus vers le SE et vers le NW selon les deux flancs de l'anticlinal; elle s'enfonce aussi du NE vers le SW en rapport avec le prolongement en profondeur de l'axe de l'anticlinal dans cette même direction. Les indices de MV diminuent dans ces trois directions d'enfoncement de la veine.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Dans les veines Frieda 5 et Frieda 4-3, les PCS/pur sont plus élevés dans le champ Sud que dans le champ Nord à profondeur égale (fig.65B). Par contre, dans les veines Frieda 2-1, les charbons du champ Sud ont des PCS/pur plus faibles que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale. Les PCS/pur du champ Nord sont assez élevés à grande profondeur (8450 kcal/kg à 1000m).

Dans le champ Nord, les PCS/pur augmentent de la veine Frieda 5 aux Frieda 2-1 à profondeur égale, suivant la superposition des veines.

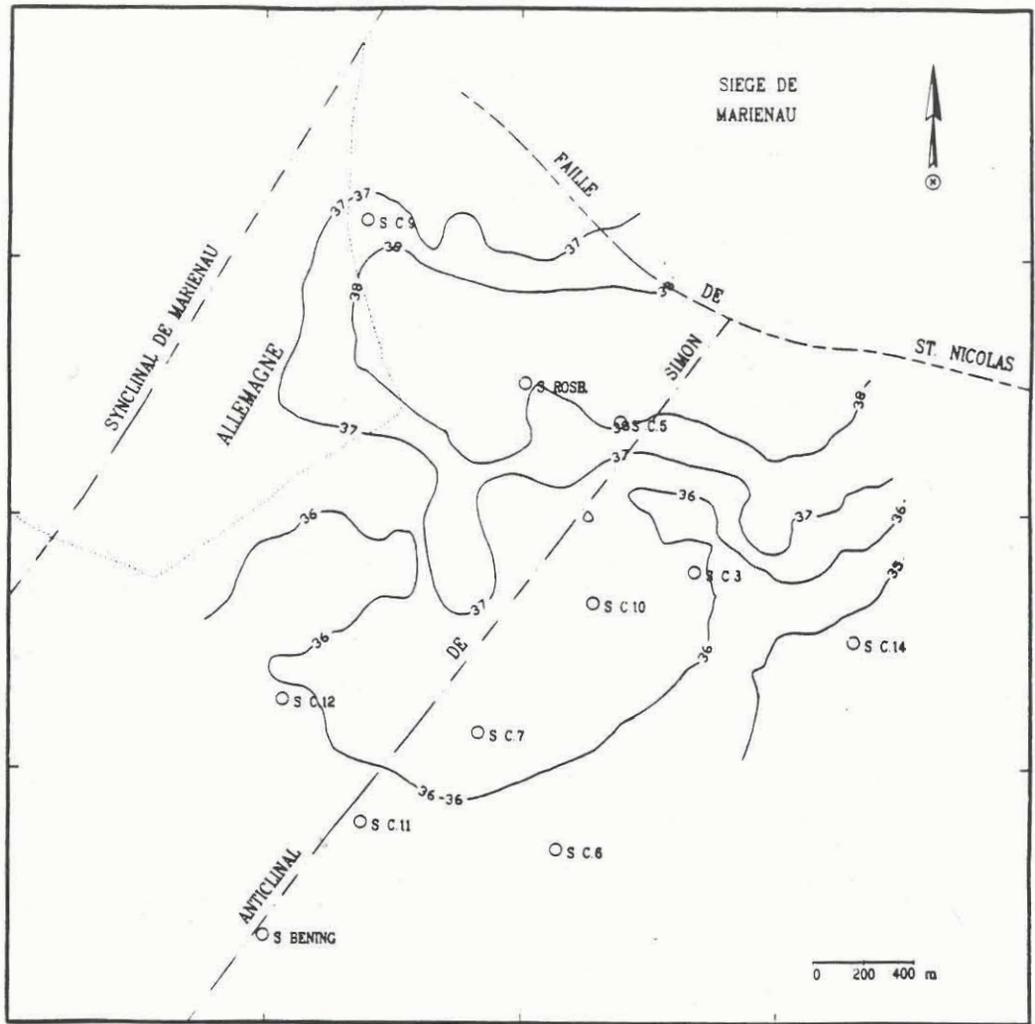


Fig. 64 - Carte d'isovaleurs des indices de MV de la veine Frieda 5 au siège de Reumaux.

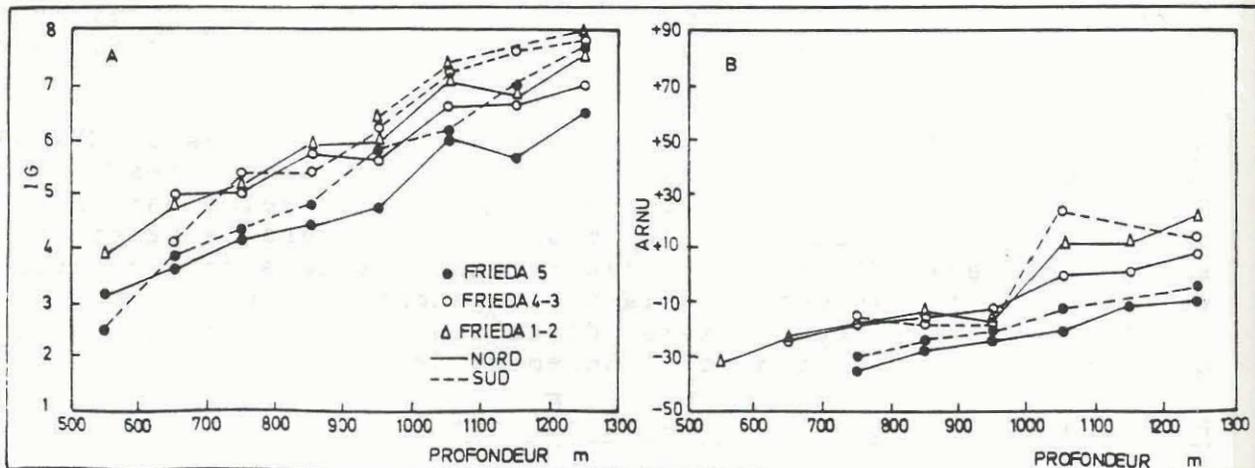


Fig. 65 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.

B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.

Dans le champ Sud, ces valeurs croissent de la veine Frieda 5 aux Frieda 4-3, mais les veines Frieda 2-1 ont des PCS/pur plus faibles que ceux des veines Frieda 4-3 à grande profondeur (>1000m).

Les plus faibles valeurs de PCS/pur de la veine Frieda 5 confirment qu'elle ne possède pas de rang plus élevé que les 4 autres veines, malgré ses faibles indices de MV. A grande profondeur (>1200m), il semble que les PCS/pur de ces 5 veines se rapprochent les uns les autres, effaçant l'effet de la superposition des veines.

Cendres

Les taux de cendres sont variables dans ces 5 veines voisines. La veine Frieda 5, qui a une puissance importante, possède des faibles taux de cendres (moyenne de 4,20% dans tout le siège, avec des valeurs qui ne dépassent pas 9%). Dans les veines Frieda 4-3, les taux de cendres sont également faibles avec des valeurs légèrement plus élevées dans le champ Sud que dans le champ Nord (6,50% contre 4,60% en moyenne). Dans les veines Frieda 2-1, les taux de cendres sont assez élevés, ce qui est souvent le cas dans les veines peu épaisses. Dans le champ Nord, ces deux veines ont des taux de cendres à moyenne de 8,20%, avec parfois des valeurs atteignant jusqu'à 25%. Dans le champ Sud, les taux de cendres des veines Frieda 2-1 sont encore plus élevés que ceux du champ Nord, (moyenne de 11,5%, avec de nombreuses valeurs supérieures à 15%).

4.5.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de ces 5 veines augmentent assez régulièrement avec la profondeur (fig.65A). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont des indices de gonflement plus élevés que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans un même champ, les indices de gonflement augmentent de la veine Frieda 5 aux veines Frieda 4-3 et puis aux Frieda 2-1 à profondeur égale, ce qui est en accord avec leur superposition stratigraphique.

Dans le champ Nord, les indices de gonflement de la veine Frieda 5 sont beaucoup plus faibles que ceux des autres veines dont les indices sont semblables. Ces indices de Frieda 5 augmentent de 3 à 6,50 entre 500 et 1300m, mais ceux des 4 autres veines augmentent de 4 à 7,25 dans la même gamme de profondeur. Dans le champ Sud, la veine Frieda 5 se distingue aussi des 4 autres par ses plus faibles indices de gonflement. Il semble, dans le champ Sud, que les indices de gonflement de la veine Frieda 5 augmentent plus rapidement avec la profondeur que ceux des autres veines, ces 5 veines ayant des indices de gonflement pratiquement identiques à grande profondeur (8,00 environ à 1250m).

Les indices de gonflement de la veine Frieda 5, plus faibles que ceux des autres sont liés à sa composition macérale qui est riche en inertinite. Ceci provoque une dégradation de qualité dans cette veines de fin de séquence.

Indices Arnu

Les indices Arnu sont beaucoup plus faibles dans la veine Frieda 5 que dans les veines Frieda 4,3,2,1 à profondeur égale (fig.65B). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont toujours des indices Arnu plus élevés que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale.

Au siège de Reumaux, les charbons de la veine Frieda 5 ont seulement des contractions au test d'Arnu, avec des indices qui varient de -30 à -10 entre 700 et 1300m. On constate que les indices Arnu de cette veine augmentent très lentement en fonction de la profondeur. Dans les veines Frieda 4,3,2,1, les variations des indices Arnu avec la profondeur sont très semblables, avec des indices de -30 à -15 de 500 à 1000m. On note que dans cette gamme de profondeur, les indices Arnu de ces 4 veines sont assez stables. A partir de 1000m, ils présentent une augmentation rapide avec une dilatation très forte.

4.5.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone de ces 5 veines augmentent irrégulièrement de 83,0 à 85,1% entre 500 et 1300m (fig.66A). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont généralement des teneurs en carbone plus élevées que celles des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans un même champ, la veine Frieda 5 qui a un rang plus faible que celui des autres veines n'a pas des teneurs en carbone plus faibles. Par contre, dans le champ Nord, les veines Frieda 4-3 ont des teneurs en carbone généralement plus faibles que celles de la Frieda 5 à profondeur égale. Les veines Frieda 2-1 ont aussi parfois des teneurs en carbone plus faibles que celles de la veine Frieda 5.

La comparaison des teneurs en carbone entre la veine Frieda 5 et les autres montre que la première a des teneurs en carbone relativement élevées compte-tenu de son faible rang. Ceci est dû à la composition macérale qui est plus riche en inertinite dans la veine Frieda 5 que dans les autres.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène sont comparables dans ces 5 veines; elles diminuent plus ou moins régulièrement de 9,80 à 7,50% entre 500 et 1300m (fig.66B). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont des teneurs en oxygène moins élevées que celles des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans un même champ, les teneurs en oxygène diminuent de la veine Frieda 5 aux veines Frieda 2-1 suivant leur superposition stratigraphique.

Les teneurs en oxygène et en carbone de la veine Frieda 5 sont toutes les deux relativement élevées. Cette composition élémentaire tient à des faibles teneurs en hydrogène dues à la richesse en inertinite.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène sont plus faibles dans la veine Frieda 5 que dans les autres, avec des moyennes de 5,10% contre 5,35%. Dans une même veine, les charbons ont des teneurs en hydrogène identiques au champ Sud et au champ Nord.

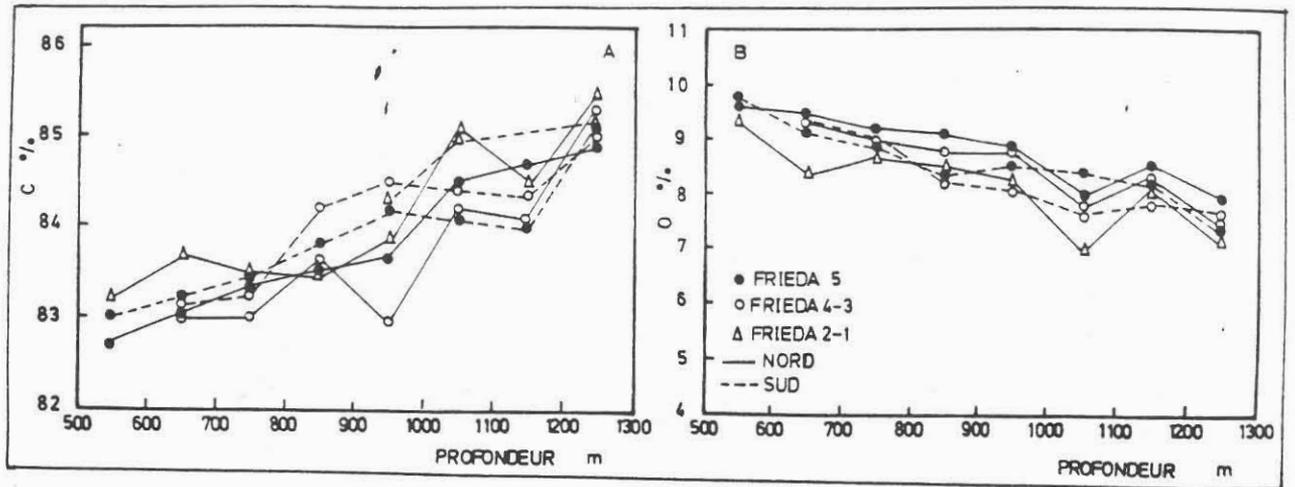


Fig. 66 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.

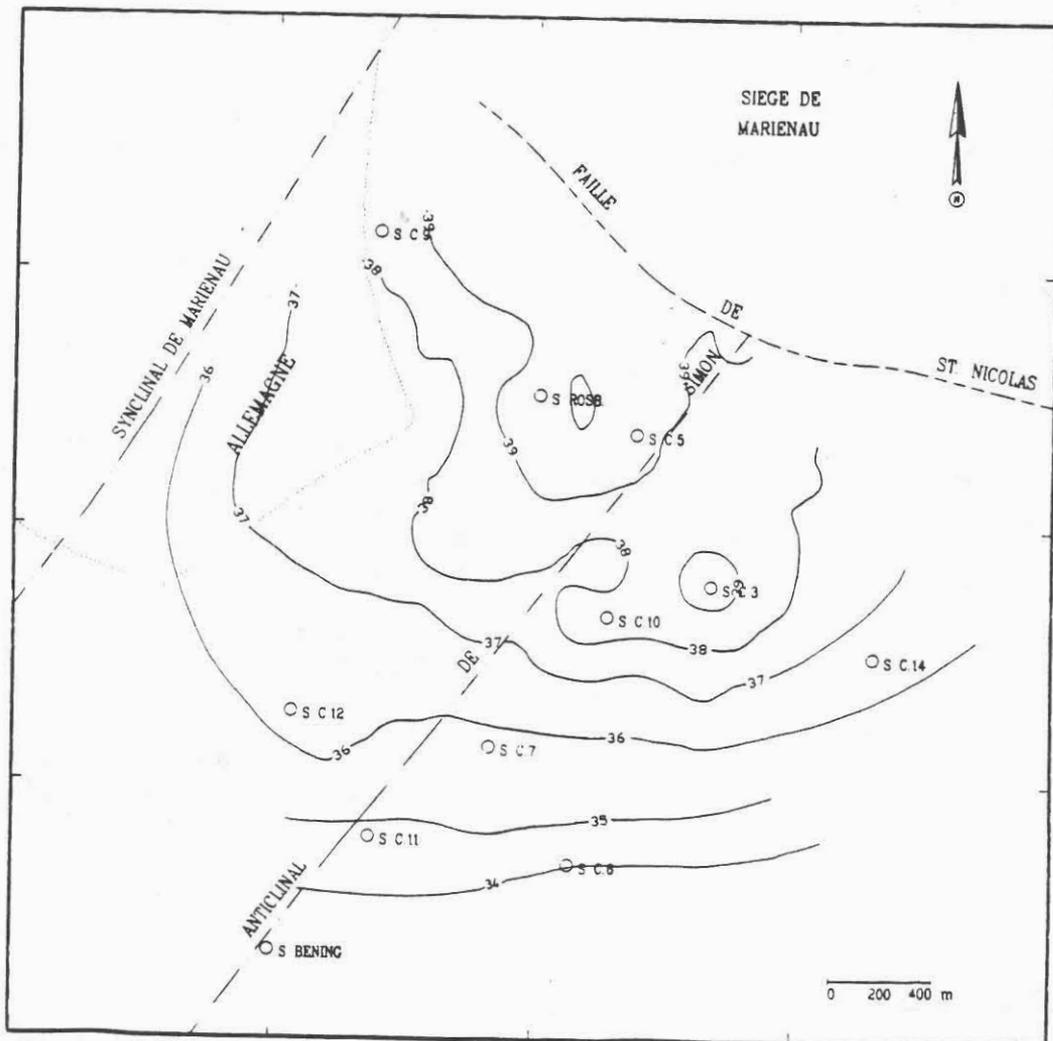


Fig. 68 - Carte d'isovaleurs des indices de MV des veines Erna 3-2 au siège de Reumaux.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces 5 veines sont relativement élevées par rapport à celles des autres veines du bassin (de 0,6 à 1,8%; moyenne de 1%). La veine Frieda 5 qui est riche en inertinite a des teneurs en soufre identiques à celles des autres veines.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore de ces veines Frieda sont assez élevées; elles augmentent de 0,20 à 0,45% entre 500 et 1300m. On trouve des teneurs en chlore plus élevées dans le champ Sud que dans le champ Nord dans une même veine à profondeur égale. Cette observation se trouve surtout dans la veine Frieda 5 (0,36% au champ Sud contre 0,30% au champ Nord. On pense que la fusinisation provoque une élévation des pores au sein du charbon dans cette veine, qui favorise l'adsorption du chlore ionique issus des eaux souterraines.

4.5.4 - Classification des veines Frieda 5,4,3,2,1

Dans la classification internationale de 1956, ces 5 veines sont classées en 622 pour les charbons au-dessus de 700m de profondeur et en 632, 633 pour les charbons au-dessous de cette profondeur.

Dans la classification française, ces 5 veines sont placées en Flambants gras B pour les charbons au-dessus de 700m de profondeur et en Flambants gras A et Gras B pour les charbons au-dessous de cette profondeur.

4.6 - Veines Erna 3-2 et Dora-Cécile

Les veines Erna 3-2 et Dora-Cécile se trouvent dans la partie inférieure des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang), juste au-dessus du Conglomérat de Merlebach. la veine Erna 3 se situe 15m environ plus bas que la veine Frieda 1, (interlit stérile silto-argileux ou gréseux). La veine Erna 3 est toujours associée avec la veine Erna 2 (interlit de 0,50m environ). La veine Erna 3 a une épaisseur de 3m environ dans tout le siège et la veine Erna 2 a une puissance qui varie de 1 à 3m suivant des endroits.

Entre la veine Erna 2 et la veine Dora, l'interlit stérile silto-argileux ou gréseux est de 15 à 30m, et s'épaissit du SE vers le NW avec une proportion des grès de plus en plus importante. La veine Erna 1 et la veine Dora 2 ont alors des très faibles épaisseurs (0,50m environ chacune). La veine Dora est toujours associée avec la veine Cécile, avec un stérile intercalaire peu épais. L'ensemble de ces deux veines a une épaisseur de 2,50 à 5,00m, du SE vers le NW du siège.

4.6.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV des veines Erna 3-2 et Dora-Cécile varient très irrégulièrement en fonction de la profondeur (fig.67A). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont des indices de MV plus faibles que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans le champ Nord, au-dessus de 1000m, les veines Erna 3-2 ont des indices de MV supérieurs à ceux des veines Dora-Cécile, mais la différence est assez faible, avec des indices de MV tous élevés dans

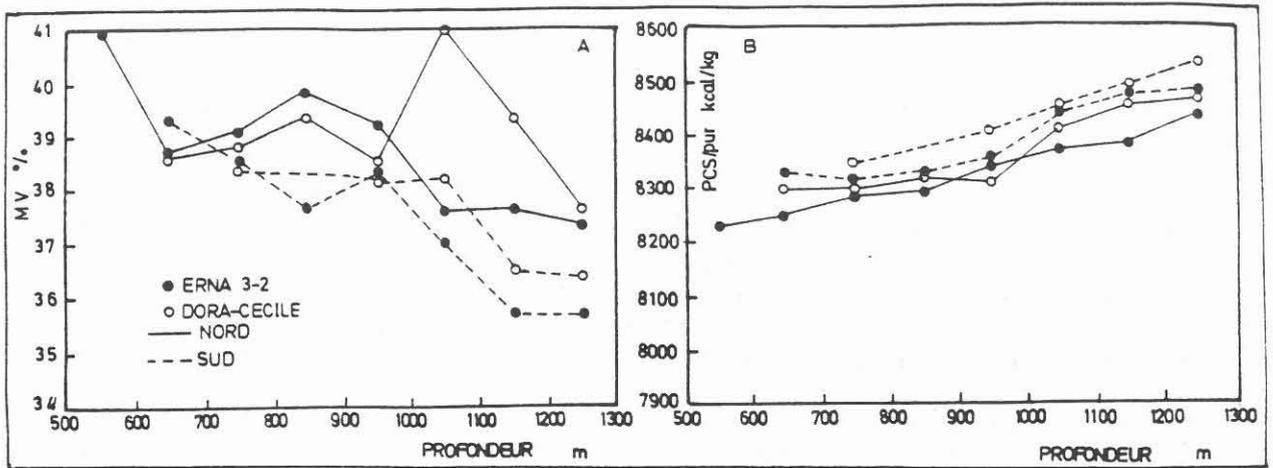


Fig. 67 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Erna 3-2 et Dora-Cécille.

B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Erna 3-2 et Dora-Cécille.

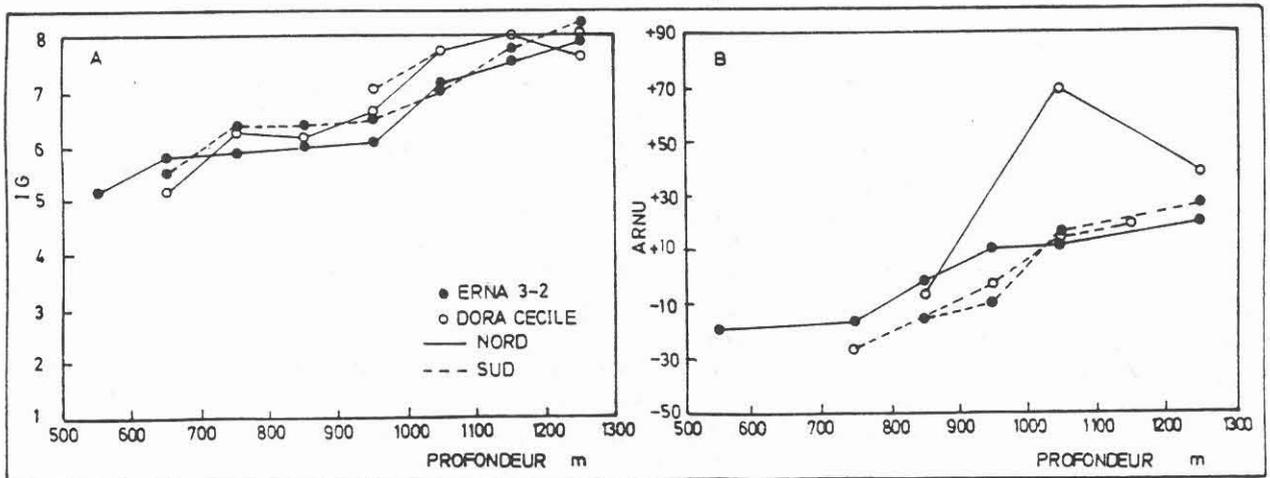


Fig. 69 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Erna 3-2 et Dora-Cécille.

B: Relation entre la profondeur et les indices d'Arnu des veines Erna 3-2 et Dora-Cécille.

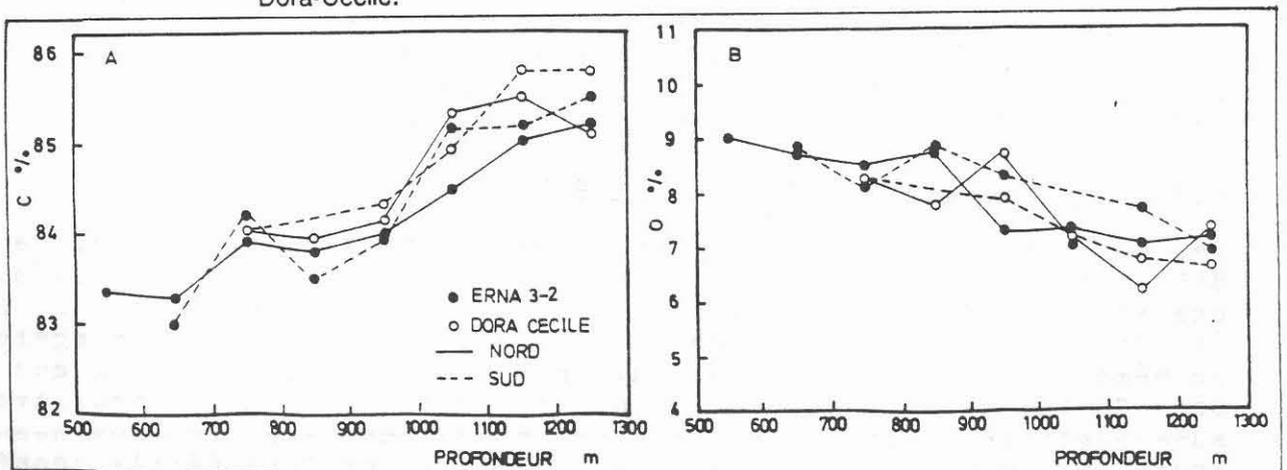


Fig. 70 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Erna 3-2 et Dora-Cécille.

B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Erna 3-2 et Dora-Cécille.

ces 4 veines (>38,2%). A partir de 1000m, les veines Erna 3-2 ont une diminution importante des indices de MV. Par contre, les veines Dora-Cécile ont une augmentation de ces indices. Entre 1000 et 1300m de profondeur, les veines Erna 3-2 ont des indices de MV assez stables de 37,5% environ.

Dans le champ Sud, les veines Erna 3-2 ont des indices de MV généralement plus faibles que ceux des veines Dora-Cécile à profondeur égale. Il existe une diminution importante des indices de MV dans les veines Erna 3-2 à 1000m environ. Entre 1100 et 1300m, ces indices ont donc beaucoup diminué dans ces 4 veines avec 35,8% dans les veines Erna 3-2 et 36,5% dans les veines Dora-Cécile.

Les plus faibles indices de MV dans les veines Erna 3-2, qui sont plus jeunes que les veines Dora-Cécile, sont difficiles à expliquer en raison du manque d'analyses macérales de ces deux veines. Dans les analyses existant, la teneur en hydrogène (décrite un peu plus loin) plus faible dans les veines Erna 3-2 que dans les veines Dora-Cécile semble être le responsable de ces faibles indices de MV dans les veines Erna 3-2.

Dans la figure 67A, on constate que les indices de MV des 4 veines sont mal corrélés avec la profondeur. Mais sur une vue en plan, les indices de MV des veines Erna 3-2 paraissent étroitement liés à la structure du siège (fig.68). Les indices les plus élevés se trouvent au NE du siège, autour du sondage de Rosbrück, où la profondeur de la veine est la plus faible. Vers les deux flancs NW et SE de l'anticlinal, les indices de MV diminuent, en fonction d'une augmentation de profondeur. Vers le SW du siège, les indices de MV diminuent en rapport avec l'abaissement de l'axe de l'anticlinal dans cette direction. Par contre, d'après la répartition de la température actuelle (voir Chapitre VII), l'échauffement est plus important au coeur de l'anticlinal que dans les flancs à profondeur égale. Les charbons du coeur de l'anticlinal sont donc plus houillifiés que ceux des flancs à profondeur égale (la veine Erna 3 se présente à une profondeur identique de 1250m dans les sondages Cocheren 11 et 14, mais elle a un indice de MV de 34,8% dans le premier sondage qui est au coeur de l'anticlinal et 36,5% dans le deuxième qui est sur le flanc SE de l'anticlinal). Dans la figure 67A, on a mélangé les charbons des flancs et du coeur de l'anticlinal; c'est la raison pour laquelle la relation entre les indices de MV et la profondeur est mauvaise.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur de ces 4 veines augmentent assez lentement de 8250 à 8450 kcal/kg suivant une profondeur de 500 à 1300m (fig.67B). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont des PCS/pur plus élevés que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans un même champ, les PCS/pur augmentent des veines Erna 3-2 aux veines Dora-Cécile à profondeur égale, ce qui est en accord avec leur superposition stratigraphique. On note que les PCS/pur des veines Erna 3-2, plus faibles que ceux des veines Dora-Cécile, confirment un rang plus faible dans les premières, malgré des indices de MV également plus faibles.

Cendres

Les taux de cendres de ces 4 veines sont de 8% en moyenne dans toutes les veines. La dispersion des taux de cendres est assez importante (de 4,5 à 20%), sans loi générale.

4.6.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement présentent des valeurs supérieures à 5 (fig.69A). Dans une même veine, les charbons du champ Sud ont toujours des indices de gonflement plus importants que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans un même champ, les veines Dora-Cécile ont des indices de gonflement plus élevés que ceux des veines Erna 3-2 à profondeur égale. Ces différences des indices de gonflement entre les champs dans une même veine ou entre les veines dans un même champ sont relativement faibles, surtout à profondeur >1000m. Entre 700 et 1000m de profondeur, les indices de gonflement sont assez stables dans chaque veine et dans chaque champ, avec des valeurs voisines de 6. A partir de 1000m, il existe une augmentation brutale des indices de gonflement dans ces 4 veines pour atteindre une moyenne de 8 à 1250m.

Indices Arnu

Dans une même veine, il semble que les charbons du champ Sud ont des indices Arnu plus faibles que ceux des charbons du champ Nord à profondeur égale (fig.69B) et ceci est valable dans ces 4 veines. La situation était inverse dans le cas des indices de gonflement. Dans un même champ, les indices Arnu sont légèrement plus faibles dans les veines Erna 3-2 que dans les veines Dora-Cécile à profondeur égale. Mais la différence de rang entre les veines d'âge très proche s'efface de plus en plus dans les charbons plus houillifiés. Entre 500 et 1000m de profondeur, les charbons de ces 4 veines ont seulement des contractions au test d'Arnu, avec des indices qui varient de -30 à 0 en fonction de la profondeur. A 1250m, les indices de ces 4 veines sont de +25 environ. Les veines Dora-Cécile ont des indices Arnu exceptionnellement élevés dans le champ Nord (+70 à 1050m).

4.6.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone des veines Erna 3-2 et Dora-Cécile augmentent de 83,0 à 85,5% entre 500 et 1300m (fig.70A). Dans une même veine, les teneurs en carbone sont généralement plus élevées dans les charbons du champ Sud que dans les charbons du champ Nord à profondeur égale. Dans un même champ, les teneurs en carbone sont souvent plus élevées dans les veines Dora-Cécile que dans les veines Erna 3-2 à profondeur égale. On constate que les différences des teneurs en carbone entre les champs et entre les veines sont plus réduites dans ces 4 veines que dans les veines moins houillifiées étudiées précédemment. Entre 700 et 1000m, les teneur en carbone de chaque veine sont assez constantes, avec des valeurs de 84% environ. Une augmentation rapide et importante des teneurs en carbone apparaît à 1000m dans toutes les veines. Au delà, l'augmentation de ces teneurs en fonction de la profondeur redevient une nouvelle fois faible.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène des veines Erna 3-2 et Dora-Cécile varient de 9 à 7% entre 500 et 1300m (fig.70B). Dans les veines Erna 3-2, les

teneurs en oxygène sont généralement plus élevées dans le champ Nord que dans le champ Sud à profondeur égale. Par contre, dans les veines Dora-Cécile, cette différence entre les deux champs n'est pas observée. Dans le champ Sud, les veines Erna 3-2 sont plus riches en oxygène que les veines Dora-Cécile à profondeur égale. Cette différence des teneurs en oxygène entre ces deux groupes de veines n'est pas marquée dans le champ Nord.

Entre 500 et 900m, les teneurs en oxygène sont assez constantes dans ces 4 veines avec des valeurs autour de 8,5%. Entre 900 et 1000m de profondeur, on trouve des diminutions importantes des teneurs en oxygène dans ces 4 veines. Entre 1000 et 1300m, la diminution des teneurs en oxygène est très faible avec des valeurs de 7% environ.

Teneurs en hydrogène

La veine Erna 3 a les teneurs en hydrogène les plus faibles avec une moyenne de 5,20%. Dans la veine Erna 2, les teneurs en hydrogène sont plus élevées, avec une moyenne de 5,50%. Les veines Dora-Cécile ont des teneurs en hydrogène très voisines (moyenne de 5,35%)

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre dans la veine Erna 3 sont en moyenne de 1,10%. Dans la veine Erna 2, ces teneurs sont un peu moins élevées avec une moyenne de 0,90%. Les veines Dora-Cécile ont des teneurs en soufre identiques (moyenne de 0,8%). Il semble que la répartition horizontale de ces teneurs en soufre soit assez aléatoire dans le siège.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore des veines Erna 3-2 et Dora-Cécile sont semblables dans le siège de Reumaux; elles sont comprises entre 0,25% et 0,37% dans une gamme de profondeur entre 700 et 1300m. L'augmentation de ces teneurs en chlore avec la profondeur dans ces deux veines est marquée.

4.6.4 - Classification des veines Erna 3-2 et Dora-Cécile

Dans la classification internationale de 1956, ces 4 veines sont classées en 632, 633, 634 entre 500 et 1300m de profondeur

Dans la classification française, on peut placer ces 4 veines en Flambants gras A et Gras B dans les profondeurs d'exploitation de 500 à 1300m.

4.7 - Qualité des charbons dans le siège de Reumaux (Conclusion partielle)

Dans le siège de Reumaux, l'exploitation minière s'effectue seulement dans les "Flambants Supérieurs". Le rang des charbons exploités varie des Flambants secs aux Gras B suivant les veines de plus en plus anciennes et suivant la profondeur de plus en plus importante..

La veine "puissante" Louise, qui se trouve dans les conglomérats de Tritteling, est encadrée dans des conglomérats massifs. Elle présente une dégradation de qualité des charbons due à une

fusinisation importante dans la composition macérale des charbons.

La veine Jacqueline, qui est souvent surmontée par des grès et des conglomérats, ne présente cependant pas d'une dégradation importante de qualité des charbons. Sa composition macérale est riche en vitrinite et pauvre en inertinite. La veine Irma, qui n'a généralement pas un toit immédiat conglomératique ou gréseux, présente une composition macérale relativement plus riche en inertinite (V:E:I = 73:11:16). Les faibles indices de MV et de PCS/pur, les propriétés cokéfiantes dégradées et surtout une faible teneur en hydrogène de la veine Irma montrent une dégradation de qualité des charbons de cette veine.

Les veines Frieda (Frieda 5, 4, 3, 2, 1) sont des veines "puissantes". La veine Frieda 5 qui est la plus épaisse présente malheureusement une composition macérale riche en inertinite (V:E:I = 67:13:20). La qualité des charbons de cette veine est dégradée par cette richesse en inertinite.

Les veines Erna 3-2 et Dora-Cécile ont des degrés de houillification relativement élevés par rapport aux veines précédentes, avec des qualités très semblables. Il semble que la différence de rang liée à une plus grande ancienneté se réduise nettement à partir de 1000m de profondeur.

Dans le siège de Reumaux, comme dans le siège de Simon, les charbons sont toujours plus houillifiés, pour une même veine et à profondeur égale, dans le flanc SE de l'anticlinal de Simon que dans le flanc NW.

5. QUALITE DES CHARBONS AU SIEGE DE VOUTERS

5.1.- Présentation du siège de Vouters

Le siège de Vouters se trouve à l'ouest de Reumaux, sur le flanc SE de l'anticlinal de Merlebach (fig.5). Il est séparé du siège de Reumaux par l'axe du synclinal de Marienau. Il est limité à l'ouest par la faille de Hombourg, au Nord par la frontière franco-allemande et au Sud par la faille de Longeville. Ce siège s'étend en direction NE-SW sur une longueur de 4000m, mais, dans la partie SW, les gisements sont fortement perturbés par la tectonique.

Les terrains houillers du siège de vouters sont caractérisés par une inclinaison très forte, voisine de la verticale, et parfois même déversés (fig.3). Les morts-terrains de ce siège sont le Permien (20-28m) et le Grès Vosgien, dont épaisseur croît assez rapidement de 130 à 180m du NE vers le SW.

Le siège de Vouters exploite en dressants plusieurs veines, qui vont des "Flambants Supérieurs" à des "Gras Intermédiaires". Les veines dans ce siège portent le même nom que dans le siège de Reumaux:

-- Dans les "Flambants Supérieurs": Jacqueline, Irma, Henriette, Georgette, Frieda 5 à 1, Erna 3 et 2, Dora, Cécile, Berta 4 à 1 et Anna 4 à 1.

-- Dans les "Flambants Inférieurs": 0, 1, 2est, 2ouest, 5, 7, 8.

-- Dans les "Gras Intermédiaires": 10, 12, 14, 15.

5.2 - Veines Jacqueline et Irma

Les veines Jacqueline et Irma se situent dans la partie supérieure des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang) (fig.4). Dans le siège de Vouters, au contraire du siège de Reumaux, la veine Jacqueline n'est pas en contact direct avec les conglomérats de Trittelling. Il existe souvent une petite veine nommée Julie qui sépare les conglomérats de Trittelling et le faisceau de Laudrefang. La veine Jacqueline, qui a une épaisseur de 3m environ dans tout le siège, se trouve 1m plus bas que la veine Julie, séparée de celle-ci par un stérile silto-argileux.

La veine Irma se situe 3 à 10m plus bas que la veine Jacqueline, dont elle est séparée par un stérile silto-argileux qui s'épaissit du SW vers le NE. Quelques bancs gréseux peuvent s'introduire au milieu de ce stérile dans la partie NE. La veine Irma est souvent subdivisée en deux sous veines nommées de haut en bas Irma 2 et Irma 1. L'interlit silto-argileux entre les deux est épais de 30cm environ. La veine Irma a une épaisseur de 2,50m en moyenne avec 1,50m pour Irma 2 et 1,00m pour Irma 1.

5.2.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV des veines Jacqueline et Irma diminuent irrégulièrement et faiblement avec la profondeur entre 700 et 1300m (fig.71A). La veine Irma, qui est la plus ancienne, a des indices de

MV plus faibles à profondeur égale. On doit noter une inflexion des courbes à une profondeur de 1000m, suivie d'une remontée.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur des veines Jacqueline et Irma sont faibles et augmentent très peu avec la profondeur (fig.71B), de 8200 à 8300 kcal/kg entre 800 et 1300m pour la veine Jacqueline et légèrement plus pour la veine Irma, à profondeur égale. On doit noter, comme pour les indices de MV, une inflexion des courbes à une profondeur de 1000m, suivie d'une remontée.

Cendres

Les taux de cendres de la veine Jacqueline sont faibles et assez homogènes dans tout le siège, avec des valeurs de 3,00 à 6,00% et une moyenne de 5%. Les taux de cendres de la veine Irma sont très variables, de 3 à 25%, avec des valeurs souvent supérieures à 10%. La veine Irma 2 qui a une faible épaisseur, a des taux de cendres généralement élevés. Dans le siège de Vouters, les charbons de la veine Irma ont des taux plus élevées au NW qu'au SE.

5.2.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement des veines Jacqueline et Irma varient parallèlement en fonction de la profondeur (fig.72A). La veine Irma, qui est la plus ancienne, a des indices de gonflement plus élevés à profondeur égale. Ces indices de gonflement augmentent rapidement de 2 à 6 entre 700 et 1000m. A 1000m de profondeur où il y a une diminution sensible des indices de MV et des valeurs de PCS/pur dans ces deux veines, on trouve aussi une diminution nette des indices de gonflement. De 1000 à 1300m, on retrouve une nouvelle augmentation des indices de gonflement de 3 à 5 environ. On constate aussi que la différence des indices de gonflement entre ces deux veines diminue avec la profondeur; à 1250m, elles ont des valeurs égales de 5 environ.

Indices Arnu

Les charbons des veines Jacqueline et Irma ont des degrés de houillification relativement faibles; ils ont des indices Arnu également faibles, de -30 à -10 entre 800 et 1300m de profondeur (fig.72B). La veine Irma a des indices Arnu plus élevés que ceux de la veine Jacqueline à profondeur égale. Cette différence diminue lorsque la profondeur supérieure à 1000m.

5.2.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone des veines Jacqueline et Irma augmentent de 83,0 à 84,3% entre 700 et 1300m (fig.73A). La veine Irma a des teneurs en carbone généralement plus élevées que celles de la veine Jacqueline à profondeur égale. Cette différence diminue avec l'augmentation de la profondeur, comme pour les indices Arnu et de gonflement. Ces deux veines ont des teneurs en carbone très voisines à profondeur plus grande que 1000m.

La teneur en carbone augmente nettement dans la veine Jacqueline à

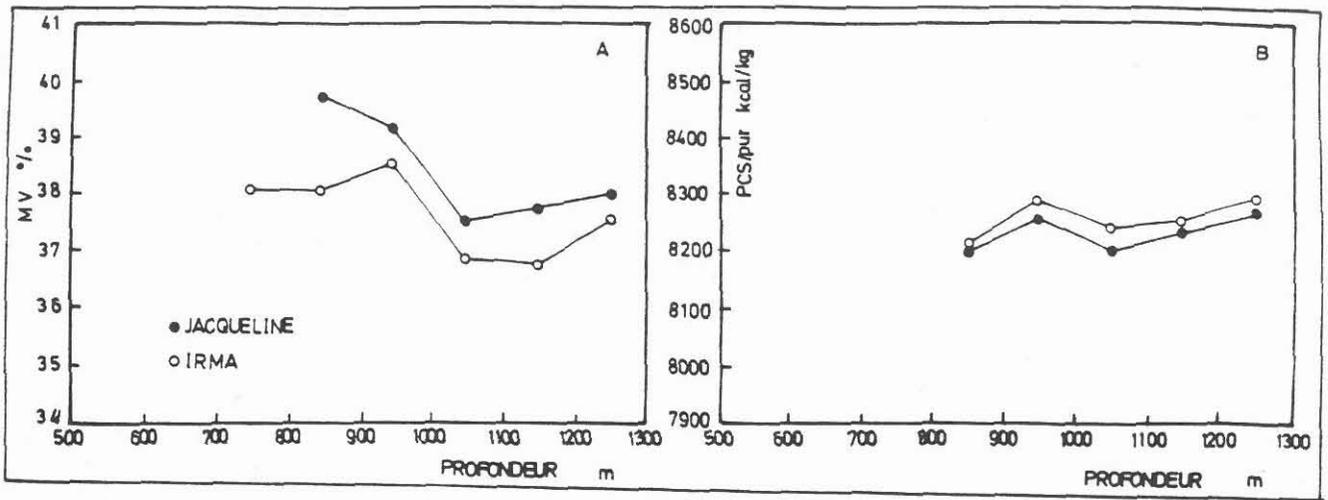


Fig. 71 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Jacqueline et Irma.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Jacqueline et Irma.

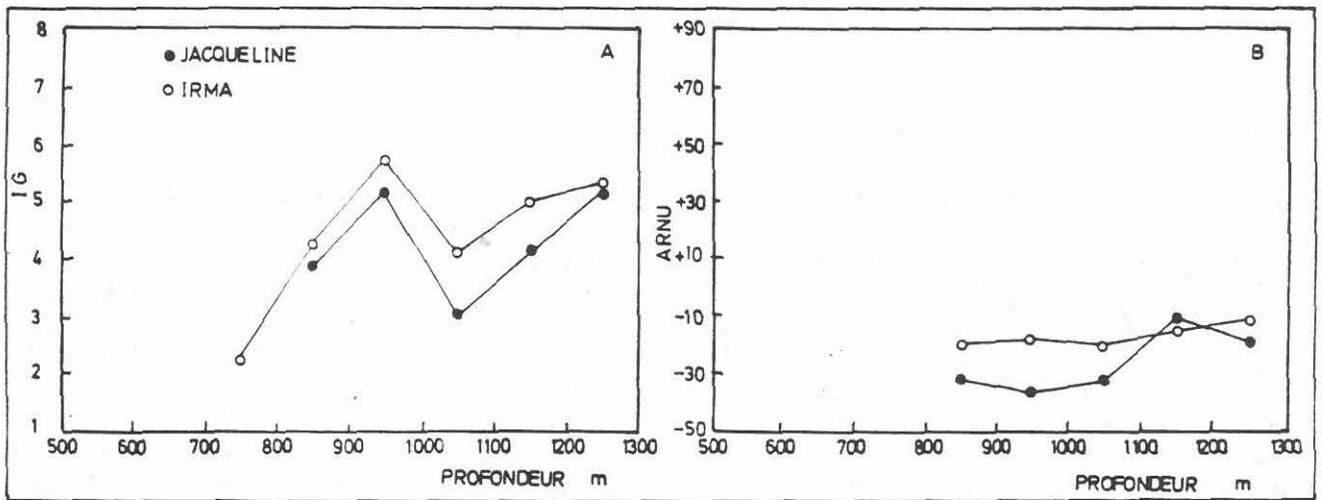


Fig. 72 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Jacqueline et Irma.
 B: Relation entre la profondeur et les indices Arnou des veines Jacqueline et Irma.

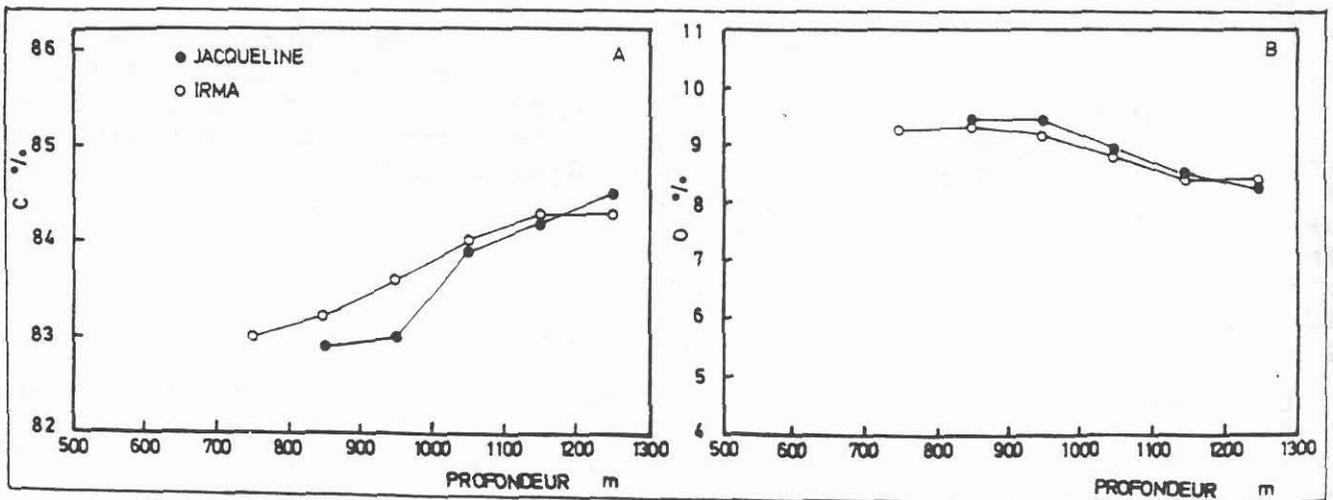


Fig. 73 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Jacqueline et Irma.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Jacqueline et Irma.

1000m de profondeur. cette inflexion se situe à la même profondeur que dans le cas des indices de MV. Il semble que les variations de ces deux paramètres ne représentent pas une progression importante du rang, car les propriétés cokéifiantes et les PCS/pur montrent des dégradations de qualité à cette profondeur.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène sont semblables dans ces deux veines, avec des valeurs qui diminuent lentement de 9,30 à 8,30% entre 700 et 1300m (fig.73B). Entre 700 et 1000m, les teneurs en oxygène sont assez constantes dans les deux veines, avec des valeurs supérieures à 9,00%.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène des veines Jacqueline et Irma sont assez homogènes dans tout le siège autour de 5,1%, que ce soit au dessus ou au-dessous de 1000m.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces deux veines sont semblables et relativement faibles, de 0,40 à 1,00% avec des moyennes de 0,7% dans les deux veines.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore des veines Jacqueline et Irma sont assez élevées, généralement supérieures à 0,30%. Elles augmentent de 0,30 à 0,48% entre 900 et 1300m. La veine Irma a des teneurs en chlore légèrement plus élevées que celles de la veine Jacqueline.

5.2.4 - Classification des veines Jacqueline et Irma

Dans la classification internationale de 1956, on peut classer ces deux veines en 622, 632 entre 700 et 1300m.

Dans la classification française, elles sont placées en Flambants gras B et Flambants gras A dans la gamme de profondeur entre 700 et 1300m.

5.3 - Veines Henriette et Georgette

Les veines Henriette et Georgette se trouvent aussi dans la partie supérieure des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang), 8m environ plus bas que la veine Irma. La veine Henriette est séparée de la veine Irma par un stérile grès-silteux et gréseux qui varie de 10 à 6m, du NE vers le SW du siège, de plus en plus silteux suivant cette même direction. La veine Henriette a une épaisseur qui varie de 1,50 à 3,50m du NE vers le SW. Dans cette même direction, elle se divise parfois en 6 sous-veines.

La veine Georgette est séparée de la veine Henriette par un stérile dont l'épaisseur varie considérablement, de 60 à 10m du NE vers le SW. Dans la partie NE du siège. Ce stérile comprend souvent des bancs de grès ou de grès silteux, mais il devient de plus en plus silteux vers le SW. La veine Georgette a une puissance assez

homogène dans tout le siège, de 1,60m environ. Le toit de cette veine est silteux à bancs souvent massifs. Cette veine se divise en plusieurs sous-veines (4 environ) dans la partie NE; par contre, elle présente une seule belle couche dans la partie SW.

5.3.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

La veine Henriette a des indices de MV assez constants de 38% environ entre 800 et 1300m. La veine Georgette a des indices de MV plus élevés (41% environ) entre 500 et 800m et des indices plus réduits à partir de 800m de profondeur (39% environ) (fig.74A).

La veine Henriette, qui est la plus jeune, a des indices de MV plus faibles que ceux de la veine Georgette à profondeur égale. (fig.74A). Ces faibles indices de MV de la veine Henriette semblent être liés, d'après les autres paramètres de qualité, à la plus forte teneur en carbone.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur des veines Henriette et Georgette sont semblables avec des valeurs de 8150 à 8400 kcal/kg entre 500 et 1300m (fig.74B). La veine Henriette, qui est la plus jeune, a cependant des PCS/pur plus élevés que ceux de la veine Georgette à profondeur égale. Cette différence semble croître avec la profondeur, ce qui est différent du cas des indices de MV.

Les valeurs élevées de PCS/pur de la veine Henriette sont liées à des teneurs en carbone plus fortes à profondeur égale (voir 5.3.3). L'augmentation de la différence des PCS/pur entre les deux veines avec la profondeur correspond à l'accroissement parallèle de la différence des teneurs en carbone.

Cendres

Les taux de cendres de la veine Henriette varient de 2 à 20%, du NE vers le SW. Les taux de cendres élevés correspondent à la dichotomie de cette veine. La veine Georgette a des taux de cendres assez homogènes sur tout le siège, de 4 à 9% (6% en moyenne).

5.3.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement dans les veines Henriette et Georgette sont semblables; ils varient de 3,50 à 6,50 entre 500 et 1300m (fig.75A). L'augmentation de ces indices avec la profondeur est faible (de 3,50 à 5,00) entre 500 et 1200m. A partir de 1200m, les indices augmentent rapidement avec un taux de 1,50/100m.

Indices Arnu

Les indices Arnu des veines Henriette et Georgette sont faibles, généralement inférieurs à -10 jusqu'à 1300m (fig.76B). La veine Henriette a des indices Arnu plus faibles que ceux de la veine Georgette à profondeur égale. C'est le seul paramètre de qualité qui marque un rang plus élevé dans la veine Georgette que dans la veine Henriette, s'accordant avec leur superposition stratigraphique.

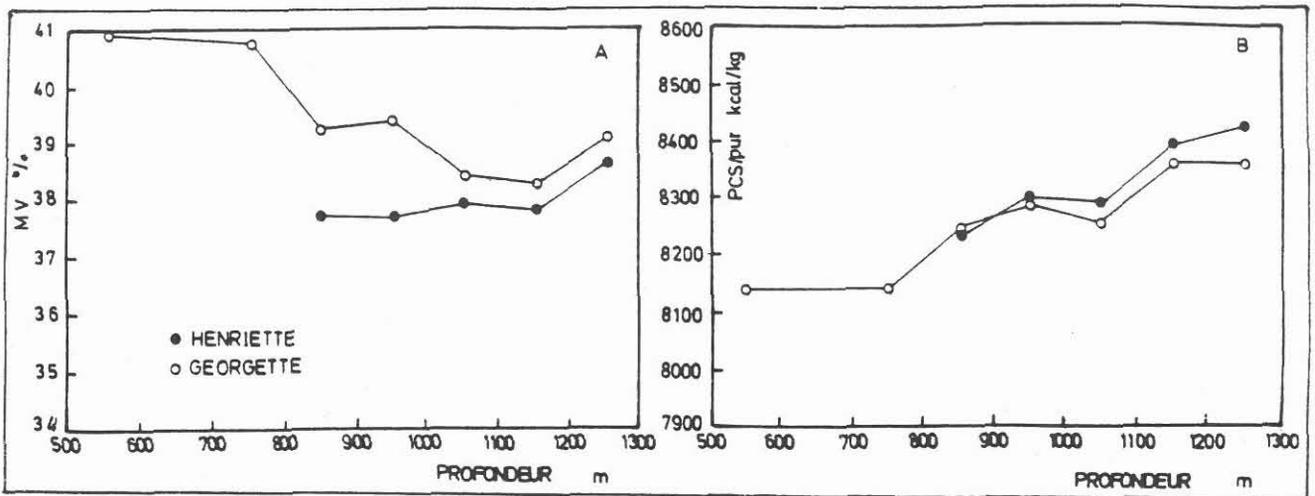


Fig. 74 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Henriette et Georgette.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Henriette et Georgette.

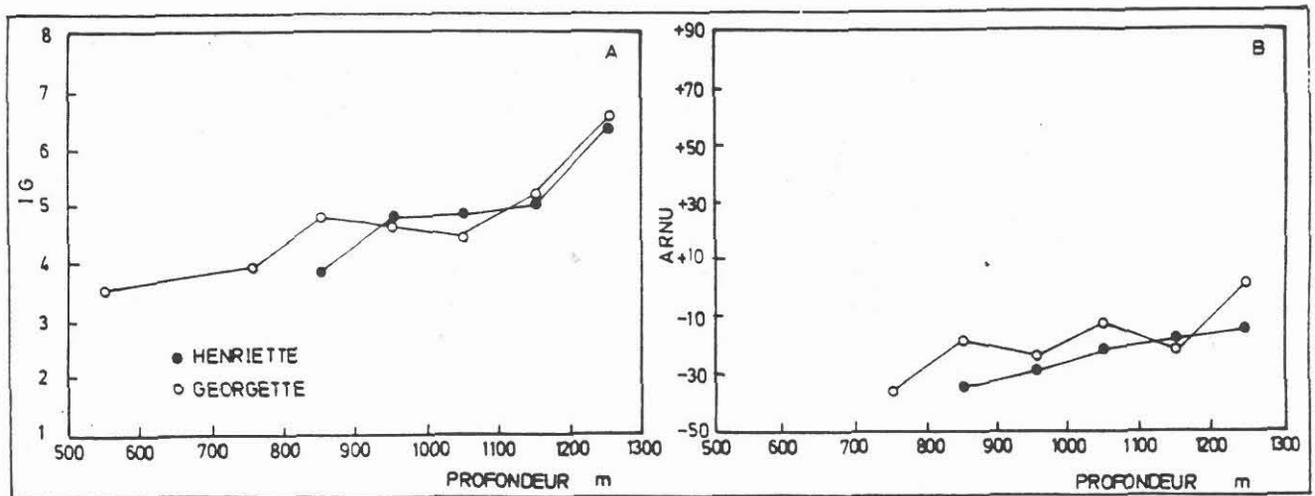


Fig. 75 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Henriette et Georgette.
 B: Relation entre la profondeur et les indices Arnu des veines Henriette et Georgette.

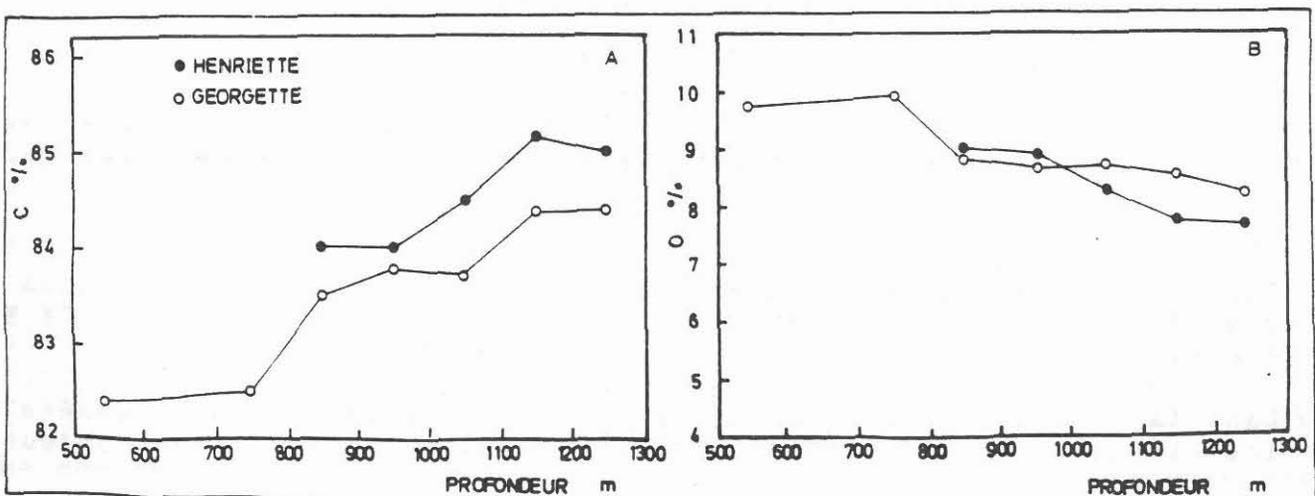


Fig. 76 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Henriette et Georgette.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Henriette et Georgette.

5.3.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

La veine Henriette a des teneurs en carbone qui varient de 84,0 à 85,0% entre 800 et 1300m (fig.76A). La veine Georgette a des teneurs plus faibles de 82,5% environ au-dessus de 800m, qui augmentent lentement de 83,5 à 84,3% entre 800 à 1300m.

La veine Henriette, qui est la plus jeune, a des teneurs en carbone plus élevées que celles de la veine Georgette à profondeur égale. Cette anomalie n'est pas expliquée dans ce travail, les analyses macérales seraient nécessaires dans la veine Henriette.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène des veines Henriette et Georgette diminuent de 10,0 à 8,00% entre 500 et 1300m (fig.76B). La veine Henriette, qui est la plus jeune, a des teneurs en oxygène généralement plus faibles que celles de la veine Georgette à profondeur égale.

Cette anomalie montre, comme dans le cas des autres paramètres de qualité (sauf l'indice d'Arnu), que la veine Henriette est plus houillifiée que la veine Georgette, ce qui n'est pas en accord avec leur superposition stratigraphique.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène des veines Henriette et Georgette sont très voisines, avec une moyenne de 5,2%. La veine Henriette a des teneurs en hydrogène assez homogènes dans tout le siège; par contre, celles de la veine Georgette sont plus dispersées (de 4,8 à 5,5%).

Teneurs en soufre

La veine Henriette a des teneurs en soufre faibles et assez homogènes, de 0,5 à 0,8% avec une moyenne de 0,65%. Les teneurs en soufre de la veine Georgette sont plus élevées et plus dispersées, de 0,5 à 1,3%; la moyenne est de 0,9%.

Teneurs en chlore

Les veines Henriette et Georgette ont des teneurs en chlore assez élevées qui augmentent de 0,25 à 0,45% entre 800 et 1300m. Les valeurs sont généralement supérieures à 0,34% dans ces deux veines.

5.3.4 - Classification des veines Henriette et Georgette

Dans la classification internationale de 1956, ces deux veines sont classées en 622, 632, suivant une profondeur croissante de 500 à 1300m.

Dans la classification française, ces deux veines sont placées dans les Flambants gras B et Flambants gras A suivant la même profondeur.

5.4 - Les veines Frieda 5, 4, 3, 2, 1

Au siège de Vouters, les 5 veines Frieda constituent un ensemble très riche en charbon d'une épaisseur de 12m environ. Ces 5 veines

sont proches l'une de l'autre avec des petits interlits stériles silteux ou silto-charbonneux.

La veine Frieda 5, qui est la plus superficielle, a une épaisseur de 3m environ, ce qui est plus faible que dans le siège de Reumaux. Cette veine est surmontée par un toit silteux d'une épaisseur de 1,50 à 10,0m. Au-dessus, des grès massifs séparent les veines Frieda des veines Georgette et Henriette.

La veine Frieda 4 est généralement sous forme d'une belle couche de 2,00m, séparée de la veine Frieda 5 par un stérile silteux de 0,30m. La veine Frieda 3 a une épaisseur de 1,50m, elle est souvent divisées en 2 ou 3 sous-veines.

La veine Frieda 2 est composée de plusieurs sous-veines (de 6 à 8) de faible puissance. L'épaisseur totale de cette veine est de 2,50m. La veine Frieda 1 qui est la plus ancienne est une belle couche de 2,50m, sur un mur silteux.

5.4.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV de ces veines Frieda diminuent irrégulièrement et lentement de 39,0 à 38,0% entre 500 et 1300m (fig.77A). La veine Frieda 5, qui est la plus jeune, a des indices de MV légèrement plus faibles que ceux des 4 autres à profondeur égale. Les veines Frieda 4,3 et les veines Frieda 2,1 ont des indices de MV assez semblables. Mais entre 1100 et 1300m, les veines Frieda 4,3 ont des indices de MV exceptionnellement élevés (39,0% environ).

La veine Frieda 5 a des indices de MV beaucoup plus faibles que ceux des autres veines voisines au siège de Reumaux où elle a une richesse en inertinite. Au siège de Vouters, le toit schisteux de la veine Frieda 5 est plus épais que celui du Reumaux. Au siège de Vouters, les légèrement plus faibles indices de MV de la veine Frieda 5 par rapport aux veines voisines sont liés à une faible dégradation de qualité des charbons pour cette veine sommetiale dans la séquence.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les valeurs de PCS/pur de ces 5 veines sont voisines; elles augmentent assez régulièrement de 8150 à 8410 kcal/kg entre 500 et 1300m (fig.77B).

Cendres

La veine Frieda 5 a des taux de cendres assez faibles, ce qui est habituel pour une veine épaisse, qui varient de 1,50 à 6,50%. Les veines Frieda 4,3 sont légèrement plus riches en cendres que la Frieda 5 (de 2,00 à 12,0% avec une moyenne est de 5%). Les veines Frieda 2 et 1 ont des taux de cendres très élevés (3,00 à 17,0% avec une moyenne de 9%). La veine Frieda 2, qui est la plus dichotomisée, a des taux de cendres plus élevés que ceux de la veine Frieda 1 formée d'une seule couche.

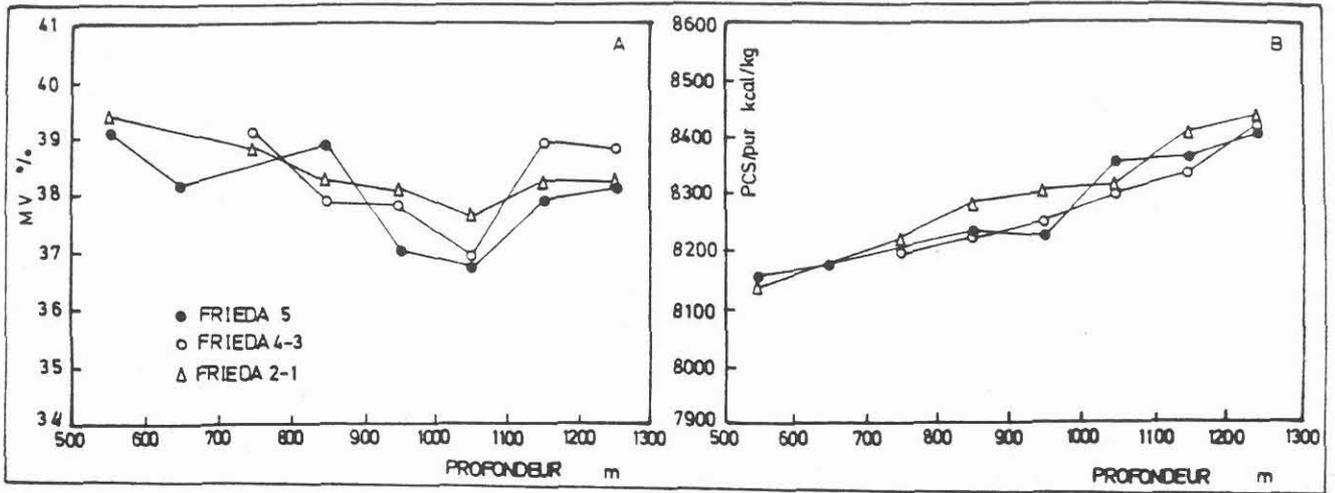


Fig. 77 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.

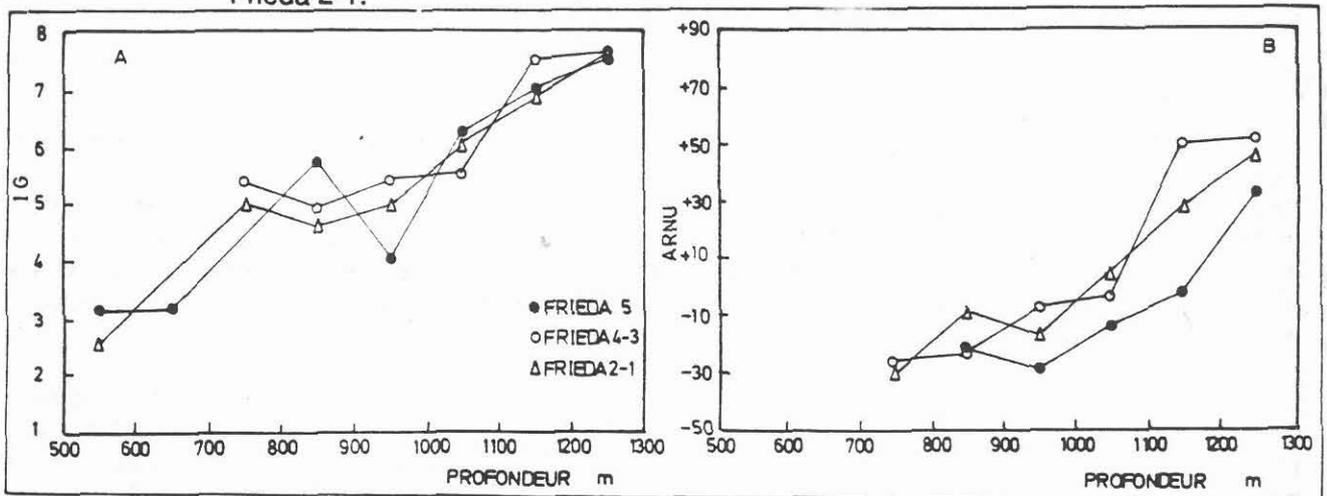


Fig. 78 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.
 B: Relation entre la profondeur et les indices Arnu des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.

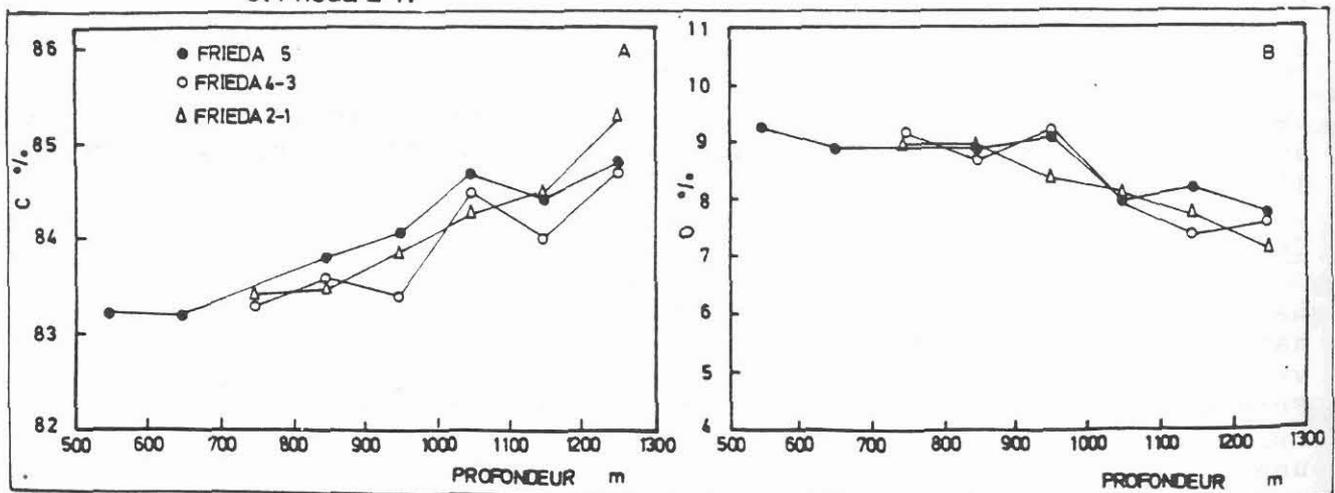


Fig. 79 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Frieda 5, Frieda 4-3 et Frieda 2-1.

5.4.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de ces 5 veines varient de 2,75 à 7,75 entre 500 et 1300m (fig.78A), sans différence sensible entre les 5, surtout à profondeur plus grande que 1000m. Entre 500 et 700m de profondeur, ces 5 veines ont des faibles indices de gonflement avec des valeurs assez stables de 3,00 environ. Entre 700 et 1000m, elles ont des indices de gonflement relativement élevés, mais avec des valeurs assez constantes de 5,00 environ. A partir de 1000m, ces indices augmentent très rapidement avec la profondeur, jusqu'à 7,75 à 1250m.

Les indices de MV ont montré que la veine Frieda 5 a des indices légèrement plus faibles que ceux des 4 autres. Cependant, les indices de gonflement ne montrent aucune dégradation des propriétés cokéfiantes dans cette veine Frieda 5 par rapport aux 4 autres.

Indices Arnu

Les indices Arnu des veines Frieda augmentent de -30 à +50 entre 700 et 1300m (fig.78B). A profondeur égale, la veine Frieda 5 a des indices Arnu plus faibles que ceux des 4 autres dont les indices sont très semblables. Ce phénomène est probablement lié à une faible dégradation des propriétés cokéfiantes dans la veine Frieda 5 qui est la veine sommetiale dans la séquence. Il faut noter aussi que la veine Frieda 5 qui est la veine la plus jeune a un rang aussi plus faible que celui des 4 autres.

5.4.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone augmentent de 83,2 à 85,0% entre 500 et 1300m (fig.79A). Entre 500 et 1100m, la veine Frieda 5, qui est la plus jeune, a des teneurs en carbone plus élevées que celles des 4 autres à profondeur égale. Les fortes teneurs en carbone de cette veine, comme les plus faibles indices de MV et Arnu ont montré qu'elle aurait subi une faible dégradation de qualité.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène des 5 veines sont semblables; elles diminuent lentement de 9,20 à 7,50% entre 500 et 1300m (fig.79B). La veine Frieda 5, qui est la plus jeune, et qui aurait subi une dégradation de qualité possède des teneurs en oxygène légèrement plus élevées que celles des 4 autres veines.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène sont relativement faibles (5,10% dans la veine Frieda 5 et 5,30% dans les 4 autres en moyenne). Les plus faibles teneurs en hydrogène de la veine Frieda 5 confirment une faible dégradation de qualité dans cette veine.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre des 5 veines sont très semblables (de 0,60 à

1,40%, avec une moyenne de 0,8%). Dans une même veine, les teneurs en soufre sont assez dispersées, avec des valeurs plus élevées dans la partie SW que dans la partie NE du siège.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore de ces 5 veines sont généralement supérieures à 0,30%. Ces teneurs augmentent irrégulièrement avec la profondeur, jusqu'à 0,45% à 1300m. Les veines Frieda 2 et 1 ont les teneurs en chlore les plus élevées, souvent supérieures à 0,35% et jusqu'à 0,53% à 1300m de profondeur.

5.4.4 - Classification des veines Frieda 5, 4, 3, 2 et 1

Dans la classification internationale de 1956, les veines Frieda sont classées en 622, 632, 633, suivant la profondeur de 500 à 1300m.

Dans la classification française, elles sont placées dans les Flambants gras B, Flambants gras A et Gras B entre 500 et 1300m.

5.5 - Veines Erna 3-2, Dora-Cécile, Berta et Anna

Elles se trouvent à la base des "Flambants Supérieurs" (Faisceau de Laudrefang). L'ensemble des terrains a une épaisseur de 90m environ, comprenant 3 faisceaux comportant des veines qui sont de haut en bas: Erna; Dora-Cécille et Berta; Anna.

Les veines Erna comprennent de haut en bas: Erna 3, Erna 2 et Erna 1; les deux premières sont exploitées au siège de Vouters. La veine Erna 3 se situe sous une couverture schisteuse avec souvent des petites couches de schistes charboneuses. Cette veine a une puissance de 3m environ dans tout le siège. La veine Erna 2 qui a une puissance de 2m environ est séparée de la veine Erna 3 par un petit stérile schisteux ou silto-charboneux de 5 à 30cm.

A 25m plus bas de la veine Erna 1, séparées de celle-ci par des schistes gréseuses et parfois des bancs gréseux, apparaissent de haut en bas les veines: Dora, Cécile, Berta 4, Berta 3, Berta 2, Berta 1. La veine Dora a un toit schisteux de 1,50m environ. La puissance de cette veine est variable, de 1,30 à 2,50m dans le siège de Vouters. La veine Cécile est séparée de la veine Dora par un stérile schisteux de 50cm. Cette veine a une puissance de 2,50m et se divise généralement en 3 sous-veines. Les veines Berta ont souvent de faibles épaisseurs individuelles (<1,50m) avec des dichotomies importantes. La veine Berta 1 s'éloigne parfois des 3 autres pour rejoindre la veine Anna 3.

A 40m plus bas, au-dessous d'un stérile plus ou moins gréseux, les veines Anna comprennent de haut en bas: Anna 3, Anna 2, Anna 1. La veine Anna 3, qui a une épaisseur de 1,50m environ, se trouve souvent éloignée des deux autres, au milieu d'un stérile gréseux. Elle n'est pas exploitée dans le siège de Vouters. Les veines Anna 2 et Anna 1 qui sont très rapprochées se trouvent sous un toit gréseux. Elles ont une épaisseur totale de 3,50m environ, mais sont parfois subdivisées en plusieurs sous-veines.

5.5.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV des ces veines varient de 41 à 37% entre 500 et 1300m (fig.80A). On constate que les veines Erna, qui sont les plus récentes, n'ont pas des indices plus élevés que les autres. Par contre, les veines Anna, qui sont les plus anciennes, ont des indices de MV très élevés (41%) entre 500 et 800m de profondeur. Entre 800 et 1300m, ces veines Anna ont des indices légèrement plus faibles que ceux des autres à profondeur égale, ce qui est en accord avec leur superposition. Les veines Erna, Dora-Cécile et Berta ont des indices de MV très semblables à profondeur égale.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur de ces veines sont très semblables; ils augmentent régulièrement de 8250 à 8450 kcal/kg entre 700 et 1300m (fig.80B). La différence des PCS/pur entre les veines est très faible à profondeur égale. Entre 500 et 1000m, les veines Anna, qui sont les plus anciennes, ont des PCS/pur plus faibles à profondeur égale.

Cendres

Les taux de cendres sont très variables dans ces 4 groupes de veines et dans une même veine suivant les localisations des prélèvements. Les veines Erna 3 et 2 ont des taux de 3 à 18,5%, avec une moyenne de 7,5%. Les veines Dora-Cécile ont des taux faibles de 2 à 14% avec une moyenne de 5%. Les veines Berta sont riches en matières minérales, ce qu'on peut rapprocher de leur faible puissance et de dichotomies importantes. Elles ont des taux de cendres de 6,5 à 30% avec une moyenne de 12%. Les veines Anna 2 et 1 ont des taux de 4 à 12%, la moyenne étant de 7%.

5.5.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement de ces 4 groupes de veines varient de 5,50 à 7,75 entre 500 et 1300m (fig.81A) et sont assez voisins d'une veine à l'autre à profondeur égale. Les différences des indices de gonflement dues aux différences d'âges semblent être effacées dans ces veines relativement houillifiées.

Les indices de gonflement de ces veines sont assez constants avec la profondeur entre 500 et 1000m. A partir de 1000m, ils augmentent nettement avec la profondeur.

Indices Arnu

Les indices Arnu sont très semblables dans les veines Erna, Dora-Cécile, Berta et Anna; ils augmentent de -30 à +30 entre 500 et 1300m (fig.81B). On constate qu'entre 700 et 1100m, ces indices Arnu sont très stables, comme les indices de gonflement. A partir de 1100m, ces indices Arnu augmentent nettement avec la profondeur, jusqu'à +30 à 1300m.

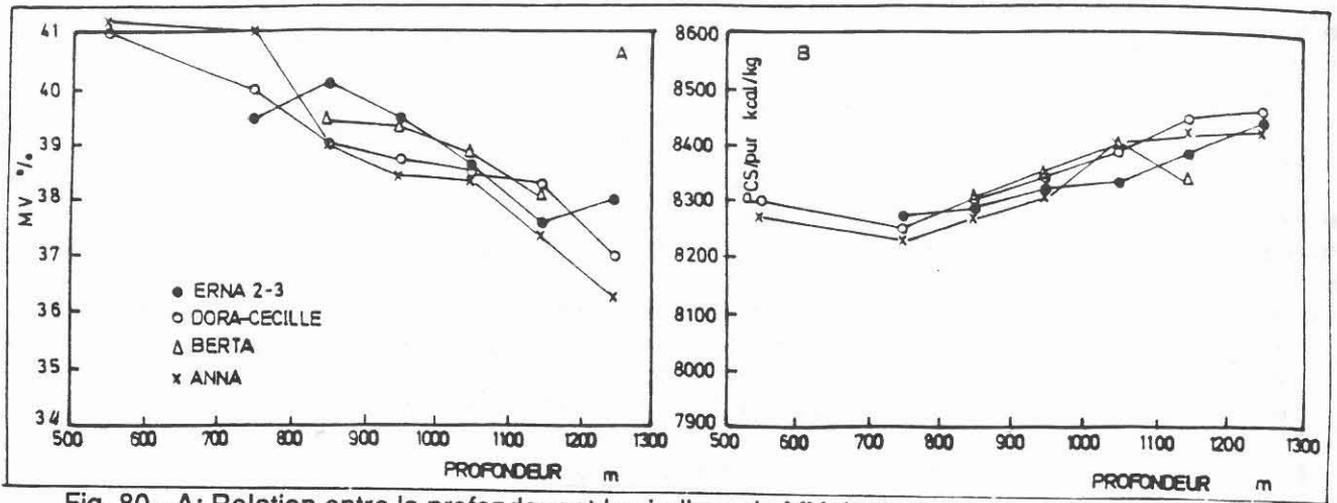


Fig. 80 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines Erna 3-2, Dora-Cécille, Berta et Anna.

B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines Erna 3-2, Dora-Cécille, Berta et Anna.

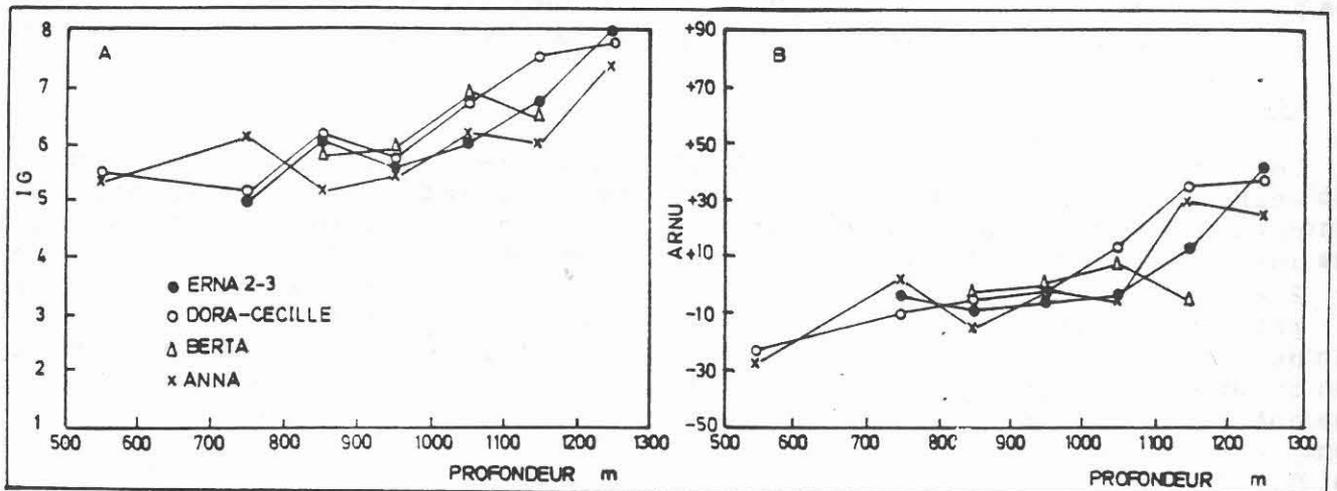


Fig. 81 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines Erna 3-2, Dora-Cécille, Berta et Anna.

B: Relation entre la profondeur et les indices ARNU des veines Erna 3-2, Dora-Cécille, Berta et Anna.

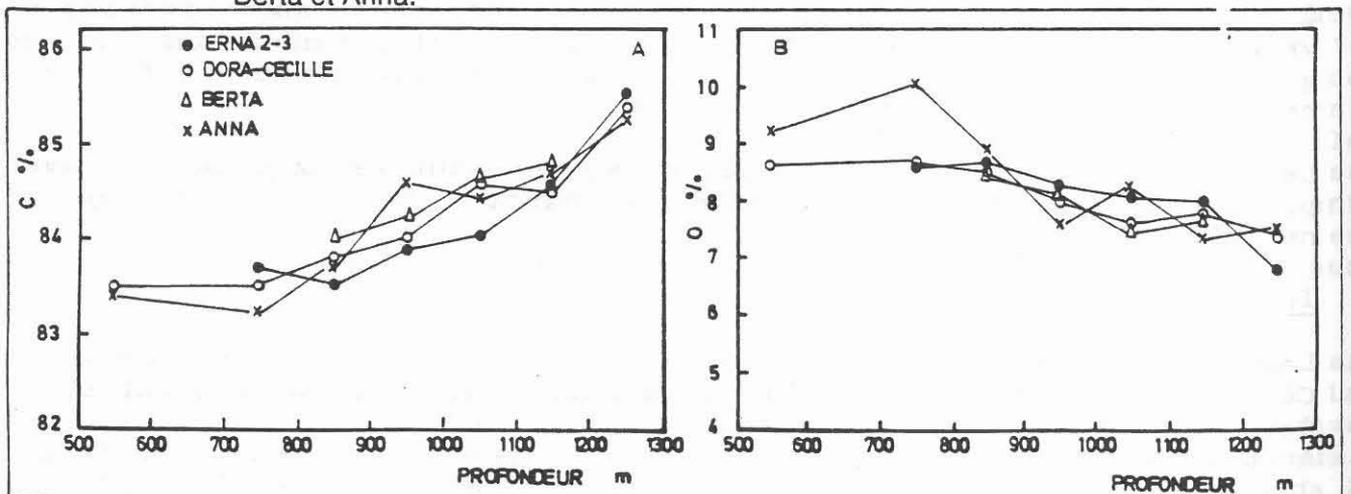


Fig. 82 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines Erna 3-2, Dora-Cécille, Berta et Anna.

B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines Erna 3-2, Dora-Cécille, Berta et Anna.

5.5.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

les teneurs en carbone sont assez semblables dans toutes ces veines; elles varient de 83,5 à 85,5% entre 500 et 1300m (fig.82A). Entre 500 et 1200m, ces teneurs augmentent assez lentement; à partir de 1200m, on observe une augmentation plus nette dans toutes les veines, comme pour les indices de gonflement.

Teneurs en oxygène

Ces 4 groupes de veines ont des teneurs en oxygène semblables, de 8,50 à 7,50% entre 800 et 1300m (fig.82B). Dans cette gamme de profondeur, on constate que la diminution des teneurs en oxygène en fonction de la profondeur est lente.

Entre 500 et 800m de profondeur, les veines Anna ont des teneurs en oxygène assez élevées, qui sont supérieures à 9%. Cette richesse en oxygène des veines Anna correspond aux forts indices de MV décrits précédemment.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène sont identiques dans les veines Erna, Dora-Cécile et Berta, avec une moyenne de 5,3%. Il semble que les veines Anna ont des teneurs en hydrogène légèrement plus faibles, de 5,2% en moyenne.

Teneurs en soufre

Les veines Erna et Berta ont des teneurs en soufre très voisines, de 0,8% en moyenne. Les veines Dora-Cécile ont des teneurs en soufre plus élevées que celles des autres, de 1% en moyenne. Les veines Anna ont des teneurs en soufre relativement faibles, de 0,7% en moyenne. Les valeurs supérieures à 1,00% sont très rares dans ces veines Anna.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore des veines Erna, Berta et Anna sont très semblables, avec des valeurs de 0,25 à 0,42% entre 500 et 1300m. Dans les veines Dora-Cécile, ces teneurs en chlore sont relativement faibles, de 0,20 à 0,37%, même dans les charbons de grande profondeur (>1000m).

5.5.4 - Classification des veines Erna, Dora-Cécille, Berta et Anna

Dans la classification internationale de 1956, ces 4 groupes de veines sont classées en 632 pour les charbons entre 500 et 1000m et en 633 pour les charbons entre 1000 et 1300m de profondeur.

Dans la classification française, ces veines sont placées dans les Flambants gras A et Gras B entre 500 à 1300m.

5.6 - Veines 0 et 1

Les veines 0 et 1 se situent au sommet des "Flambants Inférieurs" (Faisceau de Petite Rosselle). Elles sont très rapprochées au NE du siège de Vouters, mais vers le SW, elles se séparent de plus en plus avec un intercalaire qui augmente de 0 à 15m. Dans la partie SW du siège, le veine 0 disparaît presque totalement dans des grès et des conglomérats. Le toit et le mur de cette veine restent toujours schisteux, bien que peu épais (1m environ). La puissance de la veine 0 augmente rapidement jusqu'à 2,50 au NE.

La veine 1 surmonte une formation massive argileuse dans le siège de Vouters; elle est recouverte par des schistes ou par la veine 0. La puissance de la veine 1 diminue aussi, de 2,50 à 0,90m environ, du NE vers le SW du siège.

5.6.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV des veines 0 et 1 sont assez élevés, de 41 à 39% entre 500 et 1300m (fig.83A). Les indices diminuent très lentement avec la profondeur dans la gamme d'exploitation.

Les indices de MV de ces deux veines, plus élevés que ceux des veines des "Flambants Supérieurs", ne sont pas en accord avec leur position stratigraphique. Il s'agit sans doute d'une teneur d'importante en hydrogène (5,5% en moyenne), qui témoigne probablement une richesse en exinite dans la composition macérale.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les valeurs de PCS/pur des veines 0 et 1 augmentent de 8300 à 8520 kcal/kg entre 500 et 1300m (fig.83B). la veine 0, qui est la plus jeune, a des valeurs de PCS/pur légèrement plus élevées que celles de la veine 1 à profondeur égale. Cette anomalie diminue avec la profondeur. Ces plus fortes valeurs de PCS/pur de la veine 0 semblent être liées à des teneurs plus importantes en hydrogène à faible profondeur. Cette différence des teneurs en hydrogène se réduit avec la profondeur comme celle des PCS/pur.

Cendres

Les taux de cendres de la veine 0 sont assez élevés, de 6,00 à 25,0%; la moyenne est de 11%. Dans la veine 1, les taux de cendres sont variables (de 2,00 à 20,0%). Dans ces deux veines, ils augmentent du NE vers le SW du siège, parallèlement à une diminution d'épaisseur des veines.

5.6.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement sont semblables dans les veines 0 et 1; ils augmentent de 5,25 à 8,00 entre 500 et 1300m (fig.84A). Ces indices assez forts indiquent que les forts indices de MV reconnus dans les veines 0 et 1 sont anormaux.

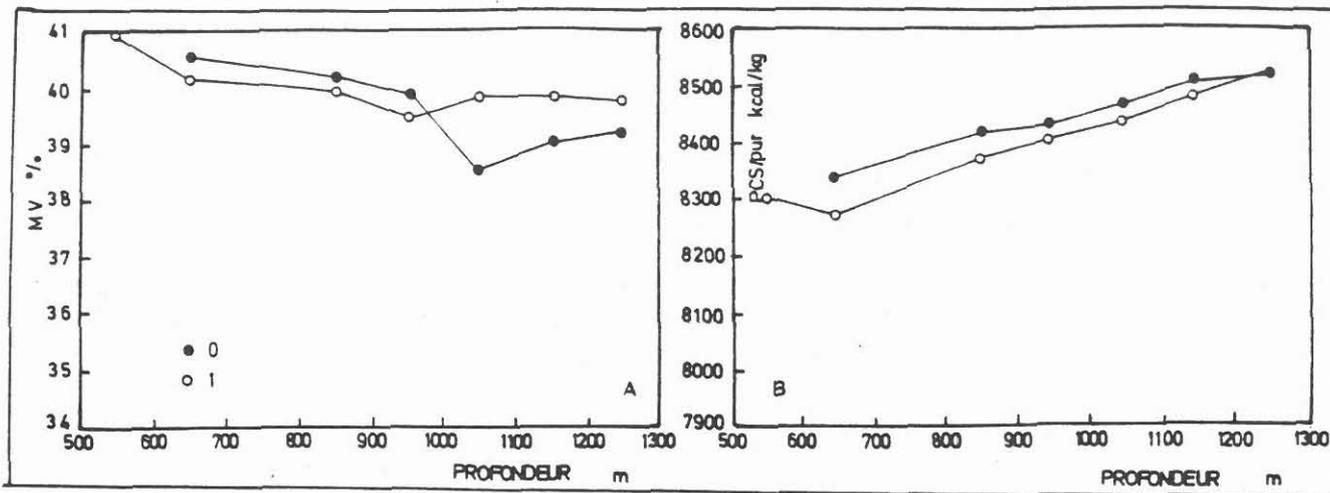


Fig. 83 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines 0 et 1.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines 0 et 1.

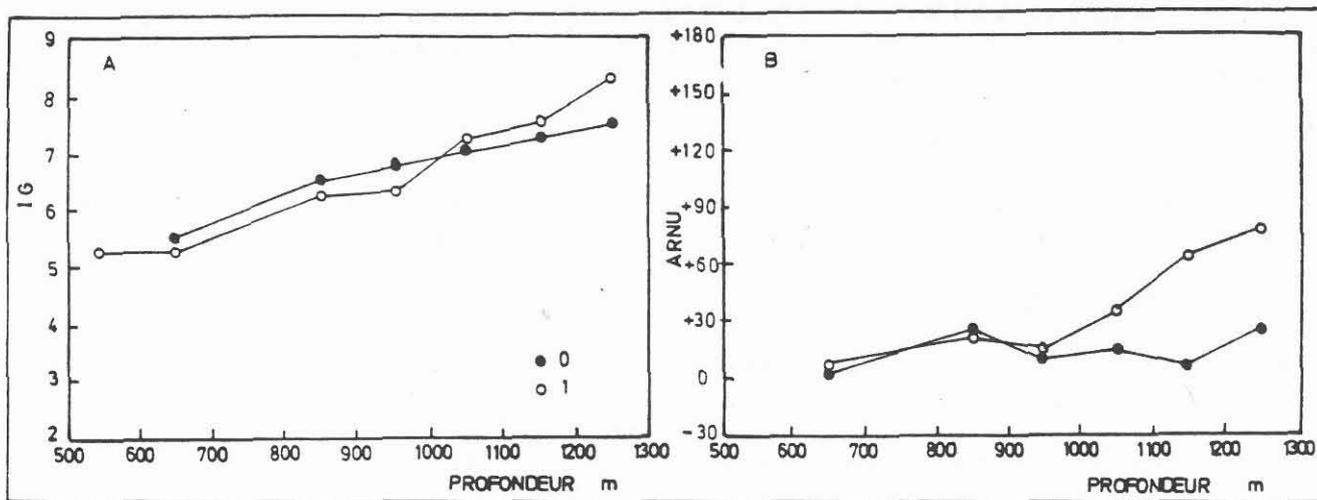


Fig. 84 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines 0 et 1.
 B: Relation entre la profondeur et les indices Arnou des veines 0 et 1.

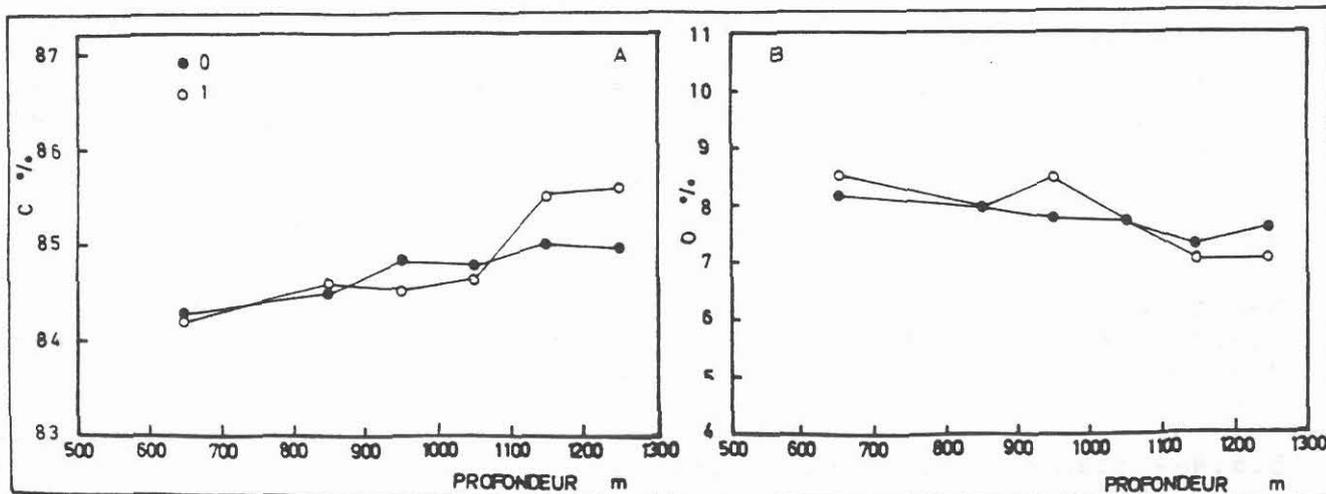


Fig. 85 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines 0 et 1.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines 0 et 1.

Indices Arnu

Entre 600 et 1000m de profondeur, les veines 0 et 1 ont des indices Arnu très semblables et constants en fonction de la profondeur, de 0 à +10 (fig.85B). Entre 1000 et 1300m, ces indices de la veine 1 augmentent assez rapidement de +10 à +75, mais ceux de la veine 0 restent toujours stables (+10 environ). Dans cette même gamme de profondeur, la veine 0 a des indices de MV plus faibles et des indices de gonflement également légèrement plus faibles que ceux de la veine 1.

5.6.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Entre 600 et 1100m de profondeur, les teneurs en carbone des veines 0 et 1 sont très voisines à profondeur égale; elles augmentent très lentement de 84,2 à 84,8% (fig.85A) mais plus vite pour la veine 1 entre 1100 et 1300m. Par contre, les teneurs en carbone de la veine 0 sont toujours inférieures à 85,0% jusqu'à 1300m.

Teneurs en oxygène

Les teneurs en oxygène sont semblables dans les veines 0 et 1; elles diminuent lentement de 8,30 à 7,50% entre 600 et 1300m (fig.85B).

Teneurs en hydrogène

Entre 600 et 1000m de profondeur, la veine 0 a des teneurs en hydrogène de 5,6% en moyenne. A partir de 1000m, elles se réduisent à 5,2%. Cette réduction provoque une dégradation de la qualité des charbons, qui concerne les indices de MV, les propriétés cokéfiantes et les PCS/pur.

La veine 1 a des teneurs en hydrogène assez homogènes à toutes les profondeurs (moyenne de 5,4%).

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de la veine 0 sont très faibles et homogènes dans tout le siège, avec des valeurs de 0,6% environ. Les teneurs de la veine 1 sont très variables (de 0,30 à 1,50%) dans le siège de Vouters (moyenne de 0,8%, avec 20% des valeurs supérieures à 1,00%).

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore des veines 0 et 1 sont semblables, de 0,20 à 0,40% entre 600 et 1300m. Au-dessous de 800m, les charbons ont tous des teneurs en chlore supérieures à 0,30%.

5.6.4 - Classification des veines 0 et 1

Dans la classification internationale de 1956, les veines 0 et 1 sont classées en 633 et 634 entre 500 et 1300m.

Dans la classification française, ces deux veines sont placées dans les Flambants gras A, Gras B et Gras A entre 500 et 1300m.

5.7 - Veines 2est, 2ouest, 5, 7 et 8

Les veines 2est, 2ouest, 5, 7 et 8 se trouvent dans la partie supérieure des "Flambants Inférieurs" (Faisceau de Petite Rosselle), 20 à 40m plus bas que la veine 1. La veine 2est, qui est la plus jeune, est séparée de la veine 1 par une formation massive schisteuse, avec parfois des passages de schistes gréseux. Cette veine 2est est accolée à la veine 2ouest dans la partie NE du siège. Au SW du puits Cuvelette, ces deux veines se séparent rapidement vers le SW avec un intercalaire de 20m d'épaisseur maximale. Les épaisseurs de ces deux veines sont relativement homogènes dans tout le siège de Vouters: 4m pour la veine 2est et 3,5m pour la veine 2ouest.

La veine 5 se situe à 50m environ plus bas que la veine 2ouest, séparée de cette dernière par des schistes et parfois des petits bancs de grès. Cette veine 5 se trouve dans une série très productive, associée aux veines 3 et 4 qui ne sont pas exploitées dans le siège de Vouters. D'autres petites veines existent autour de la veine 5 dont la puissance est de 3m environ sur tout le siège.

La veine 7, épaisse de 2m environ, se situe 25m environ plus bas que la veine 5, avec un intercalaire généralement schisteux.

La veine 8 est très proche de la veine 7, séparée de celle-ci par un stérile schisteux de 2m environ. Cette veine a une faible puissance de 1,50m.

5.7.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les veines 2est-ouest et 5 ont des indices de MV semblables qui varient de 40,5 à 38% entre 500m et 1300m (fig.86A). La veine 7 a des indices de MV légèrement plus faibles que ceux des veines 2est-ouest et 5 à profondeur égale. La veine 8 a des indices beaucoup plus réduits que ceux des 3 autres (de 38,0 à 35,0% entre 600 et 1300m de profondeur).

La veine 8 est très proche de la veine 7, mais les indices de MV sont beaucoup plus faibles de la première que dans la deuxième. Cette anomalie est pas expliquée dans ce travail, mais la plus faible teneur en hydrogène de la veine 8 semble être le responsable des ces faibles indices de MV par rapport aux veines voisines. Les analyses macérales sont nécessaires pour donner une réponse exacte à cette anomalie de la veine 8.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur sont comparables dans ces 5 veines, de 8200 à 8600 kcal/kg entre 500 et 1300m (fig.86B). La veine 8 n'a pas des PCS/pur plus élevés que ceux des autres, ce qui démontre que l'anomalie des indices de MV tient à une dégradation de qualité des charbons.

Les légèrement plus fortes valeurs de PCS/pur de la veine 5 semblent être liées à une teneur en hydrogène plus importante.

Cendres

Les taux de cendres des veines 2est-ouest varient de 2,00 à 9,00%,

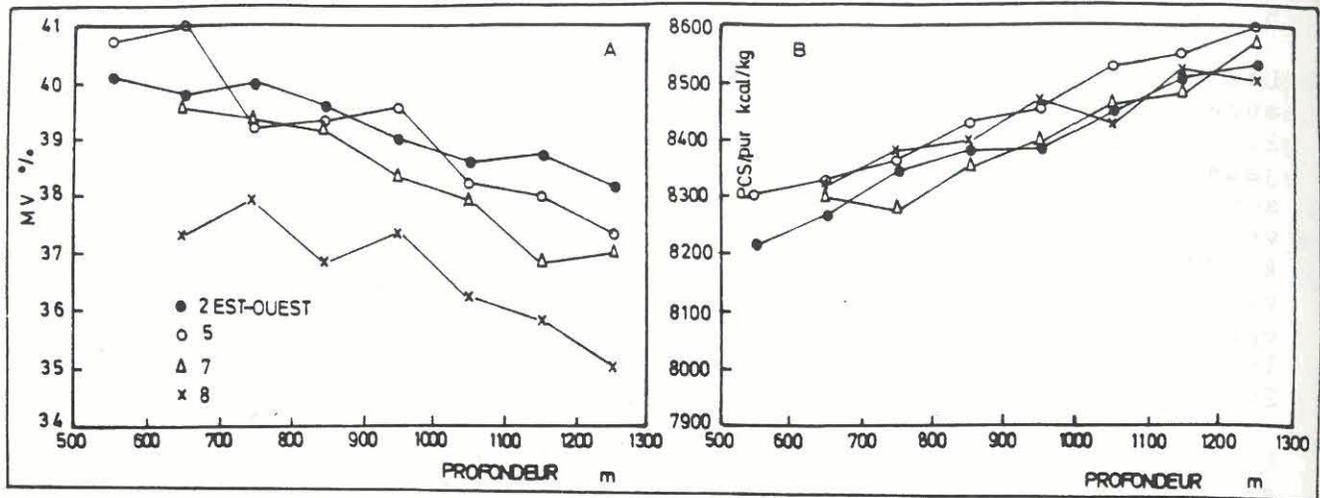


Fig. 86 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines 2est-ouest, 5, 7 et 8.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines 2est-ouest, 5, 7 et 8.

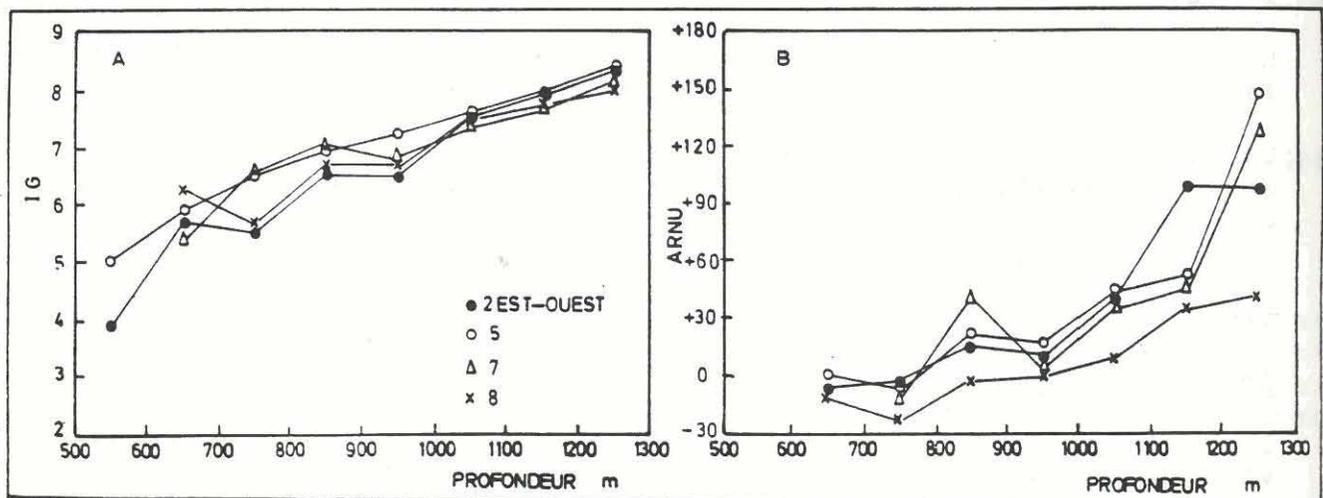


Fig. 87 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines 2est-ouest, 5, 7 et 8.
 B: Relation entre la profondeur et les indices Arnu des veines 2est-ouest, 5, 7 et 8.

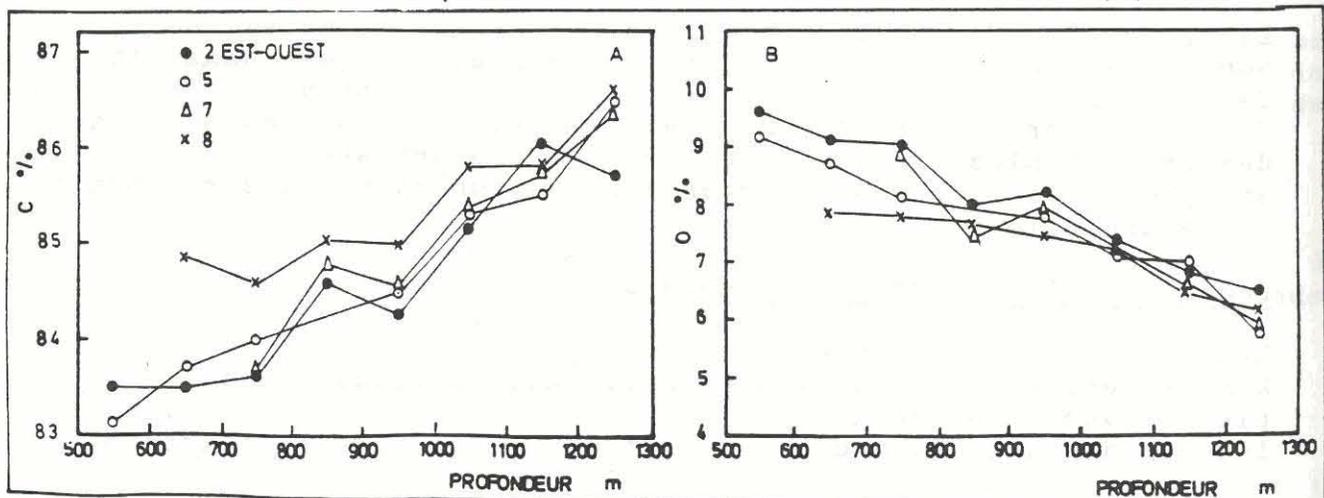


Fig. 88 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines 2est-ouest, 5, 7 et 8.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines 2est-ouest, 5, 7 et 8.

avec une moyenne de 4,5%. Ces taux de cendres augmentent du NE vers le SW du siège, parallèlement à une dichotomie de ces deux veines. La veine 5 a des taux de cendres très variables, de 4,00 à 15,0%, sans loi générale, avec une moyenne assez élevée de 7%. La veine 7 qui a une épaisseur de 2m environ a des taux de cendres assez faibles de 4,5% en moyenne. La répartition de ces taux de cendres de la veine 7 est très homogène sur tout le siège. La veine 8, qui a l'épaisseur la plus petite, a des taux de cendres généralement élevés de 12% en moyenne. On y trouve parfois des taux de cendres très élevés (30%).

5.7.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement sont très semblables dans ces veines; ils augmentent de 4,50 à 8,00 entre 500 et 1300m (fig.87A). La veine 5 a des indices de gonflement légèrement plus élevés à profondeur égale, liés probablement à sa teneur en hydrogène plus importante.

La veine 8, qui est la plus ancienne et qui possède les plus faibles indices de MV, a des indices de gonflement voisins de ceux des autres veines. Ceci confirme encore une fois que la veine 8 n'a pas un rang plus élevé les autres.

Indices Arnu

Les veines 2est-ouest, 5 et 7 ont des indices Arnu très semblables, qui varient de 0 à +120 entre 600 et 1300m (fig.87B). Par contre, la veine 8, qui est la plus ancienne, a des indices Arnu plus faibles à profondeur égale. Les indices Arnu reflètent mieux que les indices de gonflement les propriétés cokéfiantes dégradées de cette veine.

Dans cette figure 87B, on constate que les indices Arnu augmentent lentement en fonction de la profondeur entre 600 et 1000m. A partir de 1000m, ils augmentent très rapidement; ceci est caractéristique de la sensibilité du paramètre de l'indice Arnu.

5.7.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les veines 2est-ouest, 5 et 7 ont des teneurs en carbone voisines qui augmentent de 83,2 à 86,2% entre 500 et 1300m (fig.88A). La veine 8, qui est la plus ancienne, a des teneurs en carbone plus élevées à profondeur égale. On ignore encore la cause de cette dégradation de qualité des charbons dans la veine 8.

Teneurs en oxygène

Les veines 2est-ouest, 5 et 7 ont des teneurs en oxygène assez semblables, de 9,50 à 6,50% entre 500 et 1300m (fig.88B). Entre 600 et 800m, la veine 8 a des teneurs en oxygène plus faibles, mais cette différence disparaît à partir de 800m de profondeur.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène des veines 2est-ouest, 5 et 7 sont

identiques, avec des moyennes de 5,4%. Par contre, la veine 8 a une teneur en hydrogène plus faible; la moyenne est de 5,2%.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre de ces veines sont faibles dans le siège de Vouters. Les veines 2est-ouest et 5 ont des teneurs en soufre de 0,7% en moyenne. Celles des veines 7 et 8 sont de 0,6% environ. Dans les veines 2est-ouest, on trouve parfois des teneurs en soufre assez élevées, supérieures à 1,2%. Dans les autres veines, les valeurs des teneurs en soufre supérieures à 1,00% sont très rares.

Teneurs en chlore

Les teneurs en chlore sont très variables dans ces veines. L'augmentation avec la profondeur, généralement reconnue, est mal marquée (teneurs en chlore <0,3% dans les charbons de 1300m de profondeur). Les veines 2est-ouest ont des teneurs de 0,25 à 0,38%. La veine 5 et la veine 7 ont des teneurs en chlore semblables de 0,28 à 0,40%. La veine 8 a des teneurs plus faibles; les valeurs ne dépassent généralement pas 0,30% jusqu'à 1300m de profondeur, avec une moyenne de 0,28%.

5.7.4 - classification des veines 2est-ouest, 5, 7 et 8

Dans la classification internationale de 1956, ces 5 veines sont classées en 632, 633, 634, entre 500 et 1300m.

Dans la classification française, on peut placer ces 5 veines dans les Flambants gras A et Gras B entre 500 et 1100m de profondeur et dans les Gras A pour les charbons entre 1100 et 1300m.

5.8 - Veines 10 et 12

Les veines 10 et 12 se trouvent dans les "Gras Intermédiaires" (Faisceau de Petite Rosselle), 100m environ plus bas que la veine 8 décrite précédemment. La veine 10 se sépare de la veine 8 par un stérile massif de 100m, souvent gréseux et conglomératique. Par contre, son toit est schisteux, avec souvent des petites couches de schistes charbonneux. La veine 10 a une épaisseur de 1,00 à 3,50m du NE vers le SW du siège. C'est dans la partie SW, qu'on trouve l'épaisseur maximale (supérieure à 3m).

La veine 12 se trouve 100m plus bas que la veine 10, avec un intercalaire souvent schisteux. Peu de travaux ont atteint cette veine et son épaisseur est mal connue. Dans le SW du siège, elle aurait une puissance importante de 3,50 à 5,00m.

5.8.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV sont plus élevés dans la veine 10 que dans la veine 12 à profondeur égale, ce qui est conforme à leur superposition (fig.89A). La veine 10 a des indices de MV qui diminuent de 40,0 à 36,5% entre 500 et 1300m.

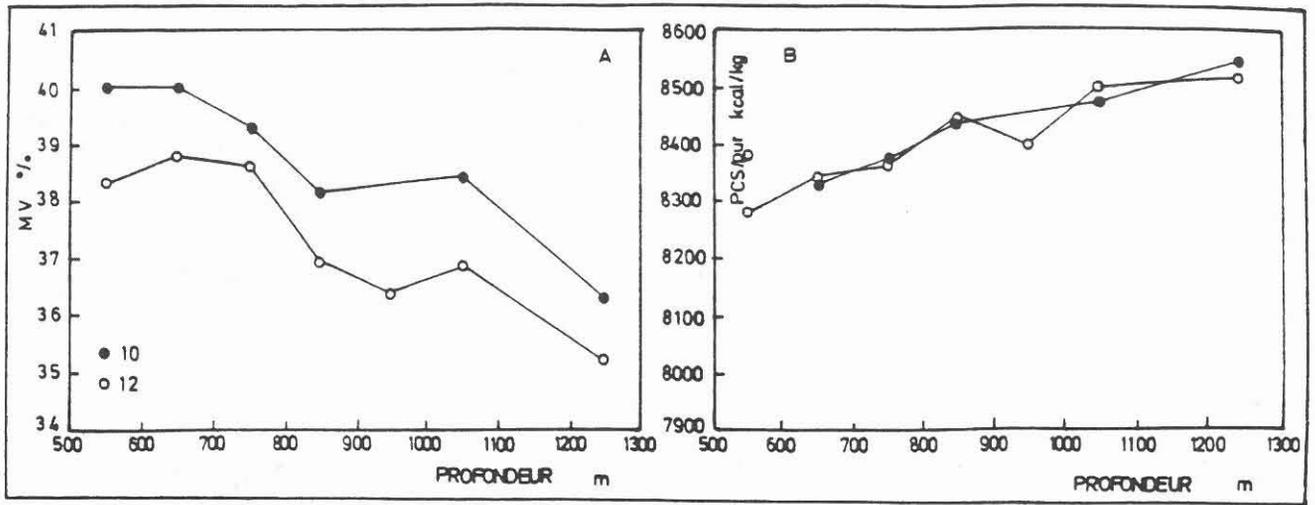


Fig. 89 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines 10 et 12.
B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines 10 et 12

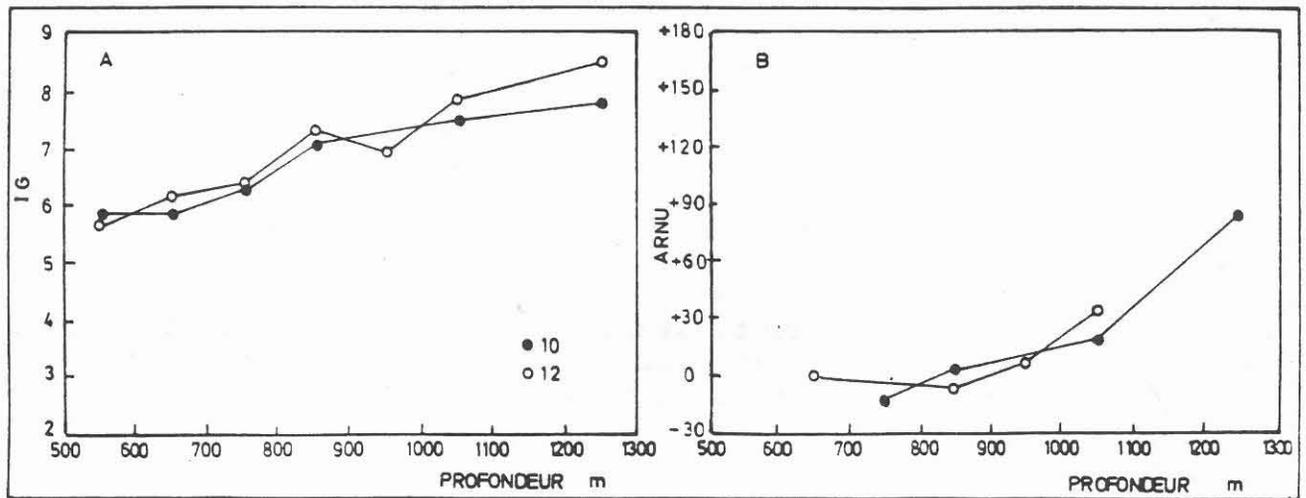


Fig. 90 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines 10 et 12.
B: Relation entre la profondeur et les indices Arnu des veines 10 et 12.

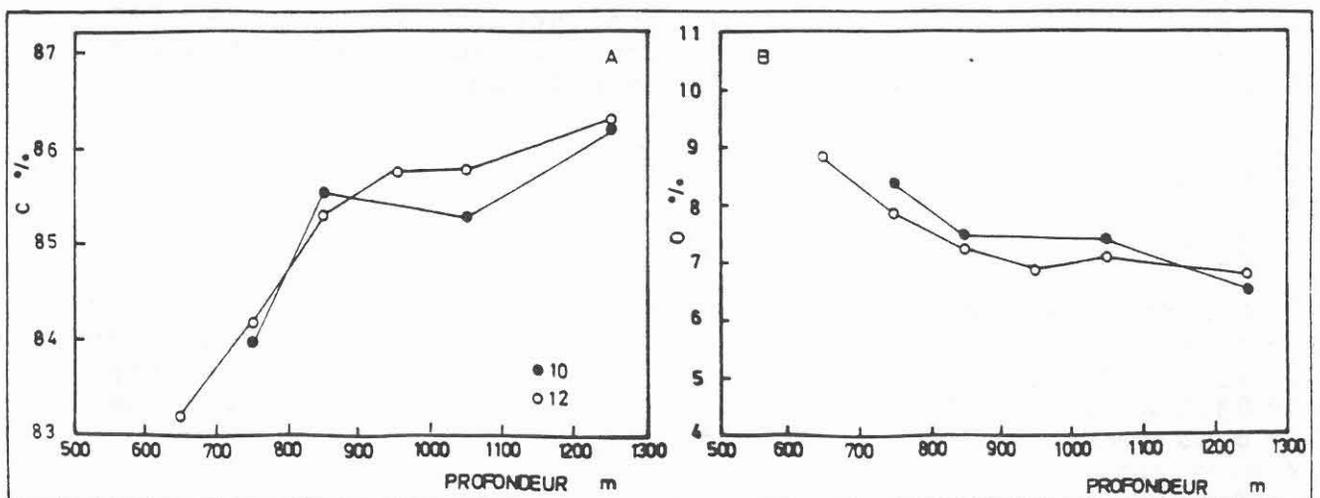


Fig. 91 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines 10 et 12.
B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines 10 et 12.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur sont identiques dans ces deux veines à profondeur égale (fig.89B), malgré une différence des indices de MV dans ces deux veines. Ces valeurs de PCS/pur augmentent régulièrement de 8300 à 8530 kcal/kg entre 500 et 1300m. Ces deux veines ont des PCS/pur très voisins, bien que la distance qui les sépare soit assez importante. Comme pour les autres veines à rang relativement élevé, la différence initiale du PCS/pur, due à la superposition des veines, est pratiquement effacée.

Cendres

Le taux de cendres de la veine 10 est assez élevé, avec des valeurs généralement supérieures à 10,0%; la moyenne est de 13%. La veine 12 a un taux de cendres très variable qui diminue de 20 à 3% du NE vers le SW du siège, parallèlement à l'augmentation d'épaisseur de cette veine dans la même direction.

5.8.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement des veines 10 et 12 sont semblables et augmentent régulièrement de 5,75 à 8,00 entre 500 et 1300m (fig.90A).

Les indices de gonflement semblables des veines 10 et 12 confirment que ces deux veines ont des degrés de houillification voisins, malgré la distance de 100m qui les séparent.

Indices Arnu

Les indices Arnu sont aussi voisins dans les veines 10 et 12 (fig.90B). Entre 600 et 1000m, les charbons de ces deux veines ont des contractions ou des faibles dilatations dans le test d'Arnu, avec des indices autour de 0. L'augmentation de ces indices est très faible dans cette gamme de profondeur. A partir de 1000m, ces deux veines ont des indices Arnu positifs qui augmentent assez rapidement en fonction de la profondeur (+90 à 1300m).

5.8.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone des veines 10 et 12 sont voisines à profondeur égale; elles augmentent de 83,2 à 86,2% entre 600 et 1300m (fig.91A). Ces teneurs en carbone augmentent rapidement de 83,2 à 85,5% entre 600 et 900m. Entre 900 et 1300m, elles augmentent plus lentement avec la profondeur.

Teneurs en oxygène

Les veines 10 et 12 ont des teneurs en oxygène voisines, qui diminuent de 9 à 6,7% entre 600 et 1300m (fig.91B). Entre 600 et 900m, ces teneurs diminuent rapidement avec la profondeur. Par contre, entre 900 et 1300m, la diminution ralentit.

Teneurs en hydrogène

Les teneurs en hydrogène des veines 10 et 12 sont assez élevées, avec une moyenne de 5,4% pour la veine 10 et 5,3% pour la veine 12. Ces plus faibles teneurs en hydrogène de la veine 12 sont cohérentes avec les plus faibles indices de MV dans cette veine.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre des veines 10 et 12 sont voisines et faibles avec une moyenne de 0,7%. La distribution de ces teneurs en soufre dans le siège est assez homogène, avec des valeurs qui varient de 0,6 à 0,8%.

Teneurs en chlore

Les veines 10 et 12 ont des teneurs en chlore voisines et faibles, avec des valeurs qui varient de 0,20 à 0,29%. La moyenne est de 0,25%. Des teneurs supérieures à 0,30% sont très rares. Il n'y a pas d'augmentation des teneurs en chlore avec la profondeur.

5.8.4 - Classification des veines 10 et 12

Dans la classification internationale de 1956, ces deux veines sont classées en 633 et 634, entre 500 et 1300m.

Dans la classification française, on peut placer ces deux veines dans les Gras B et Gras A, entre 600 et 1300m.

5.9 - Veines 14 et 15

Les veines 14 et 15 se situent en bas des "Gras Intermédiaires", 30m environ plus bas que la veine 12. Peu de travaux ont été effectués dans ces deux veines, qui sont perturbées par des failles. La veine 14 a une puissance de 2 à 3m dans le SW du siège; elle se situe dans une série très productive avec plusieurs petites couches de charbon au-dessus et au-dessous.

La veine 15 se situe à 25m environ plus bas que la veine 14; son épaisseur est de 3m environ dans le SW du siège. Le stérile entre les veines 14 et 15 est généralement constitué de schistes et de schistes gréseux.

5.9.1 - Analyses immédiates

Indices de matières volatiles

Les indices de MV des veines 14 et 15 sont semblables; ils diminuent de 40,5 à 36% entre 500 et 1300m (fig.92A). Les indices élevés de MV à faible profondeur confirment un faible rang dans ces deux veines pourtant anciennes, dans les zones superficielles.

Pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur

Les PCS/pur des veines 14 et 15 augmentent assez régulièrement de 8350 à 8750 kcal/kg entre 500 à 1300m (fig.92B). La différence du PCS/pur due à la superposition initiale est complètement effacée

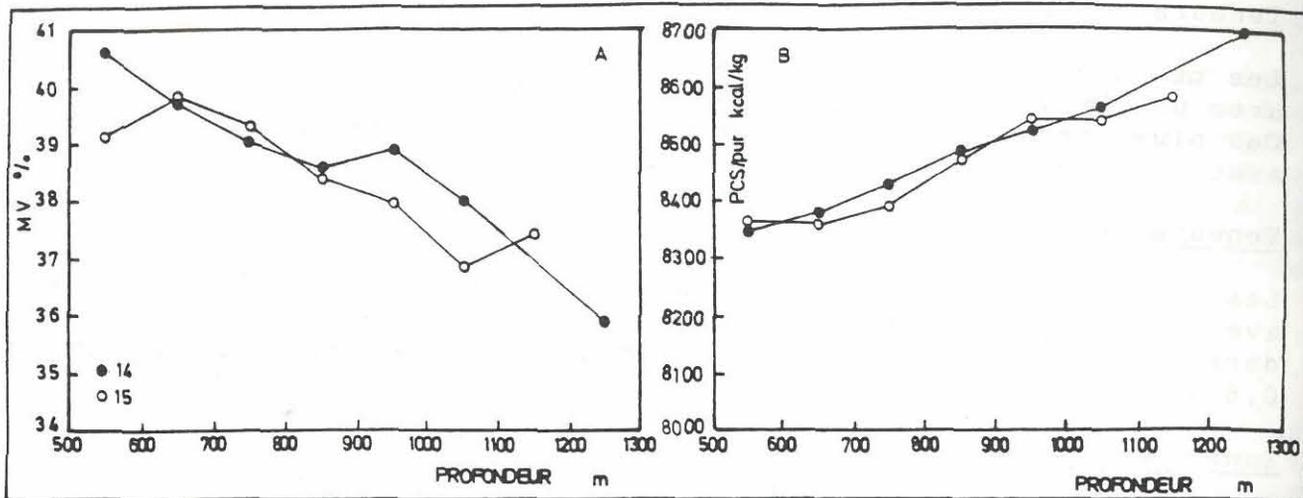


Fig. 92 - A: Relation entre la profondeur et les indices de MV des veines 14 et 15.
 B: Relation entre la profondeur et les PCS/pur des veines 14 et 15.

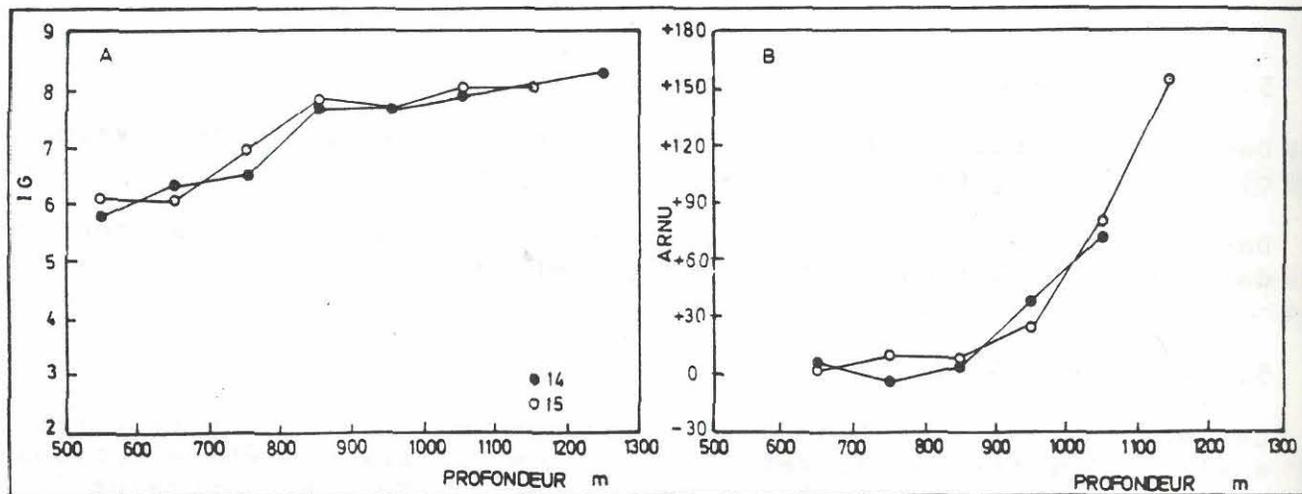


Fig. 93 - A: Relation entre la profondeur et les indices de gonflement des veines 14 et 15.
 B: Relation entre la profondeur et les indices Arnu des veines 14 et 15.

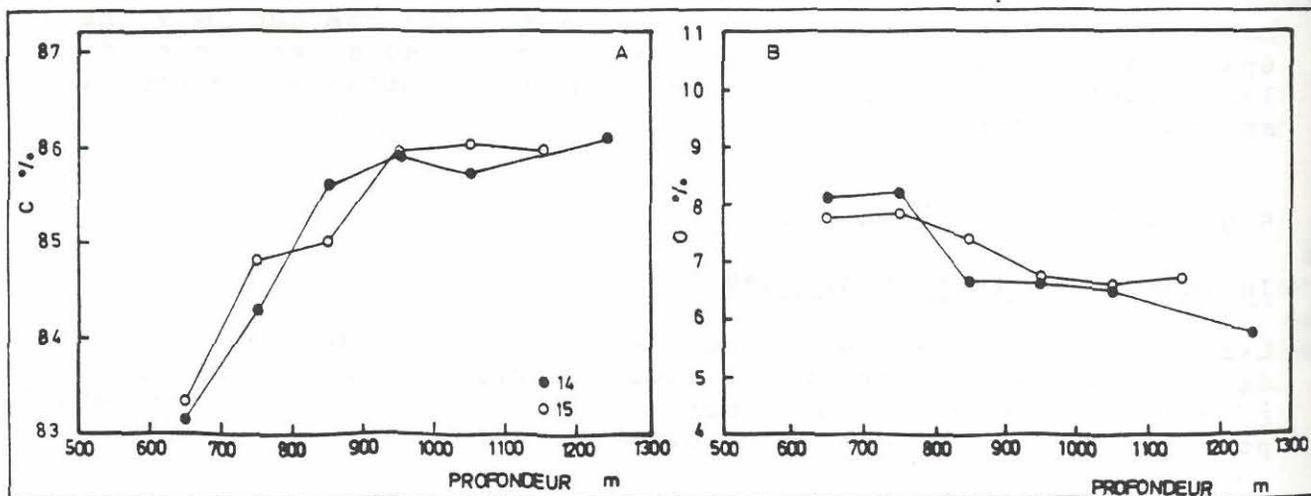


Fig. 94 - A: Relation entre la profondeur et les teneurs en carbone des veines 14 et 15.
 B: Relation entre la profondeur et les teneurs en oxygène des veines 14 et 15.

dans ces deux veines, à rang relativement élevé.

Cendres

Les taux de cendres de la veine 14 sont assez élevés, de 6 à 20%. 50% des valeurs analysées sont supérieures à 10%. La veine 15 a des taux de cendres plus faibles, avec des valeurs comprises entre 4 et 12%.

5.9.2 - Propriétés cokéfiantes

Indices de gonflement

Les indices de gonflement des veines 14 et 15 sont pratiquement identiques, avec des valeurs de 6 à 8,25 entre 500 et 1300m (fig.93A).

Dans ces deux veines anciennes, la différence de rang liée à la superposition initiale est pratiquement effacée. On trouve par ailleurs des indices de gonflement assez élevés à faible profondeur, bien que les indices de MV sont élevés. Il semble que les indices de gonflement des charbons dépendent non seulement du rang, mais aussi de l'âge de la veine.

Indices Arnu

Les indices Arnu sont aussi identiques dans les veines 14 et 15; ils augmentent de 0 à +150 environ entre 600 et 1200m (fig.93B). Entre 600 et 900m, ces indices Arnu sont assez constants (autour de 0) avec la profondeur. Par contre, entre 900 et 1200m, ils augmentent rapidement avec la profondeur. Les indices Arnu sont en effet peu sensibles dans les charbons à faible rang et très sensibles dans les charbons à rang élevé (les Gras).

5.9.3 - Analyses élémentaires

Teneurs en carbone

Les teneurs en carbone des veines 14 et 15 sont voisines; elles augmentent de 83 à 86% entre 600 et 1300m de profondeur (fig.94A). On note que les teneurs en carbone augmentent rapidement entre 600 et 900m mais plus lentement au delà. Cela signifie un ralentissement du taux de houillification dans les charbons à rang plus élevé.

Teneurs en oxygène

Les veines 14 et 15 ont des teneurs en oxygène semblables, qui varient de 8,00 à 6,00% entre 600 et 1300m (fig.94B). Dans cette gamme de profondeur, la diminution de l'oxygène est assez lente en fonction de la profondeur.

Teneurs en hydrogène

La veine 14 a des teneurs en hydrogène légèrement plus élevées que celles de la veine 15, avec 5,5% contre 5,4% en moyenne.

Teneurs en soufre

Les teneurs en soufre sont très semblables dans les veines 14 et 15,

avec des faibles valeurs de 0,6% en moyenne. Ces teneurs sont assez homogènes dans tout le siège; elles varient de 0,5 à 0,9%. Les valeurs supérieures à 1% sont très rares.

Teneurs en chlore

Les veines 14 et 15 ont des teneurs en chlore assez faibles au siège de Vouters. Les valeurs sont généralement comprises entre 0,20 et 0,27%. Les teneurs supérieures à 0,30% sont très rares, même à grande profondeur.

5.9.4 - Classification des veines 14 et 15

Dans la classification internationale de 1956, ces deux veines sont classées en 633 et 634 entre 500 et 1300m.

Dans la classification française, on peut placer ces deux veines dans les Flambants gras A, Gras B et Gras A, entre 500 et 1300m.

5.10 - Qualité des charbons dans le siège de Vouters (Conclusion partielle)

Dans le siège de Vouters, les veines exploitées sont très nombreuses et les degrés de houillification des charbons extraits couvrent une gamme étendue, des Flambants secs au Gras A.

Le siège de Vouters se situe en position plus distale que les autres, avec moins de sédiments grossiers. On trouve très peu de veines avec des toits gréseux ou conglomératiques.

La veine Henriette, qui a un toit souvent gréseux, possède des faibles indices de MV, mais les autres paramètres de qualité ne donnent pas d'indication sur une dégradation de qualité. Des analyses macérales seraient nécessaires pour savoir si la nature originelle de la matière organique serait en cause.

La veine Frieda 5, qui n'a pas un toit direct gréseux, a cependant une faible dégradation de qualité par rapport aux veines voisines. On trouve des faibles indices de MV, de gonflement et Arnu, des fortes teneurs en carbone et en oxygène et des faibles teneurs en hydrogène dans cette veine de fin de séquence.

La veine 8 présente également une qualité des charbons dégradée, par rapport aux veines voisines. Cette dégradation de qualité de la veine 8 reste toujours inexpliquée.

Dans le siège de Vouters, les "Flambants Supérieurs" sont souvent riches en chlore; par contre, les "Flambants Inférieurs" et les "Gras Intermédiaires" sont pauvres en chlore et en soufre.

Dans le siège de Vouters, on s'aperçoit que les veines anciennes ont des rangs pourtant relativement bas en faibles profondeurs. Ceci indique que les charbons correspondants avaient acquis un relativement faible degré de houillification avant le plissement saalien et que la position superficielle qui a suivi le plissement les a faiblement ou peu modifiés.

Dans les charbons du siège de Vouters, on remarque que la différence de rang liée à la superposition initiale des veines sont effacée de plus en plus en fonction de la progression du rang.

6. LA DEGRADATION DE QUALITE DES CHARBONS; COINCIDENCE EVENTUELLE

AVEC LA LITHOLOGIE GRESEUSE AU TOIT DE LA VEINE

Dans l'étude de la qualité des charbons lorrains, nous avons souvent rencontré des coïncidences entre la dégradation de qualité des charbons de veine et la présence d'un niveau gréseux ou conglomératique directement à son toit. Cette dégradation de qualité est généralement marquée, à rang donné, par les faibles indices de MV, les faibles PCS/pur, les propriétés cokéfiantes dégradées, les fortes teneurs en carbone et les faibles teneurs en hydrogène. Ce paragraphe a pour objectif de discuter plus en détail ce phénomène en utilisant quelques exemples dans les charbons lorrains.

---- Exemple 1. La veine Henri aux sièges de Simon et de Marienau

La figure 95A présente des coupes de la veine Henri aux sièges de Simon (champ Sud) et de Marienau (flanc NW de l'anticlinal de Simon). On constate que cette veine est surmontée directement ou par l'intermédiaire d'une passée schisteuse par le Conglomérat de Merlebach, massif et parfois érosif dans le champ Sud du siège de Simon. Par contre, au siège de Marienau, le Conglomérat de Merlebach est séparé de la veine Henri par des couches argileuses assez importantes comprenant parfois une autre veine (la veine 2).

La variation des indices de MV de la veine Henri est présentée dans la figure 95B. On note que les charbons du siège de Marienau ont des valeurs de MV plus élevées que celles des charbons du siège de Simon, à profondeur égale.

La figure 95C présente la relation entre les indices de gonflement et la profondeur de la veine Henri. Les études précédentes ont montré que les charbons du flanc SE de l'anticlinal de Simon sont plus houillifiés que ceux du flanc NW. Cette figure a montré quand même que les charbons du flanc SE du siège de Simon ont, à profondeur égale, des indices de gonflement plus faibles que ceux des charbons du flanc NW du siège de Marienau. La veine Henri a donc des meilleures propriétés cokéfiantes au siège de Marienau qu'au siège de Simon.

La comparaison des teneurs en hydrogène de la veine Henri entre Simon et Marienau est présentée dans la figure 95D. On trouve que cette teneur en hydrogène est plus faible à Simon qu'à Marienau.

La figure 95E présente la variation des valeurs de PRVm de la veine Henri en fonction de la profondeur. On constate que les charbons de Simon ont des PRVm plus élevés que ceux des charbons de Marienau.

---- Exemple 2: La veine Louise au siège de Reumaux

La veine Louise est une veine puissante au siège de Reumaux. Elle se trouve dans les conglomérats de Tritteling, encadrée souvent par ces conglomérats audessus et audessous (fig.96). On note que la lithologie encaissante de cette veine devient de plus en plus schisteuse du SW vers le NE. Dans les sondages RX 503 et SC. 9, cette veine se trouve interstratifié dans des couches schisteuses, d'épaisseur métrique au mur comme au toit. Cette figure présente aussi les variations des profondeurs, des indices de MV, des indices de gonflement, des teneurs en carbone et en hydrogène dans les différents sondages ou galerie.

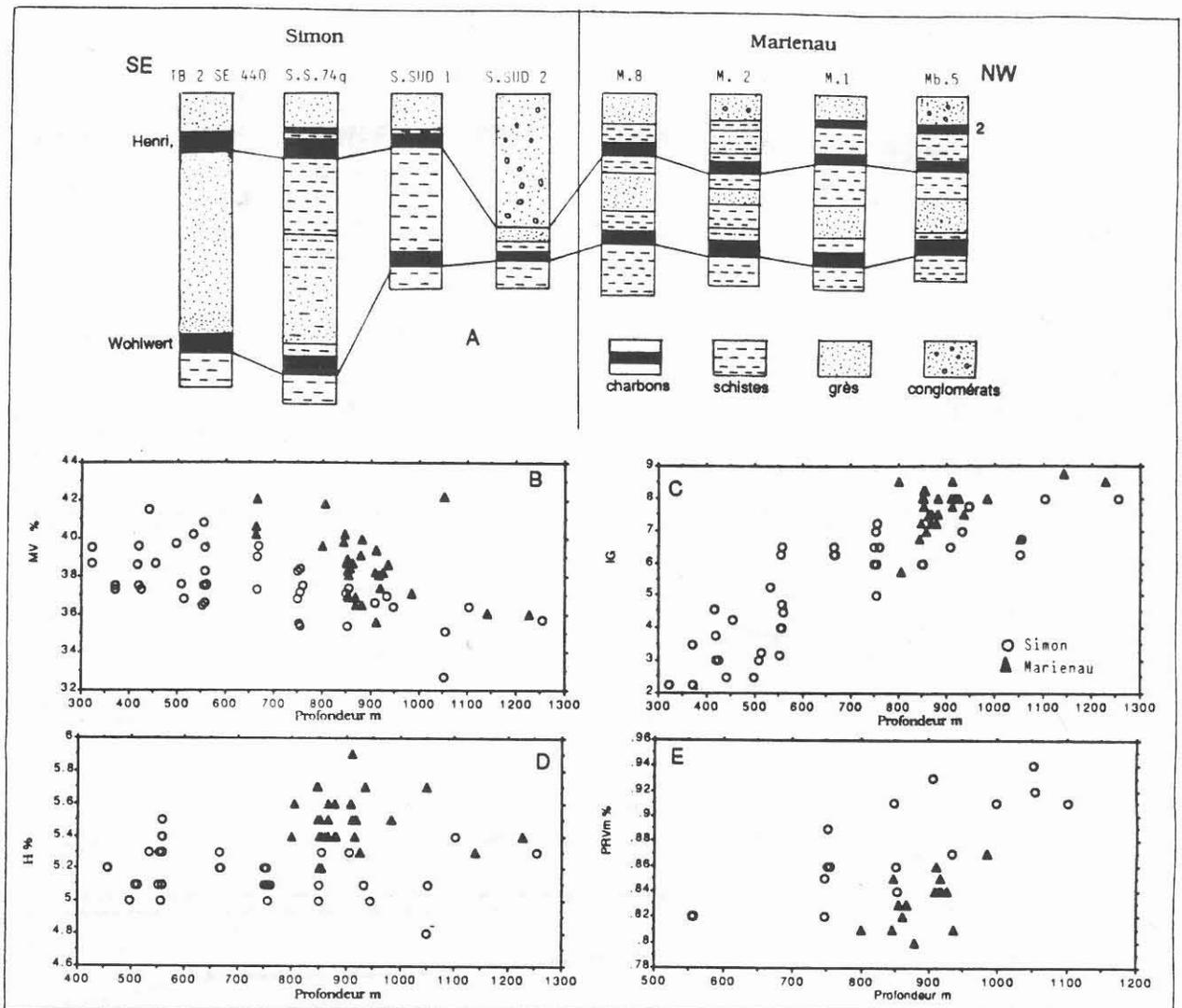


Fig. 95 - Comparaison des paramètres de qualité de la veine Henri entre le siège de Simon et le siège de Marienau.

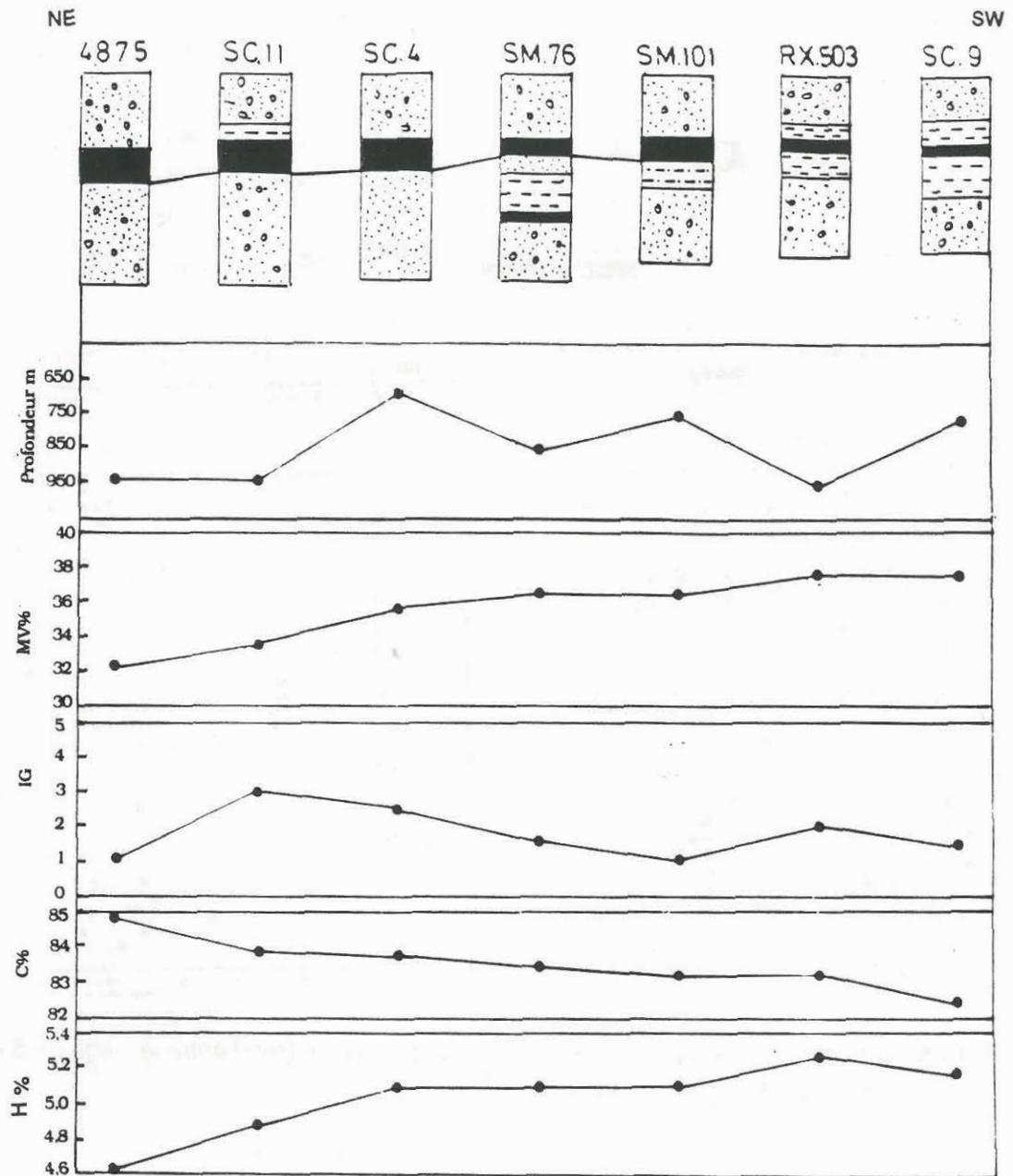


Fig. 96 - Variation des paramètres de qualité de la veine Louise dans les différents sondages du siège de Reumaux.

La veine Louise se trouve la plus profonde dans les sondages SC.11, RX503, et dans la coupe 4875 (950m environ) et la moins profonde dans le sondage SC.4 (700m environ).

La variation des indices de MV de la veine Louise dans ces sondages et la coupe ne dépend pas la profondeur. Ils augmentent assez régulièrement du SW vers le NE bien que la veine se situe à plus grande profondeur dans le sondage RX503. Ce sens d'augmentation des indices de MV coïncide, cependant, avec la variation de lithologie encaissante qui devient de plus en plus schisteuse dans cette même direction.

La faible valeur des indices de MV dans la coupe 4875 ne signifie toutefois pas un rang élevé de la veine Louise, car on trouve un faible indice de gonflement pour ce même échantillon. Par contre, l'indice de gonflement est élevé dans le sondage RX503 malgré une forte valeur de MV.

La teneur en carbone diminue du SW vers le NE, de la coupe 4875 au sondage SC.9; la relation est faible ou nulle avec la profondeur de la veine. Ce sens d'augmentation de teneur en carbone est inverse de celui des indices de MV.

La teneur en hydrogène de la veine Louise augmente du SW vers le NE, ce qui est le contraire de la teneur en carbone. On trouve dans les sondages du NE (RX503 et SC.9) les fortes teneurs en hydrogène (5,30% environ). Dans la coupe 4875, où l'indice de MV est le plus réduit, la teneur en hydrogène est aussi la plus faible (4,60%). Cette faible teneur en hydrogène est due à la richesse en inertinite dans la composition macérale confirmée par les analyses macérales de cette veine (voir tabl.11).

---- Exemple 3: Le sondage Cocheren 14 au siège de Reumaux

Le sondage Cocheren 14 se situe au SE du siège de Reumaux (voir figur 48). Ce sondage a atteint une profondeur de 1600m, en traversant successivement le Grès Vosgien, le Permien, le Stéphaniens en le Westphalien D et C. Dans la série charbonneuse (Westphalien D et C), les niveaux détritiques grossiers sont majoritaires et les veines Louise, Jacqueline, Henriette et Gabrielle sont totalement érodées. La figure 97 présente la coupe du sondage (entre la veine Georgette et la veine 4) et les variations des paramètres de qualité dans les veines principales.

Dans cette coupe verticale du sondage Cocheren 14, On note que les veines Alyssa et X sont encadrées par les conglomérats. Par contre, dans le faisceau des veines Erna, Dora-Cécile et Berta, et dans le faisceau des veines 0-1, 2, 3, 4, les bancs gréseux sont moins nombreux.

Les indices de MV présentent une faible diminution de la veine Georgette à la veine Berta 1, bien que la profondeur augmente. Il semble que la veine Frieda 5 a un indice de MV plus faible que celui des veines voisines. Dans les veines Alyssa et X, les indices de MV diminuent brutalement (31% environ). Ces indices remontent dans la veine 0-1 qui est plus profonde que la veine X. De la veine 0-1 à la veine 4, ces indices diminuent assez régulièrement avec la profondeur (31% dans la veine 4), ce qui signifie un rang de charbon de plus en plus élevé. Par contre, les faibles indices de MV des veines Alyssa et X ne sont pas liés à un rang élevé dans ces deux

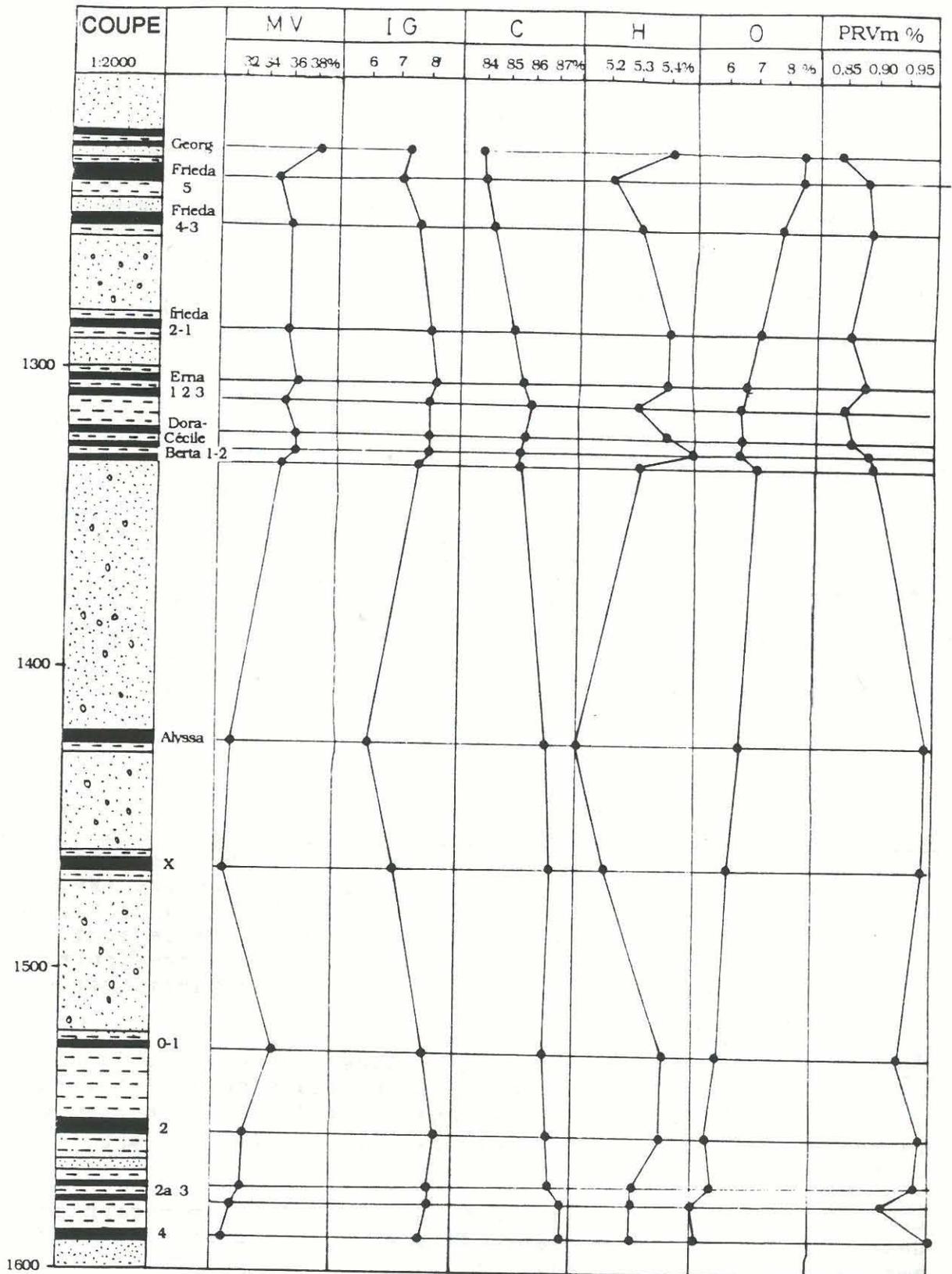


Fig. 97 - Variation des paramètres de qualité des différentes veines au sondage de Cocheren 14

veines. Il s'agit cependant d'une dégradation de qualité des charbons dans ces deux veines encadrées par les conglomérats.

Les indices de gonflement augmentent légèrement de la veine Georgette à la veine Berta 1 selon l'augmentation de profondeur et de l'ancienneté des veines. On trouve aussi une faible baisse de l'indice de gonflement dans la veine Frieda 5. Dans les veines Alyssa et X, ces indices ont beaucoup diminué par rapport aux veines sus-jacentes. Ces indices remontent vers la veine 0-1 et restent assez stables et élevés dans les veines anciennes (veines 2,3,4).

Les teneurs en carbone augmentent de la veine Georgette à la veine 4. On remarque que le taux d'augmentation entre la veine Berta 1 et la veine Alyssa est assez important. Par contre, de la veine X à la veine 0-1, on trouve une faible baisse de teneur en carbone bien que la profondeur augmente. Ceci signifie que les veines Alyssa et X sont relativement plus riches en carbone que les veines voisines audessus et audessous.

Les teneurs en hydrogène sont variables dans les veines et sans relation avec la profondeur. On trouve des faibles teneurs en hydrogène dans les veines Frieda 5, Alyssa et X (5,10% dans Alyssa), qui correspondent aussi à leurs faibles indices de MV et de gonflement et aux fortes teneurs en carbone. Dans les autres veines, ces teneurs en hydrogène se situent entre 5,30 et 5,50%. On note que la veine Erna 1 a une teneur en hydrogène plus faible que celle des veines voisines; ceci correspond à une baisse de l'indice de MV et de l'indice de gonflement de cette veine par rapport aux autres.

Les teneurs en oxygène diminuent de la veine Georgette à la veine 4 (de 8,50 à 5,00%). Les veines Frieda 5, Alyssa et X ne sont pas distinguées des autres veines par la teneur en oxygène.

Les pouvoirs réflecteurs de la vitrinite moyen augmentent, en gros, de la veine la plus jeune à la plus ancienne. Mais on trouve des fluctuations de variation dans les différentes veines. On note d'abord que la veine Frieda 5 (ainsi que les veines Frieda 4-3), Alyssa et X ont des PRVm plus élevés que ceux des veines voisines, quelque soit la profondeur. La faible valeur de PRVm de la veine 3 semble être liée à une erreur analytique ou à une cause inconnue.

Ces 3 exemples montrent une bonne coïncidence entre la dégradation de qualité des charbons et la présence des niveaux gréseux ou conglomératiques importants au toit de la veine. L'interprétation de cette coïncidence revient à déterminer la cause de cette dégradation de qualité des charbons.

Dans les veines Louise et Frieda 5 au siège de Reumaux, les analyses macérales ont montré que la dégradation de qualité de ces deux veines est due à une forte teneur en inertinite dans la composition macérale des charbons (voir tabl.11). Dans les autres veines à qualité dégradée, il n'existe malheureusement pas d'analyses macérales, mais les fortes teneurs en carbone, les faibles teneurs en hydrogène, les faibles indices de MV, les propriétés cokéfiantes dégradées suggèrent aussi une teneur importante en inertinite dans la composition macérale des charbons.

Comment expliquer la coïncidence entre le forte teneur en inertinite des charbons et la présence des niveaux détritiques au toit de la veine? Nombreuses études ont montré que la formation des inertinites

est avant ou pendant le dépôt de la veine (Teichmüller 1989). La mise en place des niveaux gréseux sont après (même beaucoup plus après) la déposition de la veine. Le teneur en inertinite dans la composition macérale des charbons ne peut donc pas être modifiée par la mise en place des niveaux détritiques au toit de la veine. Cette présence des niveaux gréseux s'agit seulement d'une érorion probable de la veine, accompagnée aussi probablement d'une oxydation tardive sur le charbon. Cette oxydation est très rapide, ceci est différente à l'alteration météorique du charbon représentée par une augmentation des indices de MV et une diminution des teneurs en carbone.

Puisque la dégradation de qualité des charbons lorrains est due à une richesse en inertinite dans la composition macérale, le milieu de sédimentation dans lequel les inertinites sont formées doit être envisagé pour expliquer cette dégradation de qualité. Les conditions morphodynamiques de la sédimentation sont à l'origine de la séparation de deux types de milieu de sédimentation et de diagenèse: un milieu plus proximal et agité et un milieu plus distal et calme.

Dans un milieu proximal, le milieu de dépôt de la veine est plus agité et oxydé (émersions plus fréquentes) avec une microflore aérobie plus développée. Les particules fines sont vannées et la subsidence est plus lente; les débris végétaux sont moins bien et moins vite protégés de l'oxydation. Dans un tel milieu proximal, les apports détritiques sont importants et l'arrivée brutale des grès ou des conglomérats est tout à fait normal et fréquent. Dans le bassin houiller lorrain, on trouve un développement très important des grès ou des conglomérats dans le flanc SE de l'anticlinal de Simon qui est plus proximal de la bordure du bassin. La dégradation de qualité des charbons se manifeste beaucoup plus souvent dans ce flanc que dans le flanc NW qui est plus distal de la bordure.

Dans un milieu plus distal, le milieu de dépôt de la veine est plus calme et moins oxydé, avec une microflore anaérobie plus développée. Des particules fines plus facilement retenues dans ce milieu à transit moins important et une subsidence plus rapide assurent une meilleure protection de débris végétaux contre oxydation. Les apports détritiques sont faibles dans ce milieu distal et les couches silto-argileuses se déposent plus facilement audessous et audessus de la veine charbonneuse.

Ainsi, la présence des grès ou des conglomérats au toit de la veine ne serait pas la cause de la dégradation de qualité des charbons. La coïncidence entre la dégradation de qualité des charbons et les niveaux gréseux ou conglomératiques au toit de la veine est due simplement à l'abondance des corps détritiques dans les milieux proximaux où les charbons sont souvent oxydés par une fusinisation dans la composition macérale. Le milieu de dépôt plus proximal est donc responsable de la dégradation de qualité des charbons dans les veines associées à des grès ou des conglomérats.

7.- VARIATION DES PARAMETRES DE QUALITE DANS LES CHARBONS LORRAINS

A l'échelle du bassin, ce chapitre a étudié les variations des paramètres de qualité dans un grand nombre de veines. Quelques règles générales de la variation de ces paramètres de qualité en découlent :

Les indices de MV des charbons lorrains sont généralement élevés (>33%). Ils sont assez dispersés dans ces charbons à rang relativement faible. On trouve des indices de MV semblables dans les "Gras" et dans les "Flambants Supérieurs" quelque soit le rang des charbons. Ce paramètre n'est donc pas un bon indicateur pour désigner le rang dans les charbons lorrains. Ces indices de MV dépendent beaucoup plus de la composition macérale que du rang des charbons. C'est la raison pour laquelle une teneur en inertinite relativement importante du charbon peut réduire sensiblement son indice de MV. On peut citer, par exemple, la veine Louise à teneur en inertinite supérieure à 20%, se trouve 1000m plus haut que la veine St Jean dans la superposition stratigraphique, mais elle a des indices de MV plus faibles que ceux de la dernière, malgré une grande différence de rang entre ces deux. Ces indices de MV sont plus importants dans les charbons riches en hydrogène que dans les charbons pauvres en cet élément.

Les pouvoirs calorifiques supérieurs sur pur (PCS/pur) dépendent de la composition élémentaire des charbons, essentiellement des éléments combustibles (carbone et hydrogène) et de l'élément négatif (oxygène). Dans les charbons lorrains, la teneur en hydrogène joue un rôle relatif plus important que celui de la teneur en carbone sur le PCS/pur. On trouve, dans les charbons fusinisés qui sont riches en carbone et pauvres en hydrogène, une réduction de PCS/pur due à une compensation insuffisante par le carbone sur l'hydrogène. Les PCS/pur peuvent aussi être diminués dans les charbons par une forte teneur en oxygène.

Les indices de gonflement augmentent sensiblement avec la profondeur dans les charbons à faible rang (entre Flambants secs et Flambants gras B). A partir des Flambants gras A, ces indices sont peu sensibles à la progression du rang des charbons mais les valeurs sont élevées. La variation des indices Arnu est, au contraire de celle des indices de gonflement, moins sensible dans les charbons moins houillifiés que dans les charbons plus houillifiés. Les indices de gonflement dépendent non seulement du rang des charbons, mais vraisemblablement aussi de l'âge de la veine. On trouve des indices de gonflement assez élevés dans les veines anciennes, même à faible profondeur, où les PCS/pur et les teneurs en carbone sont faibles. Une richesse en inertinite dans la composition macérale des charbons entraîne une dégradation des propriétés cokéfiantes par une diminution des indices de gonflement et Arnu.

Le carbone, qui est l'élément le plus abondant dans les charbons, représente une grande importance dans la détermination de qualité des charbons. La teneur en carbone est un des bons indicateurs du rang dans les charbons lorrains, qui sont moins houillifiés. Il faut toutefois signaler que l'augmentation de la teneur en carbone avec le rang est liée étroitement à l'épuisement de l'oxygène, dont la variation n'est pas linéaire. Dans les charbons riches en inertinite, la teneur en carbone est généralement élevée comparativement à leur rang.

La diminution de la teneur en oxygène en fonction de la profondeur

présente une variation non linéaire. Des inflexions dans la courbe de diminution à certaines profondeurs, correspondent à des rangs donnés. D'une manière générale, cette diminution de l'oxygène est plus rapide dans les charbons moins houillifiés que dans les charbons plus houillifiés et plus rapide dans les charbons riches en inertinite à teneur en oxygène élevée au départ que dans les charbons normaux. On trouve donc une unification de la teneur en oxygène dans tous les types de charbons à partir d'un certain rang (Flambants gras A). On peut citer, par exemple, l'unification de la teneur en oxygène dans les veines Henri et 5b-6 dans le siège de Simon (voir fig.21).

Les teneurs en hydrogène sont entre 4,60 et 5,60% dans les charbons lorrains. Dans une même veine, la teneur en hydrogène est très constante en fonction de la profondeur d'exploitation. Par contre, une richesse en inertinite dans la composition macérale du charbon peut diminuer considérablement la teneur en hydrogène. Dans les charbons lorrains, les veines anciennes sont souvent plus riches en hydrogène que les veines récentes. Il s'agit probablement de l'effet de dilution des teneurs en oxygène, car celles-ci sont relativement importantes dans les charbons moins houillifiés et sensiblement réduites dans les charbons plus houillifiés.

Les teneurs en soufre sont généralement faibles dans les charbons lorrains, surtout dans les veines anciennes (<0,80%). On trouve cependant parfois des teneurs en soufre relativement importantes (>1,00%) dans certaines veines des "Flambants Supérieurs". Les cartes d'isoteneurs en soufre nous montrent que les fortes valeurs de soufre se groupent souvent dans une aire bien définie (près de la faille Wendel, par exemple), liée probablement à un milieu de sédimentation particulier.

Les teneurs en chlore sont souvent élevées (>0,30%) dans les "Flambants Supérieurs" et dans certaines veines des "Flambants Inférieurs". Par contre, dans les "Gras Intermédiaires" et les "Gras", ces teneurs en chlore sont beaucoup plus faibles (0,25% environ). On observe aussi que ces teneurs en chlore augmentent avec la profondeur, ceci est plus marqué dans les veines récentes; c'est la raison pour laquelle le problème du chlore se pose de plus en plus sérieusement depuis ces dernières années, car l'extraction actuelle du charbon s'effectue généralement à grande profondeur.

Les taux de cendres sont moins élevés dans les veines épaisses que dans les veines plus minces. Une dichotomie de veine entraîne aussi une élévation de taux de cendres.

La coïncidence entre la dégradation de qualité des charbons et la présence des niveaux gréseux ou conglomératiques est fréquemment discutée dans ce chapitre. Cette dégradation de qualité est due à une richesse en inertinite dans la composition macérale du charbon liée à un milieu de dépôt plus proximal et agité. On trouve, dans ces veines à qualité des charbons dégradée, de faibles indices de MV, des propriétés cokéfiantes dégradées, des fortes teneurs en carbone et des faibles teneurs en hydrogène. En ce qui concerne les teneurs en oxygène dans ces veines, il semble qu'elles sont très élevées au départ à faible rang, mais qu'elles diminuent rapidement en fonction de la progression du rang des charbons.

Dans les veines récentes, on trouve souvent une différence de rang entre deux veines voisines à profondeur égale. La veine plus ancienne a un rang plus élevé que celui de la veine sus-jacente. Par

contre, cette différence du rang liée à l'ancienneté est moins marquée dans les veines anciennes. On pense que cette différence de rang est de plus en plus effacée au cours de la progression de la houillification des charbons (voir chapitre VII).

Dans les charbons lorrains, les veines anciennes ont aussi des faibles rangs à faible profondeur. Ceci suggère que ces veines, même anciennes, ont acquis un faible rang avant le plissement saalien du bassin. Le rang de ces charbons soulevés a été peu modifié depuis ce plissement.

Dans une même veine, les charbons sont toujours plus houillifiés sur le flanc SE que sur le flanc NW de l'anticlinal de Simon à profondeur égale. Cette différence géographique du rang diminue aussi des veines récentes aux veines anciennes.