

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

Mémoire

Institut national de la recherche scientifique

comme exigence partielle
de la maîtrise ès sciences (eau)

par

Lahcen Ait-Ssi

Ingénieur géologue

ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES PAR SIMULATIONS
DE RÉSEAUX DE FRACTURES DANS UN MILIEU FISSURÉ
- APPLICATION AU SITE DU BARRAGE DANIEL-JOHNSON À MANIC 5 -

Juillet 1986

RÉSUMÉ

Les propriétés hydrauliques d'un milieu fissuré ont été étudiées à partir de l'analyse des essais d'injection d'eau et des simulations de réseaux de fractures du massif rocheux du barrage Daniel-Johnson à Manic-5. Il découle des essais d'injection d'eau que ce massif rocheux est constitué de deux zones de perméabilités distinctes. Dans la zone relativement perméable, on a pu établir que les conductivités hydrauliques du milieu sont distribuées suivant un modèle log-normal.

Lors des simulations, la porosité du massif a été déterminée par l'analyse de sensibilité des paramètres des modèles stochastiques Network et Netflo. Il en résulte que la porosité totale est très sensible: a) aux paramètres du modèle régissant la densité et la longueur de fractures, les conditions aux limites et la perméabilité in situ et, b) aux plans de simulations vertical et horizontal. Le système de fractures se comporte comme un réseau élastique ayant une porosité plus ou moins faible selon qu'il est plus ou moins dilaté. La porosité efficace est d'autant plus élevée que la densité est plus grande. Il semble aussi, par ailleurs, que les vitesses de circulation d'eau dans le domaine simulé suivraient une distribution log-normale.

Enfin, l'étude des propriétés hydrauliques, et, en particulier, de la porosité dans ce genre de problème, s'avère intéressante afin d'établir le comportement hydraulique et physique d'un site et la nécessité (ou non) de consolidation ou d'imperméabilisation d'un domaine par injection de coulis.

ABSTRACT

The hydraulic properties of a fissured medium have been studied from water injection tests analysis and from fracture networks simulations of the Daniel-Johnson dam's bed rock at Manic-5. It appears from the water injection tests, that the bed rock is made of two distinct permeability zones. In the more permeable zone, one can establish that the hydraulic conductivities of the medium are log-normally distributed.

In the simulations phase, the rock mass porosity has been determined from the sensitivity analysis of the parameters of two stochastic models (the Network and the Netflo models). It follows that the total porosity is very sensitive to a) the model's parameters like the density and length of the fractures, the boundaries conditions and the hydraulic conductivity and, b) the vertical and horizontal simulation plans. The fracture's system behaves as an elastic network having low porosity when it's expanded and reciprocally. The effective porosity is as much higher as the density is important. Otherwise, it seems also that the seepage velocity in simulated site is log-normally distributed.

At last, the study of hydraulic properties and in particular of the porosity, in this kind of problem, seems very interesting in order to establish the hydraulic and physical behavior of a site and the necessity (or not) to consolidate or to clog up a domain by grouting injection.

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIÈRES

Résumé	i
Abstract	ii
Remerciements	iii
Table des matières	iv
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	xii
Notation	xiv
Chapitre 1 - Introduction	1
1.1 Problématique	1
1.2 Objectifs	2
1.3 Choix du site d'étude	3
1.4 Les méthodes utilisées	4
1.4.1 Analyse de la fracturation	4
1.4.2 Analyse des essais d'eau	5
1.4.3 Simulations	5
1.5 Bref aperçu des conclusions	5
1.6 Travaux antérieurs	6
1.6.1 Hydrologie des milieux fissurés	6
1.6.2 Théories des essais d'eau	8
Chapitre 2 - Description du site d'étude	13
2.1 Cadre géographique	13
2.2 Cadre géologique	13
2.2.1 Formation du roc	13
2.2.2 Dépôts meubles	15
2.3 Cadre structural	15
Chapitre 3 - Traitement statistique des données	17
3.1 Travaux antérieurs effectués dans le site	17
3.2 Caractérisation des systèmes de fractures	17
3.2.1 Analyse des orientations de fractures	18
3.2.1.1 Trous de forages	18
3.2.1.2 Escarpements de surface	20
3.2.1.3 Biais d'orientation et de visée	20
3.2.1.4 Traitement statistique	21
3.2.1.5 Conclusion	28

3.2.2	Analyse statistique des longueurs	28
3.2.2.1	Erreur de manipulation	30
3.2.2.2	Biais de longueur	30
3.2.3	Analyse et interprétation des essais d'injection	34
3.2.3.1	Méthode directe d'analyse des ouvertures de fractures	36
3.2.3.2	Optique et modes opératoires des tests d'injection	36
3.2.3.3	Procédure de calculs et résultats des essais d'eau	38
3.2.3.4	Interprétation des résultats des tests d'eau	45
3.2.3.5	Conclusion	48
3.2.4	Analyse des densités	48
Chapitre 4 - Simulation des propriétés hydrauliques souterraines .		59
4.1	Choix de modèles mathématiques de simulation	59
4.2	Description des modèles (NETWORK et NETFLO)	60
4.2.1	Fonctions de Network	60
4.2.2	Fonctions de Netflo	61
4.2.3	Approximations des modèles	61
4.3	Préparation des données d'entrée	62
4.3.1	Données d'orientations des séries de fractures	62
4.3.2	Densités des séries de fractures	64
4.3.3	Conditions aux limites	70
4.3.3.1	Dans le plan vertical	70
4.3.3.2	Dans le plan horizontal	73
4.4	Simulations numériques	75
4.4.1	Simulation dans un plan vertical	75
4.4.1.1	Influence sur la porosité totale de la perméabilité équivalente des essais d'eau	76
4.4.1.2	Sensibilité des longueurs	83
4.4.1.3	Sensibilité des densités	90
4.4.1.4	Influence des variations de longueurs et de densités des séries de fractures sur le rapport porosité efficace et porosité totale ...	91
4.4.2	Simulation dans un plan horizontal	97
4.4.3	Influence des conditions aux limites sur la porosité totale	97
4.4.4	Distribution des vitesses d'écoulement	101
4.4.5	Discussion des résultats	105

Chapitre 5 - Conclusions et recommandations	113
Bibliographie	117

ANNEXES

Annexe A: Analyse de quelques travaux antérieurs	A.1
A.1 Techniques de modélisation	A.1
A.1.1 Études sur le terrain	A.1
A.1.2 Etudes en laboratoire	A.1
A.1.3 Etudes théoriques	A.2
A.2 Types de modèles d'eau souterraine	A.3
A.3 Écoulement dans un réseau de fractures	A.4
A.3.1 Équations de perméabilité et d'écoulement	A.4
A.4 Théories des essais d'injection d'eau	A.10
A.4.1 Perméabilité des fissures	A.10
A.4.2 Méthode indirecte de calcul des ouvertures de fractures	A.15
A.4.3 Distribution des ouvertures de fractures	A.16
Annexe B: Entrée/sortie des modèles NETWORK et NETFLO	B.1
B.1 Données d'entrée	B.1
B.2 Fichiers de sortie	B.1
B.3 Formats des données d'entrée	B.4
Annexe C: Résultats de l'analyse des essais d'eau	C.1
Annexe D: Quelques programmes utilisés	D.1
D.1 Estimation des paramètres d'une distribution log-normale ayant quelques données de valeurs tronquées	D.1
D.1.1 Programme d'estimation des paramètres d'une distribution log-normale de données tronquées	D.8
D.2 Ajustement d'une loi log-normale aux données d'ouvertures de géocaméra	D.12
D.2.1 Programme d'ajustement d'une loi log-normale	D.15
Annexe E: Effets des conditions de charges aux limites sur la porosité totale du milieu	E.1

Annexe F: Sommaire des résultats des simulations	F.1
Annexe G: Graphiques des simulations (R059 à R068): Effets d'une variation de 22 % des longueurs des fractures sur la porosité totale	G.1
Annexe H: Cartes d'études	H.1
H.1 Carte du site du barrage Daniel-Johnson à Manic-5	H.2
H.2 Cartes des relevés de fractures des escarpements de surface .	H.4

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1 :	Carte de localisation du site du barrage Daniel-Johnson à l'échelle de la province de Québec	14
Figure 3.1 :	Diffuso-gramme "scatter-gramm" des orientations de fractures étudiées	24
Figure 3.2 :	Projection de Lambert pondérée des pôles de fractures de surface (hémisphère inférieur équi-aire) ..	25
Figure 3.3 :	Projection de Lambert pondérée de pôles de fractures de quelques forages à Manic 5-P.A. (hémisphère inférieur équi-aire)	26
Figure 3.4 :	Projection de Lambert pondérée des pôles de fractures de Manic 5-P.A. (hémisphère inférieur équi-aire)	27
Figure 3.5 :	Histogramme des longueurs des séries de fractures étudiées	32
Figure 3.6 :	Histogramme de la distribution du logarithme naturel des perméabilités <u>in situ</u> de la zone 1 du Manic 5-P.A.	47
Figure 3.7 :	Bloc diagramme illustrant la densité volumique des plans de joints parallèles	49
Figure 4.1 :	Illustration de la variation des orientations des séries de fractures sur l'hémisphère inférieur d'une projection stéréographique	65
Figure 4.2 :	Orientation des séries de fractures dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe du canal d'amenée .	66
Figure 4.3 :	Orientation des séries de fractures dans un plan horizontal	67
Figure 4.4 :	Plan rectangulaire général allant du canal d'amenée au réservoir Manic 5-P.A.	72
Figure 4.5 :	Conditions aux limites dans: (a) plan vertical; (b) plan horizontal	74
Figure 4.6 :	Schéma général de la méthodologie suivie: plan des simulations	77

Figure 4.7 :	Relation perméabilité / porosité totale du milieu: ajustement par rapport à la moyenne d'une distribution log-normale des perméabilités <u>in situ</u> [k_{LN}] _{obs}]	80
Figure 4.8 :	Relation perméabilité / ouverture des séries de fractures: ajustement par rapport à la moyenne d'une ouverture log-normale des perméabilités <u>in situ</u> [k_{LN}] _{obs}]	81
Figure 4.9 :	Relation perméabilité / porosité totale du milieu: ajustement par rapport au logarithme naturel de la moyenne des perméabilités <u>in situ</u> [k_{obs}]	82
Figure 4.10:	Relation perméabilité / ouverture des séries de fractures: ajustement par rapport au logarithme naturel de la moyenne des perméabilités <u>in situ</u> [k_{obs}]	84
Figure 4.11:	Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère augmentation des longueurs ($ALE + E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	87
Figure 4.12:	Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère diminution des longueurs ($ALE - E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	88
Figure 4.13:	Influence de la variation des longueurs des séries de fractures sur la porosité totale du milieu (superposition des figures 4.9, 4.11 et 4.12)	89
Figure 4.14:	Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère augmentation des densités ($\delta s + E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	94
Figure 4.15:	Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère diminution des densités ($\delta s - E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	95
Figure 4.16:	Influence de la variation des densités des séries de fractures sur la porosité totale du milieu (superposition des figures 4.9, 4.14 et 4.15)	96
Figure 4.17:	Relation entre les rapports porosité efficace / porosité totale et la variation des longueurs (a) et des densités (b) des séries de fractures	98
Figure 4.18:	Relation perméabilité / porosité totale dans le plan horizontal	99

Figure 4.19 : Relation perméabilité / ouverture des séries de fractures dans le plan horizontal	100
Figure 4.20 : Influence de la variation des longueurs des séries de fractures et du biais des conditions aux limites sur la porosité totale du milieu (superposition des figures E.1, E.3 et E.4)	102
Figure 4.21 : Influence de la variation des longueurs des séries de fractures et du biais des conditions aux limites sur la porosité totale du milieu (superposition des figures E.1, E.5 et E.6)	103
Figure 4.22 : Distribution des vitesses des éléments interceptant le mur du canal d'amenée dans: (a) plan vertical et (b) plan horizontal	106
Figure 4.23a: Exemple du réseau de fractures simulées dans le plan vertical	108
Figure 4.23b: Exemple du réseau de fractures simulées dans le plan horizontal	109
Figure 4.24 : Effets de l'incertitude des différents paramètres d'entrée sur la porosité totale	110a
Figure A.1 : Esquisse de la méthode de calcul des espacements entre fractures parallèles (d'après Snow, 1965)	A.5
Figure A.2 : Schéma du dispositif des tests d'injection d'eau dans un trou de forage	A.11
Figure B.1 : Plans et limites des modèles conçus pour les programmes NETWORK et NETFLO: (a) plan rectangulaire; (b) plan circulaire	B.2
Figure C.1 : Illustration des variations de fréquences (FR), de perméabilité (K_e , K_f) et d'ouvertures calculées ($2b_{cal}$) en fonction de la profondeur des forages 01-84 à 06-84	C.13
Figure C.2 : Illustration des variations de fréquences (FR), de perméabilités (K_e , K_f) et d'ouvertures calculées ($2b_{cal}$) en fonction de la profondeur des forages 5001-74 à 5011-74	C.18
Figure E.1 : Relation perméabilité / porosité totale: effet du biais des conditions aux limites sur l'estimation de la porosité totale du milieu	E.2
Figure E.2 : Relation perméabilité / ouverture: effet du biais des conditions aux limites sur l'estimation de l'ouverture des séries de fractures	E.3

Figure E.3 :	Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets du biais des conditions aux limites et d'une légère augmentation des longueurs ($ALE + E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	E.4
Figure E.4 :	Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets du biais des conditions aux limites et d'une légère diminution des longueurs ($ALE - E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	E.5
Figure E.5 :	Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets du biais des conditions aux limites et d'une légère diminution des longueurs ($\delta s + E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	E.6
Figure E.6 :	Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets du biais des conditions aux limites et d'une légère diminution des longueurs ($\delta s - E_{std}$) sur la porosité totale du milieu	E.7
Figure G.1 :	Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets d'une augmentation des longueurs des fractures de 22 % sur la porosité totale du milieu	G.2
Figure G.2 :	Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effet d'une diminution des longueurs des fractures de 22 % sur la porosité totale du milieu .	G.3
Figure G.3 :	Influence de la variation de 22 % des longueurs des fractures sur la porosité totale du milieu (superposition des figures 4.9, G.1 et G.2)	G.4

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1 :	Caractéristiques physique des forages étudiés	19
Tableau 3.2 :	Types de données d'orientations de fractures décrites dans les rapports d'investigation d'Hydro-Québec (d'après Nguyen <u>et al.</u> , 1984)	22
Tableau 3.3 :	Principales familles de fractures du Manic 5 obtenues par comparaison des données de fractures de surface et de forages	29
Tableau 3.4 :	Statistiques des longueurs de fractures dans chaque famille	35
Tableau 3.5 :	Estimation des paramètres statistiques d'une distribution log-normale ajustée aux logarithmes naturels des ouvertures de fissures obtenues par relevés de géocaméra	37
Tableau 3.6 :	Exemples de données des essais d'injection d'eau considérées par Hydro-Québec	39
Tableau 3.7 :	Transformations des unités considérées dans les calculs	40
Tableau 3.8 :	Paramètres des statistiques de perméabilités et des ouvertures des fractures (résultats des essais d'eau)	43
Tableau 3.9 :	Types de calculs utilisés dans l'analyse des perméabilités des essais d'eau	44
Tableau 3.10:	Fréquences moyennes des fractures de chaque série dans les zones 1 et 2 du Manic 5-P.A.	52
Tableau 3.11:	Statistiques des densités volumiques des zones 1 et 2 du Manic 5-P.A.	57
Tableau 4.1 :	Estimation des paramètres d'une distribution pseudo-normale des orientations de chaque famille de fractures	63
Tableau 4.2 :	Estimation des paramètres de la distribution des orientations dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe du canal d'amenée orienté de 65° vers l'est	68

Tableau 4.3 :	Estimation des paramètres de la distribution des orientations dans un plan horizontal ayant l'axe Y parallèle à l'axe du canal d'amenée orienté de 65° vers l'est	69
Tableau 4.4 :	Statistiques des densités des séries de fractures dans les plans vertical et horizontal par rapport à l'axe du canal d'amenée	71
Tableau 4.5 :	Débits d'écoulement à différentes limites des cinq premières simulations préliminaires	74a
Tableau 4.6 :	Comparaison des statistiques des réalisations R001 à R008 et R01A à R08A	86
Tableau 4.7a:	Statistiques générales des effets de variation des longueurs des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu	93
Tableau 4.7b:	Statistiques générales des effets de variation des densités des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu	94
Tableau 4.8 :	Valeurs probables de porosités totales moyennes dans chacun des cas considérés sous l'influence ou non du biais des conditions aux limites	105
Tableau B.1 :	Fichiers de sortie des programmes NETWORK et NETFLO (d'après Rouleau, 1985)	B.3
Tableau B.2 :	Exemple de données d'entrée des programmes NETWORK et NETFLO (plan vertical : réalisation R008)	B.5
Tableau C.1 :	Calculs des perméabilités et des ouvertures de fractures dans chaque intervalle du test des forages 01-84 à 06-84	C.2
Tableau C.2 :	Calculs des perméabilités et des ouvertures de fractures dans chaque intervalle du test des forages 5001-74 à 5011-74	C.7
Tableau E.1 :	Statistiques générales des effets des conditions aux limites et de variation des longueurs des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu	E.9
Tableau E.2 :	Statistiques générales des effets des conditions aux limites et de variation des densités des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu	E.10
Tableau F.1 :	Différents types de variations des données d'entrée (simulations R01A à R068)	F.3

NOTATION

AAP	: Ouverture moyenne d'une série de fractures (LOG), [L]
AAP	: Ouverture moyenne simulée des séries de fractures (LOG), [L]
b	: Ouverture d'une fracture [L]
2b _i	: Ouverture de la fracture i, [L]
d _i	: Cosinus directeur de la ligne d'échantillonnage
d'	: Distance entre deux fractures consécutives le long d'un forage, [L]
e	: Épaisseur du bloc rocheux, [L]
E _v	: Erreur standard sur la densité volumique de fractures, [L]
E _{STD}	: Erreur standard sur un paramètre quelconque
E _{STD} (γ)	: Erreur standard sur la densité dans un plan de simulation, [L ⁻¹]
F _{ou} S _v	: Fréquence ou densité volumique de fractures le long d'un forage, [L ⁻¹]
g	: Accélération de pesanteur, [LT ⁻²]
h	: Hauteur du canal d'amenée considérée dans la plan de simulation, [L]
H _I	: Charge hydraulique au niveau du rayon d'influence, [L]
H _W	: Charge hydraulique dans un forage, [L]
I ou $\frac{\partial H}{\partial L}$: Gradient du potentiel efficace, [L•L ⁻¹]
NAAP	: Nombre d'ouvertures moyennes différentes considérées
NAP	: Nombre d'échantillonnages différents considérés
k _e	: Perméabilité d'un milieu poreux en régime permanent, [LT ⁻¹]
k _{ij}	: Tenseur de perméabilité équivalente, [LT ⁻¹]
k _{ij}	: Conductivité hydraulique moyenne du milieu poreux équivalent, [LT ⁻¹]
k _s	: Conductivité hydraulique calculée à partir du débit simulé, [LT ⁻¹]
l	: Longueur de la ligne d'échantillonnage entre deux fractions consécutives, [L]
l'	: Distance réelle entre deux fractures consécutives, [L]
L _e	: Longueur totale d'une ligne d'échantillonnage, [L]
L	: Longueur de la chambre de test d'injection, [L]
L _i '	: Longueur fictive du trou de forage i, [L]
L _{Ri}	: Longueur réelle du trou de forage i, [L]
m	: Moyenne d'une distribution normale
M	: Nombre de trous de forages
n _i	: Cosinus directeur du plan normal à une fracture
n _i ou n _j	: Nombre de fractures dans une chambre du test d'injection
N	: Fréquence totale de densités de fracture dans un ensemble de forages
N	: Nombre de stations d'échantillonnage
N _i	: Nombre de fractures recoupant un forage i
q	: Volume d'écoulement par unité de largeur à travers une fracture,
q	: Décharge spécifique le long d'une fracture, [LT ⁻¹]

- Q_t : Débit total d'écoulement le long d'une fracture, $[L^3T^{-1}]$
 Q_s : Débit de drainage du réservoir simulé par le programme NETFLO, $[L^3T^{-1}]$
 r_I : Rayon d'influence, $[L]$
 r_W : Rayon du puits ou du forage
 \vec{V} : Vecteur vitesse, $[LT^{-1}]$
 $v_i \times v_j$: Matrice (3 x 3) formée par les cosinus directeurs de la normale au conduit
 V_T : Volume du bloc de roche à simuler, $[L^3]$
 W : Espacement entre deux fractures consécutives, $[L]$
 ρ : Densité volumique de l'eau, $[ML^{-3}]$
 λ : Nombre moyen de fractures par longueur de l'intervalle du test
 γ : Pendage du plan moyen de chaque série de fractures (dans un plan horizontal) ou angle entre l'axe du canal d'amenée et le pôle moyen de chaque série (dans un plan vertical), $[L]$
 ν : Viscosité cinématique
 Φ : Angle entre l'axe d'un forage et le pôle moyen d'une série de fractures, $[L]$
 δ_{ij} : Delta de Kronecker
 $\delta_s(\gamma)$: Densité superficielle de fractures dans un plan de simulation, $[L^{-1}]$
 θ_s : Porosité totale du milieu $[L^3 L^{-3}]$
 θ_s : Porosité totale moyenne du milieu, $[L^3L^{-3}]$
 θ_{te} : Meilleure valeur estimée de la porosité totale du milieu, $[L^3L^{-3}]$
 μ : Viscosité dynamique, $[ML^{-1}T^{-1}]$
 μ_{ke} : Conductivité hydraulique moyenne équivalente des intervalles de test, $[LT^{-1}]$
 μ_{ki} : Conductivité hydraulique moyenne des fractures individuelles, $[LT^{-1}]$
 μ_{LN} : Moyenne d'une distribution log-normale
 μ : Moyenne originale d'une population dont l'échantillon est distribué log normalement
 μ_v : Moyenne de la densité volumique réelle d'une série de fracture, $[L^{-1}]$
 σ_{ke} : Écart type de la conductivité hydraulique de tous les intervalles du test, $[LT^{-1}]$
 σ_{ki} : Écart type de la conductivité hydraulique des fractures individuelles d'un milieu poreux équivalent, $[LT^{-1}]$
 σ_{LN} : Écart type d'une distribution log normale
 σ_v : Écart type de la densité volumique réelle d'une série de joints, $[L^{-1}]$
 σ : Écart type d'une population originale dont l'échantillon est distribué log normalement
 ζ_i : Nombre de fractures d'une série recoupant le forage i

CHAPITRE 1: INTRODUCTION

1.1 Problématique

L'écoulement souterrain des fluides à travers des masses rocheuses fissurées joue un rôle fondamental dans la plupart des problèmes de génie (géologie et géotechnique). En effet, le design de stabilisation des berges, des fondations de barrages, de bâtiments ainsi que le drainage des mines et des tunnels, le développement et l'exploration des ressources souterraines (eau, pétrole, gaz et ressources géothermales) doivent rigoureusement tenir compte des propriétés physiques et hydrauliques des masses rocheuses.

L'un des premiers problèmes qui préoccupe les spécialistes en hydrogéologie des milieux fissurés est la recherche des sites favorables à l'exploitation optimale des ressources en eau souterraine ou du pétrole. Il a été démontré que la présence des fractures dans les roches consolidées et non consolidées influe considérablement sur les rendements des puits qui s'y trouvent (Lattman et Parizek, 1964; Summers, 1972; Caswell, 1979).

Actuellement, le problème considéré, surtout dans les pays industrialisés, concerne l'élimination des déchets toxiques ou radioactifs. Le largage de ces produits dans les cours d'eau ou dans la mer entraîne des conséquences désastreuses sur la flore et la faune. Plusieurs études touchant ces questions, en regard spécialement des propriétés physiques et hydrauliques

des formations imperméables¹ ont visé à savoir si ces formations contaminent, à moyen ou à long terme, le milieu avoisinant.

La présente étude s'intéresse à un autre problème: celui du drainage et de l'infiltration d'eau (fuite d'eau) sous les ouvrages hydrauliques tels que barrages. Cette question, qui s'avère d'un intérêt particulier d'ailleurs pour la plupart des ouvrages d'ingénierie, comme nous l'avons mentionné ci-dessus, revêt une importance spéciale pour éviter certains risques ou dangers.

1.2 Objectifs

Les études hydrologiques des milieux fissurés (Castillo et al., 1972; Sharp et Maini, 1972; Krisek et al., 1973; Gale, 1984; de Marsily, 1985; Wilke et al., 1985) rapportent que les propriétés hydrauliques de ces milieux (perméabilité, vitesse, percolation, etc.) sont essentiellement fonction de la géométrie des éléments structuraux², de l'échelle d'étude et de

¹ Ces formations sont souvent fissurées (présence de diaclases, failles, etc.)

² Géologiquement, les éléments structuraux apparaissent comme étant les suivants: failles, diaclases ou joints, fractures, plis, foliations, cisaillements, etc. Dans cette étude, ces éléments sont tous recouverts par les termes: fractures, fissures ou joints. La géométrie de ces éléments comprend: orientations, longueurs, ouvertures, espacements, connections, etc.

type de roches place. En tenant compte de ces informations¹ dans le problème qui nous concerne, l'objectif du présent travail consiste à : 1) évaluer le rôle de la géométrie des fractures sur le comportement hydraulique d'un massif rocheux fissuré et 2) déterminer la porosité totale de ce massif dans le but de pouvoir estimer, par exemple, le volume de coulis "grouting" nécessaire à l'injection pour imperméabiliser un site et empêcher les fuites d'eau.

1.3 Choix du site d'étude

Suivant les objectifs fixés plus haut, deux sortes d'informations sont nécessaires au choix d'un site d'étude:

1. informations sur la disponibilité des données de fracturation dont l'utilité consiste dans la détermination des propriétés physiques d'un milieu;
2. informations sur la disponibilité des données des essais d'eau permettant la détermination des propriétés hydrauliques d'un milieu.

Ces données nous sont parvenues après une sélection de plusieurs projets et rapports d'investigation consultés lors d'une visite au centre de documentation d'Hydro-Québec à Montréal. En effet, le site qui répond le plus à nos exigences est la partie du massif rocheux située en amont et vers le

¹ Pour plus de détails, voir les travaux antérieurs et annexe A.

nord-ouest du barrage Daniel-Johnson à Manicouagan. Les travaux géologiques et géotechniques entrepris dans ce site ont été effectués entre les années 1958 et 1984. L'examen de ces rapports nous indique, à première vue, que le site de Manic-5 renferme beaucoup d'éléments structuraux. La mise en évidence de ces structures est faite par cartographie de surface, en particulier sur des parois d'excavations, et, surtout, par l'analyse des forages à l'aide de la géocaméra.

1.4 Les méthodes utilisées

1.4.1 ANALYSE DE LA FRACTURATION

La majeure partie des données de fracturation provient des forages à partir des relevés de géocaméra.

Les données d'orientations de fractures ont été traitées, d'une part, à l'aide des duffiso-grammes "scatter-gramm" du programme BMDP (option 6D) et, d'autre part, au moyen des projections de Lambert pondérées établies par le programme de géocaméra d'Hydro-Québec. Les longueurs de fractures sont mesurées au moyen d'un curvimètre sur des cartes des escarpements de surface, cartographiées par Comtois (1974), à proximité du barrage Daniel-Johnson. Quant aux ouvertures de fractures, deux méthodes ont été utilisées: une méthode directe à partir des mesures prises par la géocaméra et une méthode indirecte à partir des résultats des essais d'injection d'eau.

1.4.2 ANALYSE DES ESSAIS D'EAU

Les essais d'injection d'eau ont été effectués sur une dizaine de forages entre deux obturateurs gonflables "packers" (fig. A.2, annexe A). En fonction de la profondeur de ces derniers, du temps et des pressions d'injection d'eau, ces essais permettent de fournir: 1) les débits d'écoulement depuis la section des essais vers le rocher et 2) la charge hydraulique à ce niveau.

1.4.3 SIMULATIONS

Les simulations ont fait l'objet d'une portion de 10 m x 10 m du massif rocheux de la zone 1 de la région étudiée à Manic 5 (annexe H, carte H.1). Cette portion est prise dans le côté est du canal d'amenée et les simulations sont réalisées à l'aide de deux programmes: NETWORK et NETFLO. Pendant cette phase d'étude, notre travail consiste à: 1) déterminer la porosité totale du milieu simulé et 2) étudier la sensibilité de cette porosité par rapport aux paramètres des modèles, tels: densités, longueurs de fractures, etc.

1.5 Bref aperçu des conclusions

- La région étudiée à Manic 5 est composée de quatre familles de fractures: deux familles de fractures subverticales, une subhorizontale et l'autre intermédiaire (inclinée de 40° vers le sud-ouest).

- L'étude des perméabilités d'un milieu poreux équivalent montre que le domaine d'étude peut être subdivisé en deux zones: une zone relativement perméable vers le nord-est et l'autre relativement imperméable vers le sud-ouest.
- L'étude de sensibilité des paramètres des modèles mathématiques indique que la porosité du milieu simulé est sensible à la variation de la plupart des paramètres de ces modèles.

1.6 Travaux antérieurs

1.6.1 HYDROLOGIE DES MILIEUX FISSURÉS

Plusieurs études antérieures (Hwitt, 1955; Snow, 1968; Sharp et Maini, 1972; Gale, 1977 et 1982a; Long et al., 1982; Rouleau et Gale, 1984; etc.) mentionnent un grand nombre de paramètres pour caractériser la géométrie de fractures et le comportement de l'écoulement dans les milieux fissurés. D'après Parsons (1972) et Wilson et al. (1983), l'étude de ces paramètres peut être basée sur deux approches: l'approche continue et l'approche discontinue. Dans l'approche continue (Snow, 1985; Parsons, 1972), le milieu fissuré est traité comme un milieu poreux équivalent. Il est caractérisé statistiquement par des propriétés hydrogéologiques moyennes qui sont utilisées pour décrire, à la fois, les processus de l'écoulement des fluides et les caractéristiques du milieu. Dans l'approche discontinue (Long et al., 1982; Schwartz et al., 1983; Rouleau, 1984), l'écoulement des fluides s'effectue dans un réseau de fractures discontinues de longueurs variables.

Le choix d'une approche doit être effectué sous plusieurs considérations dont deux d'entre elles sont importantes, savoir: l'échelle du problème et la disponibilité et la fiabilité des données expérimentales du terrain (Parsons, 1972). Dans leurs concepts théoriques de base, ces deux approches peuvent invoquer diverses approximations. L'une de ces approximations, qui est habituellement la plus utilisée, est l'analogie entre l'écoulement des fissures et l'écoulement entre deux plans parallèles lisses ou rugueux (Baker, 1955; Huitt, 1965; Snow, 1965; Bianchi et Snow, 1968; Louis, 1969; Bear, 1972 et d'autres). Ces auteurs comptent parmi ceux qui ont dérivé les équations de base décrivant un écoulement le long d'une fracture ou d'un conduit simple. Pour un fluide newtonien visqueux, incompressible, de phase simple et en régime laminaire, le volume d'écoulement par unité de largeur à travers une fissure à surfaces parallèles est donné par l'équation:

$$q = \frac{(2b)^3}{12\mu} \rho g I \quad (1.1)$$

où:

2b: ouverture de fracture, [L];

ρ : densité volumique de l'eau, [ML⁻³];

μ : viscosité dynamique, [ML⁻¹T⁻¹];

g : constante de gravité, [LT⁻²];

I : gradient de charge hydraulique, [LT⁻¹].

Cette équation est généralement connue sous le nom de la loi cubique. Elle est largement utilisée par plusieurs chercheurs dont Iwai (1976), Gale (1977), Gale et Witherspoon (1979), Neuzil (1981), Gale (1982, 1982a), Long et al. (1982), Witherspoon et al. (1983), Schwartz et al. (1983), Gale (1984) et Rouleau (1984) ainsi que d'autres, qui ont développé un énorme champ d'application de cette loi. Se basant sur la fameuse loi de Darcy ($Q = KAI$), l'expression de la perméabilité d'une fissure est dérivée de (1.1), soit:

$$K_f = \frac{\rho g (2b)^2}{12 \mu} \quad (1.2)$$

1.6.2 THÉORIES DES ESSAIS D'EAU

Les théories des essais d'injection d'eau sont développées sur le terrain par plusieurs chercheurs (Snow, 1970; Maini, 1970; Gale et al., 1979; Gale et Witherspoon, 1979; Francis, 1981; Gale 1980 et 1982a). Les techniques utilisées consistent à isoler des sections de forages entre deux obturations gonflables, d'écartement constant (Zeigler, 1976; Francis, 1981; etc.) ou variables (Zeigler, 1976) sous l'effet des pressions d'injections constantes. L'étude conceptuelle de ces essais d'injection d'eau nécessite certaines approximations dont les principales sont énumérées dans les travaux de Francis (1981) et Wilson et Witherspoon (1970). Nous nous contentons de retenir les suivantes:

1. écoulement radial et laminaire;
2. fractures continues avec des ouvertures constantes;
3. fractures horizontales et recoupées par des trous de forages verticaux;
4. pertes de charge négligeables, résultant du fléchissement et contractions des lignes d'écoulement à l'entrée des fractures dans la section d'essais; d'après Francis (1981), la signification de cet effet dans les tests d'injection n'a pas été évaluée expérimentalement;
5. validité de la loi de Darcy.

Une autre approximation liée à l'homogénéité, à l'isotropie et à la saturation de la zone du test a été soulevée par Zeigler (1976).

Sous considération des approximations précédentes, la relation linéaire entre l'écoulement et la différence de charge hydraulique est dérivée de la loi de Darcy (Gale, 1980 et 1982; Francis, 1981; etc.), soit:

$$Q_t = \frac{2 L \pi K_e (H_W - H_I)}{\ln (r_I / r_W)} \quad (1.3)$$

où

- L : longueur de l'intervalle du test [L];
K_e : perméabilité du milieu poreux équivalent [L/T];
Q_t : débit d'écoulement [L³/T];
r_W : rayon du puits [L];

r_I : rayon d'influence, [L];

$H_W - H_I$: différence des charges hydrauliques, [L].

La perméabilité d'une fracture individuelle K_f , dans un intervalle d'essais d'eau contenant n fractures de mêmes ouvertures (2b), est:

$$K_f = \frac{L}{n (2b)} K_e \quad (1.4)$$

$$(2b) = \left(\frac{6\mu Q_t \ln(r_I / r_W)}{n\pi\rho g (H_W - H_I)} \right)^{1/3} \quad (1.5)$$

Selon Snow (1970), les valeurs probables des perméabilités et d'ouvertures de fractures individuelles ne peuvent pas être déterminées directement quand plusieurs fractures existent dans un intervalle d'essais d'eau, sauf si la distribution de leurs ouvertures est a priori bien connue. Quant à Maini (1971), il a utilisé uniquement une valeur moyenne des ouvertures en les considérant toutes de mêmes dimensions.

Plusieurs études rapportent que les ouvertures de fractures sur le terrain (forages et affleurements de surface) suivent une distribution log-normale (Bianchi et Snow, 1968; Snow 1970; Parsons, 1972; Francis, 1981; Long et al., 1982; Schwartz et al., 1983; Rouleau et Gale, 1984). Dans une étude des données des essais hydrologiques au niveau d'un ensemble de sites de barrages et tunnels, Snow (1968a) indique que la diminution de la perméabilité en profondeur est plus affectée par la diminution des ouvertures de

fractures que par la diminution de leurs interconnections. Il ajoute également que le volume de roche à imprégner par du coulis "grouted rock" peut être obtenu en divisant le volume de coulis par la porosité des fissures. Cependant, cette approximation nécessite de tenir compte de la nature du coulis, car, par exemple, un coulis de particules ou de viscosité élevées n'a pas le même effet sur la porosité qu'un coulis chimique.

Enfin, quelques informations détaillées relatives à l'exposé ci-dessus sont fournies dans l'annexe A ou à l'intérieur du texte principal.

CHAPITRE 2: DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

2.1 Cadre géographique

A l'échelle de la province de Québec, le barrage Daniel-Johnson occupe une place importante sur le plan de la réserve en eau et de la production d'énergie électrique (1 292 000 Kw). Le réservoir qui s'étend derrière le barrage présente une superficie de 2 000 km² et contient un volume d'eau de 2 225 000 m³. Il est situé sur la rivière Manicouagan, à environ 210 km au nord de la ville de Baie-Comeau et à environ 600 km de Montréal (figure 2.1). La superficie du site étudié dans la région Manic 5, comprenant environ 3 000 m², se situe dans le voisinage du réservoir et à quelque 200 ou 300 m au nord-ouest des évacuateurs du barrage (annexe H, carte H.1).

2.2 Cadre géologique

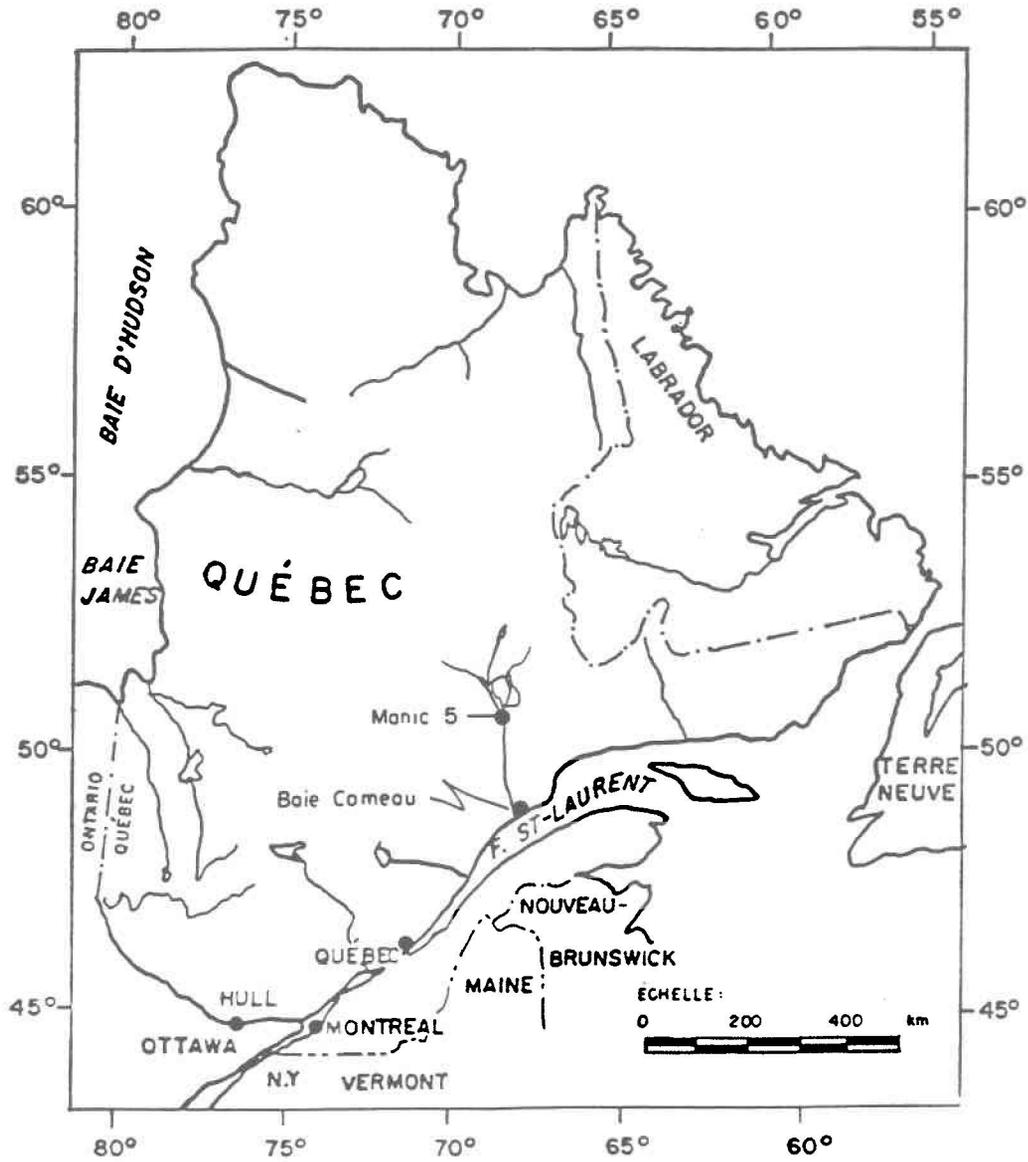
Deux formations rocheuses distinctes forment la géologie de la région de Manic-5 P.A.: la formation du roc et les dépôts meubles.

2.2.1 FORMATION DU ROC

Le roc affleure en grande partie sur la rive droite du réservoir de Manic-5 comprise entre le bouchon du canal d'amenée et le barrage Daniel-Johnson et sur le promontoire orienté ENE-OSO. À ces endroits, la couverture de matériaux meubles est généralement faible (environ quelques mètres ou moins). La plupart des informations sur la nature et la disposition du

Figure 2.1

Carte de localisation du site du barrage Daniel-Johnson à l'échelle de la province de Québec



roc proviennent essentiellement des forages; ainsi, il apparaît que le roc s'enfonce plus ou moins vers le sud-ouest et le nord-ouest. Pétrographiquement, le roc est un gneiss blanchâtre ou gris plus ou moins foncé d'âge archéen et appartenant à la province géologique de Grenville (bouclier canadien) (Beaupré et al., 1984; Nguyen et al., 1984).

C'est une alternance centimétrique à métrique de gneiss granitique et de gneiss mafique (gneiss à biotite et/ou hornblende) (Vieira, 1978; Beaupré et al., 1984; Nguyen et al., 1984); le tout est recoupé de nombreux filons de pegmatites et quelques enclaves de granite d'anatexie.

2.2.2 DÉPÔTS MEUBLES

Ce sont des sédiments d'origine glaciaire et fluvioglaciaire (till) ou constitués de sable et de gravier fin ou grossier avec des assises d'argiles et de silts (Vieira, 1978 et 1979; Beaupré Nguyen, 1984; Nguyen et al., 1984). Certaines parties de ces dépôts sont oxydées, compactes, et vont du gris au brun; leurs épaisseurs augmentent vers le sud-ouest et le nord-ouest de l'axe du canal d'amenée et au niveau de la vallée NO-SE, passant immédiatement en aval de la prise d'eau; ailleurs, sur le promontoire orienté NE-SO, ces épaisseurs sont faibles et souvent submétriques.

2.3 Cadre structural

Les éléments structuraux sont fort prononcés dans cette région. En effet, plusieurs zones fracturées, altérées, comportant des joints ouverts

et/ou oxydés, ont été signalées. Le fait qu'il y avait des pertes de charges et des retours d'eau à plusieurs endroits montre que le caractère de communication et d'interconnection est relativement important entre la plupart des forages. Afin d'éviter des problèmes majeurs pouvant découler de ces phénomènes, des mesures de stabilisation par soutènement et consolidation ont été entreprises. Ces travaux ont été poursuivis durant les années 1976 à 1984, à la suite d'études d'investigation visant à préciser les caractéristiques pétrographiques (texture et structure) des roches et les conditions hydrogéologiques du massif.

CHAPITRE 3: TRAITEMENT STATISTIQUES DES DONNÉES

3.1 Travaux antérieurs effectués dans le site

Depuis 1958, plusieurs dizaines de forages à percussion ou à rotation (diamant) ainsi que certaines campagnes d'excavation souterraine telles que la galerie d'amenée, la prise d'eau, la centrale, etc., ont été réalisés. On a également tenu compte de la cartographie de surface (Comtois, 1974), de l'analyse des sondages par géocaméra, des travaux d'injection d'eau dans les trous de forages et, finalement, des travaux de stabilisation par soutènement et injection de coulis de ciment. Ces travaux nous sont parvenus par le biais des rapports généraux d'investigations consultés au centre de documentation d'Hydro-Québec à Montréal (voir bibliographie).

3.2 Caractérisation des systèmes de fractures

Toute tentative de compréhension des facteurs qui contrôlent l'écoulement des fluides à travers les roches fracturées doit être basée sur un concept clair de la nature structurale de la masse rocheuse (Gale, 1982c et 1984). Les voies principales d'écoulement dans les roches fissurées sont les joints, les filons ou veines, les zones fracturées et les zones de cisaillement. Néanmoins, dans cette étude, aucune distinction n'a été faite entre ces différentes structures; nous les avons toutes attribuées soit aux fractures ou fissures, soit aux joints (terminologie usuellement plus courante). Comme nous l'avons mentionné plus haut, les principaux facteurs qui exercent une influence prépondérante sur l'écoulement dans une roche sont

l'orientation et la géométrie de fractures. D'autres facteurs incluant les contraintes et la rugosité (Gale, 1982) ne sont pas pris en considération dans cette étude.

3.2.1 ANALYSE DES ORIENTATIONS DE FRACTURES

L'orientation est un facteur statistiquement mieux connu que la plupart du reste des paramètres géométriques des fractures. En effet, elle est facilement mesurable par des techniques simples de photographie des trous de sondages ou sur des affleurements de surface. L'orientation d'une fracture peut être obtenue par une mesure directe ou indirecte de sa direction et de son pendage. En ce qui concerne notre site d'étude, ces paramètres ont été mesurés à l'aide d'un appareil "géocaméra" dans la plupart des trous de sondages ou bien au moyen d'une boussole ordinaire quand il s'agit des murs des excavations ou des escarpements de surface.

3.2.1.1 Trous de forages

Depuis 1958, plusieurs forages ont fait l'objet d'analyses par géocaméra (annexe H, carte H.1). Étant donné la quantité de ces données et l'hétérogénéité qu'elles peuvent impliquer, cette étude porte uniquement sur une vingtaine de forages (tableau 3.1). Notons, en outre, que ce choix est basé sur d'autres critères parmi lesquels celui de pouvoir distinguer la possibilité d'avoir des forages intégrant une abondance relative des données d'orientations et d'ouvertures des fractures prises par géocaméra et des données d'injection d'eau sous pression ou de traceurs.

Tableau 3.1

Caractéristiques physiques des forages étudiés

Forage numéro	Direction-Plongée	COORDONNÉES DE FORAGES		LONGUEURS
		X	Y	(M)
5001-74	116 - 53	18413589.7N	946585.0E (1)	112.8
5002-74	216 - 52	18413624.2N	946620.9E "	107.8
5003-74	299 - 52	18413360.0N	946435.0E "	122.6
5004-74	165 - 55	18413810.4N	946283.4E "	107.3
5005-74	225 - 52	18413701.9N	946296.8E "	90.6
5007-74	258 - 53	18412789.6N	945765.8E "	224.0
5008-74	125 - 56	18412789.6N	945765.8E "	222.5
5011-74	357 - 51	18412406.2N	945454.9E "	183.4
01-83	- 90	5612474.8N	288505.6E (2)	31.5
02-83	- 90	5612511.1N	288532.9E "	35.2
03-83	- 90	5612502.4N	288513.8E "	35.6
04-83	- 90	5612494.0N	288501.7E "	35.1
05-83	- 90	5612483.8N	288483.8E "	35.1
06-83	- 90	5612484.5N	288503.1E "	30.3
08-83	- 90	5612480.8N	288520.8E "	25.3
10-83	- 90	5612524.0N	288552.1E "	35.7
01-84	- 90	PM 979.84	9.50 G (3)	60.0
02-84	331 - 54	PM 988.76	0.22 D "	48.4
03-84	081 - 55	PM 980.62	0.194 D "	66.4
05-84	247 - 48	PM 1125.11	0.04 G "	36.0
06-84	036 - 54	PM 978.47	4.32 D "	54.3

N.B. (1) : Coordonnées en mesures impériales

(2) : Coordonnées en mesures métriques

(3) : Coordonnées par rapport aux points métriques(PM) sur la carte

3.2.1.2 Escarpements de surface

Sur le site, quatre endroits ont fait l'objet de collectes de données d'orientations (Comtois, 1974): 1) l'escarpement le long de la base du blondin incliné, au Mont Cantin (rive droite), 2) l'escarpement le long de la base du blondin horizontal (niveau inférieur et supérieur), 3) l'escarpement de la rive ouest à l'accès du barrage Daniel-Johnson et 4) l'escarpement de l'ancienne prise d'eau (annexe H, carte H.2). Chacun de ces secteurs est représenté sous forme de cartes sur lesquelles la plupart des fractures individuelles sont reportées. Ces éléments sont, dans la majorité des cas, identifiés par des codes alphanumériques et peuvent être accompagnés de certaines descriptions supplémentaires telles que nature et composition du remplissage, dimensions des ouvertures, etc.

3.2.1.3 Biais d'orientation et de visée

Le biais d'orientation est généralement dû à l'échantillonnage préférentiel de fractures perpendiculaires aux lignes de mesures (axe de forage) (Terzaghi, 1965). Dans cette étude, une correction de ce biais a été faite par pondération pour toutes les données de géocaméra (Lechasseur, 1980). Le biais de visée ou de paralaxe a été fait uniquement dans les forages inclinés. Cela est attribuable au fait que le plan de la boussole à pivot n'est pas parallèle au plan perpendiculaire à l'axe du forage. Ce biais a été également corrigé par rapport à la déclinaison magnétique suivant le cadran dans lequel le plan de fracture se trouve (Lechasseur, 1980).

3.2.1.4 Traitement statistique

Les données d'orientation utilisées proviennent des rapports d'investigation des campagnes 1974, 1983 et 1984 (Comtois, 1974; Nguyen et al., 1984, Beaupré et Nguyen, 1984). Ces données sont présentées sous forme de tableaux (voir exemple tableau 3.2). Deux sortes d'orientations peuvent être distinguées: orientations apparentes et orientations réelles. Les orientations apparentes correspondent aux mesures d'orientations prises dans les forages et les orientations réelles sont fournies par le programme de géocaméra après correction des biais mentionnés plus haut. Ces corrections ont été faites uniquement pour les forages inclinés alors que, pour les forages verticaux, ces corrections n'ont pas eu lieu (Lechasseur, 1980). C'est pour cela qu'après correction les données corrigées (orientations réelles) peuvent être interprétées comme si elles étaient prises dans l'espace c'est-à-dire dans des forages verticaux.

Nous avons essayé au début d'adopter le programme FRACTAN¹ (Mahtab et al., 1972; Schanley et al., 1975) au traitement des données d'orientations (direction et pendages) des fractures des forages individuelles ou combinées. Malheureusement, il a été très difficile de distinguer des familles

¹ Ce programme est conçu pour regrouper les fractures d'un site en familles. Le critère utilisé est la représentation stéréographique des pôles de fractures et le regroupement de ces dernières suivant la densité de leurs pôles.

Tableau 3.2

Types de données d'orientation de fractures décrites dans les rapports d'investigation d'Hydro-Québec (d'après Nguyen et al., 1984)

FORAGE	PROFONDEUR [m]	AZIMUT APPAR.	PENDAGE APPAR.	AZIMUT VRAI	PENDAGE VRAI	OUVERTURE [mm]
01-84 Vertical	2.25	0	0	337	0	
	2.40	346	50	323	50	2
	3.12	68	55	45	55	10
	3.80	160	60	137	60	5
	3.83	68	53	45	53	10
	4.07	230	31	207	31	10
	10.34	240	47	217	47	
	11.25	90	60	67	60	4
	11.36	90	62	67	62	2
	12.64	93	56	70	56	12
	14.37	204	27	181	27	20
	14.88	180	3	157	3	2
	15.72	94	37	71	37	30
16.06	315	87	292	87		
03-84 (083-55) ¹	3.00	0	0	353	35	
	3.45	257	45	276	41	2
	3.76	297	50	298	65	
	4.40	180	50	138	17	
	4.59	215	50	226	21	2
	4.65	225	50	241	26	5
	5.08	150	50	93	32	2
	5.10	66	50	32	75	3
	6.12	211	50	219	19	1
	6.30	256	80	246	67	1
	6.40	150	50	93	32	
	6.41	150	50	93	32	
	6.59	337	80	135	72	
6.84	267	70	262	65		

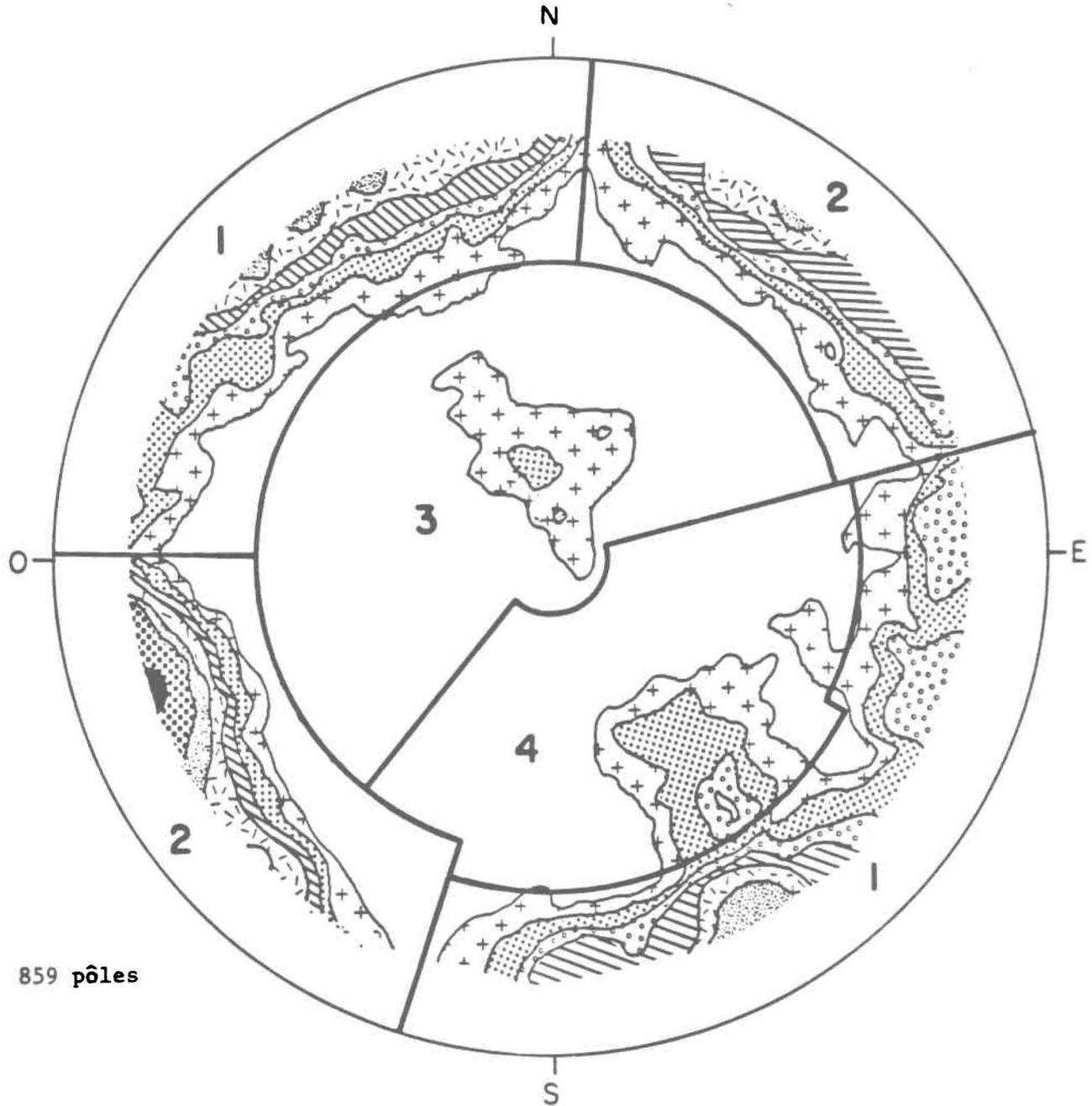
¹ Les chiffres entre parenthèses indiquent respectivement la direction et la plongée du forage

représentatives à cause de la dispersion des données. C'est la raison pour laquelle nous avons utilisé la méthode du diagramme rectangulaire d'orientation. Quant à l'utilisation de la méthode de projection de Lambert pondérée, elle nous sert à illustrer les familles de fractures existantes. La première méthode consiste à utiliser le programme statistique BMDP (option 6D); cette option reproduit un diffusogramme ("scatter-gram") des variables dépendantes Azimut-pendage des fractures (figure 3.1). Du point de vue pratique, certaines transformations ont été faites ($0 < \text{pendage} < 90$ pour $0 < \text{Azimuth} < 180$ et $90 < \text{pendage} < 180$ pour $180 < \text{Azimuth} < 360$). Pour la seconde méthode, un traitement spécial des données d'orientations de fractures a été fait à l'aide du programme de géocaméra (programme d'Hydro-Québec), en considérant les données de surface (figure 3.2) et celles de géocaméra (figure 3.3) séparément, puis une combinaison des deux (figure 3.4). Puisque les données des orientations réelles ont été obtenues après correction des biais d'orientation et de visée (voir plus haut), le traitement de ces données peut être effectué sans aucun problème avec le programme¹ de géocaméra à condition de spécifier une déclinaison magnétique nulle (Lechasseur, 1985 - communication personnelle). En effet, l'apparition d'une zone muette à la périphérie des diagrammes de projection de Lambert pondérée peut s'expliquer par l'élimination totale des fractures subverticales. Cette manière de procéder ne fausse en rien les résultats.

¹ Dans ces cas, le programme interprète les données d'orientations réelles (direction et pendage) comme si elles provenaient toutes des forages fictifs verticaux.

Figure 3.2

Projection de Lambert pondérée des pôles de fractures de surface (hémisphère inférieur équi-aire)



859 pôles

intervalles de contours en pourcentages (%) de fractures totales

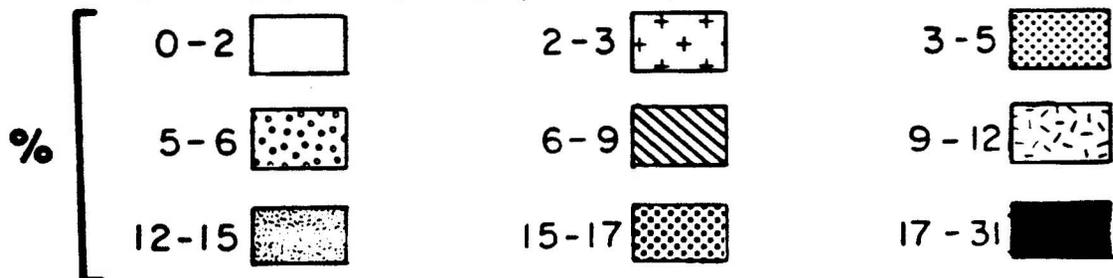


Figure 3.3

Projection de Lambert pondérée des pôles de fractures de quelques forages à Manic 5-P.A. (hémisphère inférieur équi-aire)

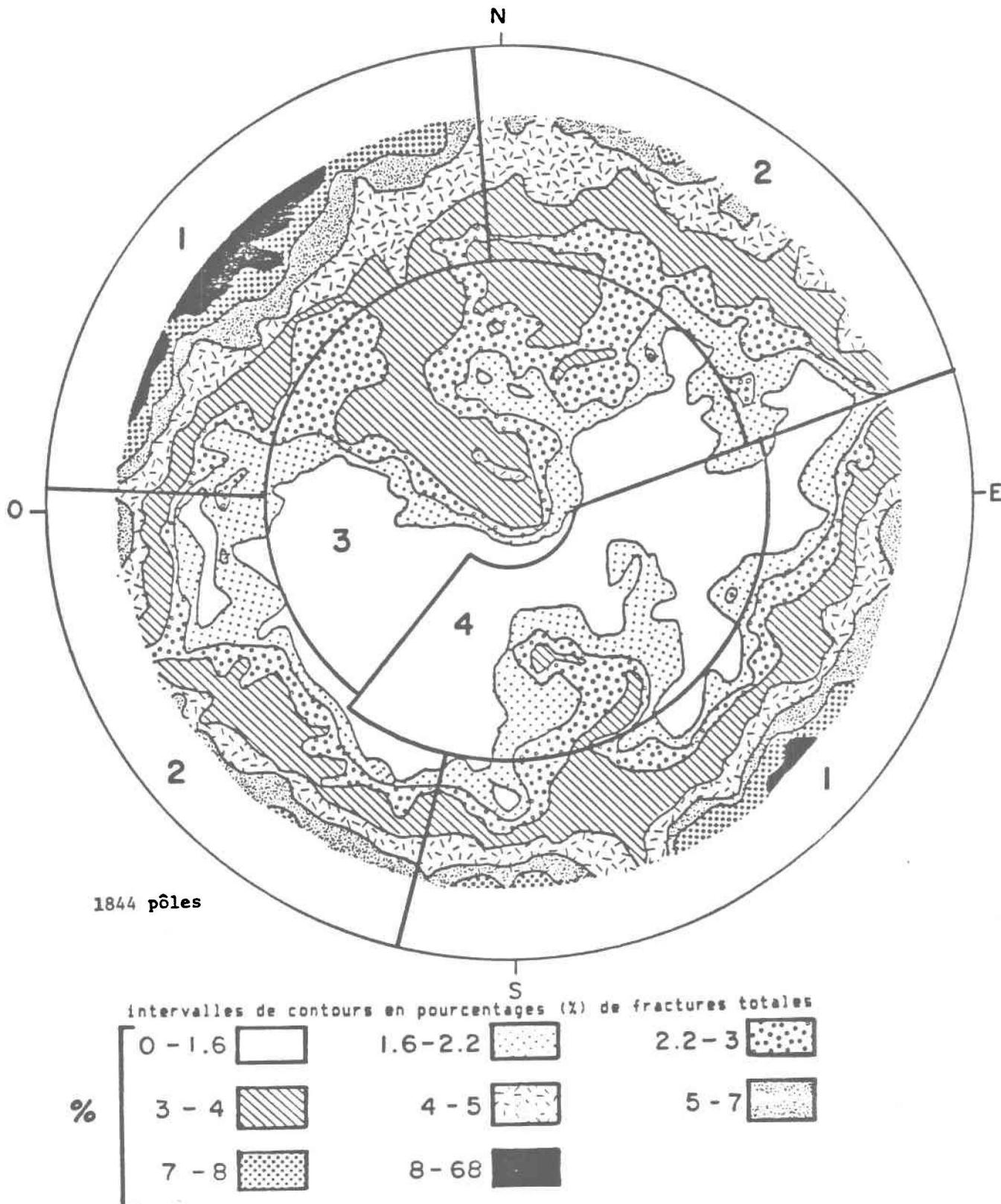
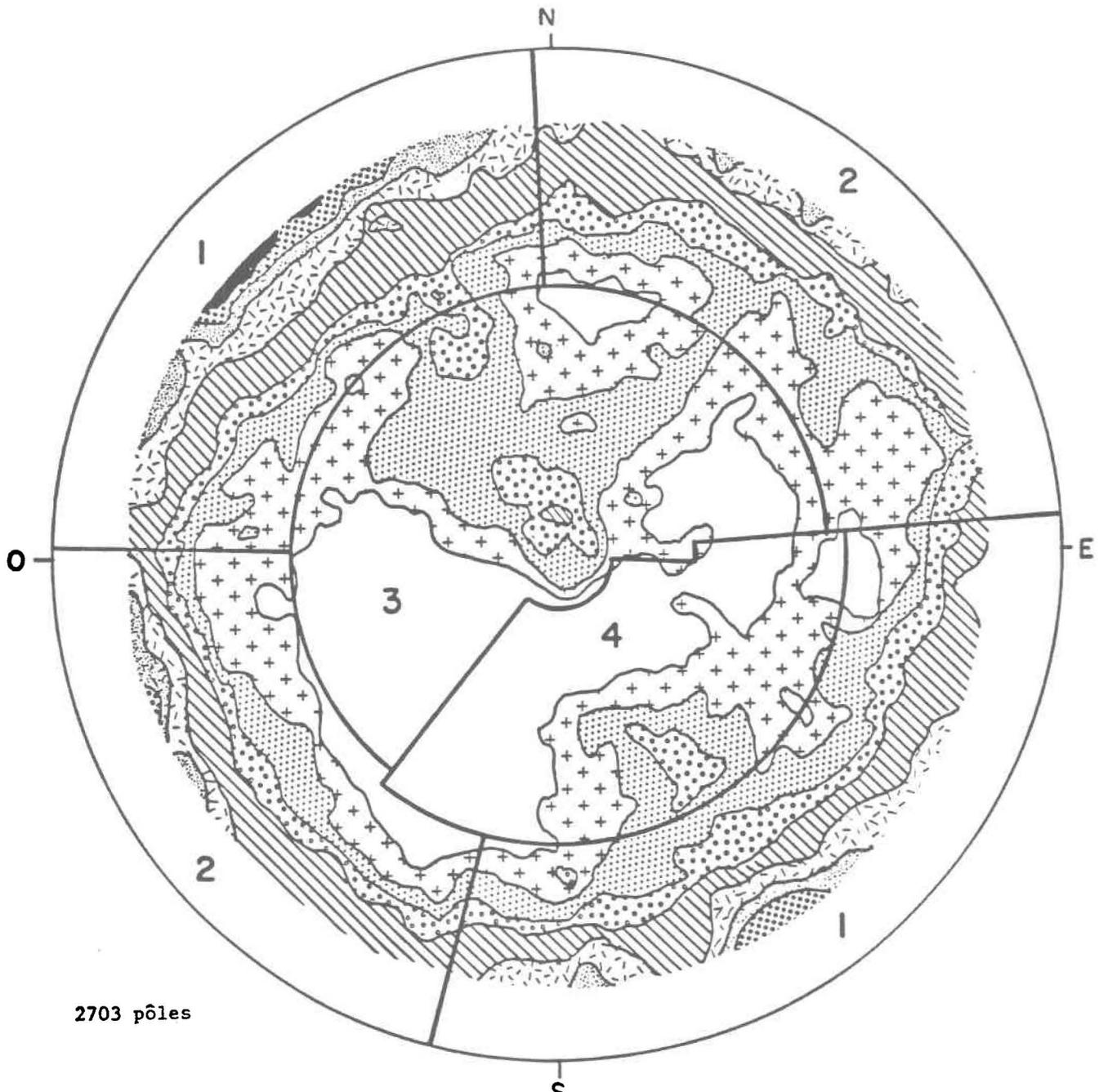
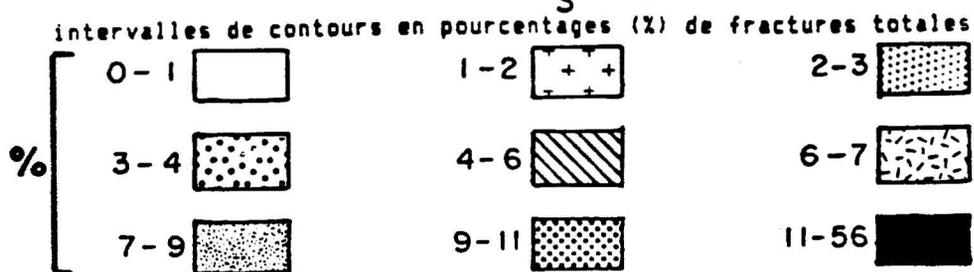


Figure 3.4

Projection de Lambert pondérée des pôles de fractures de Manic 5-P.A.
(hémisphère inférieur équi-aire)



2703 pôles



Cependant, elle nous sert simplement à déterminer le nombre de familles de joints existantes et leurs limites.

L'analyse des concentrations de nuages de points (figures 3.2, 3.3 et 3.4) donne quatre familles principales dont les orientations moyennes sont déterminées par le programme BMDP (tableau 3.3). Il faut noter aussi qu'un problème se pose au niveau de la séparation des familles. Il est indiqué par les troncatures introduites entre ces familles à cause du chevauchement de ces dernières.

3.2.1.5 Conclusion

Il émane des graphiques de projection de Lambert que les orientations de fractures (direction et pendage) sont assez dispersées. Cependant, quatre familles de fractures peuvent être distinguées: deux subverticales (familles 1 et 2), une subhorizontale (famille 3) et la dernière intermédiaire (famille 4), qui est inclinée d'environ 40° vers le nord-ouest. La fracturation du massif rocheux de Manic-5 et la dispersion des orientations des fractures se sont manifestées, semble-t-il, pendant les événements de la fin du Protérozoïque et probablement à la suite de l'impact météoritique affectant la région au Trias (Rondot, 1985, communication personnelle).

3.2.2 ANALYSE STATISTIQUE DES LONGUEURS DES FRACTURES

Les longueurs des fractures sont mesurées à l'aide d'un curvimètre sur des cartes d'escarpements de surface. Ces sites ont été cartographiés en

Tableau 3.3

Principales familles de fractures (joints) du Manic-5 obtenues par comparaison des données de fractures de surface et de forage

FAMILLE	AZIMUTH		PENDAGE		MOYENNES OBTENUES PAR BMDP-6D		NOMBRE DE FRACTURES TOTALES DANS CHAQUE SÉRIE
	DE	A	DE	A	AZ	PEND	
1	355	105	60	90	228	88	922
	181	265	54	90			
2	106	127	60	90	318	87	616
	128	180	54	90			
	266	354	54	90			
3	000	127	00	10	254	30	852
	128	354	00	53			
	355	359	00	29			
4	000	127	11	59	054	40	396
	355	359	30	59			
						Σ	2786 ¹

¹ Ce nombre renferme 83 fractures supplémentaires contenant des informations sur les mesures d'ouvertures et qui proviennent des forages non traités 5018 à 5025 (Viera, 1978)

1974 et sont subdivisés en mailles dans lesquelles les traces des fractures indexées d'un code d'identification, sont reportées (annexe H, carte H.2). Dans un premier temps, le travail consiste à attribuer à chaque élément codé sa longueur mesurée et son orientation correspondante. Par ailleurs, trois sources d'erreurs peuvent être distinguées.

3.2.2.1 Erreur de manipulation

Cette erreur peut être commise aussi bien au moment du traçage des fractures sur la carte qu'au moment de la mesure de leur longueur. Seule l'erreur sur la mesure des longueurs a été estimée (≈ 15 cm). En tenant compte de l'échelle des cartes, on suppose que l'erreur sur le curvimètre est non significative.

3.2.2.2 Biais de longueur

Les biais affectant l'estimation de la longueur des fractures du terrain sont le biais de grandeur et le biais de troncatures (Rouleau, 1984). Dans le premier cas, il est clair que les fractures de taille élevée ont beaucoup plus de chance d'être échantillonnées que celles qui sont de petite taille. Par conséquent, cet aspect pourrait entraîner un échantillonnage préférentiel de fractures de grande taille. En ce qui concerne la troncature, les éléments de longueurs plus élevées sont les plus affectés. Dans cette étude, ce phénomène est très fréquent pour les longueurs comprises entre 0,46 m et 25 m, valeurs qui correspondent respectivement aux longueurs minimale et maximale de fractures observées.

En vue de faire une distinction entre différents degrés de troncature, nous avons utilisé les codes suivants: $I_{cens} = 0$ pour les fractures situées complètement à l'intérieur du domaine, $I_{cens} = 1$ pour les fractures dont l'une des extrémités est invisible et $I_{cens} = 2$ pour les fractures dont les extrémités se trouvent entièrement à l'extérieur de la partie cartographiée. Cette notation vise à corriger le biais de troncature (Annexe D).

Plusieurs méthodes ont été suggérées pour analyser les longueurs des fractures en tenant compte des biais mentionnés plus haut. Par exemple, Long et al. (1982) et Schwart et al. (1983), en se basant sur des travaux antérieurs, ont utilisé, respectivement dans leurs modèles, une distribution log-normale et exponentielle négative. Quant à Rouleau (1984), il propose deux méthodes pour évaluer les paramètres de distribution de ces longueurs. Il s'agit notamment d'une distribution exponentielle des longueurs d'un échantillon progressivement tronqué et d'une distribution log-normale. Quoique ces deux méthodes peuvent représenter statistiquement la distribution de longueurs, Rouleau a préféré la seconde pour des fins de calculs dans ses modèles. Les paramètres statistiques de cette distribution log-normale ont été obtenus, dans son cas, par une résolution des équations du maximum de vraisemblance (MV) à l'aide d'une procédure itérative basée sur la méthode de Newton-Raphson. Par ailleurs, c'est sur ces travaux, et sur l'allure des diagrammes de fréquences des longueurs (figure 3.5), que nous nous sommes appuyés pour adopter un modèle log-normal pour les distributions des longueurs des fractures du site étudié. L'étude de cette distribution

Figure 3.5

Histogramme des longueurs des séries de fractures étudiées

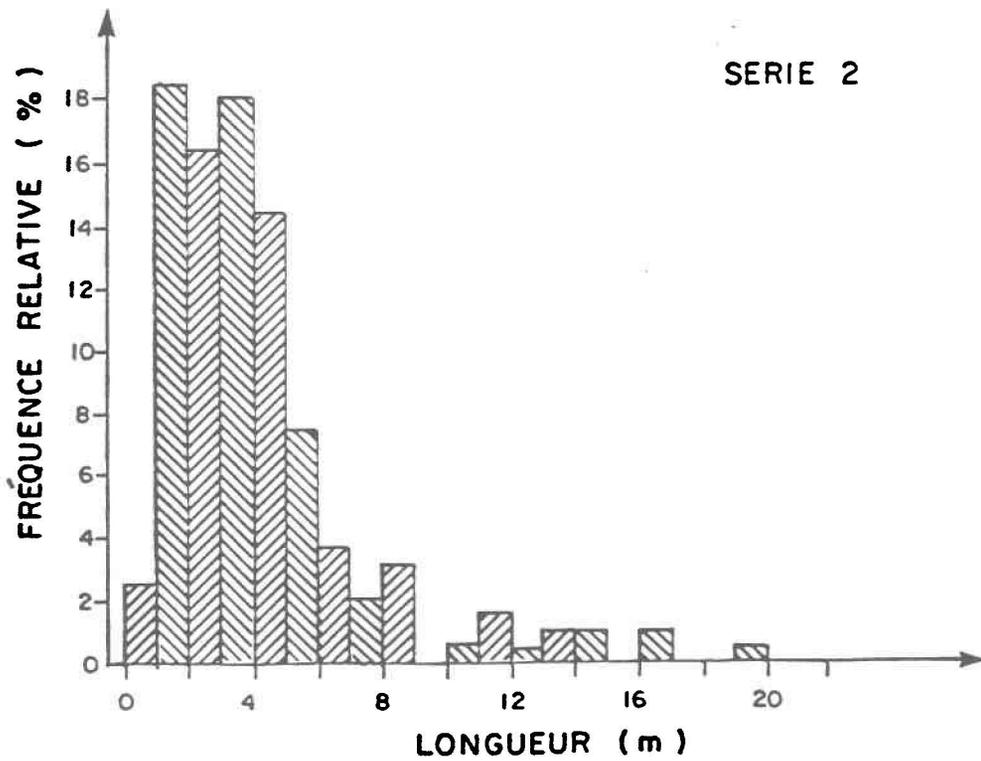
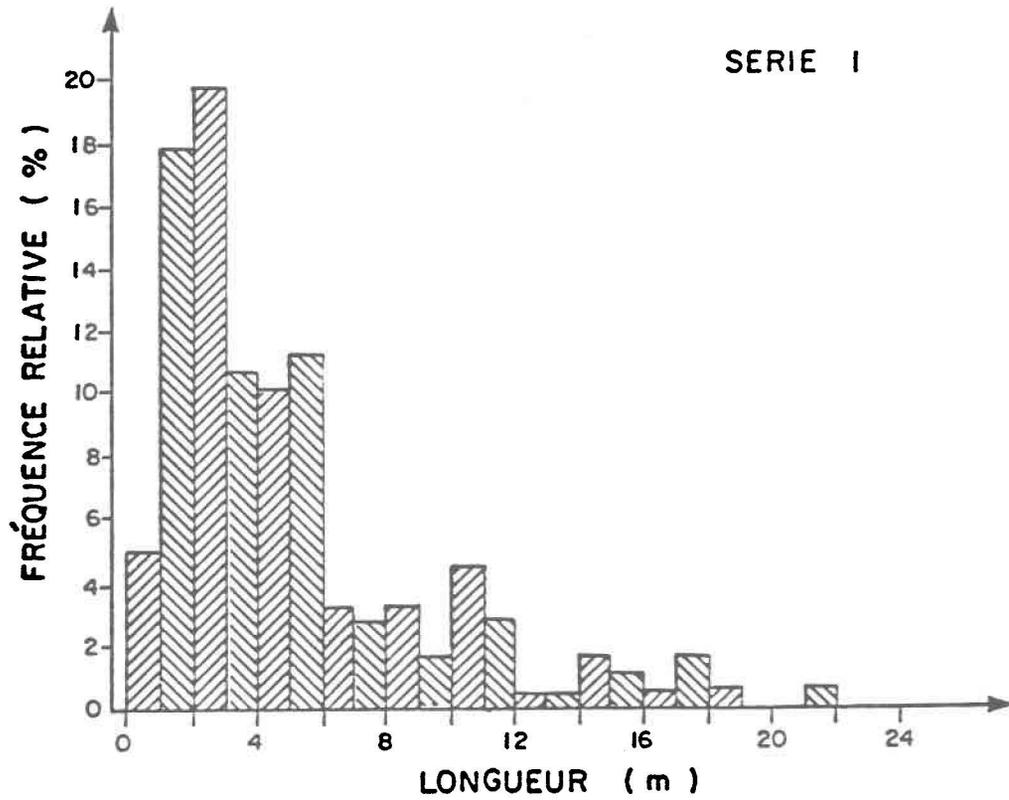
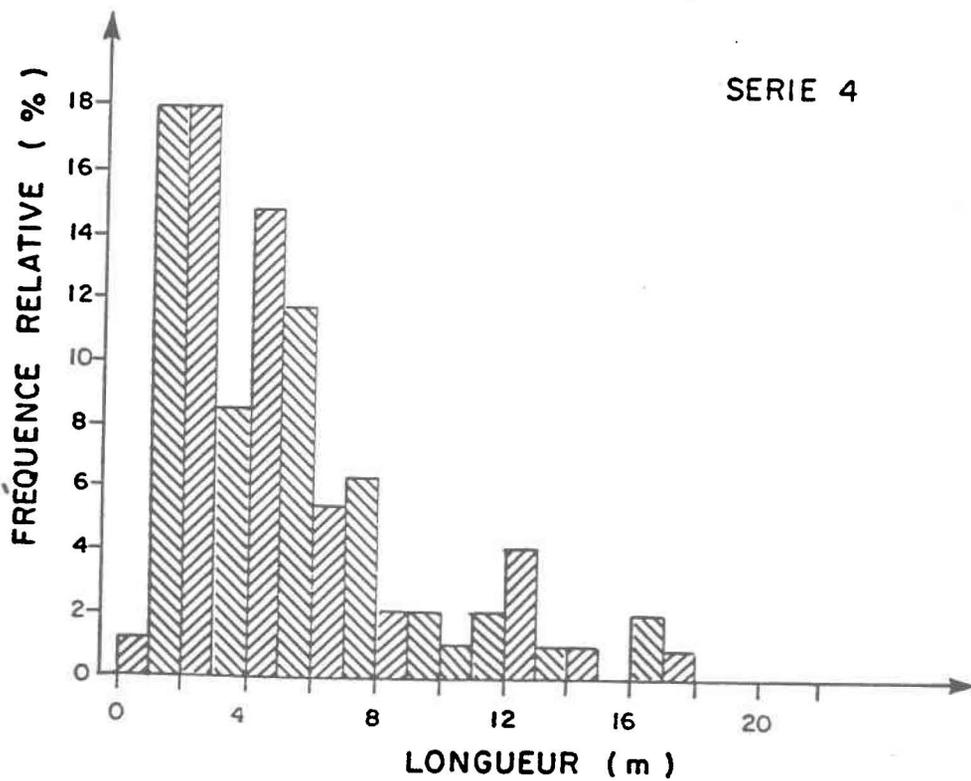
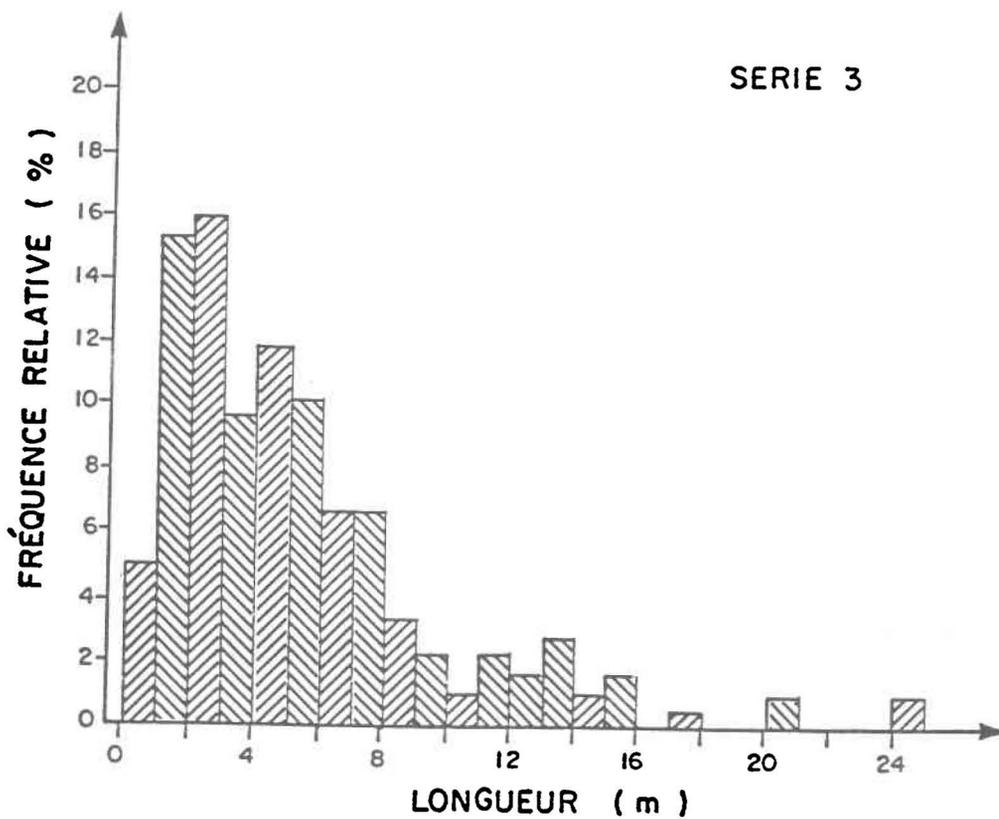


Figure 3.5
(suite)



est décrite en détail en annexe D pour un échantillon dont certaines données sont tronquées alors que les résultats sont résumés au tableau 3.4.

3.2.3 ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES ESSAIS D'INJECTION

D'après la littérature, trois types de distribution des ouvertures ont été distingués. D'une part, Bianchi et Snow (1968) ont conclu que les ouvertures mesurées sur le terrain suivent une distribution log-normale, d'autre part, Snow (1969) a parlé surtout d'une distribution normale biaisée. Sharp (1970) a noté que les ouvertures mesurées en laboratoire sur une seule fracture suivent bien une forme log-normale ayant des extrémités tronquées dues probablement à la petite surface d'échantillonnage. Ajoutons également que Parsons (1972), Francis (1981), Long et al. (1982), Schwartz et al. (1983) et Rouleau (1984) ont tous considéré une distribution log-normale des ouvertures. Enfin, en plus d'une distribution log-normale, Neuzil et al. (1981) ont discuté d'une distribution grossièrement gaussienne. Pour les fins de cette étude, nous avons supposé que les données des ouvertures des fractures de Manic-5 suivent une distribution log-normale telle que mentionnée ci-dessus. Ainsi, deux méthodes d'analyse des ouvertures des fractures ont été utilisées: une méthode indirecte décrite au paragraphe A.4.2 (annexe A) et une méthode directe ci-dessous.

Tableau 3.4

Statistiques des longueurs de fractures dans chaque famille

FAMILLE	1			2			3			4		
DEGRÉ DE TRONCATURE (ICENS)	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Nombre d'obs.	83	79	17	63	99	27	121	52	3	64	26	5
Longueur totale (m)												
Minimum (m)	0,91	0,61	3,05	0,46	0,76	1,83	0,61	0,46	6,1	1,22	0,91	3,96
Maximum (m)	17,83	23,77	17,98	16,92	21,03	16,46	24,69	17,83	24,69	16,92	16,76	17,37
Moyenne (m)	4,74	5,15	7,48	4,40	4,65	5,76	5,37	5,21	13,62	5,16	4,81	8,23
Ecart type (m)	3,89	4,77	4,38	3,41	3,71	4,56	4,52	3,74	9,79	3,71	3,86	5,33
μ_{LN} (m)	1,9349			2,1409			1,6757			1,6711		
σ_{LN} (m)	0,9982			1,0573			0,8846			0,7890		
σ_{LN} / \sqrt{N} (m)	0,0743			0,0769			0,0667			0,0809		
μ	11,3942			14,877			7,9008			7,2599		
σ	14,8934			21,345			8,6077			6,7467		

μ_{LN} et σ_{LN} : moyenne et écart type du logarithme naturel des longueurs de fractures;
 μ et σ : moyenne et écart type de la distribution réelle estimées à partir de μ_{LN} et σ_{LN} suivant les équations 3.17 et 3.18

N: nombre de fractures totales dans une série

N.B. Ces paramètres estimés sont tous corrigés pour le biais de troncature

3.2.3.1 Méthode directe d'analyse des ouvertures des fractures

Elle consiste à faire l'analyse à partir des données des ouvertures prises par géocaméra dans les sondages des campagnes 1983 et 1984. Il nous semble, par ailleurs, que la limite inférieure de détection des ouvertures par géocaméra est de 1 mm car, en dessous de ce seuil, aucune valeur précise n'a été indiquée par la géocaméra. Puisqu'une bonne partie de l'information demeure mal connue (ouvertures inférieures à 1 mm), nous avons reconstitué les données d'ouvertures manquantes par l'ajustement d'une distribution log-normale aux données existantes, tout en respectant les polygones de fréquences observées. La méthode de calcul adoptée est brièvement décrite dans l'annexe D et les résultats sont donnés au tableau 3.5.

3.2.3.2 Optique et modes opératoires des tests d'injection

Hydro-Québec ne dispose pas encore d'un schéma général du dispositif expérimental des tests d'injection; cependant, l'utilisation d'un nouvel appareil¹, qui s'est ajouté à l'équipement habituel, a conduit à la préparation d'un manuel actuellement en cours de rédaction (Grumich, 1985; communication personnelle). Le but principal des réalisations des tests d'injection sur le terrain est de connaître le degré d'étanchéité du rocher. Pour cela, dans chaque chambre du test, trois essais à pression constante sont

¹ Micro-enregistreur installé en 1984 au niveau de l'obturateur supérieur: permet la lecture directe de la pression réelle dans la chambre du test (différence entre la pression d'injection et la pression statique de l'eau à ce niveau).

Tableau 3.5

Estimation des paramètres statistiques d'une distribution log-normale ajustée aux logarithmes naturels des ouvertures de fissures obtenues par relevés de géocaméra

OUVERTURES DES FISSURES			
FAMILLE	MOYENNE (m)	ÉCART TYPE (m)	POURCENTAGE AJUSTÉ (%)
1	- 7,13	0,66	63
2	- 7,22	0,68	68
3	- 7,38	1,05	67
4	- 7,14	0,57	66

effectués pendant au moins quatre minutes. Au premier essai, la chambre du test est soumise à une pression donnée; au second essai, on double la pression de départ, laquelle est maintenue durant le troisième essai. Cette manière de procéder permet de donner une idée du degré d'élasticité, du colmatage ou de la réouverture (refracturation du rocher) des fractures et, par conséquent, du régime d'écoulement qui règne dans la proportion isolée du test. Dans cette étude, toutes les données (pressions et débits) proviennent de la dernière phase d'injection (période de retour), durant laquelle le milieu est censé être saturé et l'écoulement est du type laminaire. La procédure de calculs des perméabilités et des ouvertures à partir des essais d'injection d'eau est décrite ci-dessous.

3.2.3.3 Procédure de calculs et résultats des essais d'eau

À partir des essais d'eau sous pression réalisés sur le terrain par Hydro-Québec et dont les données sont présentées sous forme de tableaux dans les rapports 1974 à 1984 (voir exemple type, tableau 3.6), seules les données obtenues pendant la phase de retour (troisième période d'essai) sont prises en considération dans les calculs. Les unités de ces données sont reprises dans le système international (S.I.) (voir tableau 3.7).

Soient $L = 3,05$ m, la longueur constante de chaque intervalle du test, $g = 9,8$ m/s², l'accélération de pesanteur, $\rho = 10^3$ N/m³, la masse volumique

Tableau 3.6

Exemples de données des essais d'injection d'eau considérées par Hydro-Québec

PROJET		emplacement		sondage no		longueur du trou		mesures à partir de		
Monic-5 - Puiss. Add.		Galerie de fuite - Centrale		5011		601.7		plancher (2.5')		
PROFONDEUR DE L'INJECTEUR		PRESSION MPa ²		CHRONOMETRAGE		DEBIT EN GALLONS		ABSORPTION		REMARQUES
INFÉRIEUR (m)	SUPÉRIEUR (m)	AU MANOMÈTRE	A L'OBJ. SUPÉRIEUR	Δ LECTURE		Δ LECTURE		GAL. IMP. MIN./PI.		
				(MINUTES)						
340	330	77	189	5.0		0.09		01.4	0.029	Pression constante après + de 2 minutes
"	"	157	265	5.0		0.14		02.2	0.045	(0.000)
"	"	77	189	5.0		0.12		01.9	0.038	(0.000)
350	340	79	195	5.0		0.09		01.4	0.029	(0.000)
"	"	158	243	5.0		0.13		02.1	0.012	(0.000)
"	"	79	195	5.0		0.10		01.6	0.032	(0.000)
360	350	82	201	5.0		0.10		01.6	0.032	(0.000)
"	"	163	282	5.0		0.12		01.9	0.034	(0.000)
"	"	82	201	5.0		0.10		01.6	0.032	(0.000)
370	360	81	205	5.0		0.10		01.6	0.032	(0.000)
"	"	168	289	5.0		0.13		02.1	0.012	(0.000)
"	"	81	205	5.0		0.11		01.8	0.035	(0.000)
380	370	87	212	5.0		0.10		01.6	0.032	(0.000)
"	"	173	294	5.0		0.15		02.4	0.048	(0.000)
"	"	87	212	5.0		0.12		01.9	0.038	(0.000)
390	380	89	217	5.0		0.13		02.1	0.012	(0.000)
"	"	178	306	5.0		0.19		03.0	0.061	(0.000)
"	"	89	217	5.0		0.16		02.6	0.051	(0.000)
400	390	92	223	5.0		0.12		01.9	0.038	(0.000)
"	"	183	314	5.0		0.20		03.2	0.064	(0.000)
"	"	92	223	5.0		0.15		02.4	0.048	(0.000)

révisé par Daniel Chartrand calculé par Raymond Dumais vérifié par jour 12 mois 10 année 84 feuille 1

Tableau 3.7

Transformation des unités considérées dans les calculs

TYPE	TRANSFORMATION EN		OPÉRATION DU "X"
Longueur de l'intervalle du test	Pi	m	0,3048
Temps du test	mn	sec	60
Pression d'injection	Lb/po ²	m	0,7032
Pression d'injection	kPa	m	10,2145 10 ⁻²
Débit d'eau injecté	l	m ³	10 ⁻³
Débit d'eau injecté	Gal. imp.	m ³	4,544 10 ⁻³

de l'eau, $\mu = 1,002 \cdot 10^{-3}$ Pa. sec., la viscosité dynamique de l'eau, $r_I = 10$ m, le rayon d'influence des forages et $r_w = 0,0757$ m, le rayon du forage. En remplaçant ces valeurs dans les équations (A.14, A.15 et A.16), la perméabilité équivalente, la perméabilité individuelle et l'ouverture des fractures peuvent être réécrites respectivement sous la forme suivante:

$$k_e = 25,48 \times 10^{-2} \frac{Q_t}{(H_w - H_i)} \text{ (m/sec)} \quad (3.1)$$

$$k_f = 77,72 \times 10^{-2} \frac{Q_t}{n(2b) \cdot (H_w - H_i)} \text{ (m/sec)} \quad (3.2)$$

$$(2b) = 98,43 \times 10^{-4} \left(\frac{Q_t}{n (H_w - H_i)} \right)^{1/3} \text{ (m)} \quad (3.3)$$

où:

Q_t : débit injecté pendant un temps t (m^3/sec);

$H_w - H_i$: différence de charges hydrauliques (m);

n : nombre de fractures dans un intervalle d'essais.

Le résultat des calculs de ces équations est donné dans les tableaux C.3 et C.4 (annexe C). Les figures C.1 et C.2 (annexe C) montrent également les variations dégagées.

Ensuite, après le calcul de la moyenne (μ_{k_e}) et de la variance ($\sigma_{k_e}^2$) des perméabilités équivalentes et du nombre moyen de fractures par longueur du test (λ), la moyenne (μ_1) et l'écart type (σ_1) de la distribution log-normale des ouvertures de fractures de chaque forage à Manic-5, sont donnés respectivement par les expressions (A.27) et (A.28), soit:

$$\mu_1 = \ln 2 \left(\frac{\alpha^2}{(\alpha^2 + \beta^2)^{1/2}} \right)^{1/3} \quad (3.4)$$

$$\sigma_1 = \ln \left(\frac{\alpha^2 + \beta^2}{\alpha^2} \right)^{1/9} \quad (3.5)$$

avec:

$$\alpha = 4,68 \cdot 10^{-7} \mu_{k_e} / \lambda$$

$$\beta^2 = 2,19 \cdot 10^{-13} (\sigma_{k_e}^2 / \lambda - \mu_{k_e}^2 / \lambda^2)$$

Les valeurs calculées de ces paramètres sont indiquées au tableau 3.8. Le tableau 3.9 montre également les différents types de calculs considérés dans les statistiques des perméabilités des essais d'eau. Il s'agit de faire le traitement sur les données des perméabilités provenant des forages individuels puis sur les perméabilités provenant à la fois des intervalles d'injection de tous les forages. Pour chacun de ces cas, les données sont traitées avec ou sans logarithme naturel.

Tableau 3.8

Paramètres des statistiques des perméabilités et des ouvertures des fractures (résultats des essais d'eau)

ZONE	FORAGE N°	λ [m ⁻¹]	μ_{ke} [m/sec]	σ_{ke} [m/sec]	μ_{ki} [m/sec]	σ_{ki} [m/sec]	μ_1 [m]	σ_1 [m]
1	01-84	2,19	3,26 10 ⁻⁶	7,88 10 ⁻⁶	4,88 10 ⁻⁷	3,00 10 ⁻⁶	- 10,08	0,41
	02-84	2,48	2,13 10 ⁻⁵	2,35 10 ⁻⁵	2,81 10 ⁻⁶	8,05 10 ⁻⁶	- 09,26	0,25
	03-84	1,58	5,10 10 ⁻⁶	6,69 10 ⁻⁶	1,04 10 ⁻⁶	2,86 10 ⁻⁶	- 09,58	0,24
	06-84	4,00	6,44 10 ⁻⁶	6,67 10 ⁻⁶	5,28 10 ⁻⁷	1,84 10 ⁻⁷	- 09,87	0,28
	5001-74	1,64	2,07 10 ⁻⁶	6,47 10 ⁻⁶	4,15 10 ⁻⁷	2,87 10 ⁻⁶	- 10,17	0,43
	5004-74	4,70	7,90 10 ⁻⁶	3,79 10 ⁻⁵	5,52 10 ⁻⁷	1,00 10 ⁻⁵	- 10,40	0,64
MOYENNE		2,77	7,66 10 ⁻⁶	1,49 10 ⁻⁵	9,72 10 ⁻⁷	4,77 10 ⁻⁶	- 9,89	0,38
2	05-84	4,51	3,94 10 ⁻⁸	2,47 10 ⁻⁸	2,87 10 ⁻⁹	6,00 10 ⁻⁹	- 11,46	0,19
	5004-74	3,04	2,55 10 ⁻⁷	2,73 10 ⁻⁷	2,76 10 ⁻⁸	8,54 10 ⁻⁸	- 10,82	0,26
	5005-74	5,25	1,68 10 ⁻⁶	3,90 10 ⁻⁶	1,05 10 ⁻⁷	9,70 10 ⁻⁷	- 10,73	0,50
	5011-74	2,46	1,09 10 ⁻⁷	1,16 10 ⁻⁷	1,45 10 ⁻⁸	3,96 10 ⁻⁸	- 11,00	0,24
MOYENNE		3,82	5,21 10 ⁻⁷	1,08 10 ⁻⁶	3,75 10 ⁻⁸	2,75 10 ⁻⁷	- 11,00	0,30

λ : nombre de joints par longueur d'un intervalle de test
 μ_{ke} : conductivité hydraulique moyenne équivalente des intervalles de test
 σ_{ke} : écart type de la conductivité hydraulique de tous les intervalles de test
 μ_{ki} : conductivité hydraulique moyenne des fractures individuelles
 σ_{ke} : écart type des conductivités hydrauliques des fractures individuelles
 μ_1 : moyenne (log) des ouvertures de joints
 σ_1 : écart type des ouvertures de joints

Tableau 3.9

Types de calculs utilisés dans l'analyse des perméabilités des essais d'eau

FORAGES	PERMÉABILITÉS DES ESSAIS D'EAU		
	MOYENNE (m/s)	ÉCART TYPE (m/s)	ERREUR STANDARD (m/s)
Individuels	- 14,17 ²	2,35	0,23
Combinés	- 14,73 ²	2,35	0,23
Individuels	7,66 ³ 10 ⁻⁶	1,49 10 ⁻⁵	0,15 10 ⁻⁵
Combinés ¹	6,02 ³ 10 ⁻⁶	2,35 10 ⁻⁵	0,23 10 ⁻⁵

N.B.¹ Dans ce cas les données des perméabilités traitées proviennent de tous les forages ayant subi des essais d'eau.

² Moyennes obtenues à partir du logarithme naturel des perméabilités

³ Moyennes obtenues sans transformation

3.2.3.4 Interprétation des résultats des tests d'eau

Afin de faciliter l'interprétation des données des essais d'injection d'eau, un patron de courbes de fréquences, de perméabilités et d'ouvertures des fractures versus profondeur a été créé (annexe C, figures C.1 et C.2). L'analyse des courbes permet de dégager les remarques subséquentes:

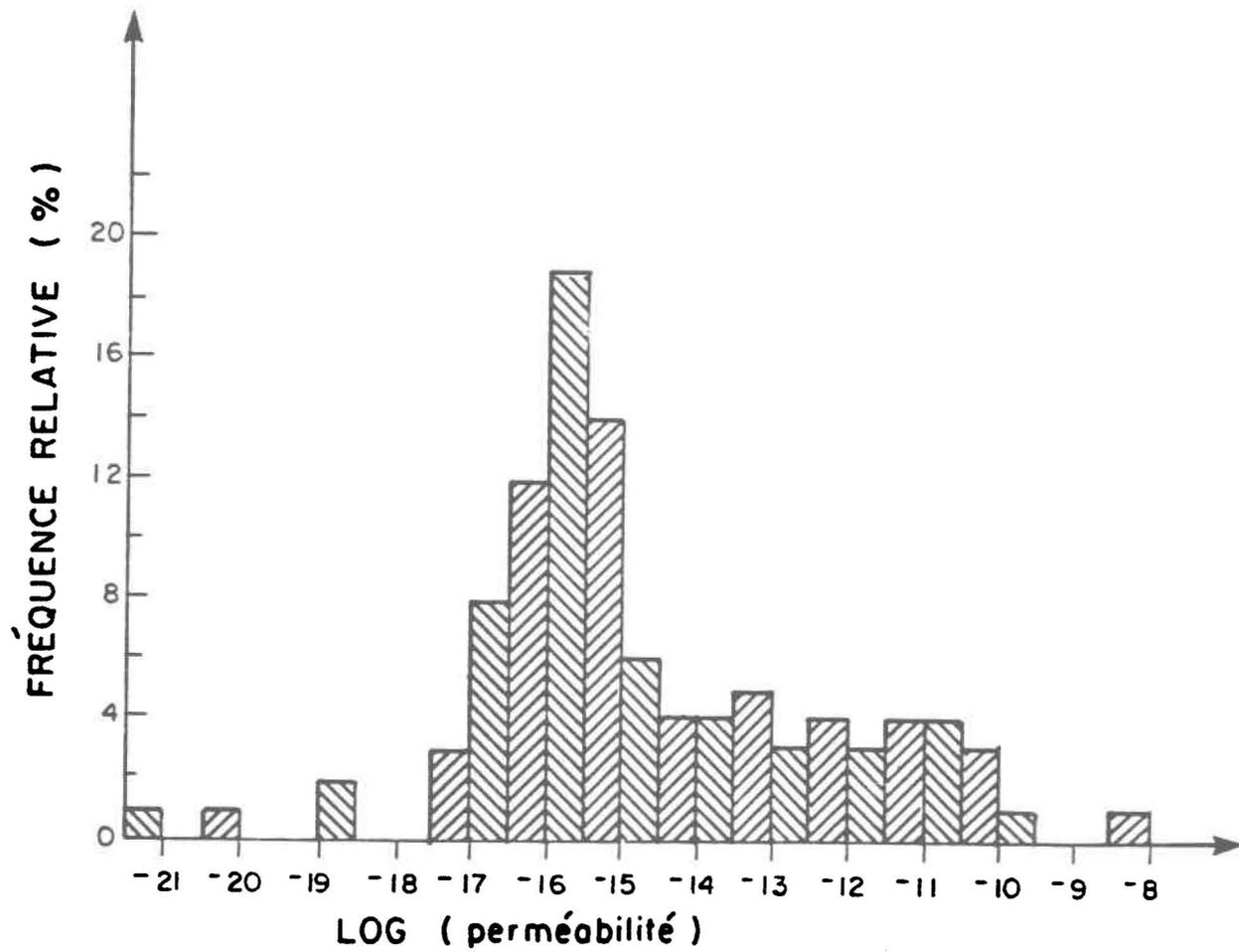
- La perméabilité du massif rocheux présente des fluctuations en profondeur dans la quasi-totalité des forages. En moyenne, ces fluctuations se manifestent par une légère diminution de perméabilité le long des forages excepté 02-84 et 03-84 localisés en amont (annexe H, carte H.1). La réponse de ces derniers forages peut être imputée probablement à leur faible profondeur ou à la perturbation des structures lithologiques du rocher à ces endroits (Beaupré et Nguyen, 1984).
- L'étude de la perméabilité moyenne de chacun des forages (tableau 3.8) et de la localisation de ces derniers (annexe H, carte H.1) permet de supposer éventuellement l'existence de deux zones de perméabilités apparemment distinctes. Une zone (zone 1) vers le nord-est relativement perméable et l'autre (zone 2) vers le sud-ouest relativement imperméable.
- Étant donné que nous avons déjà une information générale sur la distribution spatiale de la perméabilité, d'après la remarque précédente, nous

projetons restreindre cette étude à la zone relativement perméable. Ainsi, l'analyse statistique des perméabilités de cette zone montre que ces perméabilités suivent une distribution log-normale tronquée à gauche et de moyenne $\bar{k}_{Ln} = -14,73$ (ou $4,00 \cdot 10^{-7}$ m/s) (figure 3.6). Nous avons préféré travailler sur les données de perméabilités des intervalles d'essais de tous les forages de la zone 1 afin d'éviter la surestimation de la perméabilité moyenne introduite par le traitement des données des perméabilités des forages individuels (tableau 3.9). Cette surestimation de la perméabilité peut être attribuée, en fait, au nombre assez élevé de données de la perméabilité des intervalles d'essais dans les forages de l'année 1974 plutôt qu'à ceux de l'année 1984 (Tableau B.1, Annexe B).

- Il convient aussi de noter que les ouvertures efficaces, calculées à partir des débits d'écoulements et des gradients de pressions mesurés pendant les tests d'injection entre les obturateurs, sont assez petites (environ 100 fois) par rapport aux ouvertures de fractures observées par géocaméra. Cette différence est due à l'imprécision de la géocaméra, à la possibilité d'érosion des lèvres des fractures par outils de forage et aux degrés d'interconnection des fractures ainsi qu'aux variations de leurs ouvertures (Gale, 1982a).

Figure 3.6

Histogramme de la distribution du logarithme des perméabilités in situ de la zone 1 du Manic 5-P.A.



3.2.3.5 Conclusion

D'après les remarques du paragraphe précédent, le domaine étudié à Manic-5 peut être considéré comme un milieu hétérogène et anisotrope. Cette anisotropie semble avoir une direction privilégiée qui varie approximativement du nord-est au sud-ouest. A l'exception de cette direction, l'évolution spatiale de cette anisotropie est mal connue. Les perméabilités équivalentes d'un milieu poreux semblent suivre une distribution log-normale tronquée à gauche. Il semble, par ailleurs, que le domaine étudié à Manic-5 peut être subdivisé en deux zones. La zone 1 relativement perméable située vers l'amont du PM 1100 et la zone 2 relativement imperméable située vers l'aval (annexe H, carte H.1). Conformément à cette conclusion et puisque seul le massif rocheux est considéré dans cette étude, il semble raisonnable de tenir compte de cette distinction dans les plans de simulation.

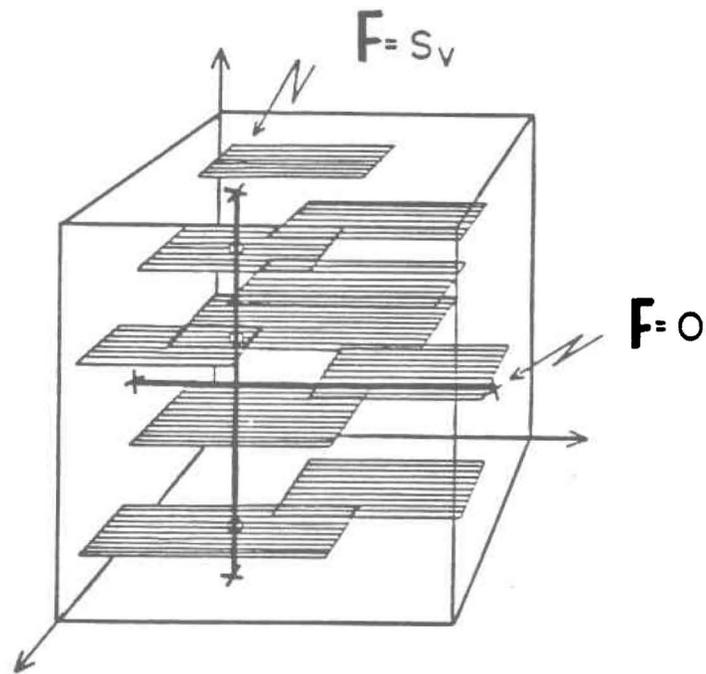
3.2.4 ANALYSE DES DENSITÉS

Rouleau (1984) a utilisé une méthode très simple de calcul de la densité¹ des séries de fractures. Il a supposé que cette densité S_V (figure 3.7), peut être estimée directement par la fréquence², F , des fractures le long

¹ En trois dimensions, la densité (L^{-1}) d'une série de fractures est définie comme la surface totale des joints divisée par le volume de la roche; en deux dimensions, c'est la longueur totale des joints divisée par la surface de la roche.

² La fréquence d'une série de fractures est le nombre d'intersections de fractures divisé par la longueur de l'intervalle du trou de forage.

Figure 3.7: Bloc diagramme illustrant la densité volumique des plans de joints parallèles (d'après Rouleau, 1984)



des trous de forage. En effet, cette fréquence est égale au nombre moyen d'intersections avec les plans des fissures par unité de longueur de forage (Rouleau, 1984, p. 90), soit, finalement:

$$S_V = F = \frac{\sum_{i=1}^M N_i}{\sum_{i=1}^M L'_i} \quad (3.8)$$

avec:

$$L'_i = L_{R_i} \cos \Phi_i \quad (3.9)$$

où:

N_i : nombre de fractures dans une série interceptée par le forage i ;

M : nombre de trous de forages;

L'_i : longueur réelle du trou de forage i ;

L_{R_i} : longueur fictive du forage i ;

Φ_i : angle entre l'axe du forage i et le pôle d'une série de fractures; cet angle est déterminé comme suit:

Soit U_h et V_h la direction et le pendage du trou de sondage et U_f et V_f ceux du pôle moyen d'une série de fractures données (V_f = pendage de la

série - 90°). Les cosinus directeurs de l'axe du sondage et du pôle du plan moyen de chaque série sont calculés par la formule générale suivante:

$$p = \cos U \cos V$$

$$q = \sin U \cos V$$

$$r = \sin V$$

d'où:

$$\cos \Phi = p_h p_f + q_h q_f + r_h r_f \quad (3.10)$$

(Rouleau, 1984)

La relation (3.8) suppose que toutes les fractures au sein de chaque série sont subparallèles et interceptées par des forages d'orientation quelconques. Les résultats obtenus par cette méthode sont résumés dans le tableau 3.10.

La dispersion de ces densités dans chaque série est déterminée en considérant la méthode des données pondérées (Spiegel, 1976), dont le poids est égal à la longueur corrigée L'_i de chaque forage.

Si ζ_i est le nombre de fractures d'une série recoupant le forage i , la densité de fractures observée au niveau de chaque forage est:

Tableau 3.10

Fréquences moyennes des fractures de chaque série dans les zones 1 et 2 du Manic 5-P.A.

Zone	Forage numéro	Série 1 Azimut Pendage	γ	$\cos \gamma$	L(m)	L'(m)	NF
1	01-84	236-84	84	0,105	56,67	5,924	23
	02-84	236-87	85	0,093	23,00	2,150	23
	03-84	040-87	68	0,376	34,00	12,785	20
	06-84	236-88	55	0,580	28,00	16,247	29
	01-83	220-82	82	0,139	26,67	3,712	24
	02-83	262-72	72	0,309	7,84	2,423	1
	03-83	061-88	88	0,035	26,41	0,922	7
	04-83	211-84	84	0,105	29,59	3,093	8
	05-83	224-73	72	0,292	32,90	9,619	34
	06-83	227-73	73	0,292	28,81	8,423	14
	08-83	240-82	82	0,139	22,46	3,126	6
	10-83	196-75	75	0,259	7,80	2,019	3
	5001-74	217-89	83	0,129	103,30	13,300	45
	5002-74	065-87	55	0,579	100,77	58,340	25
	5003-74	224-81	88	0,034	107,02	3,651	174
Σ					145,732	436	SV=2,9918
2	5004-74	049-90	75	0,251	80,92	20,346	57
	5005-74	053-90	52	0,610	68,46	41,738	32
	5007-74	204-82	76	0,239	190,50	45,557	23
	5008-74	032-81	81	0,159	204,22	32,388	41
	5011-74	040-77	74	0,274	166,76	45,624	9
	05-84	084-74	35	0,820	34,81	28,540	19
Σ					214,193	181	SV=0,8450

γ : Angle entre l'axe du forage et le pôle moyen d'une série de fractures

L : Longueur réelle d'un forage;

L': Longueur fictive d'un forage;

NF: Nombre total de fractures;

Tableau 3.10 (suite)

Zone	Forage numéro	Série 2 Azimut- Pendage	γ	$\text{Cos } \gamma$	L(m)	L'(m)	NF
1	01-84	320-79	79	0,191	56,67	10,813	14
	02-84	306-82	66	0,415	23,00	9,544	8
	03-84	322-85	69	0,366	34,00	12,433	9
	06-84	300-83	81	0,160	28,00	4,468	26
	01-83	306-72	72	0,309	26,67	8,415	16
	02-83				7,84	7,840	0
	03-83	142-83	83	0,122	26,41	3,219	8
	04-83	308-83	82	0,139	29,59	4,118	17
	05-83	134-82	82	0,139	32,90	4,579	14
	06-83	313-75	75	0,259	28,81	7,457	13
	08-83	303-81	81	0,156	22,46	3,514	10
	10-83				7,80	7,800	0
	5001-74	323-83	51	0,630	103,30	65,033	26
	5002-74	310-80	80	0,179	100,77	18,051	38
	5003-74	318-86	58	0,526	107,02	56,264	24
	Σ					223,548	223
2	5004-74	137-78	71	0,325	80,92	26,345	53
	5005-74	315-86	87	0,555	68,46	3,763	52
	5007-74	334-86	85	0,090	190,50	17,055	11
	5008-74	333-87	58	0,536	204,22	109,554	11
	5011-74	310-80	73	0,288	166,73	47,972	18
	05-84	135-86	72	0,302	34,81	10,509	25
Σ					215,198	170	SV=0,7900

Tableau 3.10 (suite)

Zone	Forage numéro	Série 3 Azimut- Pendage	γ	$\text{Cos } \gamma$	L(m)	L'(m)	NF
1	01-84	342-31	31	0,857	56,67	48,576	23
	02-84	257-30	52	0,619	23,00	14,251	20
	03-84	248-23	14	0,971	34,00	32,997	24
	06-84	237-29	13	0,974	28,00	27,261	36
	01-83	266-41	41	0,755	26,67	20,128	23
	02-83	267-24	24	0,913	7,84	7,162	7
	03-83	282-30	30	0,866	26,41	22,870	22
	04-83	239-37	37	0,799	29,59	23,632	25
	05-83	247-37	37	0,799	32,90	26,275	19
	06-83	254-40	40	0,766	28,81	22,070	40
	08-83	260-37	37	0,799	22,46	17,937	18
	10-83	322-11	11	0,982	7,80	7,657	4
	5001-74	233-24	33	0,841	103,30	80,846	45
	5002-74	240-27	64	0,447	100,77	45,022	45
	5003-74	258-30	63	0,450	107,02	48,171	65
Σ					444,855	416	SV=0,9351
2	5004-74	249-34	50	0,646	80,92	52,240	33
	5005-74	270-33	65	0,424	68,46	29,010	69
	5007-74	233-28	63	0,449	190,50	86,550	37
	5008-74	231-26	36	0,813	204,22	165,970	42
	5011-74	231-23	31	0,860	166,73	143,370	37
	05-84	211-33	71	0,328	34,81	11,430	9
Σ					488,57	227	SV=0,4646

Tableau 3.10 (suite)

Zone	Forage numéro	Série 4 Azimut- Pendage	γ	Cos γ	L(m)	L'(m)	NF
1	01-84	074-41	41	0,755	56,67	42,769	25
	02-84	022-24	54	0,589	23,00	13,538	4
	03-84	081-46	81	0,157	34,00	5,327	9
	06-83	040-33	69	0,359	28,00	10,056	15
	01-83	061-48	48	0,669	26,67	17,846	3
	02-83	082-35	35	0,819	7,84	6,422	3
	03-83	051-47	47	0,682	26,41	18,011	8
	04-83	045-44	44	0,719	29,59	21,285	25
	05-83	071-42	42	0,743	32,90	24,449	13
	06-83	057-44	44	0,719	28,81	20,714	6
	08-83	033-43	43	0,731	22,46	16,426	15
	10-83	063-37	37	0,799	7,80	6,229	6
	5001-74	060-41	68	0,382	103,30	39,456	7
	5002-74	067-39	19	0,944	100,77	95,178	20
	5003-74	061-30	32	0,846	107,02	90,490	18
\sum					428,206	177	SV=0,4133
2	5004-74	072-40	50	0,647	80,92	52,339	19
	5005-74	027-45	14	0,971	68,46	66,491	8
	5007-74	080-36	2	0,999	190,50	190,430	18
	5008-74	051-40	58	0,536	204,22	109,463	24
	5011-74	090-30	46	0,689	166,73	114,960	34
	05-84	069-44	2	0,999	34,81	34,779	16
\sum					568,462	119	SV=0,2093

$$x_i = \frac{\zeta_i}{L_i'} \quad (3.11)$$

En supposant que les fréquences f_i des densités x_i sont identiques aux longueurs corrigées L_i' du forage i , la moyenne μ_v (avec $\mu_v = S_v$) et l'écart type σ_v de la densité volumique réelle des fractures d'une série donnée sont donnés par les relations:

$$\mu_v = \sum_{i=1}^M \frac{f_i x_i}{N} \quad (3.12)$$

$$\sigma_v = \left[\frac{\sum_{i=1}^M x_i^2 f_i - \left(\sum_{i=1}^M f_i x_i \right)^2}{N(N-1)} \right]^{1/2} \quad (3.13)$$

avec:

$$N = \sum_{i=1}^M f_i \quad (3.14)$$

L'erreur standard sur la densité volumique est:

$$E_v = \sigma_v / \sqrt{N} \quad (3.15)$$

Les résultats issus de ces relations sont fournis dans le tableau 3.11.

Tableau 3.11

Statistiques des densités volumiques des zones 1 et 2 du MANIC 5-P.A.

SÉRIE	ZONE 1			ZONE 2		
	μ_V	σ_V	E_V	μ_V	σ_V	E_V
1	2,9918	7,415	0,61	0,8450	0,716	0,05
2	0,9975	1,112	0,07	0,7900	1,890	0,13
3	0,9351	0,367	0,02	0,4646	0,501	0,02
4	0,4133	0,349	0,02	0,2093	0,114	0,005

CHAPITRE 4: SIMULATION DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES SOUTERRAINES

4.1 Choix de modèles mathématiques de simulation

Le choix est porté sur les modèles NETWORK et NETFLO. Ils ont été développés par Rouleau (1984) dans le cadre d'un programme de recherche concernant le problème d'élimination et de stockage de déchets radioactifs dans les roches cristallines imperméables. Le choix de ces deux modèles est basé sur les critères de sélection suivants:

- Approche stochastique: étant donné la complexité de la nature physique des milieux fissurés, les modèles stochastiques semblent, jusqu'à présent, ceux qui représentent le mieux la réalité des milieux fissurés.
- Approche discontinue: les modèles utilisés tiennent compte de la discontinuité des fractures dans un espace bidimensionnel.
- Géométrie des fissures: c'est un paramètre de grande importance du fait qu'il contrôle considérablement les propriétés de l'écoulement dans un milieu fissuré. À l'exception de la rugosité et de la déformation, ces programmes intègrent toutes les caractéristiques géométriques de chaque série de fractures qui contribuent à l'écoulement. En plus, au lieu des valeurs moyennes des paramètres géométriques des fissures, ces modèles utilisent plutôt leurs distributions statistiques.

- Porosité du milieu: étant donné que notre travail porte sur l'étude de la porosité d'une partie du massif rocheux à Manic-5, notre choix est basé surtout sur le fait que ces modèles ont été conçus également pour donner des informations sur:

1. le volume total des vides (qui donne la porosité totale du milieu);
2. le volume efficace à travers lequel l'écoulement se produit (et qui donne la porosité efficace).

4.2 Description des modèles (Network et Netflo)

Il s'agit, en fait, de deux modèles numériques complémentaires ayant les fonctions suivantes:

4.2.1 FONCTIONS DE NETWORK

Comme données d'entrée, NETWORK a besoin des informations relatives au nombre de séries de fractures, à la densité puis au type et aux paramètres de distribution des longueurs, aux orientations et aux ouvertures de chaque série de fractures. A l'aide de l'approche de Monte-Carlo et en présence de ces données, le modèle NETWORK exécute les séquences suivantes: 1) génération d'un patron de lignes (ou réseau) suivant une distribution pseudo-aléatoire pour les longueurs et les orientations des fractures et aléatoire pour leur centre, (2) le calcul (optionnel) des valeurs d'espacement, (3) la localisation de toutes les intersections efficaces dans le réseau, (4) la génération (optionnelle) d'un fichier de traçage et, finalement, (5) la

définition des éléments (segments de lignes entre deux intersections efficaces consécutives) et l'enregistrement des numéros de noeuds qui identifient chaque élément.

4.2.2 FONCTIONS DE NETFLO

En plus des données d'entrée citées plus haut, le programme NETFLO a besoin des données des conditions aux limites et du réseau de lignes générées par NETWORK. Ensuite, les séquences suivantes sont immédiatement exécutées: 1) détermination des conditions aux limites de chaque noeud situé à la limite du domaine, (2) renumérotation de tous les noeuds pour réduire la largeur de bande de la matrice du système des équations à résoudre, (3) résolution des valeurs inconnues des côtes hydrauliques et, (4) calcul du débit et de la vitesse d'écoulement en chaque segment ainsi que le débit total à chaque limite. Les entrées - sorties de ces modèles sont succinctement décrites à l'annexe B.

4.2.3 APPROXIMATIONS DES MODÈLES

Ces deux modèles supposent: (1) une matrice rocheuse imperméable, (2) l'écoulement bidimensionnel à travers les réseaux de fissures ayant des plans parallèles à surfaces lisses, perpendiculaires au plan de simulation, (3) la validité de la loi de Darcy au niveau de chaque fissure, (4) l'écoulement laminaire (régime permanent), (5) les parois de fissures rigides et non déformables et (6) un milieu statistiquement homogène.

4.3 Préparation des données d'entrée

Le nombre de séries et les distributions de longueurs et d'ouvertures de fractures sont déterminés statistiquement au chapitre 3 et peuvent être utilisés directement comme données d'entrée pour les deux modèles. Le reste des données sera complété en considérant deux plans de simulation de forme rectangulaire: un plan vertical et un plan horizontal et cela par référence à l'axe du canal d'amenée orienté de 65^0 vers l'est. Le plan vertical est pris perpendiculairement à l'axe du canal alors que, dans le plan horizontal, le domaine rectangulaire de simulation a deux de ses côtés parallèles à l'axe du canal.

4.3.1 DONNÉES D'ORIENTATION DES SÉRIES DE FRACTURES

Précédemment, nous avons discuté les méthodes d'analyse des données d'orientation, du nombre de familles de joints existantes, du phénomène du chevauchement et de troncature créé entre ces familles et, enfin, de la tendance centrale des données d'orientation. Dans ce paragraphe, en se référant au travail de Rouleau (1984), nous supposons que l'orientation de chaque série de fractures peut être décomposée en deux variables dépendantes normalement distribuées: direction et pendage. Les valeurs non corrigées des paramètres de cette distribution sont données dans le tableau 4.1.

La détermination des angles d'orientation et des écarts types de chaque famille de joints dans les plans de simulation vertical et horizontal est faite à l'aide de la méthode de représentation stéréographique (Rouleau,

Tableau 4.1

Estimation des paramètres d'une distribution pseudo-normale des orientations de chaque famille de fractures

FAMILLE	DIRECTION		PENDAGE	
	MOYENNE	ÉCART TYPE*	MOYENNE	ÉCART TYPE*
1	228	27	88	17
2	318	24	87	18
3	254	57	30	14
4	54	34	40	13

* Toutes les valeurs des écarts types calculés sont estimées à partir d'une distribution pseudo-normale des directions et pendages des fractures

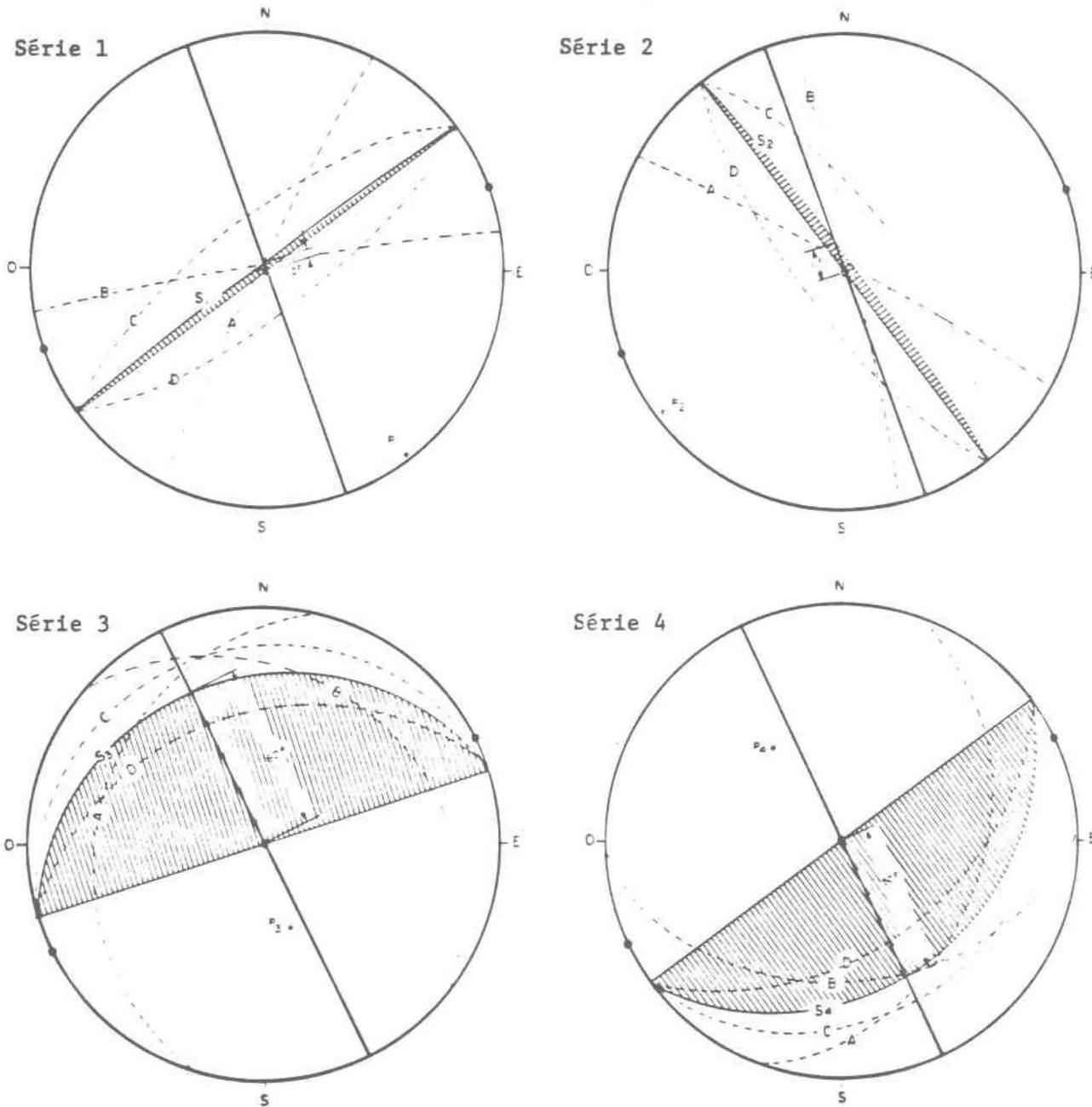
1984). Cette méthode consiste à tracer, pour chaque famille de joints, quatre plans (A, B, C et D) situés à un écart type de part et d'autre du plan moyen de la série et ce, par rapport à l'azimut moyen et au pendage moyen (figure 4.1). Chacun de ces quatre plans doit recouper les plans de simulation vertical et horizontal en un point. Dans le plan vertical, l'orientation moyenne de chaque série correspond simplement à l'orientation de l'intersection du plan moyen de chaque série avec la verticale (ex.: 60° pour la série 3, figures 4.1 et 4.2); l'écart type de chacune de ces séries est calculé directement par la moyenne arithmétique des angles absolus de chaque intersection des plans A, B, C et D avec le plan moyen de la famille (ex.: $8 + 17 + 14 + 14 = 53 \div 4 = 13,25$ pour la série 3). Tandis que dans le plan horizontal, l'orientation moyenne d'une série est observée directement sur la figure 4.1, alors que les écarts types des directions et pendages de fractures sont donnés au tableau 4.1, suivant la convention adoptée pour le programme NETWORK, l'angle d'orientation étant mesuré à partir de l'axe des x dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (figures 4.2 et 4.3). Ces données d'orientation doivent être transformées comme l'indiquent respectivement les tableaux 4.2 et 4.3.

4.3.2 DENSITÉS DES SÉRIES DE FRACTURES

À partir de l'équation (3.8) présentée au chapitre 3 concernant le calcul de la densité volumique des fractures, μ_v , Rouleau (1984) a défini la densité superficielle des fractures, δ_s , dans un plan faisant un angle γ avec le plan moyen d'une série, tel que:

Figure 4.1

Illustration de la variation des orientations des séries de fractures sur l'hémisphère inférieur d'une projection stéréographique



Pôle du plan moyen
Axe du canal d'amenée
Plan moyen d'une série
Plan perpendiculaire au canal d'amenée
Plan orienté d'un écart type de part et d'autre du plan moyen d'une série
par rapport à sa direction et son pendage

Figure 4.2

Orientation des séries de fractures dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe du canal d'amenée

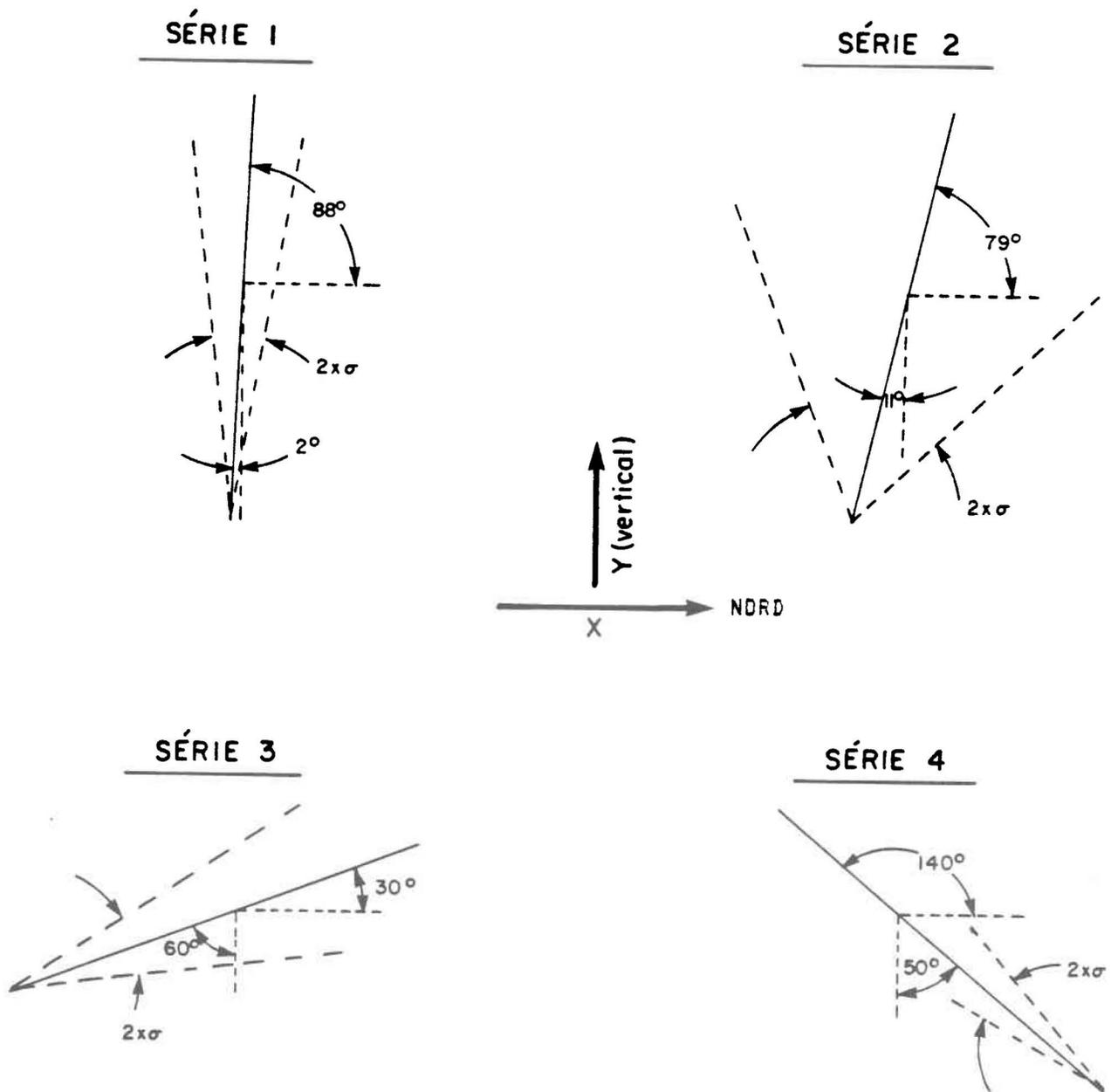


Figure 4.3

Orientation des séries de fractures dans un plan horizontal

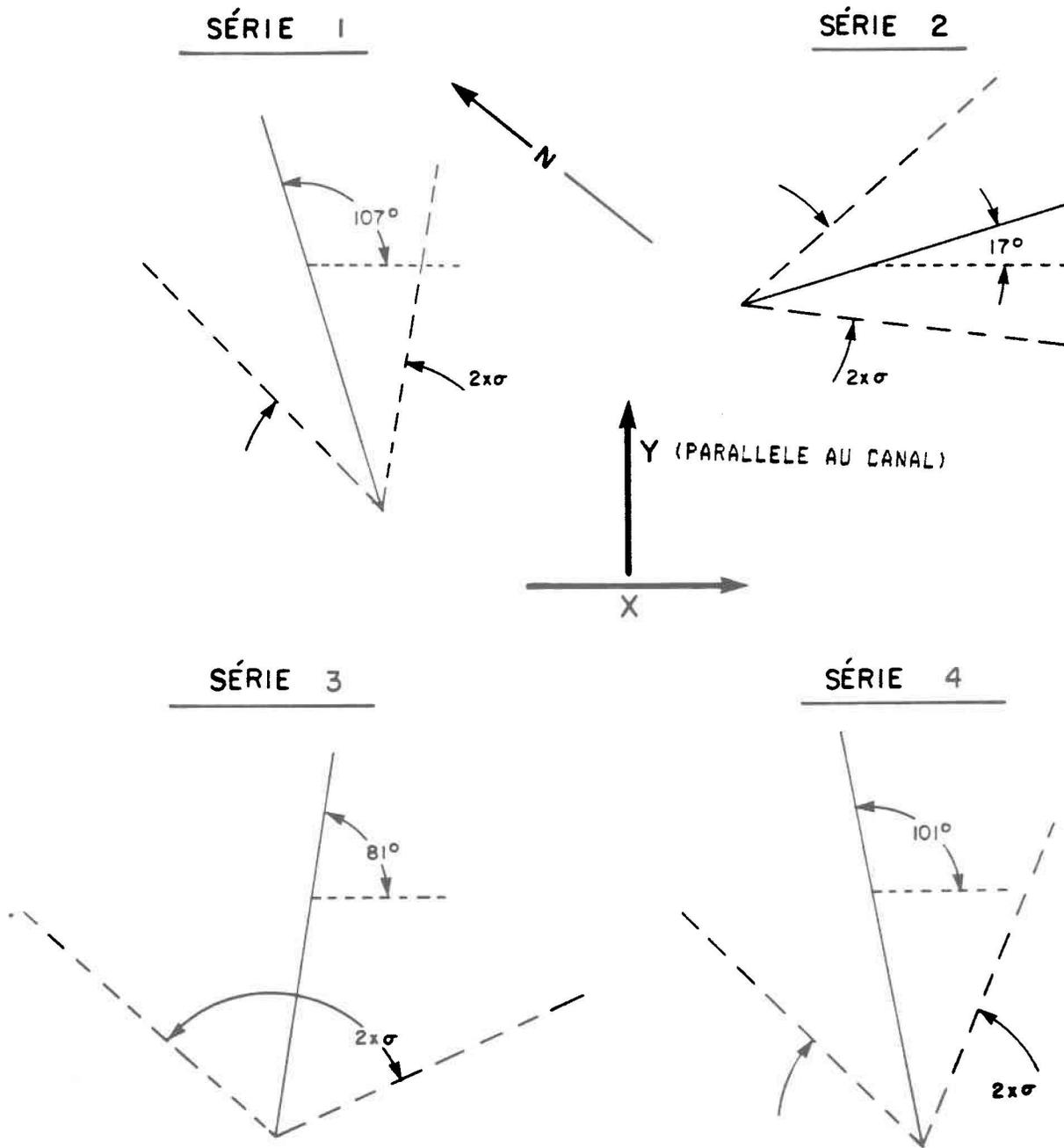


Tableau 4.2

Estimation des paramètres de la distribution des orientations dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe du canal d'amenée orienté de 65° vers l'est

FAMILLE	ANGLE D'ORIENTATION	
	MOYENNE	ÉCART TYPE
1	88	8
2	79	34
3	30	13
4	140	95

N.B.: L'angle d'orientation est mesuré dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à partir de l'axe des X

Tableau 4.3

Estimation des paramètres de la distribution des orientations dans un plan horizontal ayant l'axe Y parallèle à l'axe du canal d'amenée orienté de 65° vers l'est

FAMILLE	ANGLE D'ORIENTATION	
	MOYENNE	ÉCART TYPE
1	107	27
2	17	24
3	81	57
4	101	34

N.B.: L'angle d'orientation est mesuré dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à partir de l'axe des X

$$\delta_s (\gamma) = \mu_v \sin \gamma \quad (4.1)$$

L'erreur standard dans un tel plan est:

$$E_{STD} (\gamma) = E_v \sin \gamma \quad (4.2)$$

où:

γ : correspond directement au pendage du plan moyen de chaque série de fractures, dans le cas d'un plan de simulation horizontal. Quand il s'agit d'un plan de simulation vertical, γ correspond à l'angle situé entre l'axe du canal d'amenée et le pôle du plan moyen de chaque série. Les résultats de cette méthode se trouvent dans le tableau 4.4 et sont utilisés comme données d'entrée du programme NETWORK pour chaque zone considérée.

4.3.3 CONDITIONS AUX LIMITES

4.3.3.1 Dans le plan vertical

Le plan rectangulaire général allant du canal d'amenée au réservoir est indiqué à la figure 4.4. Seules les limites 1, 3, 5 et 7 sont considérées. La limite 1 coïncide avec la verticale issue de la rive du réservoir, la limite 3 est confondue avec la surface, la limite 5 correspond au mur du canal et la limite 7 constitue la base du modèle. Les charges aux limites 1 et 5 sont respectivement 45 m (soit 357-312) et 0 m. La charge à la limite 7 est linéairement décroissante. Dans le cas où il est difficile de

Tableau 4.4

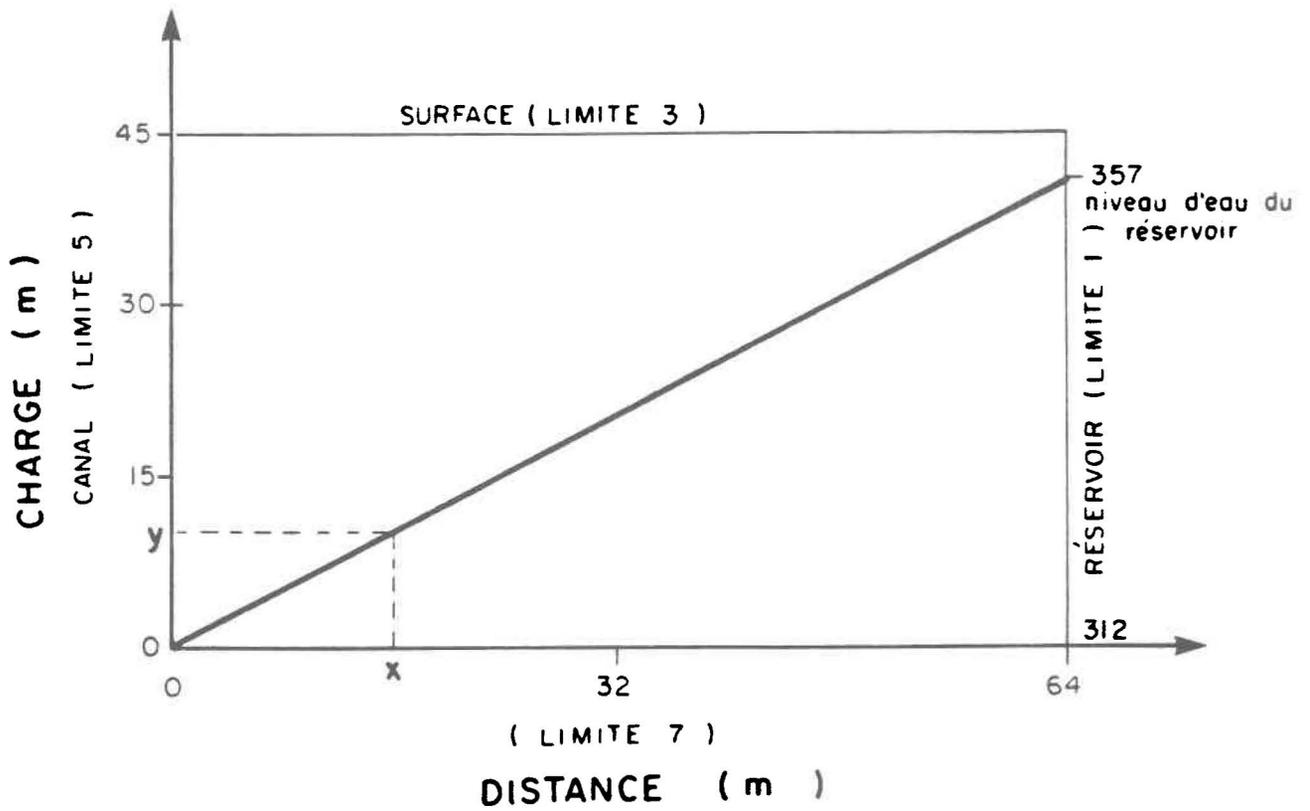
Statistiques des densités des séries de fractures dans les plans vertical et horizontal par rapport à l'axe du canal d'amenée

PLAN	SÉRIE	γ	SIN γ	ZONE 1				ZONE 2			
				μ_V [m ⁻¹]	E_V [m ⁻¹]	$\delta_S(\gamma)$ [m ⁻¹]	$E_{STD}(\gamma)$ [m ⁻¹]	μ_V [m ⁻¹]	E_V [m ⁻¹]	$\delta_S(\gamma)$ [m ⁻¹]	$E_{STD}(\gamma)$ [m ⁻¹]
VERTICAL	1	73	0,9563	2,9918	0,61	2,86	0,59	0,845	0,05	0,81	0,05
	2	18	0,3090	0,9975	0,07	0,31	0,03	0,790	0,13	0,24	0,04
	3	86	0,9876	0,9350	0,02	0,93	0,02	0,465	0,02	0,46	0,02
	4	82	0,9900	0,4133	0,02	0,41	0,02	0,209	0,005	0,21	0,005
HORIZONTAL	1	88	0,9994	2,9918	0,61	2,99	0,61	0,845	0,05	0,84	0,05
	2	87	0,9986	0,9975	0,07	1,00	0,07	0,790	0,13	0,79	0,13
	3	30	0,5000	0,9350	0,02	0,47	0,01	0,465	0,02	0,23	0,01
	4	40	0,6428	0,4133	0,02	0,26	0,01	0,209	0,005	0,13	0,003

- γ : angle (en degrés) entre le plan moyen d'une famille de fractures et le plan du modèle
 μ_V : densité volumique des fractures d'une série [m⁻¹]
 E_V : erreur standard des μ_V [m⁻¹]
 $\delta_S(\gamma)$: densité superficielle de fractures dans un plan vertical (respectivement dans un plan horizontal) faisant un angle γ avec le plan moyen d'une famille de fractures [m⁻¹]
 $E_{STD}(\gamma)$: erreur standard de la densité par rapport aux deux plans vertical et horizontal

Figure 4.4

Plan rectangulaire général allant du canal d'amenée au réservoir Manic 5-P.A.



simuler tout le domaine, la réduction peut se faire suivant la figure 4.4. Ainsi, on obtient un nouveau domaine (figure 4.5a) dont les limites 1 et 3 sont parallèles respectivement à la verticale issue du réservoir et à la surface. Les conditions aux limites 5 et 7 restent inchangées, tandis que la charge à la nouvelle limite 1 devient proportionnelle à la charge au barrage (soit, par exemple, 7 m pour une distance de 10 m par rapport au canal). Quant à la limite 3, plusieurs conditions peuvent être envisagées. Dans un premier temps, nous avons considéré une charge constante de 7 m. Cette condition a été vite rejetée puisqu'elle entraîne une chute brusque de charge de la limite 3 à la limite 5. Dans un second temps, une charge décroissante a été essayée. Ainsi, d'après les cinq premières simulations préliminaires présentées au tableau 4.5, on constate que le débit sortant à la limite 3 est de 1,2 fois plus grand que celui qui sort à la limite 5. En transposant ce résultat au domaine réel simulé, on constate que le débit qui tend à monter vers la surface sera de 1.2 fois plus élevé que celui qui est récupéré dans le canal, ce qui n'est pas réaliste. À cause de ce problème et du fait que le modèle NETFLO n'offre pas la possibilité d'inclure une surface libre, nous avons imposé une limite imperméable à la limite 3. Il faut aussi rappeler que cette limite peut être subdivisée en deux limites 3 et 4 ayant chacune une condition différente. Cette option n'a pas été étudiée à cause de sa complication.

4.3.3.2 Dans le plan horizontal

Comme précédemment, quatre limites sont utilisées (figure 4.5b); les limites 1 et 5 sont respectivement parallèles à la rive du réservoir et, au

Figure 4.5

Conditions aux limites (C.L.) dans: (a) plan vertical; (b) plan horizontal

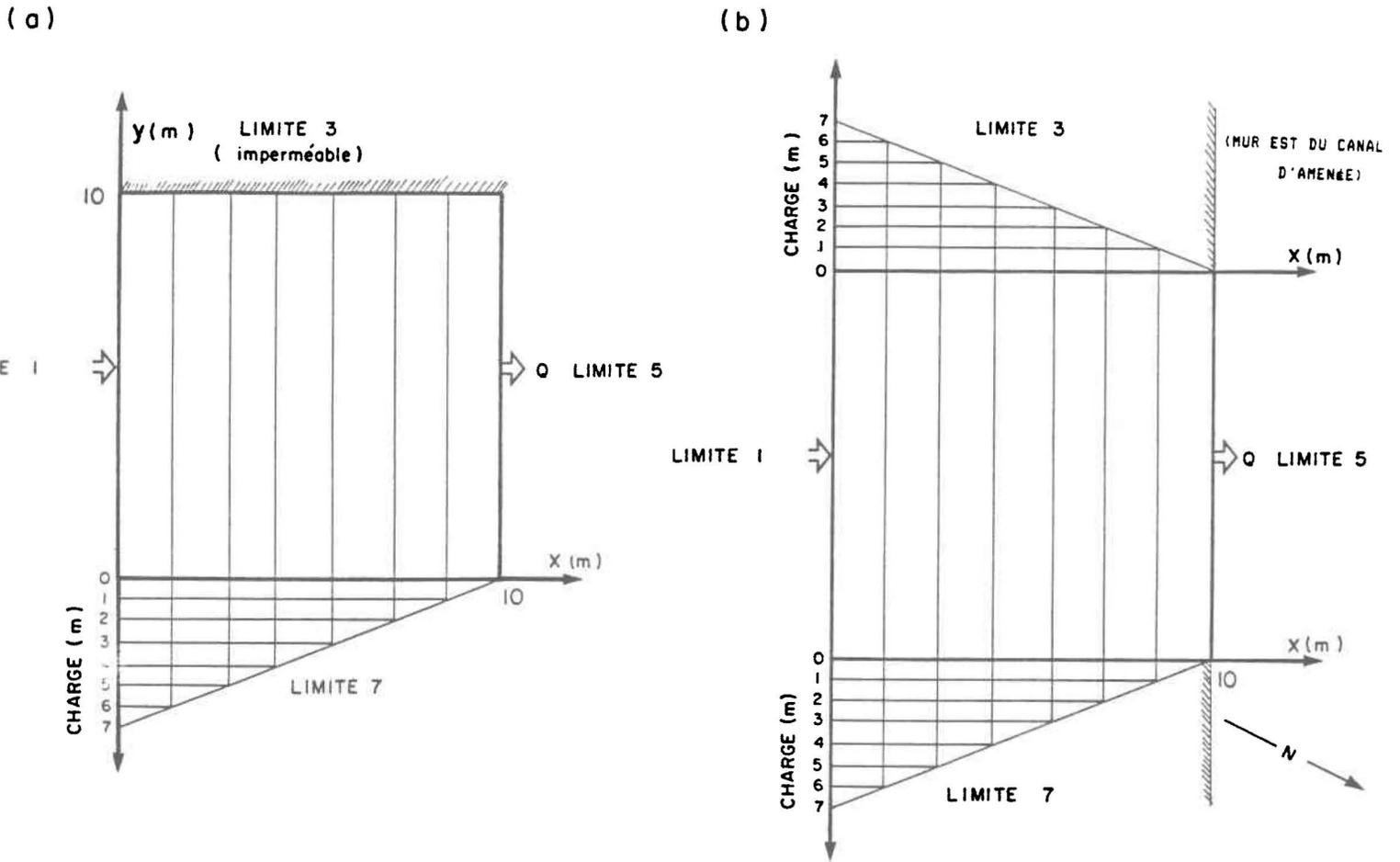
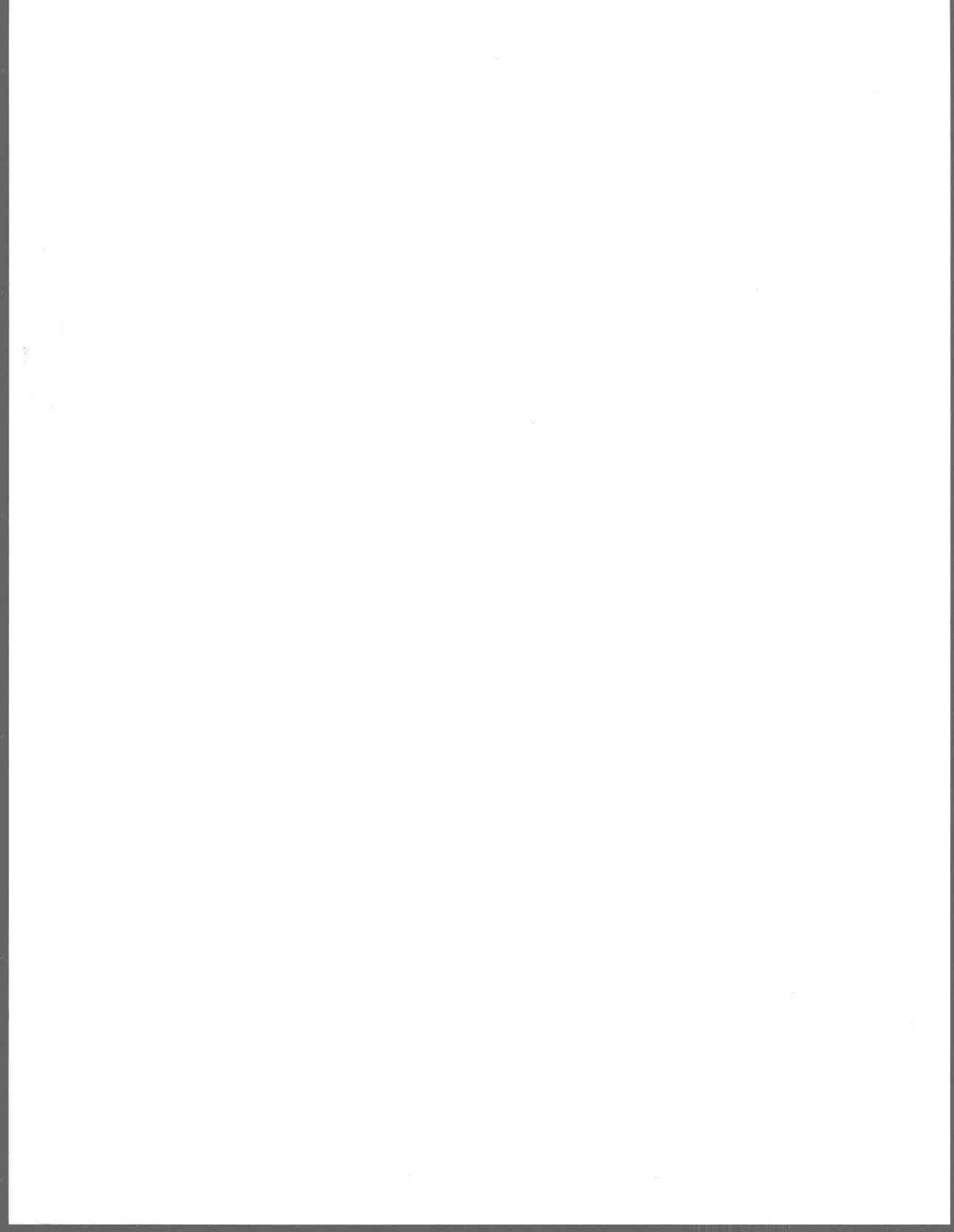


Tableau 4.5

Débits d'écoulement à différentes limites des cinq premières simulations préliminaires

SIMU- LA- TION	LIMITE DU PLAN DU MODÈLE			
	1	3	5	7
1	5.33E-05	-4.68E-05	-2.10E-05	1.45E-05
	9.05E-05	-1.05E-04	-1.40E-05	2.81E-05
	1.04E-05	-9.97E-06	-4.05E-06	3.62E-06
	3.13E-05	-2.77E-05	-1.88E-05	1.52E-05
2	1.23E-04	-4.90E-05	-2.22E-05	-5.20E-05
	1.54E-05	-1.14E-05	-2.54E-05	2.14E-05
	1.52E-06	2.05E-07	-2.71E-06	9.85E-07
	9.44E-06	-1.69E-06	-5.09E-06	-2.65E-06
3	1.47E-05	9.27E-06	-3.12E-05	7.23E-06
	3.79E-05	-2.47E-05	-5.72E-06	-7.53E-06
	3.28E-06	-3.43E-06	-1.72E-06	1.87E-06
	6.89E-06	4.84E-07	-1.08E-05	3.45E-06
4	6.36E-06	5.44E-06	-3.76E-05	2.58E-05
	5.89E-06	-2.53E-06	-7.01E-06	3.65E-06
	2.46E-06	-3.13E-07	-1.02E-05	8.09E-06
	4.09E-06	1.11E-06	-2.17E-06	-3.03E-06
5	8.33E-06	-1.21E-06	-8.54E-06	1.42E-06
	1.17E-05	-9.96E-06	-5.03E-05	4.86E-05
	7.13E-06	-5.44E-06	-5.26E-06	3.57E-06
	7.56E-06	-3.99E-05	-2.70E-06	3.50E-05
∑	4.51E-04	-3.22E-04	-2.87E-04	1.57E-04
MOY.	2.26E-05	-1.61E-05	-1.43E-05	7.87E-06
%	7.42E-01	5.29E-01	4.71E-01	2.58E-01

N.B: Les valeurs negatives indiquent les debits sortant d'une limite



canal d'amenée, ont la même charge que celle du plan vertical. Les limites 3 et 7 sont perpendiculaires à l'axe du canal d'amenée ayant des charges linéaires décroissantes.

4.4 Simulations numériques

La zone 2 étant considérée comme suffisamment imperméable, sa porosité semble donc être suffisamment petite pour qu'une intervention de coulis "grouting" y soit faite. Dans ce qui suit, nous nous contenterons d'étudier uniquement la zone 1.

4.4.1 SIMULATION DANS UN PLAN VERTICAL

L'objectif de cette étude est de simuler les propriétés hydrauliques d'une tranche¹ du massif rocheux allant du canal d'amenée à la rive du réservoir. Malheureusement, étant donné la densité élevée des séries de fractures d'une part, et la limitation de la capacité des calculs et de mémoire de stockage sur le système CDC à 203 K par usager d'autre part, on ne peut pas dépasser un plan de simulation de 10 x 10 m². Comme le modèle NETFLO simule une tranche d'épaisseur de 1 m, le volume simulé est de 10 x 10 x 1 m³.

¹ Tranche de 64 m sur 45 m comprise entre les PM 1040 à 1100.

Tous les paramètres d'entrée ont une marge d'erreurs. Nous allons considérer seulement les paramètres suivants: 1) ouverture de fracture, 2) perméabilité du milieu poreux équivalent issue des données des essais d'eau sur le terrain, 3) densité et 4) longueur de fracture. L'évaluation de l'influence des erreurs de chacun de ces paramètres sur la porosité totale du milieu étudié peut être déterminée par une analyse de sensibilité basée sur un nombre de simulations (réalisations) suivant le schéma général de la figure 4.6. Cinquante-quatre simulations ont été exécutées dans un plan vertical et réparties comme décrit ci-dessous.

4.4.1.1 Influence sur la porosité totale de la perméabilité équivalente des essais d'eau

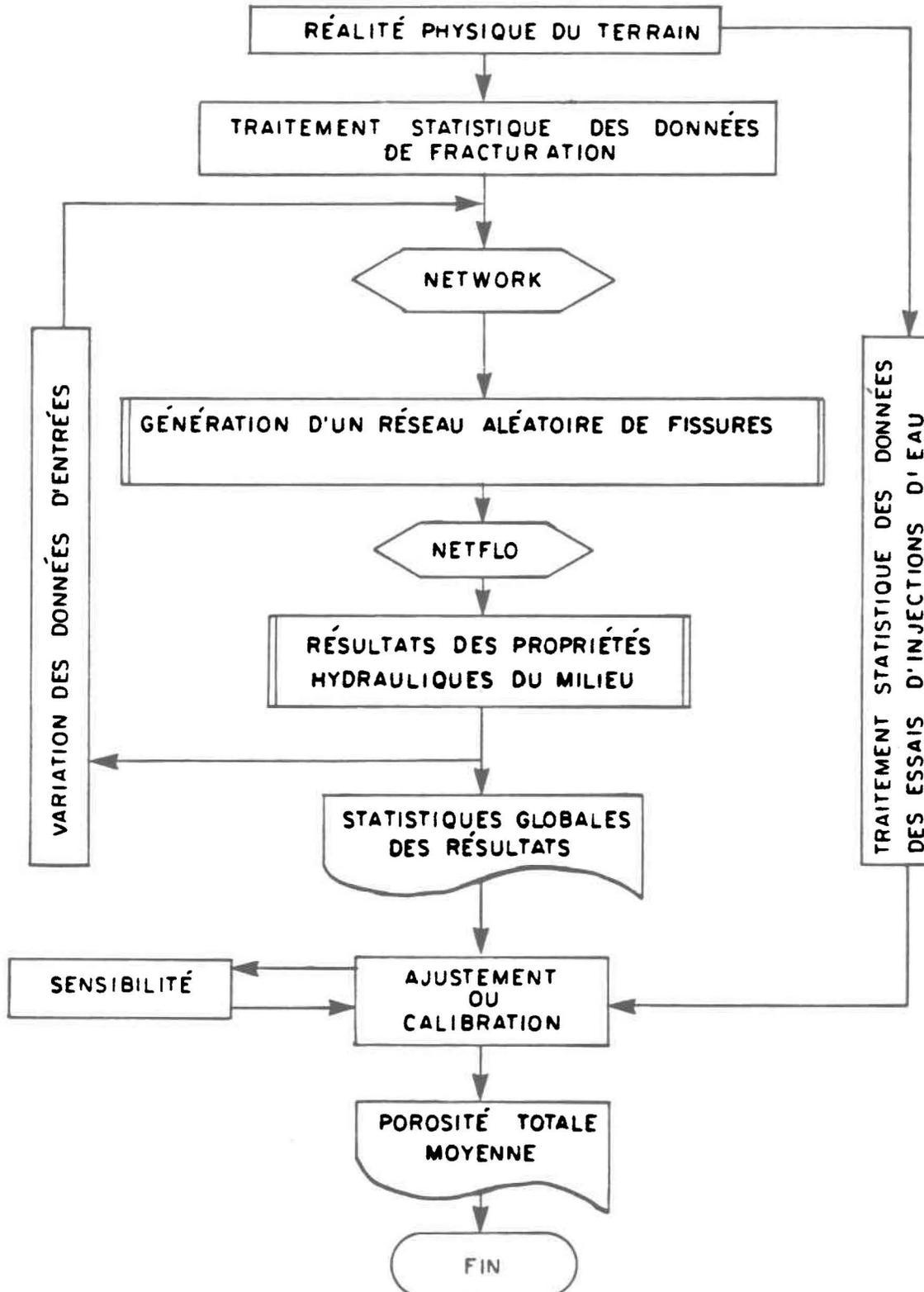
À cause de l'approche stochastique utilisée par les modèles (méthode de Monte-Carlo), plusieurs simulations sont nécessaires pour chaque cas considéré, pour obtenir une tendance plus significative des résultats de simulations. Dans ce but, nous avons voulu, pour l'ensemble des réalisations du présent travail, nous limiter à huit simulations pour chaque paramètre d'entrée considéré. Dans ce paragraphe, aucune modification n'a été faite sur les paramètres des modèles, à l'exception du "SEED"¹ et des ouvertures moyennes "AAP"². Ces dernières (AAP) varient proportionnellement aux valeurs d'ouvertures moyennes données par géocaméra. Quant aux écarts types

¹ SEED: Valeur initiale qui permet de générer des variables aléatoires, comprise entre 1 et 2147483647.

² AAP : Moyenne du logarithme naturel des ouvertures.

Figure 4.6

Schéma général de la méthodologie suivie; plan des simulations



ils demeurent toujours constants. Nous avons considéré, durant l'ensemble des simulations quatre valeurs d'ouvertures différentes (quatre NAAP¹) et quatre types d'échantillonnages d'ouvertures différentes (quatre NAP²). De ce fait, 16 débits drainant le réservoir sont simulés pendant chaque réalisation. Suite à la réduction du plan rectangulaire établi (figure 4.4) par rapport à la charge, les débits simulés sont obtenus en faisant correspondre une charge constante de 7 m à la limite 1 du plan de simulation vertical. Par ailleurs, en considérant une tranche du domaine à simuler d'épaisseur $e = 1$ m, la perméabilité du milieu équivalent k_s , à partir du débit simulé Q_s , est calculée suivant la formule de Darcy, $Q_s = -k_s e h \frac{\partial H}{\partial x}$, soit:

$$k_s = - \frac{Q_s}{e \cdot h \cdot \frac{\partial H}{\partial x}}$$

où:

h : hauteur de la tranche du domaine simulé, [L];

$\frac{\partial H}{\partial x}$: gradient de charge hydraulique entre la limite 1 et le mur du canal d'amenée, [L/L].

Les valeurs de porosités simulées (θ_s) peuvent être obtenues à partir d'un fichier de sortie du programme NETFLO (Annexe A, tableau A.1). Il

¹ NAAP: Nombre de différentes valeurs de AAP à utiliser dans la génération des ouvertures.

² NAP : Nombre de distributions des ouvertures à générer pour chaque valeur de AAP.

suffit donc de calculer le rapport moyen du volume total du réseau de fractures (V_F) et du volume total du bloc de roche (V_T) pour chaque ouverture moyenne (NAAP) considérée, soit:

$$\theta_s = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \frac{(V_F)_i}{V_T}$$

avec:

$$K = \text{NAAP}$$

Chaque simulation comprend ainsi quatre valeurs de porosité simulée (θ_s). Pour les simulations (R001 à R008), l'analyse statistique des perméabilités calculées (K_s) versus porosités (θ_s) montre une tendance linéaire (figure 4.7) dont la droite de régression croise la droite de $K_{LN} = -14.73$ (moyenne de la distribution log-normale des perméabilités) (tableau 3.6)) en une porosité totale moyenne $\theta_s = -7.38$ (ou $6,24 \cdot 10^{-4}$). Également, on peut procéder de la même façon avec les ouvertures de fractures à condition que celles-ci soient de même grandeur pour toutes les séries de fractures. D'après le tableau 3.5, l'ouverture moyenne qui convient le mieux aux fractures de toutes les séries est l'ouverture de la série 2. Ainsi, en supposant que toutes les fractures ont les mêmes ouvertures moyennes que celles de la série 2, la meilleure valeur d'ouverture estimée est donnée à la figure 4.8 soit - 9,24 (ou 97μ). Les graphiques des figures 4.7 et 4.8 constituent le support de comparaison de base des résultats des simulations R01A à R040.

Le même raisonnement ci-dessus a été réutilisé sans toutefois considérer la distribution log-normale des perméabilités des essais d'eau et les

Figure 4.8

Relation perméabilité / ouverture des séries de fractures: ajustement par rapport à la moyenne d'une ouverture log-normale des perméabilités in situ [κ_{LN})obs]

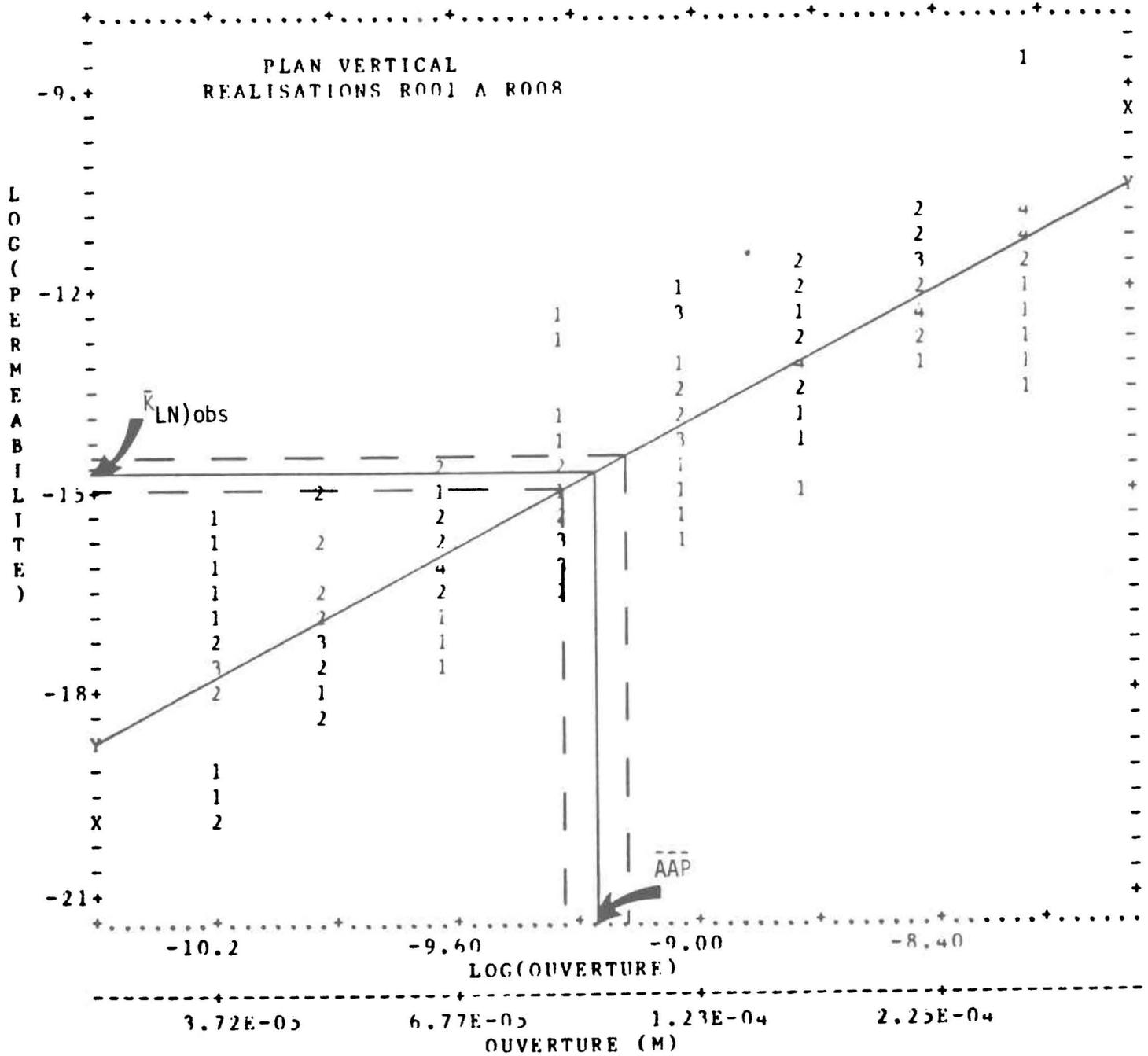
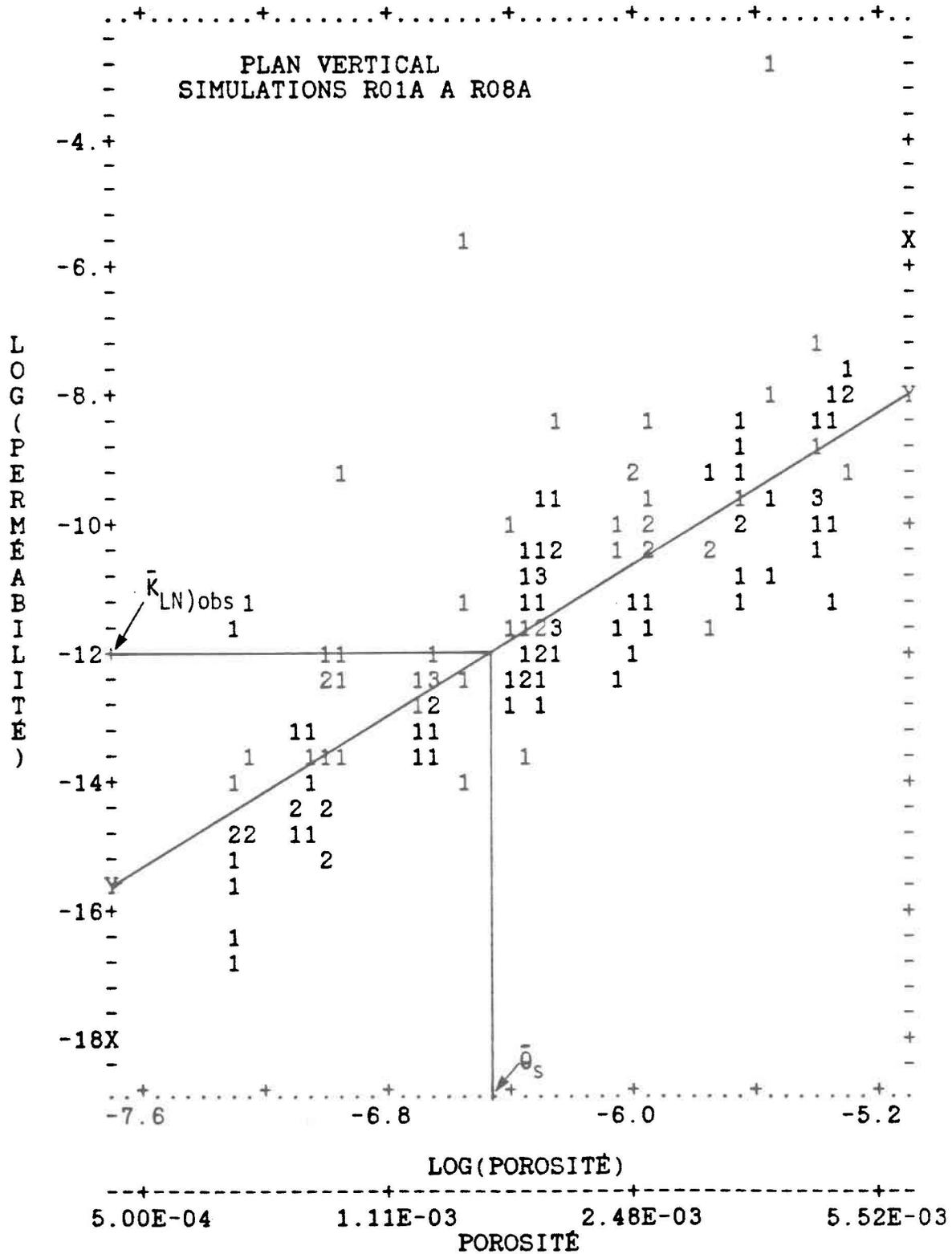


Figure 4.9

Relation perméabilité / porosité totale du milieu: ajustement par rapport au logarithme naturel de la moyenne des perméabilités in situ [k_{obs}]



simulations correspondantes sont R01A à R08A. Les graphiques des perméabilités calculées (K_s) versus porosités (θ_s) (figure 4.9) et K_s versus ouvertures (AAP) (figure 4.10), montrent une tendance linéaire dont la droite de régression croise celle de la perméabilité observée \bar{K}_{Ln} (ou \bar{K}_{OBS}) en une porosité totale moyenne $\bar{\theta}_s = - 6,51$ (ou $1,49 \cdot 10^{-3}$) dans le premier cas et en une moyenne d'ouverture AAP = - 8,37 (ou 232 μ) dans le second cas.

En faisant la comparaison de l'ouverture moyenne des fractures données par les essais d'injection d'eau avec les ouvertures moyennes simulées (tableau 4.6), la considération d'une distribution log-normale de la perméabilité fournit des résultats plus acceptables que ceux d'une distribution normale.

4.4.1.2 Sensibilité des longueurs

Afin d'illustrer l'influence de la variation des longueurs de fractures sur la porosité totale du milieu, nous avons opéré de la façon suivante:

Dans un premier temps, nous avons réalisé huit simulations (R009 à R016) dans lesquelles nous avons maintenu constantes les longueurs de fractures à leurs valeurs¹ moyennes initiales plus une erreur standard. Le reste des paramètres est inchangé à l'exception des ouvertures, lesquelles suivent les mêmes variations que celles des simulations R001 à R008. Dans un second temps, le même raisonnement est appliqué aux simulations R017 à

¹ Distribution des longueurs de chaque série avec les écarts types constants et non nuls (cf. tableau 3.4).

Figure 4.10

Relation perméabilité / ouverture des séries de fractures: ajustement, par rapport au logarithme naturel de la moyenne des perméabilités in situ [k_{obs}]

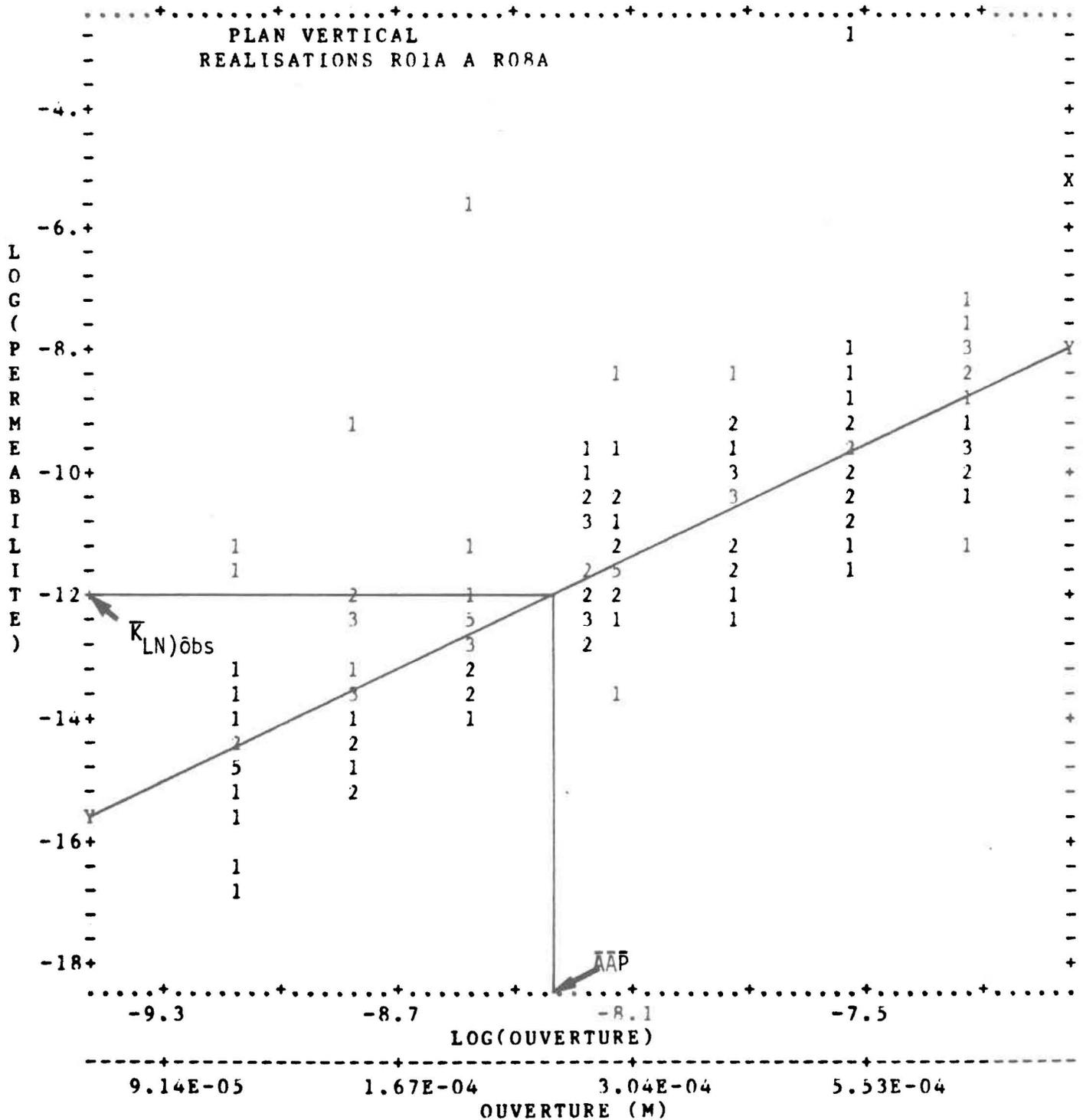


Tableau 4.6

Comparaison des statistiques des réalisations R001 à R008 et R01A à R08A

RÉALISATIONS	\bar{K}_{obs}	θ_s			AAP		ESSAIS D'EAU
		Y	θ_s	$E_{STD\%}$	Y	SIMULATIONS	
R001 à R008	- 14,73 (log)	3,17x + 8,72	- 7,38 (6,24 10 ⁻⁴)	8	3,12x + 14,11	- 9,24 ⁽¹⁾ (97 μ)	
R01A à R08A	6,02 10 ⁻⁶ (sans log)	2,71x + 6,92	- 6,51 (1,49 10 ⁻³)	23	2,85x + 11,86	- 8,37 (232 μ)	- 9,89 ¹ (51 μ)

K_{obs} : perméabilité moyenne observée in situ
 θ_s : porosités simulées
 θ_s : porosité moyenne simulée
 Y : droite de régression
 AAP : ouvertures moyennes

¹ Valeur d'ouverture des fractures de la zone 1 obtenue au tableau 3.5

R024 sauf qu'au lieu d'ajouter une erreur standard nous l'avons soustraite. L'étude des perméabilités calculées (K_s) versus porosités (θ_s) des simulations R009 à R016 et R017 à R024 est montrée respectivement dans les figures 4.11 et 4.12.

La superposition des graphiques des figures 4.7, 4.11 et 4.12 est faite à la figure 4.13. La relation qui se dégage des variations des longueurs moyennes n'est pas assez significative.

Si, en moyenne, l'erreur standard sur les longueurs moyennes des séries de fractures est de 7 % (moyenne des erreurs standards, tableau 3.4) l'erreur standard introduite sur la porosité totale du milieu est:

$$E_{std} = \frac{|\bar{\theta}_{smax} - \bar{\theta}_{smin}|}{2}$$

soit 9 % et la meilleure valeur estimée de porosité totale moyenne estimée est:

$$\theta_{te} = (\bar{\theta}_{smax} + \bar{\theta}_{smin}) / 2$$

soit:

$$\theta_{te} = - 7,37 \text{ (ou } 6,30 \cdot 10^{-4}\text{)}$$

Figure 4.11

Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère augmentation des longueurs ($ALE + E_{STD}$) sur la porosité totale du milieu

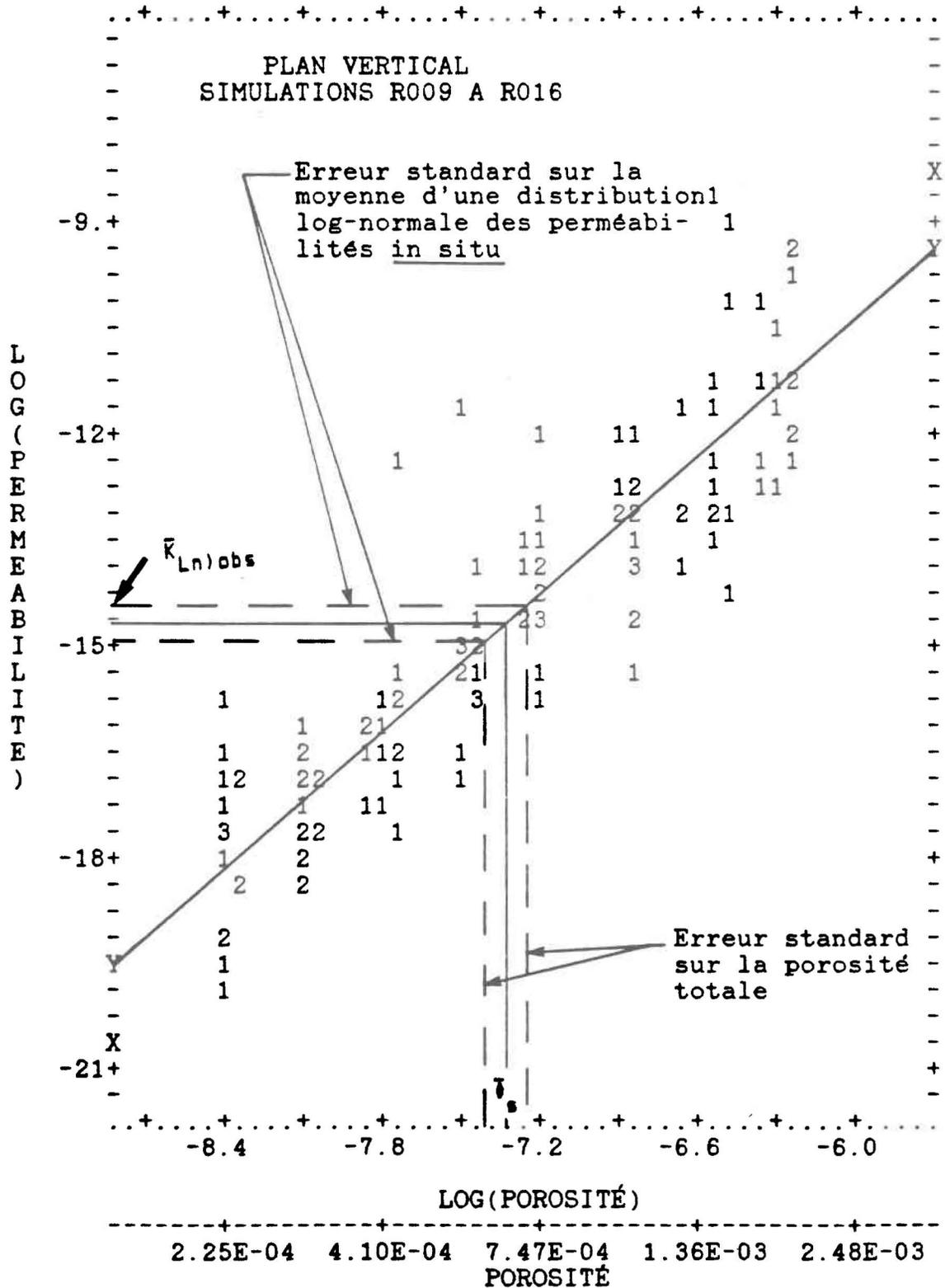


Figure 4.12

Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère diminution des longueurs (ALE - E_{std}) sur la porosité totale du milieu

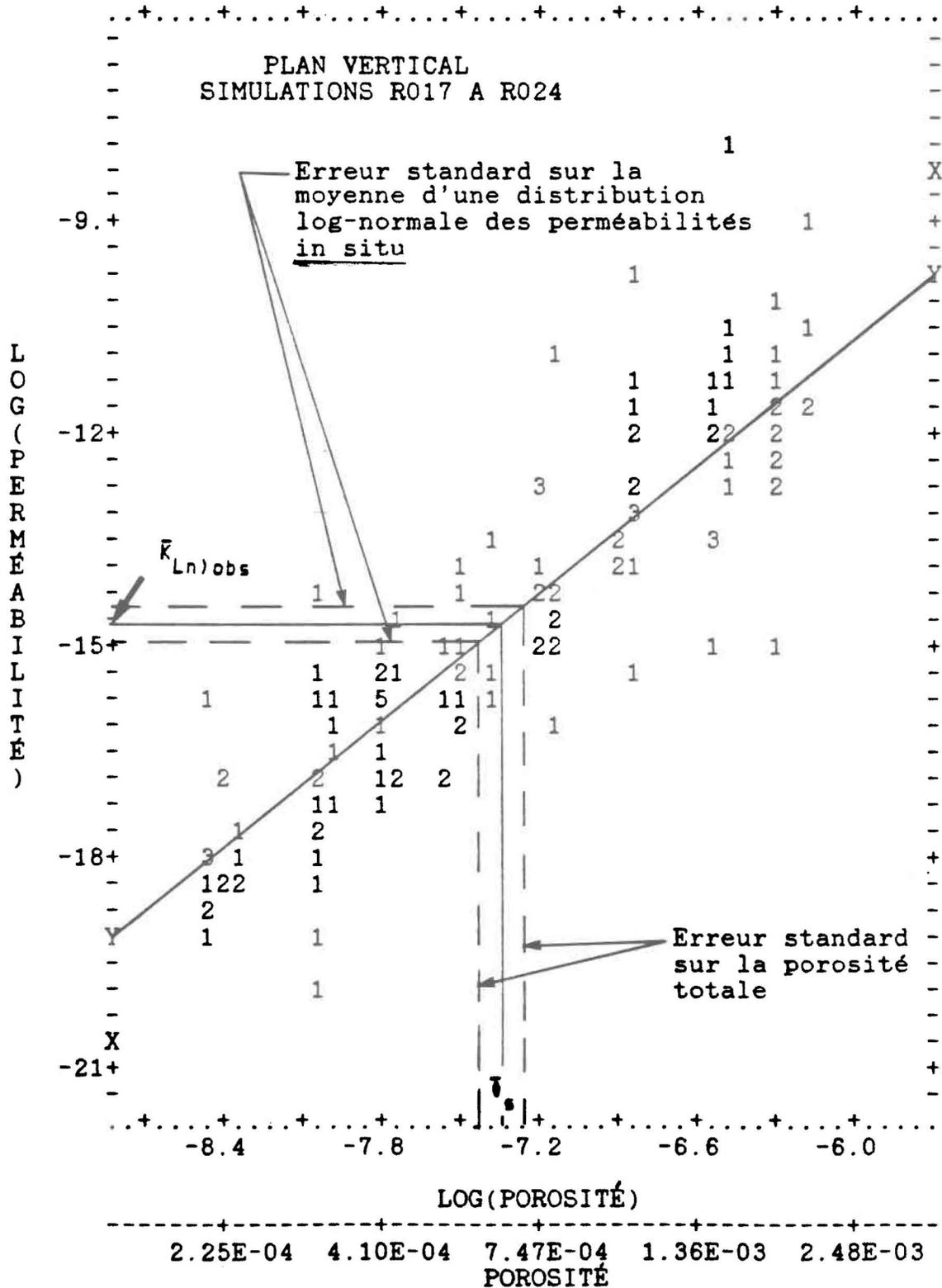
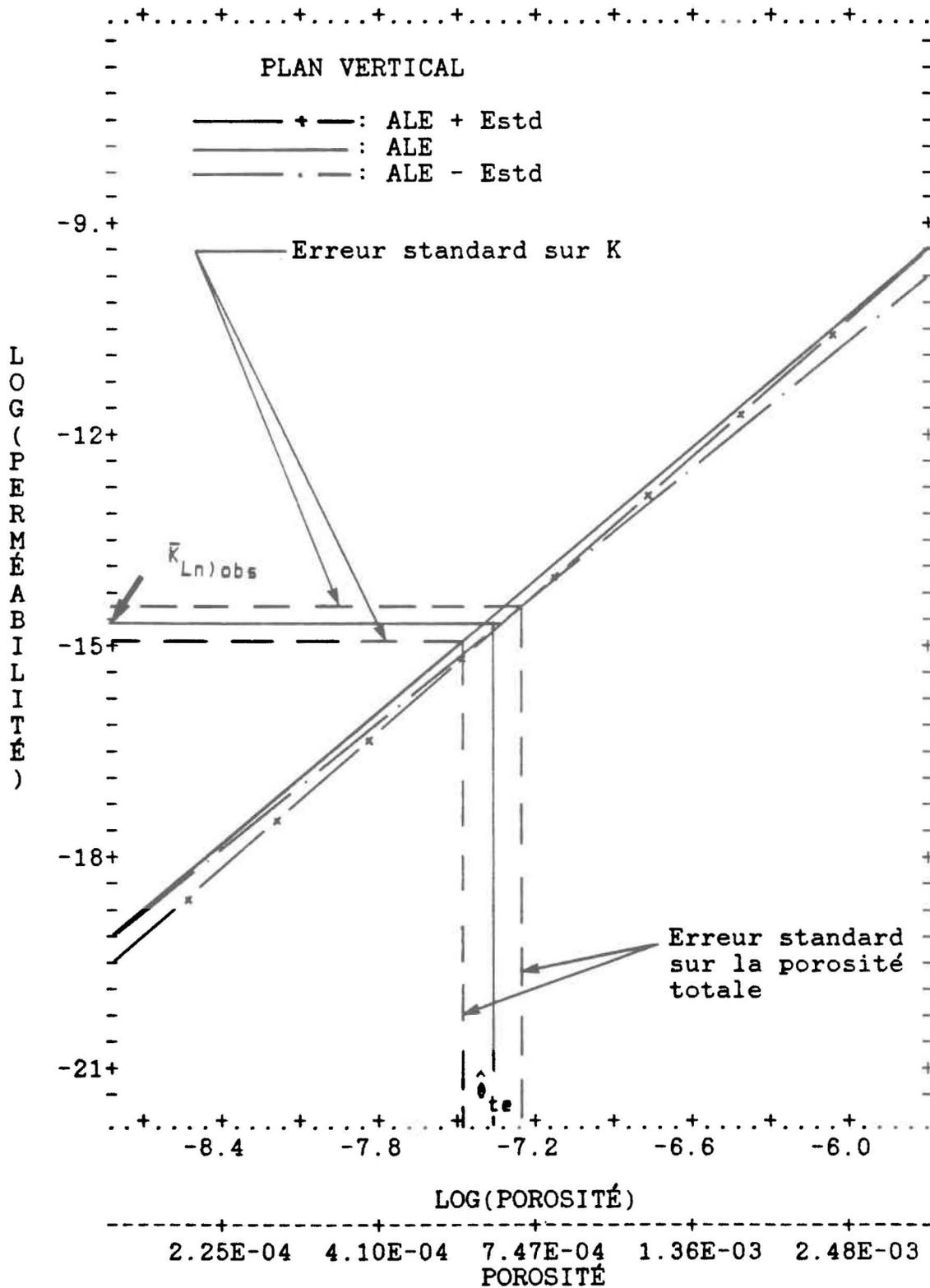


Figure 4.13

Influence de la variation des longueurs des séries de fractures sur la porosité totale du milieu (superposition des figures 4.9, 4.11 et 4.12)



4.4.1.3 Sensibilité des densités

La même démarche que pour les variations des longueurs a été suivie pour les densités. Il s'agit de maintenir fixes, pour chaque série, les moyennes des densités plus une erreur standard dans les simulations R025 à R032. Par contre, l'opération inverse est mise en évidence dans les simulations R033 à R040. Les graphiques des perméabilités simulées (K_s) versus porosités (θ_s) des simulations R025 à R032 et R033 à R040 sont indiqués respectivement aux figures 4.14 et 4.15 et leur superposition sur le graphique de la figure 4.7 est donnée à la figure 4.16. L'examen des courbes de cette dernière figure montre une augmentation de la porosité totale (diminution de la pente de la droite de régression) avec l'augmentation de la densité.

Si, en moyenne, une erreur $E_{std} = 17\%$ est commise au niveau des densités des fractures, l'erreur introduite sur la porosité totale du milieu est calculée à partir du graphique de la figure 4.16, et correspond à $E'_i = | \bar{\theta}_{max} - \bar{\theta}_{min} | / 2$, soit $E'_i = 16\%$. En effet, la meilleure valeur estimée de porosité totale moyenne du milieu est:

$$\theta_{te} = (\bar{\theta}_{smax} + \bar{\theta}_{smin}) / 2$$

soit:

$$\theta_{te} = - 7,42 \text{ (ou } 5,99 \cdot 10^{-4}\text{)}$$

Tous les résultats que nous venons de décrire sont résumés dans les tableaux 4.7a et 4.7b.

La comparaison des résultats des tableaux 4.7a et 4.7b montre que la porosité totale du milieu est plus sensible à la variation des densités des fractures qu'à celle de leurs longueurs.

4.4.1.4 Influence des variations de longueurs et de densités des séries de fractures sur le rapport porosité efficace et porosité totale

L'utilisation des rapports de porosité efficace et de porosité totale a été faite dans le but d'évaluer les proportions de fractures qui contribuent plus efficacement à l'écoulement dans la zone étudiée, et ce, à l'égard des différents types d'échantillonnages aléatoires évoqués par la méthode de Monte-Carlo. L'influence de la variation des longueurs et des densités des séries de fractures apparaît à la figure 4.17. Dans celle-ci, on peut constater que les proportions de fractures qui contribuent plus efficacement à l'écoulement sont d'autant plus élevées que les longueurs ou les densités des séries de fractures augmentent. Cela a été obtenu en considérant un plan bidimensionnel. Or, en réalité, comme le milieu étudié est tridimensionnel, la remarque précédente serait probablement beaucoup plus significative par rapport aux degrés d'interconnectivité des fractures que par rapport à la plupart du reste des paramètres considérés plus haut.

Tableau 4.7a

Statistiques générales des effets de variation des longueurs des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu

LONGUEUR	OUVERTURE					POROSITÉ				
	Y	\overline{AAP}	$E_{\overline{AAP}}$ (%)	E_{IND} (%)	\widehat{AAP}	Y	$\overline{\theta}_s$	$E_{\overline{\theta}_s}$ (%)	E_{IND} (%)	$\widehat{\theta}_{TE}$
ALE + E_{STD}	$3,23 x + 14,90$	- 9,18 (103 μ)	7,2			$3,18 x + 8,60$	- 7,35 (6,43 10^{-4})	7,3		
ALE	$3,16 x + 14,47$	- 9,24 (97 μ)	7,4	10,3	- 9,21 (100 μ)	$3,17 x + 8,71$	- 7,38 (6,24 10^{-4})	7,3	9	- 7,37 (6,30 10^{-4})
ALE - E_{STD}	$3,16 x + 14,31$	- 9,20 (101 μ)	7,4			$3,10 x + 8,05$	- 7,35 (6,43 10^{-4})	7,5		

Tableau 4.7b

Statistiques générales des effets de variation de densités des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu

DENSITÉ	OUVERTURE					POROSITÉ				
	Y	AAP	E _{AAP} (%)	E _{IND} (%)	AAP	Y	θ _S	E _{θ_S} (%)	E _{IND} (%)	θ _{TE}
δ _S + E _{STD}	2,98 x + 13,03	- 9,32 (90μ)	7,8			3,06 x + 7,72	- 7,33 (6,56 10 ⁻⁴)	7,6		
δ _S	3,16 x + 14,47	- 9,24 (97μ)	7,4	13,1	- 9,26 (95μ)	3,17 x + 8,71	- 7,38 (6,24 10 ⁻⁴)	7,3	16,4	- 7,42 (5,99 10 ⁻⁴)
δ _S - E _{STD}	3,18 x + 14,52	- 9,20 (101μ)	7,3			3,19 x + 9,23	- 7,51 (5,48 10 ⁻⁴)	7,3		

AAP : ouverture moyenne

E_{AAP} : erreur standard sur AAP

AAP : meilleur estimé de AAP

E_{IND} : erreur introduite par les mesures de perméabilité in situ et de longueur (ou densité) sur AAPθ_S : porosité totale moyenneE_{θ_S} : erreur standard sur θ_Sθ_{TE} : meilleur estimé de θ_SE_{IND} : erreur induite par les mesures de perméabilité et de longueur (ou densité) sur θ_{TE}

Y : équation de la droite de régression

μ : unité de mesure (microns)

Figure 4.14

Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère augmentation des densités ($\delta_s + E_{std}$) sur la porosité totale du milieu

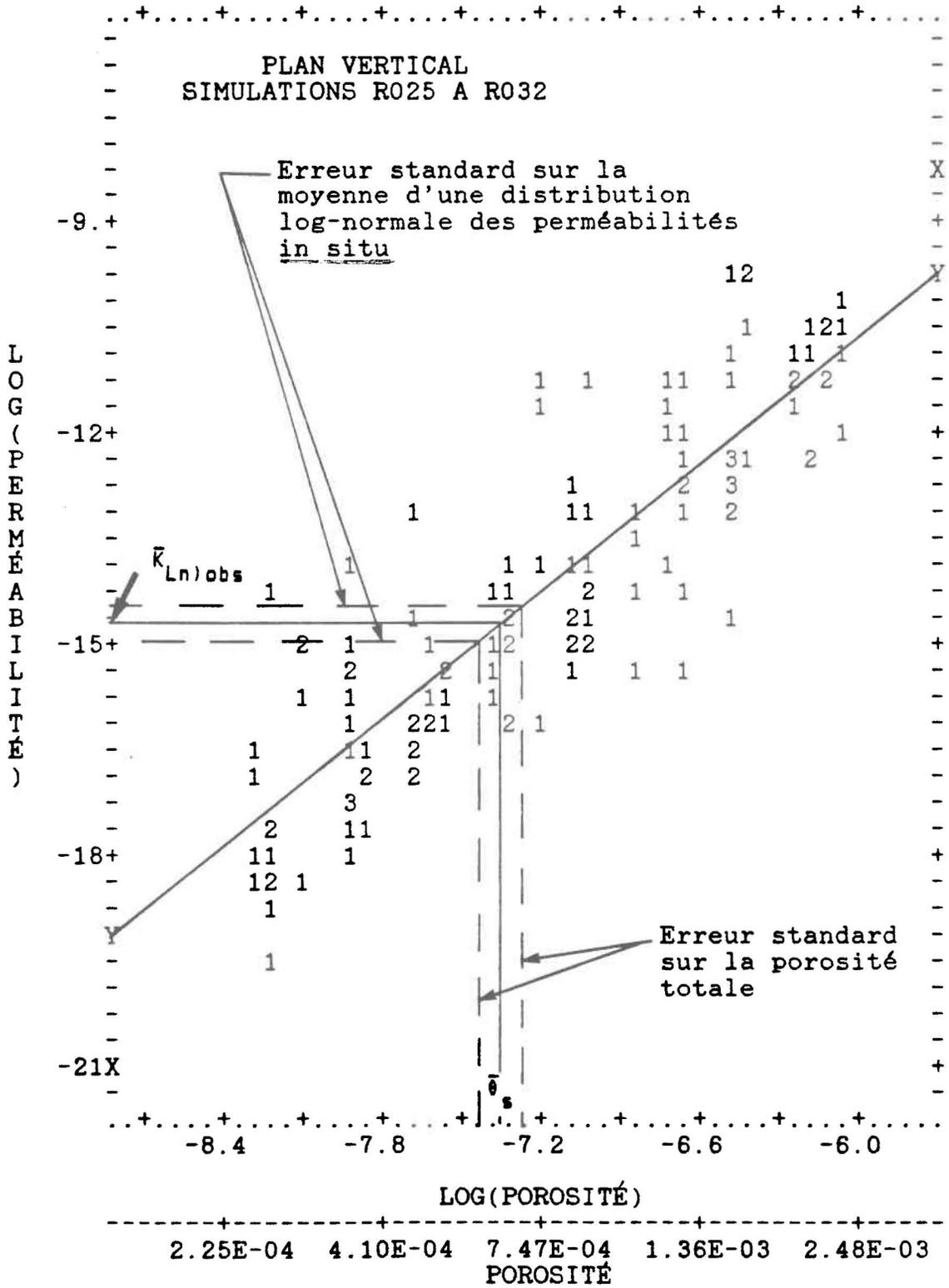


Figure 4.15

Relation perméabilité / porosité totale: effet d'une légère diminution des densités ($\delta_s - E_{std}$) sur la porosité totale du milieu

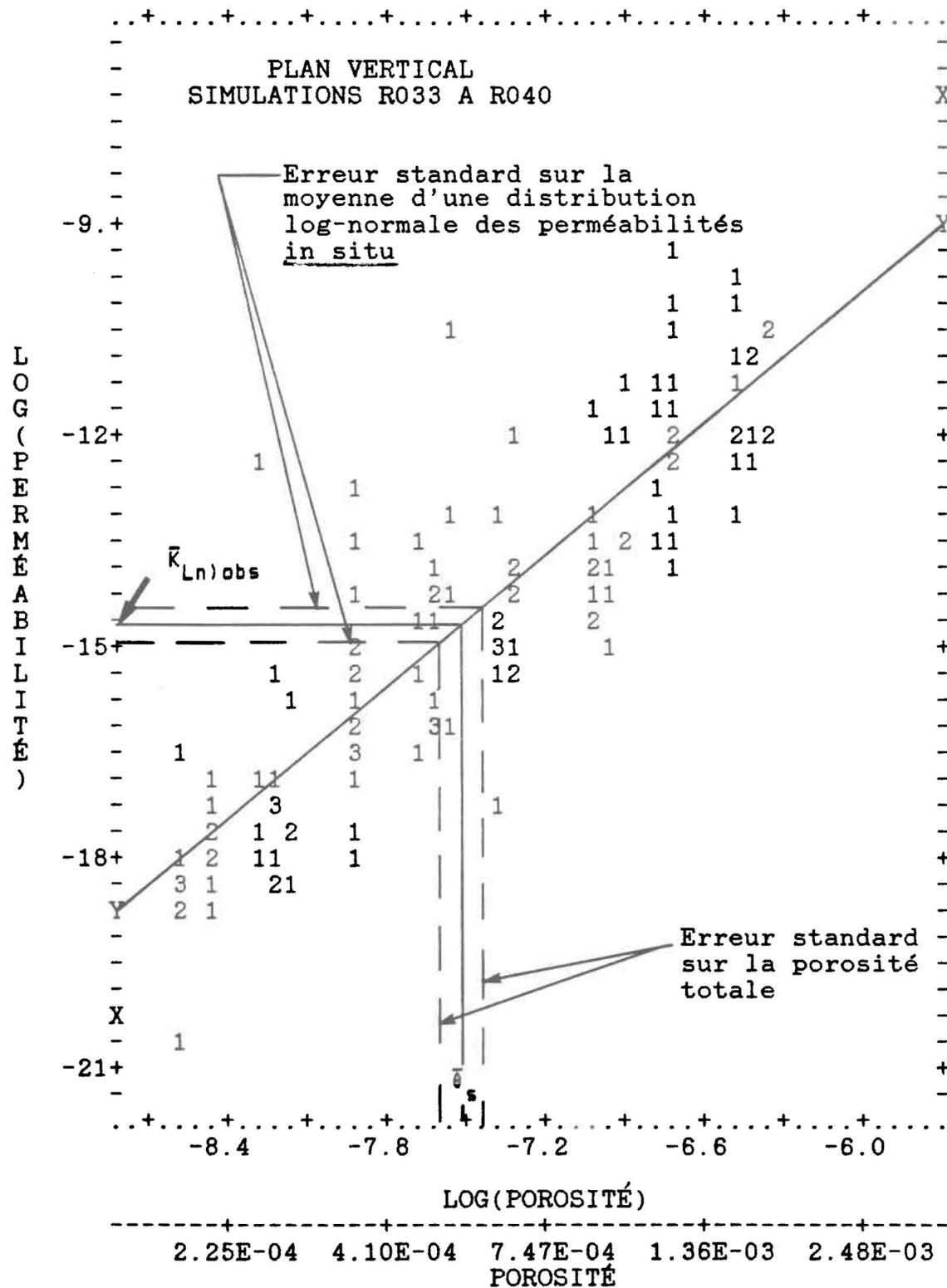
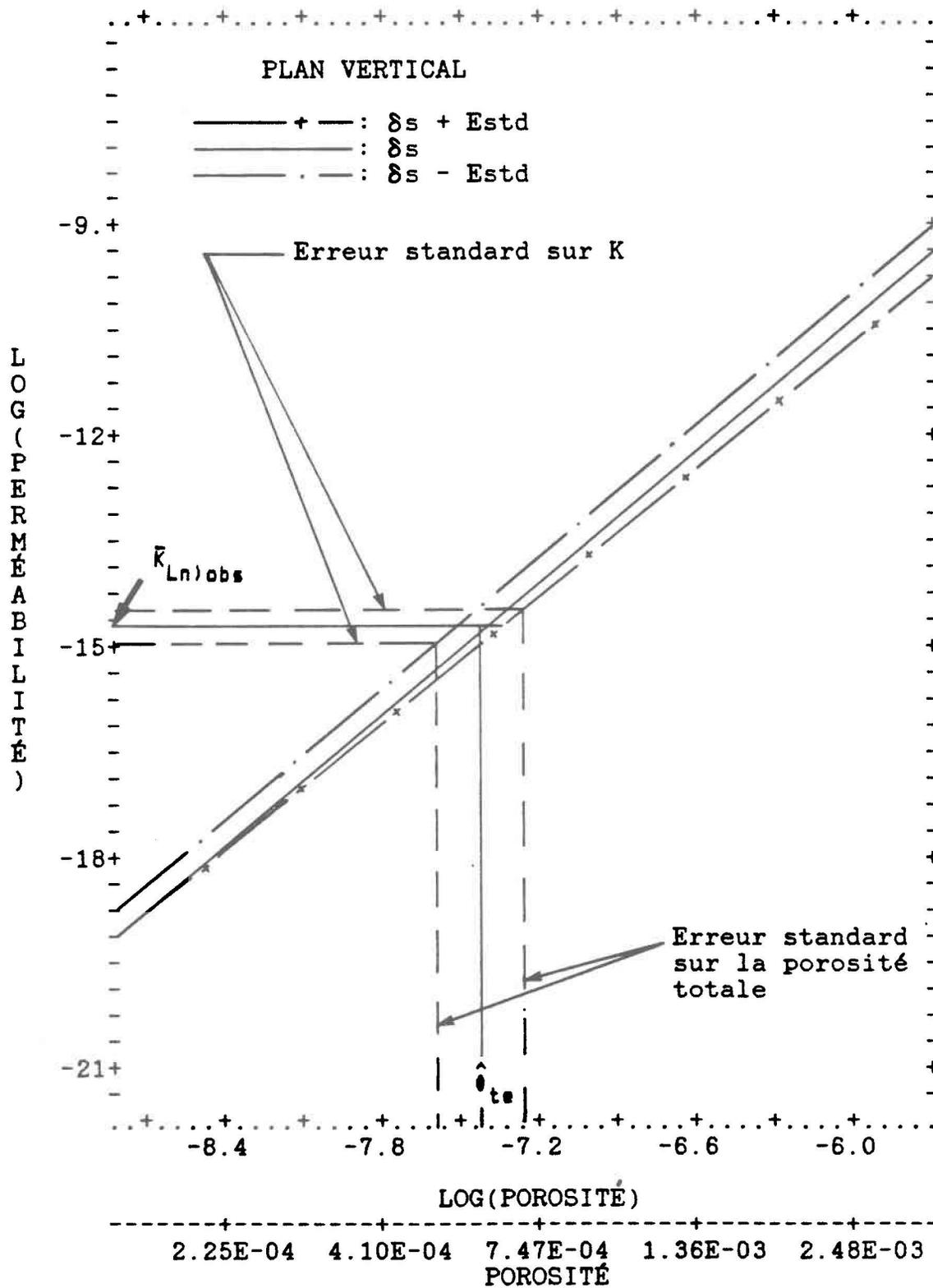


Figure 4.16

Influence de la variation des densités des séries de fractures sur la porosité totale du milieu (superposition des figures 4.9, 4.14 et 4.15)



4.4.2 SIMULATIONS DANS UN PLAN HORIZONTAL

En ce qui concerne l'influence sur la porosité de la perméabilité équivalente in situ, une démarche semblable à celle qui a été appliquée dans le plan vertical (R001 à R008) est entreprise ici (R047 à R054). Il s'agit toujours de faire varier les ouvertures de fractures de façon à chercher la meilleure valeur estimée de porosité (ouverture) qui ajuste le mieux la perméabilité moyenne mesurée in situ. Les graphiques illustrant cette situation sont donnés aux figures 4.18 et 4.19 et donnent une meilleure estimation de porosité totale θ_s de l'ordre de - 7,48 (ou $5,64 \cdot 10^{-4}$) et d'ouverture moyenne AAP de l'ordre de - 9,34 (ou 88μ).

4.4.3 INFLUENCE DES CONDITIONS AUX LIMITES SUR LA POROSITÉ TOTALE

La modélisation des phénomènes naturels est, dans la majorité des cas, très difficile à maîtriser; en effet, elle ne peut être qu'approximative. D'après les conditions aux limites considérées dans le paragraphe 4.3, la condition imposée à la limite 3 et celle de la charge décroissante le long de la limite 7 (plan vertical) ou 3 et 7 (plan horizontal) peuvent introduire un biais dans l'application de la loi de Darcy au moment de l'évaluation des perméabilités K_s (Rouleau, 1985, communication personnelle). Cette erreur peut être quantifiée de la façon suivante.

Figure 4.17

Relation entre les rapports porosité efficace / porosité totale et la variation des longueurs (a) et des densités (b) des séries de fractures

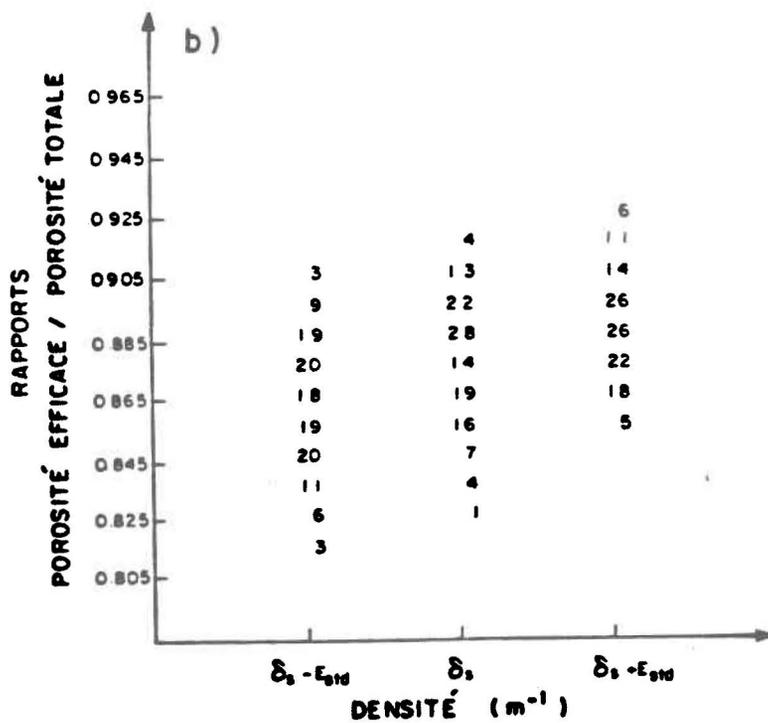
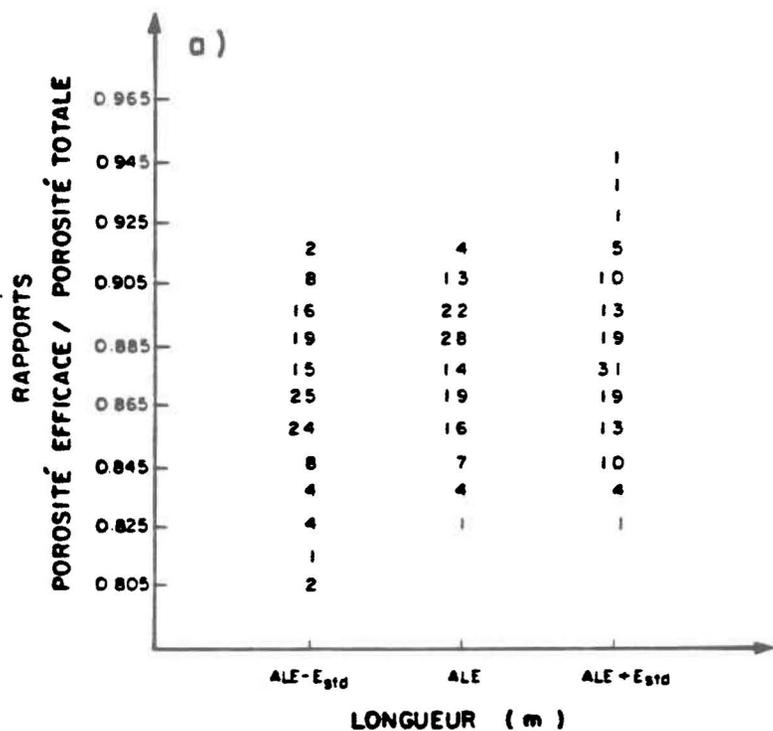
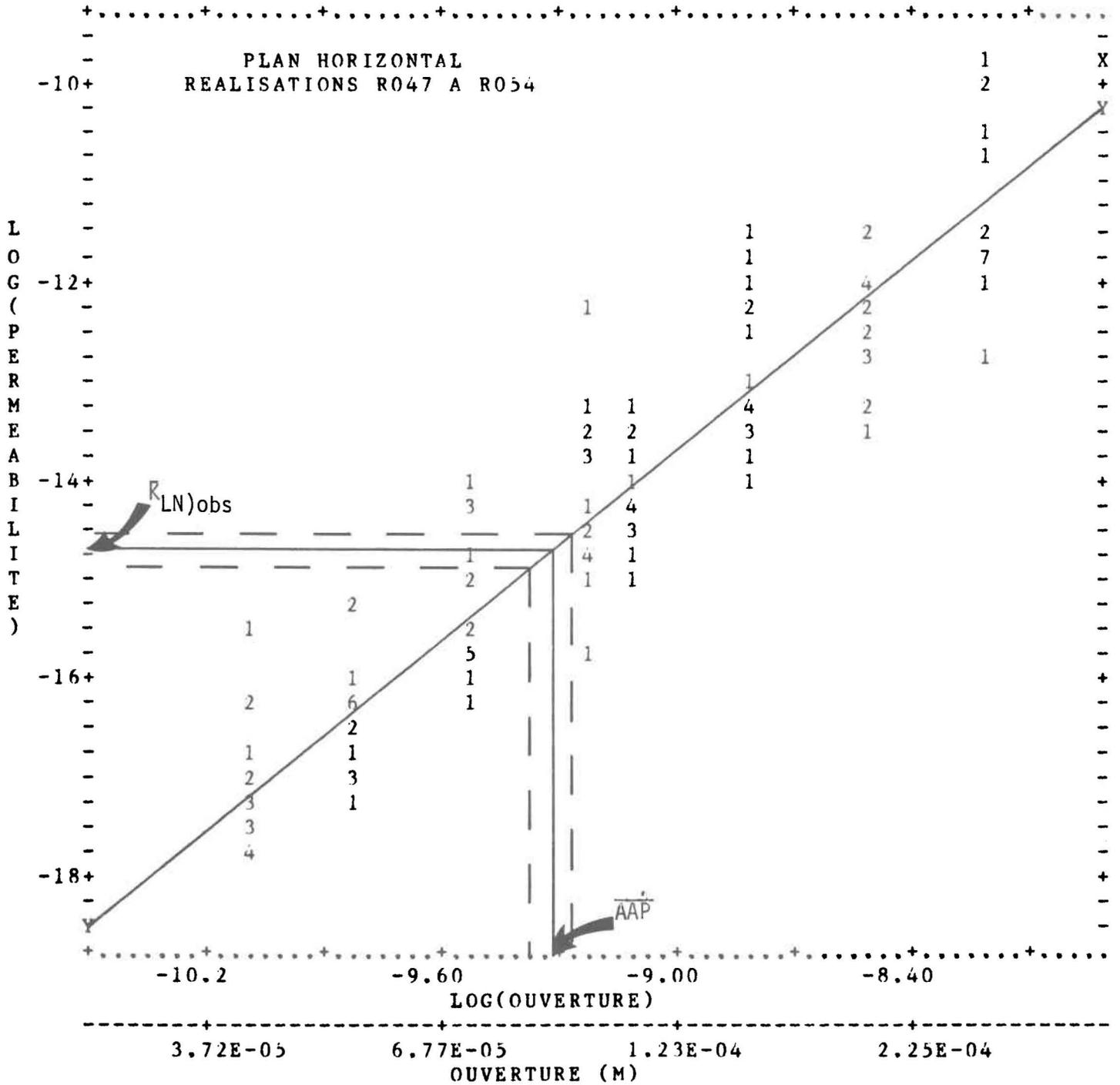


Figure 4.19

Relation perméabilité / ouverture des séries de fractures dans le plan horizontal



Il s'agit d'abord de calculer les rapports des débits de la limite 7 et des débits totaux (Q_7 / Q_T) dans le plan vertical et des débits des limites 3 et 7 et des débits totaux ($Q_3 + Q_7 / Q_T$) dans le plan horizontal de tous les NAP de chaque simulation. Ensuite, on vérifiera si les moyennes de ces rapports sont nulles car, l'idéal pour l'application de la loi de Darcy, est d'avoir des moyennes nulles. Malheureusement, ce n'est pas le cas, puisque, dans le plan vertical, toutes les moyennes de ces rapports sont positives et comprises entre 0,60 et 0,30 alors qu'une moyenne négative de l'ordre de - 1,20 est constatée dans le plan horizontal (annexe F). Par ailleurs, l'étude des effets des conditions aux limites sur la porosité totale est faite à l'annexe E et les relations qui en découlent sont illustrées aux figures 4.20 et 4.21 (voir aussi: tableaux E1 et E2, annexe E). On peut donc conclure de ces résultats que les conditions aux limites utilisées entraînent une sous-estimation de la porosité totale du milieu dans un plan vertical à cause de l'introduction des erreurs par excès sur les débits de la limite 5 et, par conséquent, sur les perméabilités simulées K_S , tandis que le contraire est constaté dans le plan horizontal (tableau 4.8).

4.4.4 DISTRIBUTION DES VITESSES D'ÉCOULEMENT

La variation spatiale des vitesses d'écoulement dans un milieu fissuré ou non (directions et amplitudes des vitesses) influence considérablement l'évolution des nappes phréatiques, le transport et, finalement, le taux de migration des contaminants dans les eaux souterraines. Un certain nombre d'informations concernant la position de chaque élément du réseau de joints étudié et la vitesse de l'eau à travers ces éléments sont fournies par les

Figure 4.20

Influence de la variation des longueurs des séries de fractures et du biais des conditions aux limites sur la porosité totale du milieu (superposition des figures E.1, E.3 et E.4)

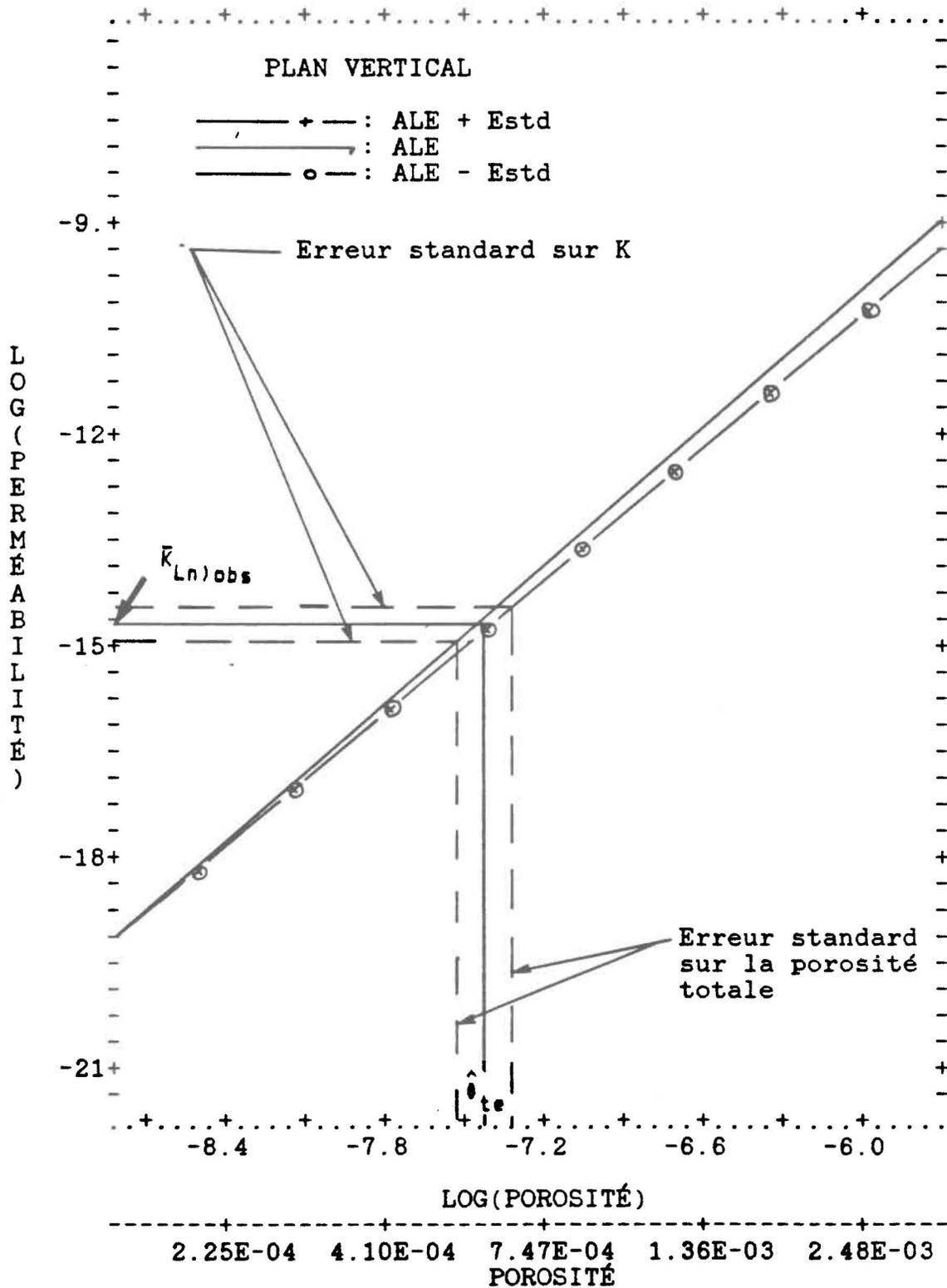


Figure 4.21

Influence de la variation des longueurs des séries de fractures et du biais des conditions aux limites sur la porosité totale du milieu (superposition des figures E.1, E.5 et E.6)

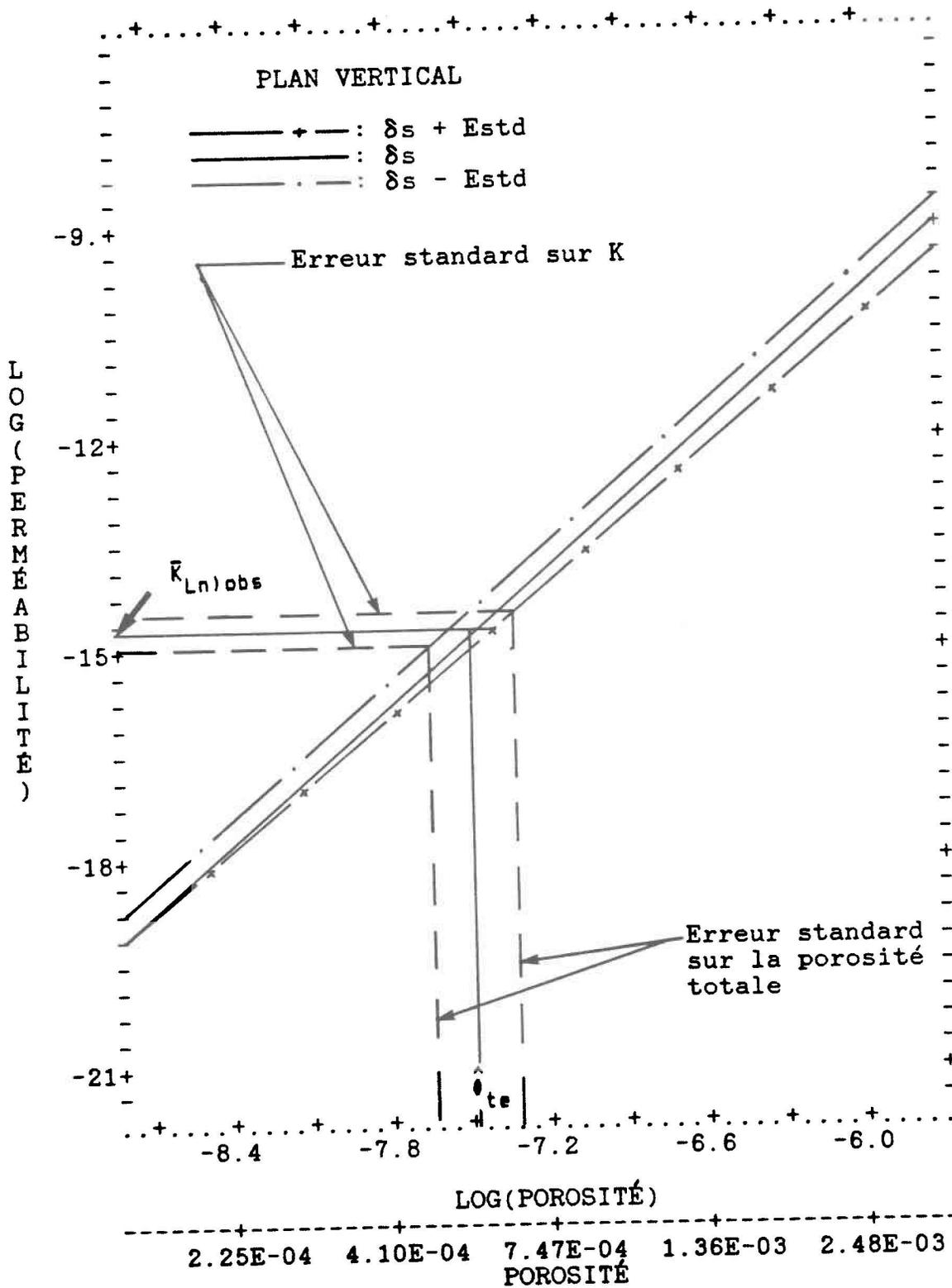


Tableau 4.8

Valeurs probables de porosités totales moyennes dans chacun des cas considérés sous l'influence ou non du biais de C.L.

CORRECTION DE BIAIS DE (C.L.)	PLAN VERTICAL			PLAN HORIZONTAL
	R001 à R008	R009 à R024	R025 à R040	R048 à R054
SANS	- 7,38 (6,24 10 ⁻⁴) ⁽¹⁾	- 7,37 (6,30 10 ⁻⁴)	- 7,42 (5,99 10 ⁻⁴)	- 7,48 (5,64 10 ⁻⁴)
AVEC	- 7,46 (5,76 10 ⁻⁴)	- 7,41 (6,05 10 ⁻⁴)	- 7,49 (5,58 10 ⁻⁴)	-

(¹) Les valeurs entre parenthèses correspondent aux porosités totales moyennes estimées.

programmes NETWORK et NETFLO. Par contre, dans la présente étude, seules les vitesses des éléments recoupant la limite 5 des plans de simulations vertical (R041 à R046) et horizontal (R055 à R058) sont considérées. Les meilleures estimations des ouvertures ajustant la perméabilité des essais in situ sont conservées pour chaque série (- 9,24 ou 97 μ dans le plan vertical et - 9,34 ou 88 μ dans le plan horizontal). Les distributions des vitesses sont montrées aux figures 4.22a et 4.22b. Ces distributions paraissent suivre une loi log-normale et laissent voir une moyenne de vitesse plus grande dans le plan vertical ($3,18 \cdot 10^{-3}$ m/s) que dans le plan horizontal ($2,70 \cdot 10^{-3}$ m/s). Cette différence peut s'expliquer probablement par les effets suivants: a) conditions imposées aux limites 3 et 7, b) degrés d'interconnectivité (figures 4.23a et 4.23b), c) différence des valeurs moyennes d'ouvertures ou d) combinaisons de tous ces cas.

4.4.5 DISCUSSION DES RÉSULTATS

Il a été constaté, durant cette étude, que plusieurs erreurs peuvent affecter l'estimation des paramètres hydrauliques d'un milieu fissuré. À partir des résultats de l'analyse de sensibilité, on peut dresser le tableau 4.9 et tracer la figure 4.24 résumant l'influence de l'incertitude des différents paramètres d'entrée¹ sur la porosité totale simulée. L'allure des courbes de la figure 4.24 laisse voir que la porosité totale est plus ou

¹ Paramètres d'entrée considérés séparément (ex. longueurs, densités de fractures et perméabilité in situ).

Figure 4.22

Distribution des vitesses des éléments interceptant le mur du canal d'amenée dans: (a) plan vertical et (b) plan horizontal

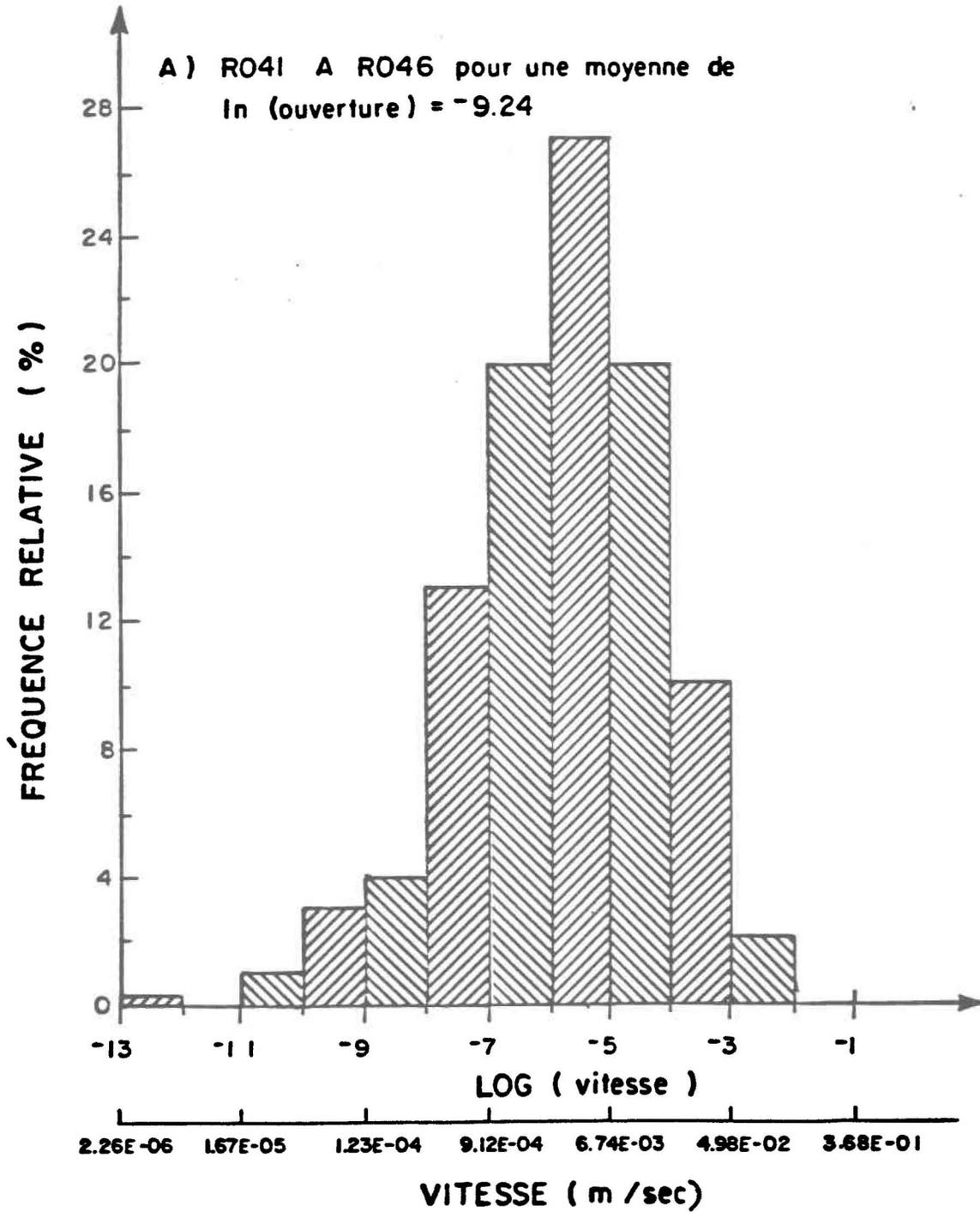


Figure 4.22 (suite)

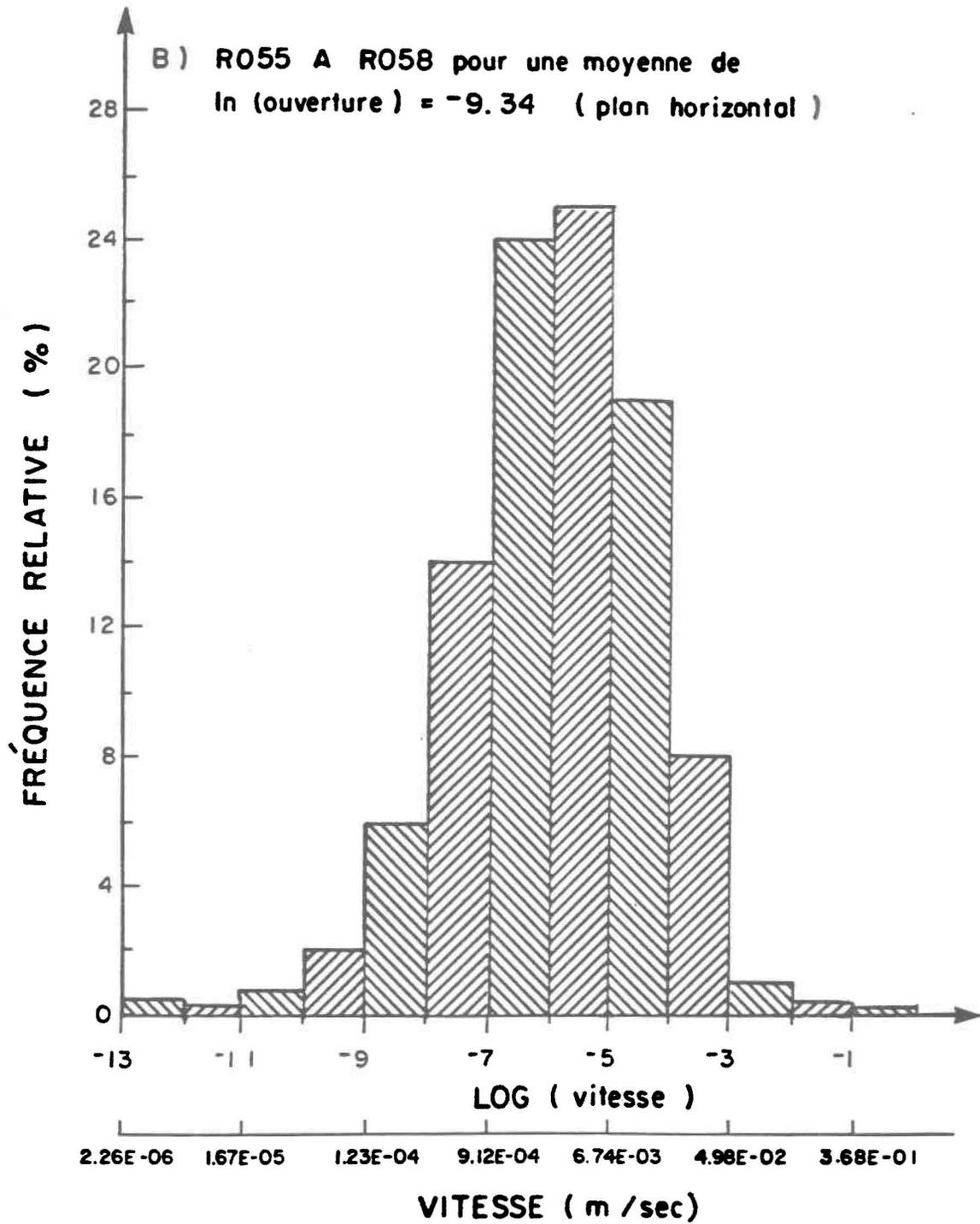


Figure 4.23a

Exemple du réseau de fractures simulées dans le plan vertical

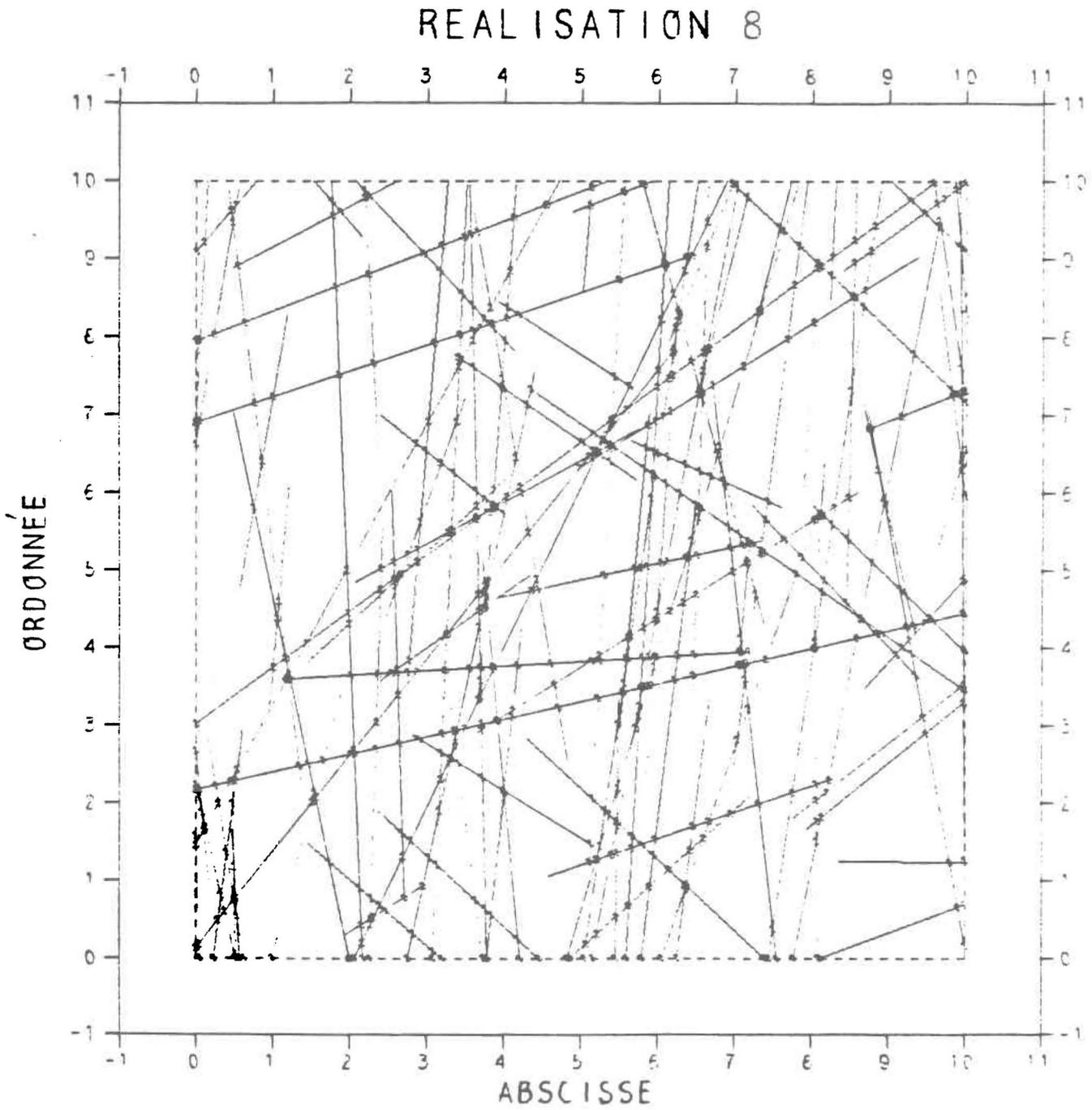
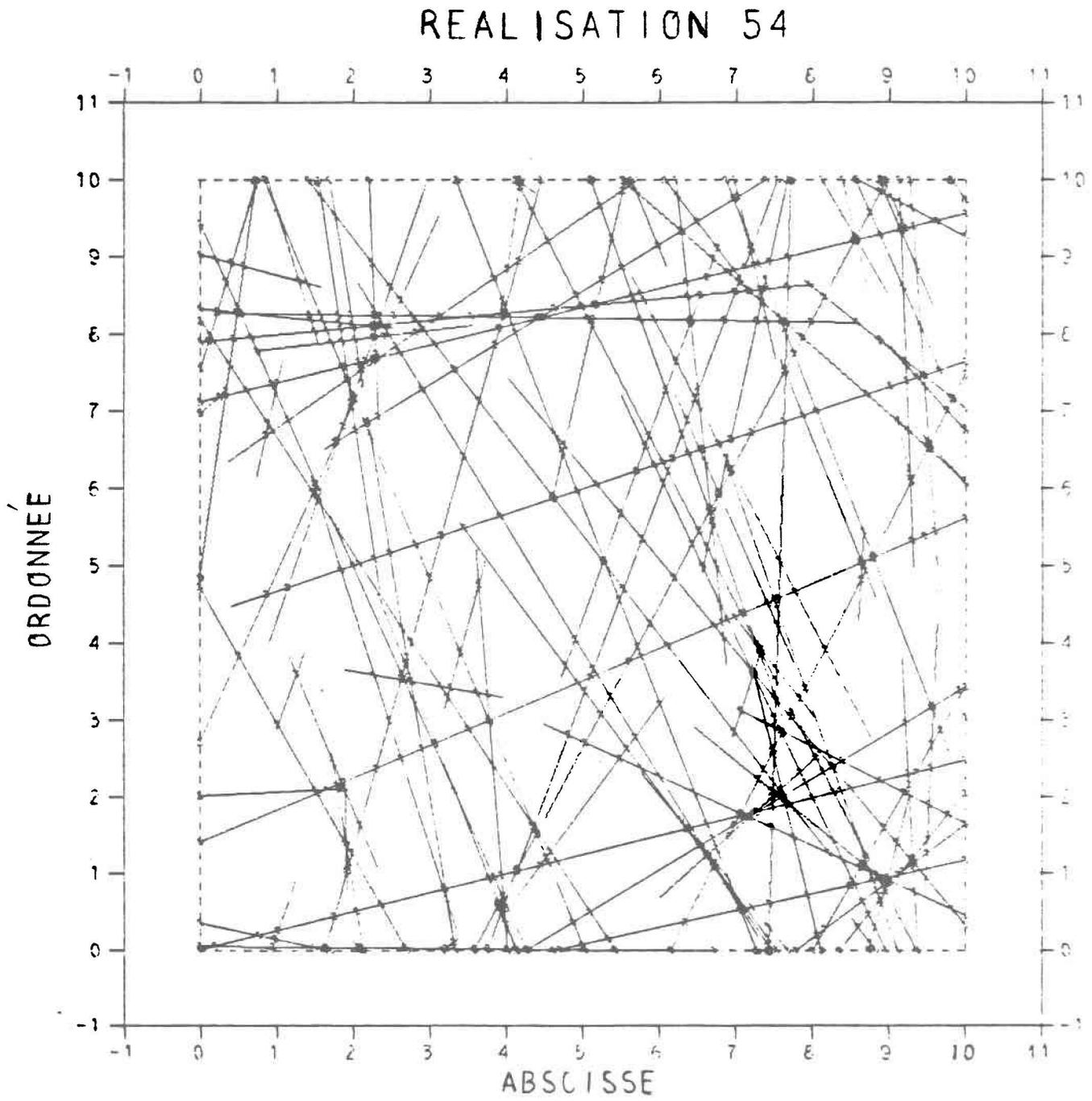


Figure 4.23b

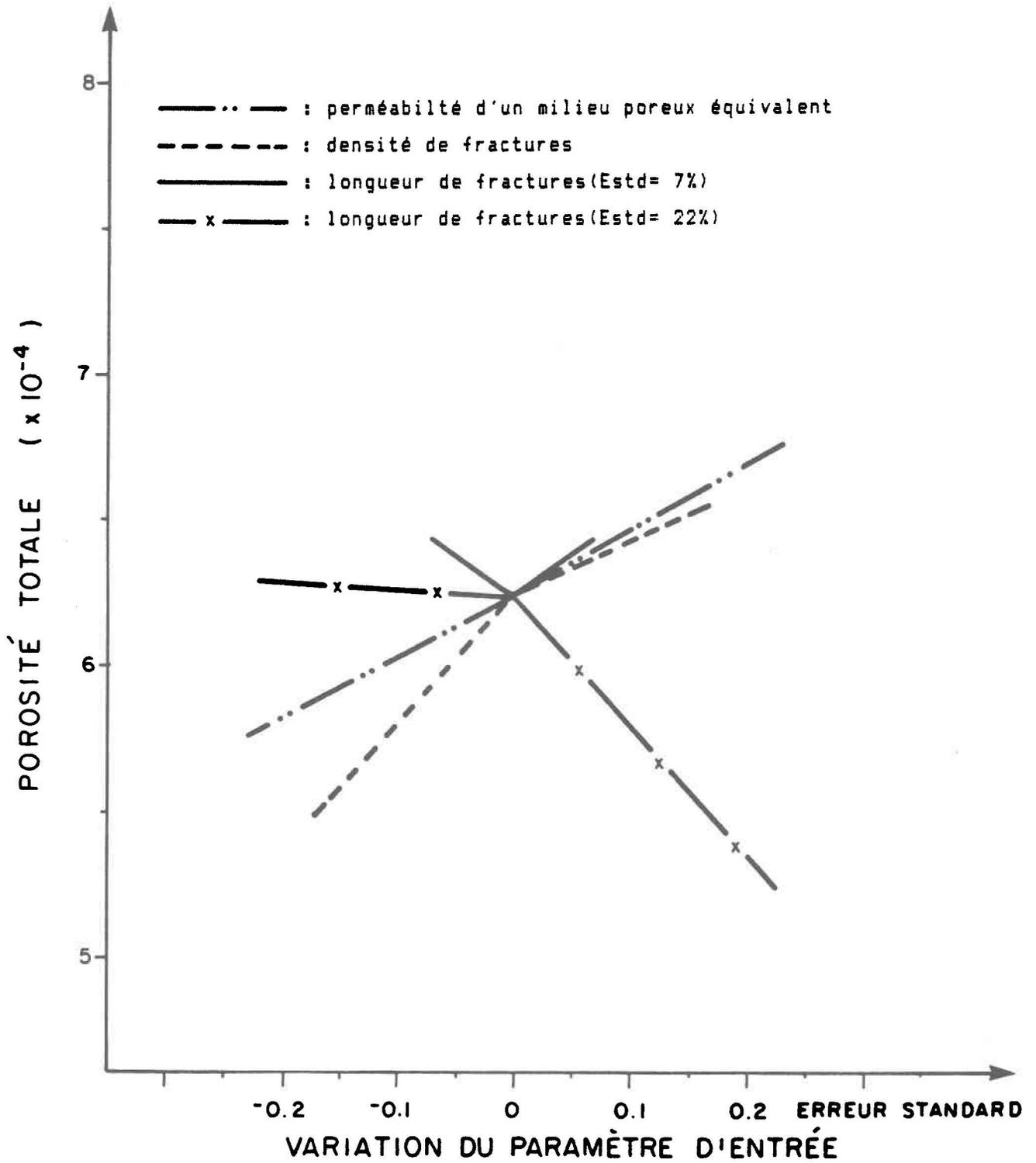
Exemple du réseau de fractures simulées dans le plan horizontal



moins sensible à la variation de chacun des paramètres d'entrée. En effet, la porosité totale est d'autant plus grande que la densité des fractures ou la perméabilité in situ sont élevées. Cependant, pour les longueurs de fractures, la considération d'une variation de 7% n'a pas d'effet remarquable et significatif sur la porosité totale. Afin de pouvoir quantifier cet effet, nous avons ajouté dix autres simulations: simulations R059 à R063 dans lesquelles une erreur standard de 22% est ajoutée aux longueurs de fractures et simulations R064 et R068 dans lesquelles la même quantité est soustraite (cf. figures G.1, G.2 et G.3: Annexe G). Sur le graphique de la figure 4.24, on remarque qu'une diminution des longueurs de fractures de 22 % entraîne une légère diminution de la porosité totale par rapport à ce qu'elle était dans le cas précédent (cas de 7%), tandis qu'une augmentation des longueurs de 22% est suivie plutôt d'une diminution assez grande de la porosité totale. Il faut noter que les fractures, dans ce cas, se comportent comme un réseau élastique dont l'allongement ou le raccourcissement entraîne respectivement la diminution ou l'augmentation des ouvertures (porosité) de fractures. D'une autre manière, en présence de fractures plus longues, la connectivité entre les fractures des différentes séries devient plus élevée et la proportion de fractures qui contribuent à l'écoulement devient importante. Par conséquent, le système de fractures simulées a besoin d'ouvertures plus petites (respectivement de porosité plus faible) pour simuler les conditions hydrauliques naturelles observées (même conductivité hydraulique in situ, même perte de charge, même débit de fuite vers le canal).

Figure 4.24

Effets de l'incertitude des différents paramètres d'entrée sur la porosité totale



Par ailleurs, d'après une étude faite par Snow (1968a) sur les données des essais hydrauliques en regard d'un ensemble de sites de barrages et de tunnels, l'estimation de la porosité totale du milieu peut être utilisée pour évaluer le volume¹ total de coulis d'imprégnation d'un site. Snow a indiqué, en plus, qu'une bonne connaissance des dimensions des joints et de leurs degrés d'interconnectivité peut nous renseigner aussi sur la qualité et la nature du coulis à utiliser dans les opérations d'injections.

Il faut rappeler que le même raisonnement peut être applicable à la zone 1 du site du barrage Daniel-Johnson une fois obtenue la meilleure estimation de la porosité totale. Dans ce cas, la gamme des valeurs probables de porosité totale moyenne, mentionnée au tableau 4.8, peut servir à l'évaluation du volume de coulis d'injection cherché.

¹ Volume de coulis = volume des vides = porosité totale x volume de la roche.

CHAPITRE 5: CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La considération des résultats précédents nous permet de dégager les conclusions et les recommandations suivantes:

1. La fracturation du rocher du Manic-5 P.A. est composée de quatre familles de fractures partiellement dispersées: deux familles subverticales, une famille subhorizontale et une famille intermédiaire, inclinée de 40 degrés vers le nord-ouest.
2. L'analyse des perméabilités in situ fait ressortir l'existence de deux zones quasi distinctes dans la région étudiée à Manic 5: une zone relativement perméable, sujet de nos simulations, située à l'amont du PM = 1100 et une autre zone relativement imperméable, située vers l'aval.
3. La plupart des paramètres des modèles NETWORK et NETFLO (longueurs, densités, conditions aux limites , etc.) et de perméabilités in situ sont connus avec certaines précisions. En effet, l'étude de l'influence des incertitudes des paramètres sur la porosité totale a permis de dégager les effets suivants:
 - a) l'utilisation d'une distribution log-normale des perméabilités permet d'obtenir des résultats plus réalistes tant sur la porosité totale du milieu (ouverture également) que l'utilisation d'une distribution normale;

- b) la porosité totale du milieu est très sensible à la variation des densités de fractures. Quant à la variation des longueurs de fractures, le milieu se comporte comme un réseau élastique ayant une porosité faible lorsqu'il est dilaté et une porosité élevée lorsqu'il est comprimé;
 - c) la proportion des fractures qui contribuent le plus efficacement à l'écoulement est d'autant plus grande que les densités et/ou les longueurs des séries de fractures sont élevées. Par conséquent, dans ce cas, la substitution de la notion du milieu fissuré à celle du milieu poreux équivalent est beaucoup plus significative;
 - d) les vitesses semblent être distribuées log-normalement dans les deux plans de simulation avec, toutefois, une moyenne plus grande dans le plan vertical.
4. Il nous semble que l'évaluation des propriétés hydrauliques par les modèles¹ utilisés, à partir des données des essais d'injection d'eau, donne des valeurs surestimées du fait que le régime permanent n'a pas été souvent atteint. Dans le but d'obtenir une meilleure estimation des propriétés hydrauliques d'un site, nous proposons aux responsables d'Hydro-Québec d'allonger un peu la durée de chaque test d'injection,

¹ Les propriétés hydrauliques fournies par les modèles NETWORK et NETFLO sont ajustées par la perméabilité moyenne in situ

cela, surtout pendant la troisième phase d'injection d'eau dans la cavité d'essai afin qu'un régime permanent puisse s'établir.

5. Il apparaît également que la région de Manic-5 P.A. constitue un milieu fortement anisotrope dont les directions principales d'anisotropie restent à déterminer. Une étude de terrain, à ce sujet, s'avère nécessaire dans le but d'étudier les voies principales d'écoulement et la variation spatiale des vitesses, tout en tenant compte de l'alternance des couches de gneiss granitiques et mafiques.
6. Il sera aussi intéressant d'étudier l'influence de la fluctuation du niveau d'eau au réservoir sur les propriétés hydrauliques du milieu puis de voir enfin l'influence de l'effet d'échelle, en particulier, sur la porosité totale du milieu.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMOWITZ, M. et I.A. STEGUM (1964)
Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs and Mathematical tables. Dover Publications Inc., New-York, 1046 p.
- APPEL, C.A. et J.D. BREDEHOEFT (1976)
Status of Ground-Water Modeling in the U.S. Geological Survey, Geological Survey Circular 737, 9 p.
- BAKER, W.J. (1955)
Flow in Fissured Formations. Dans: Proc. of the Fourth World Petroleum Congress, Sect. II/E., Carlo Colom. publ.: 379-393, Rome.
- BEAR, J. (1972)
Dynamics of Fluids in Porous Media, American Elsevier Publ. Co., New-York, 764 p.
- BEAUPRÉ, M. et D. NGUYEN (1984)
Rapport d'investigations géologiques et géotechniques (1983), relativement à la stabilité du mur gauche du canal d'aménée entre les PM 1040 et 1080 (MANIC 5-P.A.), Hydro-Québec, Montréal, volumes 1 et 2, no G.G.2017/2743-621-896-15.
- BERTRAND, L., BEUCHER, H., CREUTIN, D., FEUGA, B., LANDRY, J. et D. THIERRY (1982)
Les milieux discontinus en hydrogéologie; essai de détermination régionale du tenseur de perméabilité du "Milieu Poreux Equivalent", Colloque National, Orléans, pp. 95-120.
- BEUCHER, H. et G. DE MARSILY (1984)
Approche statistique de la détermination des perméabilités d'un massif fracturé, LHM /RD/16, École des Mines de Paris, C.I.G, 108 p.
- BIANCHI, L. et D.T. SNOW (1968)
Permeability of Crystalline Rock Interpreted from Measured Orientations and Apertures of Fractures, Annals of Arid Zone 8(2): 231-245.
- CASTILLO, E., KRISEK, R.J. et G.M. KARADI (1972)
Comparison of Dispersion Characteristics in Fissured Rock, paper presented at the 2th symp. on Fundamentals of Transport Phenomena in Porous Media, Int. Ass. of Hydrol. Res. Int. Soc. of Soil Sci., Guelph, Ont., pp. 778-797.
- CASWELL, W.B.(1979)
Maine's Ground-Water Situation, Ground-Water, 17(3): 235-243.

- COMTOIS, N. (1974)
Rapport géologique, Manic-5 P.A., campagne 1974, géologie et relevés de géocaméra, section B (Centrale - Galerie de fuite), Section C (Prise d'eau - Galerie d'amenée amont et aval), Hydro-Québec, Montréal, 2 (2743-648-895/39)
- COMTOIS, N. (1974)
Rapport géologique, Manic-5.P.A., campagne 1974, section D (cartographie du rocher: Rive droite), section E (description des sondages et essais d'eau sous pression), Hydro-Québec, Montréal, 3 (2743-648-895/39).
- DE MARSILY, G. (1985)
Flow and transport in fractured rocks connectivity and scale effect. IAH International Symp. on the hydrogeology of rocks low permeability, Tucson, U.S.A, p. 1-9.
- DE MARSILY, G. (1972)
Calculs en géologie. Dans: Traité d'informatique géologique, par Laffite, P. (1972), ouvrage collectif, éditeurs Masson et Cie, pp. 239-305.
- FEUGA, B. (1981)
Détermination des directions principales et de l'anisotropie de perméabilité d'un milieu rocheux fracturé à l'aide de levés de fracturation - Approche théorique et premières applications; Rapport du B.R.G.M. 81 SGN497GEG, 23 p.
- FRANCIS, R.M. (1981)
Hydrogeological properties of a fractured porous aquifer, Winter River Basin, Prince Edward Island. Thèse de maîtrise, University of Waterloo, Ontario, 154 p.
- FRANCIS, R.M., GALE, J.E. et L.C. ATKINSON (1984)
Characterization of aquifer zones in a fractured porous media; International Ground-Water Symposium, Montréal, 1: 33-43.
- FYFE, W.S., PRICE, N.J. et A.A. THOMPSON (1978)
Fluids in the earth's crust. Elsevier, pp. 253-273.
- GALE, J.E. (1977)
A numerical field and laboratory study of flow in rocks with deformable fractures. Fisheries and Environment Canada, p. 143.
- GALE, J.E. (1980)
Field course on fractured rock hydrogeology. Chapter 3, pp. 37-50.
- GALE, J.E. (1982a)
Assessing the permeability characteristics of fractured rock. Geological Society of America, special paper 189, Univ. of Waterloo, Ontario, pp. 163-181.

- GALE, J.E. (1982c)
The effects of fracture type (induced versus natural) on the stress-fracture closure-fracture permeability relationships, 23rd U.S. Rock Mechanics Symp., Berkeley, Cal., pp. 290-298.
- GALE, J.E. (1984)
Changes in fracture permeability as a function of sample size, fracture type and stress history. International Ground-Water Symposium, Montréal, 1: 44-53.
- GALE, J.E. et K.G. RAVEN (1980)
Effects of sample size on the stress-permeability relationships for natural fractures; Law. Berk. Lab. technical report, 112 p.
- GALE, J.E. et E.J. REARDON (1984)
Effects of ground-water geochemistry on the permeability of grouted fracture, Can. Geotech. J., 21: 8-20.
- GALE, J.E. et P.A. WITHERSPOON (1979)
An approach to the fracture hydrology at Stripa: preliminary results. Lawrence Berkeley Lab., rep. LBL-7079, SAC-15.
- GRISAK, G.E. et J.A. CHERRY (1975)
Hydrologic characteristics and response of fractured till and clay confining a shallow aquifer, Can. Geotech. J., 12(1): 23-43.
- GRISAK, G.E., PICKENS, J.F. et J.A. CHERRY (1980)
Solute transport through fractured media. 2. Column study of fractured till, Water Res. Res., 16(4): 731-739.
- GRUMICH, J. (1985)
Communication personnelle. Hydro-Québec, service Géologie, Montréal.
- GUVANASEN, V. (1984)
Flow simulation in a fractured rock mass, International ground-water Symposium, Montréal, pp. 403-412.
- HUITT, J.L. (1956)
Fluid flow in simulated fractures. AIHE Journal, 2(2): 259-264.
- IWAI, K. (1976)
Fundamental studies of fluid flow through a single fracture. Thèse de doctorat, Univ. of California, Berkeley, Calif., 208 p.
- KIRALY, L. (1971)
Ground-water flow in heterogeneous, anisotropic fractured media: A simple two-dimensional electric analog. Geological Institute, Neuchatel Journal of Hydrology, 12: 255-261.
- KRIZEK, R.J., CASTILLO, E. et G.M. KARADI (1973)
Theoretical study of dispersion in fractured rock aquifer, Journ. of Geoph. Research, 78(3): 558-573.

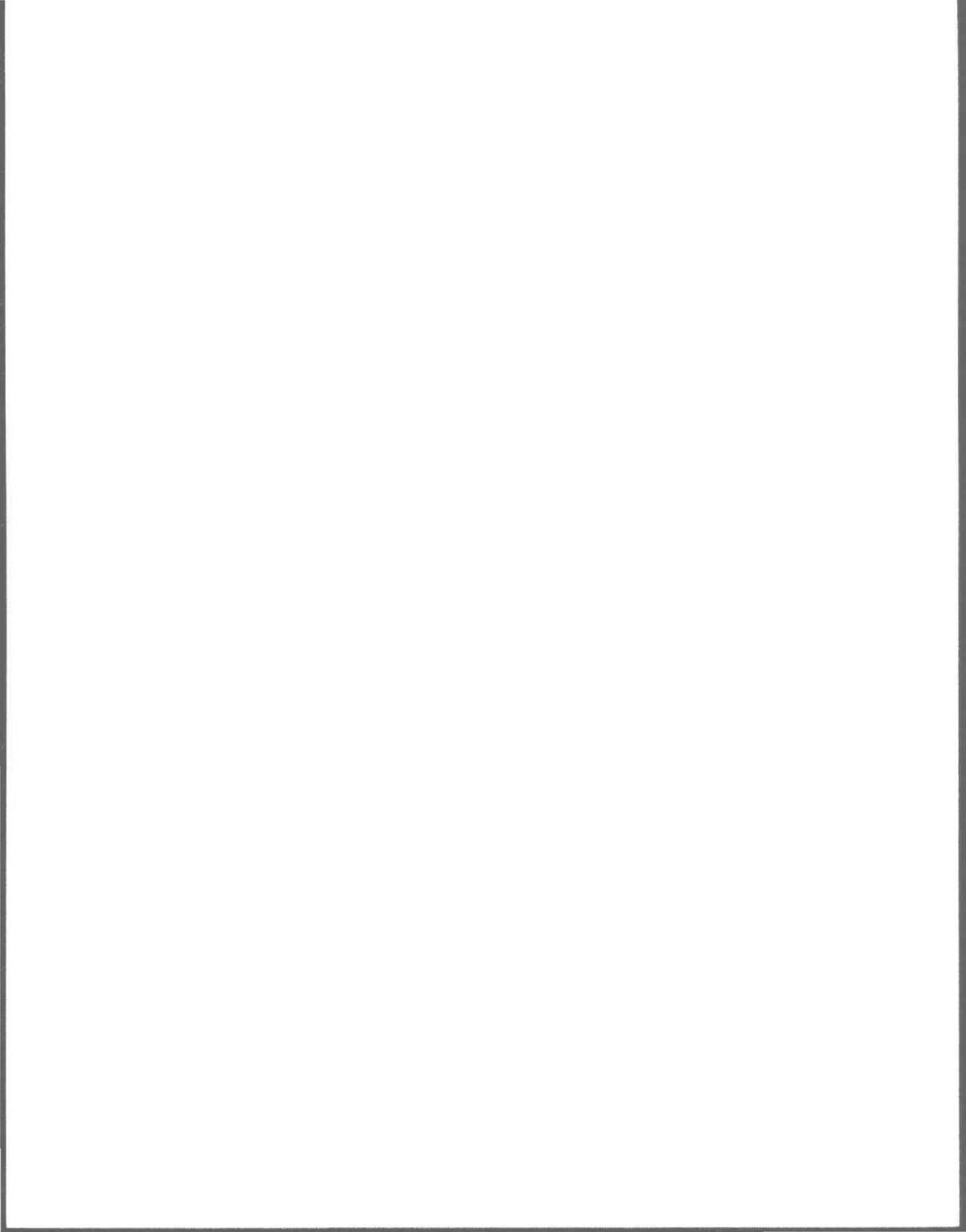
- KRIZEK, R.J., KARADI, G.M. et E. SOCIAS (1972)
Dispersion of contaminant in fissured rock. Paper presented at the Symp. on percolation through fissured rock. Ins. of Soc. Rock Mech., Stuttgart W. Germany, p. T3 c1-c15.
- LATTMAN, L.H. et R.R. PARIZEK (1964)
Relationship between fractured traces and the occurrence of ground-water in carbonate rocks. Journal of Hydrology, 2: 73-91.
- LAWLESS, J.F. (1982)
Statistical models and methods for lifetime data. Univ. of Waterloo, 580 p.
- LE CHASSEUR, P. (1980)
Normes et directives, Géocaméra - Analyse des données -, Hydro-Québec, Montréal, no N.D.G.G. 2229, 46 p.
- LONG, J.C.S., REMER, J.S., WILSON, C.R. et P.A. Witherspoon (1982)
Porous media equivalents for networks of discontinuous fractures. Water Resources Res., 18(3): 645-658.
- LOUIS, C. (1969)
A study of ground-water flow in jointed rock and its influence on the stability of rock masses. Imperial College Sci. Technol., Rock Mechanics Research Report no. 10, 90 p.
- MAHTAB, M.A., BOLSTAD, D.D., ALLDREGE, J.R. et R.J. SHANLEY, (1972)
Analysis of fracture orientations for input to structural models of discontinuous rock. Denver Mining Research Center, Denver, Colo., R.I. 7669, 76 p.
- MAINI, Y.N.T. (1971)
In situ hydraulic parameters in jointed rock. Their Measurement and Interpretation. Thèse de doctorat, Imperial College of London, 324 p.
- MERCER, J.W. and C. R. FAUST (1981)
Ground-water modeling. National Water Well Association, 60 p.
- MOENCH, A.F. (1984)
Double-porosity models for a fissured groundwater reservoir with fracture skin. Water Resources Res., 20(7): 831-846.
- NEUZIL, C.E. et J.V. TRACY (1981)
Flow through fractures. Water Resources Res., 17(1): 191-199.
- NGUYEN, D., BEAUPRÉ, M. et A. WHALEN (1984)
Rapport de synthèse, revue de la conception du canal d'aménée à Manic 5-P.A. - Investigations géologiques et géotechniques complémentaires (1984), Hydro-Québec, Montréal, 1(2743-621-896/09).

- PARSONS, M.L. (1972)
Determination of hydrogeological properties of fissured rocks. Proc. 24th Geol. congress, Mtr. section II, Hydrogeology, pp. 89-99.
- RIBSTEIN-COUDRAIN, A. (1983)
Contribution à l'étude des massifs rocheux fissurés, transferts de fluide, de chaleur et de matière dissoute associées. Thèse de doctorat en ingénierie, E.N.S.M.P. et U.P.M.C., Paris VI, 184 p.
- RONDOT, J. (1985)
Communication personnelle. Ministère de l'Énergie et des Ressources, division de géologie, Québec.
- ROULEAU, A. (1984)
Statistical characterisation and numerical simulation of a fracture system: Application to ground-water flow in the stripa granite. Thèse de doctorat, Dept. of Earth Sciences, University of Waterloo, 416 p.
- ROULEAU, A. and J.E. GALE (1984)
Statistical characterization and numerical simulation of fracture system for hydrogeological purposes. Congrès intern. de l'Assoc. intern. des hydrogéologues, sur l'utilisation des eaux souterraines et l'hydrogéologie des contaminants, vol. 1, Montréal, pp. 188-196.
- SCHWARTZ, F.W., SMITH, L. et A.S. CROWE (1983)
A stochastic analysis of macroscopic dispersion in fractured media, Water Resources Res., 19(5): 1253-1265.
- SHANLEY, R.J. et M.A. MAHTAB (1975)
FRACTAN : A computer code for analysis of clusters defined on the unit hemisphere. Denver Mining Research Center, Denver, Colo., IC 8671, 49 p.
- SHARP, J.C. (1970)
Fluid flow through fissured media. Thèse de doctorat, Imperial College of Science and Technology, Univ. of London, 181 p.
- SHARP, J.C. et Y.N.T. MAINI (1972)
Fundamental considerations on hydraulic characteristics of joints in rock. Proc. Symp. on Percolation through fissured rock, Int. Soc. for Rock Mechanics Stuttgart, pp. T1-F 1 à 15.
- SNOW, D.T. (1965)
A parallel plate model of fractured permeable media. Thèse de doctorat, Univ. of California, Berkeley, 331 p.
- SNOW, D.T. (1968)
Fracture deformation and changes of permeability and storage upon changes of fluid pressure. Quarterly of the Colorado School of Mines, 63(1): 201-244.

- SNOW, D.T. (1968a)
Rock fracture spacings, openings and porosities. Jour. Soil Mech. and Found. Div. Proc., Am. Soc. Civil Engineers, 94(1): 73-91.
- SNOW, D.T. (1969)
Anisotropic permeability of fractured media. Water Resources Res., Colorado School of Mines, 5(6): 1273-1289.
- SNOW, D.T. (1970)
The frequency and apertures of fractures in Rock. Int. J. Rock Mechanics Sc., 7: 23-40.
- SPIEGEL, M.R. (1976)
Théorie et application de la statistique, série Schaum, pp. 43-88.
- SUMMERS, W.K. (1972)
Specific capacities of wells in crystalline rocks. Ground-Water, 10(6): 37-47.
- TERZAGHI, R.D. (1965)
Sources of error in joint surveys. Geotechnique, 15: 287-304.
- VIEIRA, W.S. (1978)
Manic 5 - Puissance additionnelle, investigations géologiques supplémentaires, 1978, Montréal, Hydro-Québec, 1(2743-648-895/39).
- VIEIRA, W.S. (1979)
Manic 5 - Puissance additionnelle, investigations géologiques, 1979, Montréal, Hydro-Québec, 1(2743-648-810/09-05).
- WILKE, S., GUYON, E. et G. DE MARSILY (1985)
Water penetration through fractured rocks: Test of a tridimensionnal percolation description. Journal of the Intern. Assoc. for Mathematical Geology, pp. 1-23.
- WILSON, C.R. et P.A. Witherspoon (1970)
An investigation of laminar flow in fractured porous rocks. Dept. of Civil Engineering, publication 70-6, Univ. of California, Berkeley, 178 p.
- WILSON, C.R., WITHERSPOON, P.A., LONG, J.C.S., GALBRAITH, R.M., DUBOIS, A.O. et M.J. Mc PHERSON (1983)
Large-scale hydraulics conductivity measurements in fractured granite. Int. J. Rock Mech. Min. Sc. and Geomech. Abstr., 20(6): 269-276.
- WITHERSPOON, P.A., WANG, J.S.Y., IWAI, K. et J.E. GALE (1980)
Validity of cubic law for fluid flow in a deformable rock fracture. Water Resources Res., 16(6): 1016-1024.

ZEIGLER, T.W. (1976)

Determination of rock mass permeability. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Soils and Pavements Laboratory, Vicksburg, Miss.(F/G 8/7), NTIS AD/A-021 192.



ANNEXE A : ANALYSES DE QUELQUES TRAVAUX ANTÉRIEURS

A.1 Techniques de modélisation

Dans le but de quantifier le comportement de l'écoulement souterrain des fluides dans les milieux fissurés, la modélisation de ces phénomènes est rendue possible grâce aux études élaborées en fonction des trois étapes suivantes.

A.1.1 ÉTUDES SUR LE TERRAIN

L'étude systématique du milieu constitue une étape de reconnaissance. C'est la première étape. Elle permet de déterminer les relations de causes à effets qui génèrent la réalité du terrain. Il s'agit de savoir comment se comporte le système physique vis-à-vis les phases liquides qui le parcourent. À ces fins, plusieurs méthodes sont utilisées, telles la cartographie de surface et des excavations, la géophysique, l'étude des forages et des carottes de sondages ainsi que les essais d'eau (injection ou pompage).

A.1.2 ÉTUDES EN LABORATOIRE

C'est l'étape au cours de laquelle, par exemple, on va soumettre aux essais sous pression (essais d'injection d'eau et/ou essais de contraintes effectives), soit des échantillons collectés sur le terrain, soit des échantillons synthétiques. Ces essais ont pour but d'évaluer, d'une part les propriétés physiques ponctuelles (porosité, etc.) et hydrauliques

(perméabilité, vitesse, transfert de masse, etc.) de la roche, et en particulier des fractures, et, d'autre part, les effets des forces de compression et de dilatation, des différents processus naturels ou non, sur la géométrie (ouvertures, etc.) des fractures et, par conséquent, sur leurs comportements hydrauliques.

A.1.3 ÉTUDES THÉORIQUES

C'est l'étape durant laquelle les supports mathématiques de base des modèles sont créés. À ce niveau, tous les termes physiques du système sont convertis en leurs équivalents mathématiques. Ainsi, trois types de modèles mathématiques peuvent être distingués (De Marsily, 1972; Mercer et Faust, 1981): les modèles déterministes, les modèles stochastiques ou une combinaison des deux. Puisque les milieux fissurés sont des systèmes hétérogènes et anisotropes complexes, leurs modélisations mathématiques ne sont souvent possibles qu'après plusieurs approximations¹ (Moench, 1984). Par ailleurs, suivant l'échelle du problème et la fiabilité des données expérimentales obtenues sur le terrain, le choix d'une approche d'étude performante peut être effectué (Parsons, 1972).

Les trois étapes précédentes ont suffisamment été étudiées en ce qui concerne des échelles locales (quelques dizaines de mètres). Malgré quelques tentatives assez récentes (Schwartz et al., 1983; Rouleau, 1984), il

¹ Au nombre de ces approximations, mentionnons les suivantes: matrice rocheuse imperméable, analogie de fractures avec les plans parallèles, régime permanent, etc.

reste encore des lacunes dans l'intégration de ces données à l'écoulement régional.

A.2 Types de méthodes de simulations des eaux souterraines

Plusieurs modèles ont été développés dans la plupart des domaines de l'hydrogéologie. Ainsi, Appel et Bredehoeft (1976) ont distingué sept types de modèles qui traitent de l'écoulement de fluides souterrains dans une zone saturée ou partiellement saturée et de la déformation des aquifères sous l'effet d'une forte exploitation. Les autres types forment une simple combinaison de ces deux modèles en tenant compte d'autres aspects économiques, hydrologiques et physico-chimiques du milieu. Ensuite, Mercer et Faust (1981), ont repris cette classification et regroupé ces modèles en quatre principaux types permettant des applications différentes.

- Des modèles d'écoulements souterrains s'intéressent, d'une part, aux problèmes d'approvisionnement en eau, et, d'autre part, aux comportements et à l'évolution des nappes dans l'espace et dans le temps. Ces modèles sont décrits par des équations habituellement traduites en termes de charges hydrauliques, dérivées généralement de la fameuse loi de Darcy.
- Des modèles de transferts en solution facilitent l'étude des problèmes de la qualité des eaux souterraines en rapport avec les concentrations en éléments chimiques et la propagation de ces éléments dans le milieu.

Snow (1965) et Parsons (1972) ont essayé de développer des modèles au moyen d'une approche statistique (approche de Monte Carlo) pour quantifier les propriétés hydrogéologiques des milieux fissurés. Le modèle de Kiraly (1971) est basé sur une analogie électrique simple pour simuler l'écoulement souterrain dans un milieu hétérogène et anisotrope.

A.3 Écoulement dans un réseau de fractures

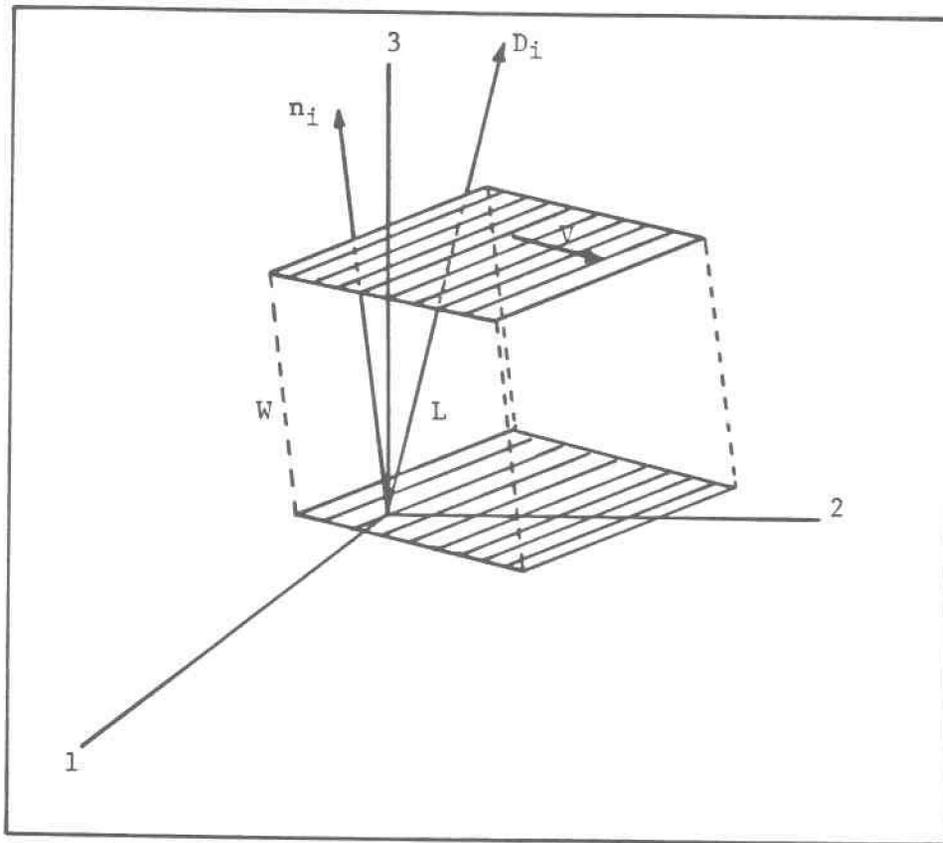
A.3.1 ÉQUATIONS DE PERMÉABILITÉ ET D'ÉCOULEMENT

Les roches cristallines fracturées forment un milieu dont la perméabilité est imputée à la présence de fractures ayant des orientations et des formes variables et au grand nombre de leurs intersections. Par conséquent, puisqu'il est parfois difficile ou presque impossible de mesurer l'exactitude des paramètres des fractures, le problème a été souvent résolu statistiquement par échantillonnage aléatoire des fractures (Bianchi et Snow, 1968; Parsons, 1972, etc.).

Snow (1965) a supposé que si un système de fractures croise une ligne d'échantillonnage de longueur L_e , chaque fracture a alors une image à une distance l ($l < L_e$), suivant la direction de l'itinéraire choisi (figure A.1). Dans un repère orthonormé fixe, l'espacement W entre une fracture et son image est donné par Bianchi et Snow, (1968), soit:

Figure A.1

Esquisse de la méthode de calcul des espacements entre fractures parallèles
(d'après Snow, 1965)



$$W = 1 \mid n_i - D_i \mid \quad (A.1)^1$$

où:

n_i : coordonnée du plan normal à une fracture

D_i : coordonnée de la ligne d'échantillonnage.

Sous forme tensorielle, la perméabilité d'une fracture infinie d'ouverture b et d'orientation arbitraire est:

$$K_{ij} = \frac{2}{3} \frac{b^3}{1 \mid n_i - D_i \mid^*} (\delta_{ij} - v_i v_j) \quad (A.2)$$

où:

v_i et v_j : coordonnées suivant les axes i et j de la normale à une fracture.

La perméabilité équivalente du milieu est donnée par la valeur moyenne obtenue à partir de toutes les stations d'échantillonnage (Bianchi et Snow, 1968), soit:

* Selon Parsons (1972), $W = 1 \mid n_i - D_i \mid$ est un facteur poids qui dépend notamment de l'angle que fait la fissure avec l'orientation moyenne de la série de fracture.

$$\bar{K}_{ij} = \frac{1}{N} \sum \frac{2}{3l} \sum \frac{b^3}{|n_i - D_i|} (\delta_{ij} - v_i v_j) \quad (A.3)$$

Snow (1965, 1969) a déjà utilisé cette approche; ainsi, sous l'approximation de la superposition de l'écoulement, il fit ses calculs séparément pour toutes les séries de fractures simulées, puis superposa ensuite ses résultats. Aussi, Parsons (1972) et Gale et Witherspoon (1979) se sont tous servis de cette approche dans l'étude d'un système de fissures discontinues. Cependant, sans tenir compte de la ligne d'échantillonnage, Kiraly (1971), Bertrand et al. (1982), Feuga (1981), Beucher et de Marsily, ainsi que d'autres, ont développé des équations semblables du tenseur de perméabilité équivalente. Par ailleurs, dans chacun des cas, les composantes principales de la perméabilité du milieu poreux équivalent au milieu fracturé ainsi que leurs directions sont données respectivement par les valeurs propres et les vecteurs propres de l'équation matricielle.

Chaque fracture peut contribuer à la perméabilité de la roche si et seulement si elle croise d'autres fractures conductrices (Long et al., 1982 et Wilke et al., 1985). Ceci, d'une part, parce que les fractures individuelles sont de longueur et d'étendue finies et d'autre part, parce que leurs ouvertures varient considérablement dans l'espace à cause, par exemple, de la déformation ou du colmatage par des dépôts de minéraux (quartz, calcite, argile, etc.). Autrement dit, dans le cas d'une matrice imperméable, si une fissure est isolée, elle est alors automatiquement exclue de la contribution à la perméabilité globale du milieu si elle n'a pas de lien direct avec d'autres fractures.

L'étude des mesures de perméabilité directionnelle reprise par Long et al. (1982), en supposant un milieu homogène et anisotrope dans lequel la loi de Darcy est applicable ($v_j = k_{ij} \frac{\partial \phi}{\partial x_i} = K_{ij} J_i$), est basée sur deux méthodes,

où:

v_j : vitesse de Darcy

ϕ : charge hydraulique [L]

J : gradient de charge [L/L]

qui donnent lieu à des ellipses de perméabilité. La première méthode utilise les mesures dans la direction du flux et dont l'axe majeur de l'ellipse indique la direction de perméabilité maximale. La deuxième méthode utilise les mesures dans la direction du gradient et permet d'obtenir la direction de perméabilité maximale suivant l'axe mineur de l'ellipse. Il est clair, d'après Wilson et al. (1983), que l'écoulement dans certaines fractures ne se produit pas nécessairement dans la direction du gradient moyen. Il en découle que les pressions mesurées ne fournissent pas souvent les gradients moyens existants. Ces auteurs ont conclu que si le gradient moyen n'est pas déterminé, l'exactitude de la conductivité hydraulique équivalente du milieu est alors suspendue. C'est probablement dans cette optique que Long et al. (1982) ont préféré, néanmoins, pour le calcul de la perméabilité relative à un milieu hétérogène, la méthode utilisant la direction du gradient qui est approximativement linéaire en régime permanent tant que le milieu considéré est un volume élémentaire représentatif (VER). En éliminant la notation tensorielle, dans le concept théorique de la

perméabilité équivalente mentionné plus haut, plusieurs chercheurs dont Iwai (1976), Gale (1977, 1982), Long et al. (1982), Schwartz et al. (1983), Rouleau (1984), etc., ont développé, au préalable, le calcul de la perméabilité de fractures individuelles dans une masse rocheuse, grâce à une formule qui suppose que la perméabilité d'une fracture (K_j) est fonction carrée de son ouverture (2b) soit:

$$K_f = \frac{\rho g}{12 \mu} (2b)^2 \quad (\text{A.4})$$

où:

ρ : densité volumique de l'eau [ML^{-3}];

g : constante de gravité [LT^{-2}];

μ : viscosité dynamique [$\text{ML}^{-1}\text{T}^{-1}$];

et l'équation du mouvement de fluide newtonien visqueux, incompressible, de phase simple et en régime permanent, est:

$$q = \frac{(2b)^3}{12 \mu} \cdot \rho g I \quad (\text{A.5})$$

où:

q : débit d'écoulement [L^3T^{-1}];

I: gradient de charge hydraulique [LL⁻¹].

A.4 Théories des essais d'injection d'eau

A.4.1 PERMÉABILITÉ DES FISSURES

Sur le terrain, les essais d'injection peuvent être effectués au niveau d'un trou de forage entre deux éléments d'obturateurs gonflables connus sous le nom de "packers". Ces éléments sont conçus pour isoler des sections spécifiques de roches dans un forage donné (figure A.2). L'injection d'eau dans ces "packers" crée un écoulement radial vers le milieu fissuré. En appliquant une approximation d'un milieu fissuré à un milieu poreux équivalent dans des conditions de régime permanent, et en supposant les fissures à plans parallèles et horizontales, la loi de Darcy est exprimée par:

$$q = - K \frac{dH}{dr} \quad (A.6)$$

où:

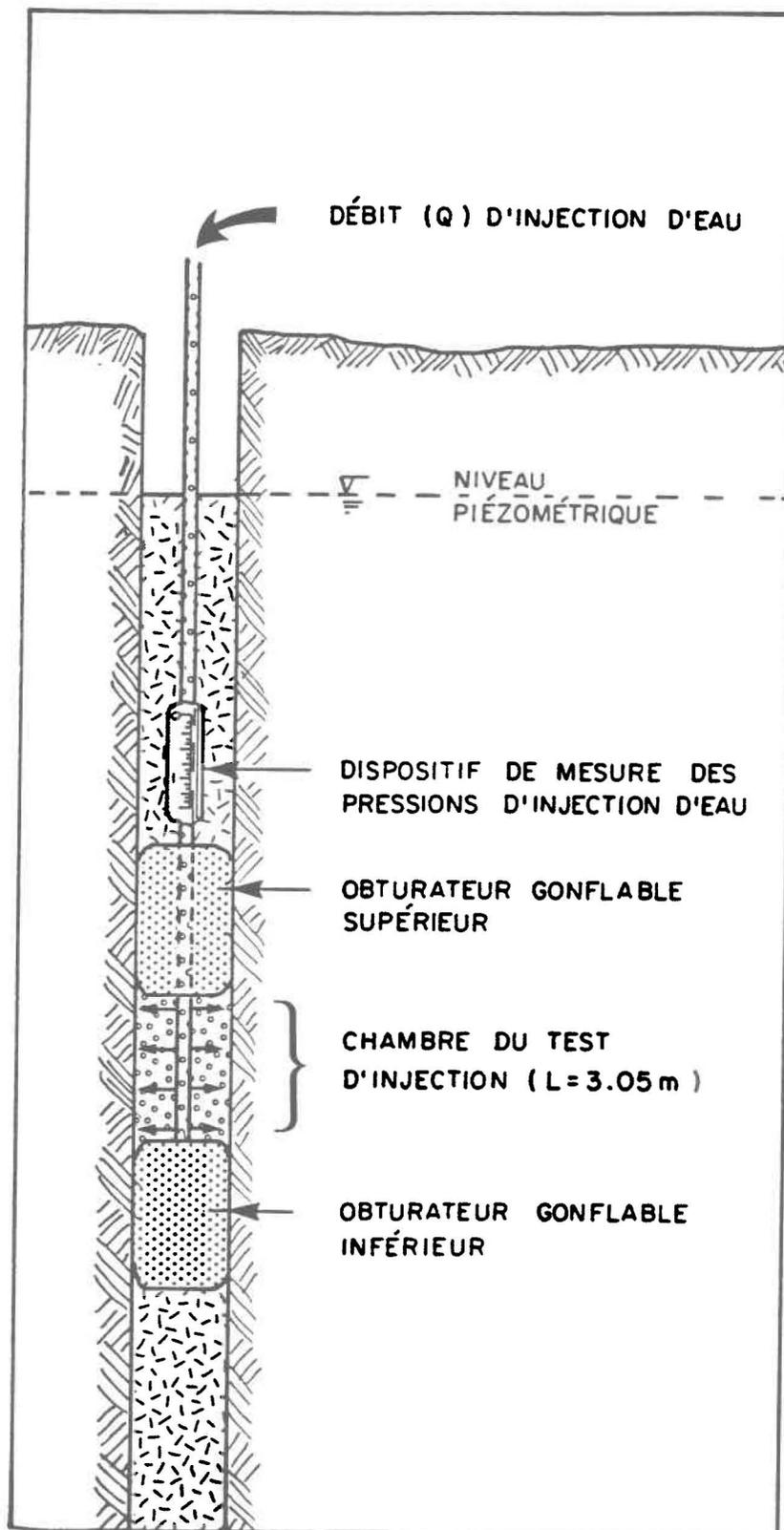
q: la décharge spécifique (L/T);

K: la conductivité hydraulique du milieu (L/T);

H: la charge hydraulique (L);

Figure A.2

Schéma du dispositif des tests d'injection d'eau dans un trou de forage
(d'après Francis, 1981)



r : la distance radiale à partir du centre du puits (L).

D'après Maini (1971) et Francis (1981), la conductivité hydraulique d'un milieu fissuré équivalent à un milieu poreux est donnée par:

$$K_e = \sum_{i=1}^n \frac{(2b_i)}{L} K_i \quad (\text{A.7})$$

où:

$2b_i$: ouverture de la $i^{\text{ème}}$ fracture (L);

L : longueur de la chambre du test d'injection (L);

n : nombre de fractures dans la section isolée sous essais;

K_i : conductivité hydraulique de la $i^{\text{ème}}$ fracture, donnée par l'équation (A.4), soit:

$$K_i = \frac{\rho g (2b_i)^2}{12 \mu} \quad (\text{A.8})$$

Le débit total d'écoulement (Q_{ti}) absorbé par une fissure horizontale de section A_i perpendiculaire à l'écoulement à travers un forage vertical est donné par:

$$Q_{ti} = q_i \times A_i \quad (\text{A.9})$$

La combinaison des équations (A.6), (A.8) et (A.9) donne le débit total d'écoulement dans la section isolée du test, soit:

$$Q_t = - 2\pi r \frac{dH}{dr} \sum_{i=1}^n (2b_i) K_{fi} \quad (A.10)$$

Par réarrangement, l'équation (A.10) devient:

$$\int_{r_W}^{r_I} \frac{dr}{r} = - \frac{2\pi}{Q_t} \sum_{i=1}^n (2b_i) K_{fi} \int_{H_W}^{H_I} dH \quad (A.11)$$

où:

Q_t : débit total d'écoulement dans la section du test [L^3/T];

r_W : rayon du puits [L];

r_I : rayon d'influence [L];

H_W : charge hydraulique au niveau du puits [L];

H_I : charge hydraulique au niveau du rayon d'influence [L].

L'intégration de (A.11), après y avoir substitué (A.28), donne:

$$Q_t = \frac{2\pi (H_W - H_I)}{\ln(r_I / r_W)} \sum_{i=1}^n \frac{\rho g (2b_i)^3}{12 \mu} \quad (A.12)$$

Le terme de sommation de (A.12) étant déjà défini, le flux total devient:

$$Q_t = \frac{2\pi L K_e (H_W - H_I)}{\ln (r_I / r_W)} \quad (A.13)$$

L'équation (A.13) pourrait être utilisée au préalable pour déterminer la conductivité hydraulique de la partie isolée du test appliquée par approximation à un milieu poreux équivalent quand une relation linéaire débit d'injection - charge hydraulique est obtenue, soit:

$$K_e = \frac{Q_t \ln (r_I / r_W)}{2\pi L (H_W - H_I)} \quad (A.14)$$

Les concepts théoriques ci-dessus sont basés, d'une part, sur les travaux de Gale (1980, 1982a) qui a d'ailleurs largement utilisé l'équation (A.14) dans l'analyse des tests d'injection dans les roches cristallines fracturées et, d'autre part, sur une étude effectuée par Francis (1981) et Francis et al. (1984), dans le but d'analyser les propriétés hydrogéologiques d'un milieu poreux fissuré. Deux termes distincts constituent le développement de Francis; il s'agit notamment d'un terme réservé purement aux fractures individuelles, et l'autre, à la matrice rocheuse perméable. D'autres études peuvent être signalées; citons, par exemple, l'étude de Snow (1970) dans laquelle il a été reporté que les valeurs exactes de K_i et $2b_i$ de chaque fracture ne peuvent être déterminées directement quand plusieurs fractures existent dans un intervalle d'essai, sauf si la distribution de leurs ouvertures est a priori bien connue. Ajoutons encore que, dans son étude, Maini (1971) a utilisé uniquement une valeur moyenne des ouvertures

sous l'approximation que ces fractures ont toutes les mêmes dimensions. D'autres approximations qu'il faut considérer dans l'analyse théorique des données de tests d'injection sont mentionnées ci-dessous:

1. écoulement radial et laminaire;
2. fractures continues ayant des ouvertures constantes;
3. fractures horizontales et recoupées par des trous de forages verticaux;
4. pertes de charges négligeables, résultant du fléchissement et contractions des lignes d'écoulement à l'entrée des fractures dans la section d'essais; d'après Francis (1981), la signification de cet effet dans les tests d'injection n'a pas été évaluée expérimentalement;
5. validité de la loi de Darcy.

En ce qui concerne les descriptions de ces approximations, le lecteur est référé au travail de Francis (1981).

A.4.2 MÉTHODE INDIRECTE DE CALCUL DES OUVERTURES DE FRACTURES

La méthode d'analyse indirecte consiste à calculer les ouvertures des fractures individuelles à partir des données des essais d'eau sur le terrain. Certaines approximations sont nécessaires à cet effet et requièrent, outre celles qui sont décrites plus haut, les conditions suivantes: a) la représentation, par des plans parallèles horizontaux ayant des ouvertures égales, du système de fissures présent dans la chambre du test, et b) la saturation et la considération de la zone du test comme un milieu poreux équivalent, homogène et isotrope (Zeigler, 1976; Maini, 1971, etc.).

De l'équation (A.7), si les conditions a et b sont remplies, la perméabilité d'une fracture individuelle peut s'écrire:

$$k_f = \frac{L}{n(2b)} k_e \quad (\text{A.15})$$

En substituant (A.14) dans (A.15) et en l'égalisant avec (A.8), l'ouverture (2b) de fractures individuelles dans un intervalle j d'essai est:

$$(2b_j) = \left\{ \frac{6 \mu}{n_j \Pi \rho g} \frac{Q_{tj} \ln(r_I / r_W)}{(H_W - H_I)} \right\}^{1/3} \quad (\text{A.16})$$

A.4.3 DISTRIBUTION DES OUVERTURES DE FRACTURES

Selon Snow (1968, 1970), la fréquence des fractures obéit spatialement à la loi de Poisson¹ et leurs ouvertures sont distribuées log-normalement sur un affleurement et dans des forages (Bianchi et Snow, 1968; Snow, 1970; Francis, 1981). Les statistiques de la distribution des ouvertures de fractures peuvent être déterminées pour chaque forage si: (1) la fréquence moyenne de fractures peut être déterminée et (2) la relation entre la grandeur des ouvertures de fractures et leur fréquence (modèle de distribution des ouvertures) peut être déterminée aussi (Francis, 1981). Nous avons

¹ Il s'agit d'une approximation

mentionné, dans le paragraphe précédent, que la conductivité hydraulique équivalente (équation A.7) est fonction du nombre de fractures présentes dans l'intervalle d'essais et de leurs ouvertures efficaces. En utilisant l'analyse théorique de Snow (1970) et Francis (1981), nous pouvons écrire les relations suivantes:

$$\mu_{k_i} = \mu_{k_e} / \lambda \quad (\text{A.17})$$

et

$$\sigma_{k_i}^2 = \sigma_{k_e}^2 / \lambda - \mu_{k_e}^2 / \lambda^2 \quad (\text{A.18})$$

où:

μ_{k_i} et $\sigma_{k_i}^2$: conductivité hydraulique moyenne et variance de fractures individuelles du milieu poreux équivalent;

μ_{k_e} et $\sigma_{k_e}^2$: conductivité hydraulique moyenne et variance de fractures dans tous les intervalles équivalents à un milieu poreux;

λ : nombre moyen de fractures par longueur du test.

Les équations A.17 et A.18 peuvent être utilisées pour obtenir les paramètres de la distribution de perméabilité de fractures individuelles à partir des paramètres de la distribution de perméabilité équivalente. En substituant A.18 dans A.17, nous obtenons, pour une seule fracture:

$$K_{ei} = \frac{2 \rho g}{3 \mu L} (b_i)^3 \quad (\text{A.19})$$

soit :

$$(b_i)^3 = \frac{3 \mu L}{2 \rho g} K_{ei} \quad (\text{A.20})$$

Ainsi, la moyenne et la variance des conductivités hydrauliques de fractures individuelles peuvent être converties à la moyenne (α) et la variance (β^2) du cube de la moitié de l'ouverture, soit:

$$\alpha = \frac{3 \mu L}{2 \rho g} \mu_{K_i} \quad (\text{A.21})$$

$$\beta^2 = \left(\frac{3 \mu L}{2 \rho g} \right)^2 \sigma_{K_i}^2 \quad (\text{A.22})$$

Si on suppose que les ouvertures efficaces $2b$ et b des fissures sont distribuées log-normalement, alors b^3 est aussi distribué log-normalement du fait que $3 \ln b$ est normal. De même, puisque (α) et (β^2) sont la moyenne et la variance de la fonction densité de probabilité $\Delta(b^3)$, alors les paramètres de la fonction $N(\ln b^3)$ sont μ et σ^2 :

$$\mu = \ln \frac{\alpha^2}{(\alpha^2 + \beta^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (\text{A.23})$$

$$\sigma^2 = \ln \left(1 + \frac{\beta^2}{\alpha^2} \right) \quad (\text{A.24})$$

En effet, si la fonction $N(\ln b^3)$ a pour paramètres (μ) et (σ^2) , alors la fonction $N(\ln 2b)$ a pour paramètres μ_1 et σ_1^2 reliés par les relations suivantes:

$$\mu_1 = \frac{\mu}{3} + \ln 2 \quad (\text{A.25})$$

$$\sigma_1^2 = \frac{\sigma^2}{9} \quad (\text{A.26})$$

Finalement, la moyenne (μ_1) et la variance (σ_1^2) du logarithme naturel des ouvertures efficaces de fractures sont:

$$\mu_1 = \ln 2 \left(\frac{\alpha^2}{(\alpha^2 + \beta^2)^{1/2}} \right)^{1/3} \quad (\text{A.27})$$

$$\sigma_1^2 = \ln \left(\frac{\alpha^2 + \beta^2}{\alpha^2} \right)^{1/9} \quad (\text{A.28})$$

ANNEXE B: ENTRÉE / SORTIE DES MODÈLES NETWORK ET NETFLO

B.1 Données d'entrée

Les données d'entrée du programme NETWORK sont principalement de deux types: 1) données décrivant la géométrie de patron de joints et 2) données reliées à la géométrie des limites (formes et coordonnées). Dans le premier cas, le patron de fractures est défini par la densité, le type et les paramètres de distribution de longueurs, d'orientation et d'ouvertures de chaque série de fractures. Dans le second cas, le programme NETWORK a l'avantage de considérer deux modèles de forme géométrique différente: modèle rectangulaire et modèle circulaire (figure B.1). Dans la présente étude, seul le modèle rectangulaire est utilisé et cela, aussi bien dans un plan vertical que dans un plan horizontal. Comme données d'entrée exigées par NETFLO, il y a le réseau généré par NETWORK et les conditions de charges et d'écoulement imposées aux limites.

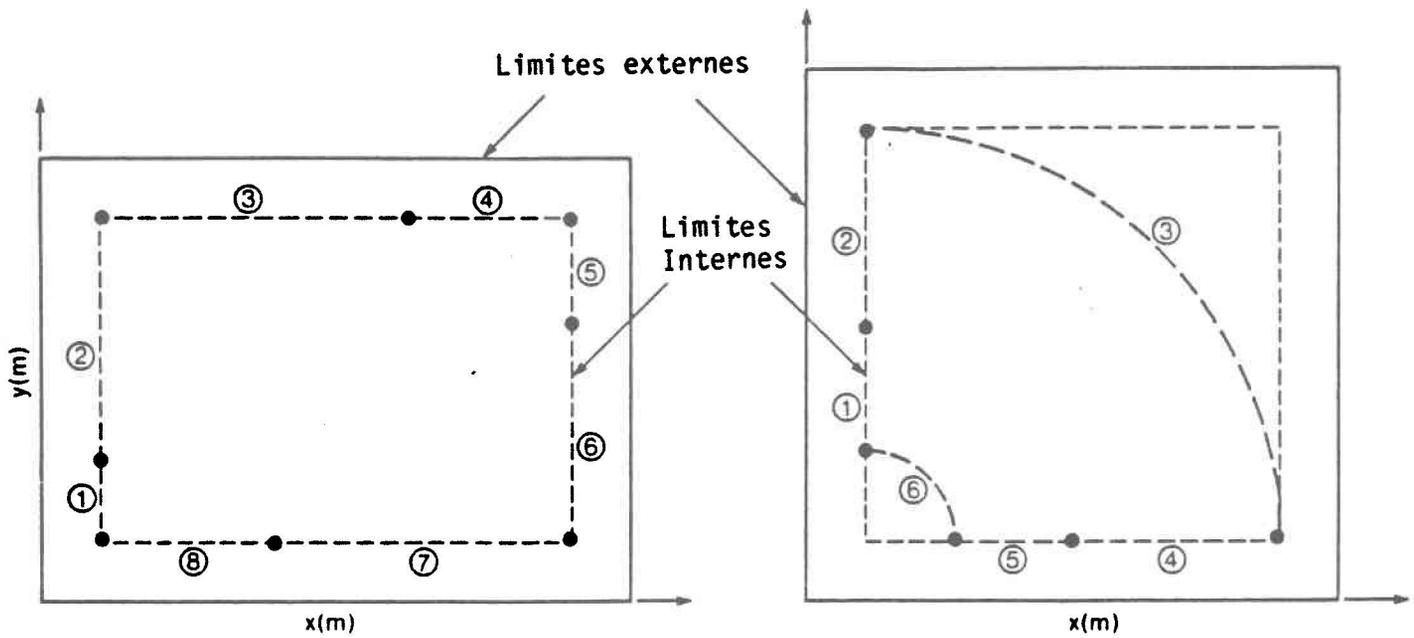
B.2 Fichiers de sortie

Les programmes NETWORK et NETFLO offrent un certain nombre d'options pour la création de fichiers de sortie. En effet, la variable d'entrée ISP fournit la possibilité de créer des fichiers de données des espacements, obtenus à partir des lignes du réseau généré, tandis que la variable IPRT fournit d'autres fichiers de sortie tels que résumés au tableau B.1.

Figure B.1

Plans et limites des modèles conçus pour les programmes NETWORK et NETFLO:
(a) plan rectangulaire; (b) plan circulaire
(d'après Rouleau, 1984)

① Numéro de la limite ayant une condition de charge hydraulique



(a) plan rectangulaire

(b) plan circulaire

Tableau B.1

Fichiers de sortie des programmes NETWORK et NETFLO (d'après Rouleau, 1985)

IPRT	FICHIERS D'ENTRÉE/SORTIE			REMARQUES
	PROGRAMME	NUMÉRO DE L'UNITÉ	CONTENU	
1	NETWORK	9	Noeuds	Fichier informatisé contenant les données de noeuds, des éléments et des ouvertures de fractures exigées par NETFLO
		10	Eléments	
		11	Ouvertures	
		12	SUMNET	
		8	POROS	
		3	SPACING1	
	4	SPACING2	Données des espacements générées par les sous-routines SPCNG1 ou SPCNG2 respectivement	
	NETFLO	25	SUMFLO	Sommaire des calculs d'écoulement
		28	FLOBORY	Résultats des calculs d'écoulement des éléments situés sur des limites
	2*	NETWORK	2	TACES
19			NODFO	
20			ELEFO	
21			APEFO	
NETFLO		27	FLOALL	Résultats de calculs d'écoulement pour tous les éléments
3*	NETFLO	26	FLOMAT	Information détaillée sur la renumérotation des noeuds et sur les matrices d'écoulement

* Tous les fichiers créés par l'option précédente sont présents

B.3 Formats des données d'entrée

Les fichiers de données d'entrée (tableau B.2, par exemple) sont constitués des informations générales suivantes:

Ligne 1:

Colonnes 1 à 80: titre, (20A4)

Ligne 2:

Colonnes 1 à 5: NSET, (I5)
Colonnes 6 à 10: ISP, (I5)
Colonnes 11 à 15: COEF, (F5.0)
Colonnes 16 à 20: SEED, (F5.0)
Colonnes 21 à 25: PLTSIZ, (F5.0)
Colonnes 26 à 30: IGEOM, (I5)
Colonnes 31 à 35: NAP, (I5)
Colonnes 36 à 40: NAAP, (I5)
Colonnes 41 à 50: DAAP, (F10.0)
Colonnes 51 à 55: IPRT, (I5)

Ligne 3:

Coordonnées des limites internes et externes des modèles

Colonnes 1 à 40: XMINO, YMAXO, YMINO, YMINI, YMAXI, XMAXI, YMINI
(sens d'une aiguille d'une montre (8F.50))

Ligne 4 et suivantes:

De I = 1 jusqu'à NBO (NBO = 8 pour un modèle rectangulaire, et 6 pour un modèle circulaire), chaque ligne contient d'autres informations concernant chaque limite.

Colonnes 1 à 5: ISHAP(I), (I5)
Colonnes 6 à 10: R(I), (F5.0)
Colonnes 11 à 15: XB(I), (F5.0)
Colonnes 16 à 20: YB(I), (F5.0)
Colonnes 21 à 25: IBC(I), (F5.0)
Colonnes 26 à 30: HDB(I), (F5.0)
Colonnes 31 à 35: HDE(I), (F5.0)

Lignes suivantes:

Premières séries d'informations sur le réseau de fractures (de I = 1 jusqu'à NSET dans chaque ligne)

Colonnes 1 à 60: ALE(I), BLE(I), ATH(I), AAP(I), BAP(I), (6F10.0)

Tableau B.2

Exemple de données d'entrée des programmes NETWORK et NETFLO
(plan vertical: réalisation R008)

R008 NETWORK-NETFLO / CANAL D'AMENEE (ZONE 1: AMONT DU PM=1100)(P.V.)									
4	2	4.4	55.	17.	1	4	4	-0.30	1
-1.	11.	11.	-1.	0.	10.	10.	0.		
1	0.	0.	0.0	1	7.03	7.03			
0	0.	0.	0.	0	0.	0.			
1	00.	0.	10.	0	7.03	0.			
0	0.	0.	0.	0	0.	0.			
1	0.	10.	10.	1	0.	0.			
0	0.	0.	0.	0	0.	0.			
1	0.0	10.	0.	2	0.	7.03			
0	0.	0.	0.	0	0.	0.			
	2.86		73.	2	2	2			
	0.31		18.	2	2	2			
	0.93		86.	2	2	2			
	0.41		82.	2	2	2			
	1.93	1.00		88.0		8.0	-9.23	0.66	
	2.14	1.06		79.0		34.3	-9.32	0.68	
	1.68	0.88		30.0		13.3	-9.48	1.05	
	1.67	0.79		140.0		9.5	-9.24	0.57	



ANNEXE C: RÉSULTATS DE L'ANALYSE DES ESSAIS D'EAU

Tableau C.1

Calculs des perméabilités et des ouvertures de fractures dans chaque intervalle du test des forages 01-84 à 06-84

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° TFD 01-84		EMPLACEMENT CANAL D'AMENÉE- BOUCHON		LONGUEUR: 60,00 (m)	
Pronfondeur des obtura- teurs SUP - INF.	Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
8,92 - 11,97	3	4,09	240	-	-	-	-
11,97 - 15,02	3	4,60	360	-	-	-	-
18,08 - 21,12	3	6,13	240	5,92E-04	2,46E-05	7,99E-02	3,13E-04
21,12 - 24,17	8	9,19	600	6,02E-04	1,67E-05	3,21E-02	1,98E-04
24,17 - 27,22	5	11,24	360	8,33E-06	1,89E-07	2,21E-03	5,21E-05
27,22 - 30,27	12	12,26	240	4,17E-06	8,67E-08	7,34E-04	3,00E-05
30,27 - 33,32	2	13,79	240	8,33E-06	1,54E-07	3,55E-03	6,60E-05
33,32 - 36,37	3	15,32	120	-	-	-	-
37,89 - 40,94	1	18,39	240	8,33E-06	1,15E-07	4,66E-03	7,56E-05
40,94 - 43,99	15	19,92	240	2,50E-05	3,20E-07	1,51E-03	4,31E-05
43,99 - 46,95	7	21,45	360	8,33E-06	9,90E-08	1,15E-03	3,75E-05
46,95 - 50	5	22,98	360	1,25E-05	1,39E-07	1,80E-03	4,70E-05
50 - 60	20	24,51	240	8,33E-06	2,64E-08	5,22E-04	2,53E-05

Tableau C.1 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° TFD 02-84		EMPLACEMENT CANAL D'AMENEE- BOUCHON			LONGUEUR: 48,38 (m)	
Prondeur des obturateurs SUP - INF.	Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]	
4,30 - 7,35	5	7,05	600	7,22E-05	2,61E-06	1,27E-02	1,25E-04	
7,35 - 10,40	5	3,58	540	3,38E-04	2,41E-05	5,60E-02	2,62E-04	
10,40 - 13,45	2	-	-	-	-	-	-	
13,45 - 16,50	13	3,58	120	9,45E-04	6,74E-05	5,88E-02	2,69E-04	
16,50 - 19,55	13	7,05	180	8,40E-04	3,04E-05	3,46E-02	2,06E-04	
19,55 - 22,60	8	14,09	480	2,39E-04	4,32E-06	1,30E-02	1,26E-04	
22,60 - 25,65	7	10,62	180	8,33E-04	2,00E-05	3,95E-02	2,20E-04	

Tableau C.1 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° TFD 03-84		EMPLACEMENT CANAL D'AMENÉE- BOUCHON			LONGUEUR: 66,42 (m)	
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.	Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]	
6,21 - 9,26	5	9,19	240	5,92E-04	1,64E-05	4,34E-02	2,31E-04	
9,26 - 12,31	4	15,32	240	1,17E-04	1,95E-06	1,22E-02	1,22E-04	
12,31 - 15,36	15	20,42	240	9,17E-05	1,14E-06	3,53E-03	6,58E-05	
15,36 - 18,41	7	25,54	240	5,17E-04	5,16E-06	1,60E-02	1,40E-04	
18,41 - 21,46	6	30,64	240	4,12E-04	3,43E-06	1,35E-02	1,29E-04	
21,46 - 24,51	3	35,75	480	7,29E-06	5,20E-08	1,32E-03	4,02E-05	
24,51 - 27,56	2	8,17	360	5,92E-04	1,85E-05	8,64E-02	3,26E-04	
27,56 - 30,61	1	45,97	480	2,08E-05	1,15E-07	4,65E-03	7,56E-05	
30,61 - 33,66	2	51,07	240	8,33E-06	4,16E-08	1,48E-03	4,27E-05	
33,66 - 36,71	6	17,88	360	5,83E-04	8,31E-06	2,44E-02	1,73E-04	
36,71 - 39,76	2	61,29	240	8,33E-06	3,46E-08	1,32E-03	4,02E-05	

Tableau C.1 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° TFD 05-84		EMPLACEMENT CANAL D'AMENEE- BOUCHON		LONGUEUR: 36,09 (m)		
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.		Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
20,35 - 23,4		14	12,77	240	-	-	-	-
23,4 - 26,45		12	25,54	240	4,17E-06	4 16E-08	4,50E-04	2,35E-05
27,97 - 31,02		18	28,09	240	4,17E-06	3,78E-08	3,22E-04	2,00E-05
31,02 - 34,07		11	30,64	360	8,33E-06	6,93E-08	6,70E-04	2,87E-05

Tableau C.1 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° TFD 06-84		EMPLACEMENT CANAL D'AMENEE- BOUCHON		LONGUEUR: 54,28 (m)	
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.	Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
5,29 - 8,34	5	9.19	240	5,92E-04	1,64E-05	4,34E-02	2,31E-04
8,34 - 11,39	10	12.77	360	4,92E-04	9,82E-06	1,94E-02	1,54E-04
11,39 - 14,44	21	15.32	360	2,58E-04	4,29E-06	6,82E-03	9,14E-05
14,44 - 17,49	18	17.88	360	6,67E-05	9,51E-07	2,76E-03	5,82E-05
17,49 - 20,54	7	20.43	360	5,83E-05	7,27E-07	4,34E-03	7,30E-05

Tableau C.2

Calculs de perméabilités et des ouvertures de fractures dans chaque intervalle du test des forages 5001-74 à 5011-74

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° 5001-74		EMPLACEMENT: CANAL D'AMENÉE- BOUCHON			LONGUEUR: 112,81 (m)	
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.		Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
13,20 - 16,25	8	2,11	300	1,51E-05	1,83E-06	7,35E-03	9,49E-05	
16,25 - 19,30	5	3,52	300	4,73E-04	3,43E-05	7,09E-02	2,95E-05	
19,30 - 22,35	11	4,22	300	7,56E-06	4,58E-07	2,36E-03	5,38E-05	
22,35 - 25,40	7	4,22	300	9,06E-06	5,49E-07	3,60E-03	6,65E-05	
25,40 - 28,45	7	4,92	300	4,53E-06	2,35E-07	2,04E-03	5,00E-05	
28,45 - 31,50	12	4,92	300	2,89E-05	1,49E-06	4,89E-03	7,76E-05	
31,50 - 34,55	14	6,33	300	1,59E-04	6,40E-06	1,17E-02	1,20E-04	
34,55 - 37,60	4	7,03	300	3,99E-04	1,45E-05	4,64E-02	2,38E-04	
37,60 - 40,65	7	7,74	300	4,53E-06	1,50E-07	1,52E-03	4,31E-05	
40,65 - 43,70	2	8,44	300	4,53E-06	1,37E-07	3,29E-03	6,35E-05	
43,70 - 46,75	7	9,14	300	1,97E-05	5,49E-07	3,60E-03	6,64E-05	
46,75 - 49,80	3	11,95	300	4,53E-06	9,69E-08	1,99E-03	4,94E-05	
49,80 - 52,85	6	8,44	300	4,53E-06	1,37E-07	1,58E-03	4,40E-05	
52,85 - 55,90	5	7,03	300	3,03E-06	1,10E-07	1,54E-03	4,35E-05	
55,90 - 58,95	3	7,03	300	9,09E-06	3,30E-07	4,51E-03	7,44E-05	
58,95 - 62,00	5	6,33	300	2,42E-05	9,76E-07	6,61E-03	9,00E-05	
62,00 - 65,00	4	5,63	300	9,10E-06	4,12E-07	4,32E-03	7,28E-05	
65,00 - 68,10	4	5,63	300	4,53E-06	2,06E-07	2,72E-03	5,78E-05	
68,10 - 71,15	0	4,92	300	4,53E-06	2,35E-07	-	-	
71,15 - 74,20	1	4,92	300	3,03E-06	1,57E-07	5,72E-03	8,38E-05	
74,20 - 77,20	2	4,92	300	7,56E-06	3,92E-07	6,63E-03	9,02E-05	
77,20 - 80,25	4	4,92	300	1,51E-05	7,82E-07	6,62E-03	9,01E-05	
80,25 - 83,30	6	5,53	300	4,53E-06	2,09E-07	2,09E-03	5,07E-05	
83,30 - 86,35		5,53	300	4,53E-06	2,09E-07	-	-	
86,35 - 89,40		6,33	300	4,53E-06	1,82E-07	-	-	
89,40 - 92,45		7,00	300	7,56E-06	2,75E-07	-	-	
92,45 - 95,50	3	7,74	300	4,53E-06	1,49E-07	2,66E-03	5,71E-05	
95,50 - 98,55		7,74	300	4,53E-06	1,49E-07	-	-	
98,55 - 101,60	1	8,44	300	7,56E-06	2,28E-07	7,34E-03	9,49E-05	
101,60 - 104,65	1	9,14	300	7,56E-06	2,11E-07	6,96E-03	9,24E-05	
104,65 - 107,70	6	9,84	300	7,56E-06	1,96E-07	2,00E-03	4,96E-05	
107,70 - 110,75	22	10,55	300	4,53E-06	1,10E-07	5,74E-04	2,65E-05	

Tableau C.2 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° 5003-74		EMPLACEMENT PRISE D'EAU		LONGUEUR: 122,59 (m)		
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.		Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
12,19 - 15,24	15	0,70	300	6,06E-04	2,20E-04	1,18E-01	3,80E-04	
15,24 - 18,29	18	2,81	300	3,77E-04	3,41E-05	3,00E-02	1,92E-04	
18,29 - 21,34	15	4,22	300	3,03E-06	1,83E-07	1,04E-03	3,57E-05	
21,34 - 24,38	5	6,33	300	3,03E-06	1,22E-07	1,65E-03	4,50E-05	
24,38 - 27,43	11	7,74	300	3,03E-06	9,99E-08	8,55E-04	3,24E-05	
27,43 - 30,48	1	9,84	300	3,03E-06	7,85E-08	3,60E-03	6,65E-05	
30,48 - 33,53	8	11,25	300	3,03E-06	6,87E-08	8,24E-04	3,18E-05	
33,53 - 36,58	12	13,36	300	3,03E-06	5,78E-08	5,60E-04	2,62E-05	
36,58 - 39,62	20	14,77	300	3,03E-06	5,23E-08	3,73E-04	2,14E-05	
39,62 - 42,67	15	16,88	300	3,03E-06	4,58E-08	4,13E-04	2,25E-05	
42,67 - 45,72	15	18,28	300	9,06E-06	1,27E-07	8,16E-04	3,16E-05	
45,72 - 48,77	21	19,69	300	4,53E-06	5,88E-08	3,90E-04	2,19E-05	
48,77 - 51,82	17	21,80	300	4,53E-06	5,32E-08	4,20E-04	2,27E-05	
51,82 - 54,86	15	23,21	300	3,03E-06	3,33E-08	3,34E-04	2,03E-05	
54,86 - 57,91	13	25,32	300	1,97E-05	1,98E-07	1,21E-03	3,85E-05	
57,91 - 60,96	21	26,72	300	5,15E-05	4,91E-07	1,61E-03	4,44E-05	
66,96 - 64,00	26	28,83	300	2,42E-05	2,14E-07	8,00E-04	3,13E-05	
64,01 - 67,06	18	30,24	300	3,17E-05	2,68E-07	1,19E-03	3,82E-05	
67,06 - 70,10	14	32,35	300	2,73E-05	2,15E-07	1,21E-03	3,86E-05	
70,10 - 73,15	17	33,75	300	1,21E-05	9,15E-08	6,03E-04	2,72E-05	
73,15 - 76,20	19	35,86	300	1,97E-05	1,40E-07	7,44E-04	3,02E-05	
76,20 - 79,25	20	37,27	300	1,85E-04	1,26E-06	3,11E-03	6,18E-05	
79,25 - 82,30	14	38,68	300	2,20E-04	1,40E-07	9,12E-04	3,34E-05	
82,30 - 85,34	11	40,79	300	2,89E-05	1,80E-07	1,27E-03	3,94E-05	
85,34 - 88,39	09	42,19	300	2,12E-04	1,28E-07	1,15E-03	3,76E-05	
88,39 - 91,44	14	44,30	300	1,21E-05	6,97E-08	5,73E-04	2,65E-05	
91,44 - 94,49	16	45,71	300	1,21E-05	3,76E-08	5,13E-04	2,51E-05	
94,49 - 97,54	10	47,82	300	2,42E-05	1,29E-07	1,08E-03	3,64E-05	
97,54 - 100,58	7	49,22	300	2,12E-05	1,10E-07	1,23E-03	3,89E-05	
100,58 - 103,63	9	51,33	300	1,51E-05	7,52E-08	8,09E-04	3,15E-05	
103,63 - 106,68	10	54,15	300	3,23E-04	1,56E-06	5,69E-03	8,36E-05	
106,68 - 109,73	12	54,15	300	3,43E-04	1,61E-06	5,15E-03	7,95E-05	
109,73 - 112,78	7	56,26	147	8,41E-04	3,81E-06	1,31E-02	1,27E-04	
112,82 - 115,82	32	57,66	206	6,40E-04	2,83E-06	3,90E-03	6,92E-05	

Tableau C.2 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° 5004-74		EMPLACEMENT PRISE D'EAU		LONGUEUR: 107,26 (m)		
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.		Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
21,34 - 24,38	5	3,52	300	3,03E-06	2,20E-07	2,45E-03	5,48E-05	
24,38 - 27,43	13	4,92	300	4,53E-06	2,35E-07	1,35E-03	4,07E-05	
27,43 - 30,48	7	7,03	300	3,03E-06	1,10E-07	1,23E-03	3,89E-05	
30,48 - 33,53	12	8,44	300	9,06E-06	2,73E-07	1,58E-03	4,40E-05	
33,53 - 36,58	10	9,84	300	3,03E-06	7,85E-08	7,76E-04	3,09E-05	
36,58 - 39,62	15	11,25	300	7,56E-06	1,72E-07	9,96E-04	3,50E-05	
39,62 - 42,67	16	12,66	300	9,06E-06	1,82E-07	9,95E-04	3,49E-05	
42,67 - 45,72	16	13,36	300	4,53E-05	8,64E-07	2,81E-03	5,87E-05	
45,72 - 48,77	7	15,47	300	4,53E-05	7,46E-07	4,42E-03	7,36E-05	
48,77 - 51,82	12	16,88	300	4,53E-05	6,84E-07	2,91E-03	5,97E-05	
51,82 - 54,86	4	18,28	300	3,34E-05	4,66E-07	4,58E-03	7,58E-05	
54,86 - 57,91	5	22,50	300	4,53E-06	5,13E-08	9,27E-04	3,37E-05	
57,91 - 60,96	11	24,61	300	7,56E-06	7,83E-08	7,27E-04	2,99E-05	
60,96 - 64,00	6	26,00	300	4,53E-06	4,44E-08	7,46E-04	3,03E-05	
64,00 - 67,06	16	27,42	300	1,21E-06	1,12E-07	1,55E-04	1,38E-05	
67,06 - 70,10	9	29,53	300	4,53E-06	4,24E-08	5,49E-04	2,60E-05	
70,10 - 73,15	3	30,94	300	3,62E-05	2,98E-07	4,21E-03	7,19E-05	
73,15 - 76,20	6	33,05	300	6,37E-05	4,91E-07	3,70E-03	6,74E-05	
76,20 - 79,25	14	34,45	300	1,14E-04	8,43E-07	3,01E-03	6,09E-05	
79,25 - 82,30	11	36,57	300	7,56E-05	5,27E-07	2,59E-03	5,64E-05	
82,30 - 85,34	5	37,97	300	9,06E-06	6,08E-08	1,04E-03	3,57E-05	
85,34 - 88,39	9	40,08	300	3,03E-06	1,93E-08	3,26E-04	2,00E-05	
88,39 - 91,44	14	41,49	300	3,03E-06	1,86E-08	2,37E-04	1,71E-05	
91,44 - 94,49	2	43,60	300	3,03E-06	1,77E-08	8,41E-04	3,21E-05	
94,49 - 97,54	8	45,00	300	4,53E-06	2,57E-08	4,28E-04	2,29E-05	
97,54 - 100,58	7	47,11	300	3,03E-06	1,64E-08	3,46E-04	2,06E-05	
100,58 - 103,63	7	48,52	300	3,03E-06	1,59E-08	3,40E-04	2,04E-05	

Tableau C.2 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° 5005-74		EMPLACEMENT: PRISE D'EAU		LONGUEUR: 90,56 (m)	
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.	Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
21,34 - 24,38	15	4,92	300	4,53E-06	2,34E-07	1,23E-03	3,88E-05
24,38 - 27,43	16	6,33	300	3,91E-04	1,57E-05	1,94E-02	1,54E-04
27,43 - 30,48	15	7,03	300	4,84E-05	1,76E-06	4,71E-03	7,60E-05
30,48 - 33,53	13	8,44	300	4,84E-05	1,46E-06	4,57E-03	7,49E-05
33,53 - 36,58	17	9,84	300	2,42E-05	6,27E-07	2,18E-03	5,17E-05
36,58 - 39,62	21	10,55	300	3,34E-05	8,06E-07	2,24E-03	5,24E-05
39,62 - 42,67	16	11,95	300	3,62E-05	7,72E-07	2,60E-03	5,65E-05
42,67 - 45,72	20	13,36	300	1,21E-05	2,31E-07	1,00E-03	3,51E-05
45,72 - 48,77	27	14,06	300	4,53E-05	8,21E-07	1,91E-03	4,85E-05
48,77 - 51,82	11	15,47	300	4,53E-06	7,46E-08	7,04E-04	2,94E-05
51,82 - 54,86	12	16,17	300	1,67E-05	2,63E-07	1,54E-03	4,34E-05
54,86 - 57,92	16	17,58	300	5,61E-05	8,13E-07	2,70E-03	5,75E-05
57,92 - 60,96	18	18,99	300	3,62E-05	4,86E-07	1,77E-03	4,66E-05
60,96 - 64,00	16	19,69	300	4,84E-05	6,26E-07	2,26E-03	5,27E-05
64,00 - 67,00	7	21,10	300	4,39E-05	5,31E-07	3,52E-03	6,57E-05

Tableau C.2 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° 5011-74		EMPLACEMENT GALERIE DE FUITE CENTRALE			LONGUEUR: 183,40 (m)
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.	Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
15,24 - 18,29	6	5,63	300	4,53E-06	2,06E-07	2,08E-03	5,05E-05
18,29 - 21,34	14	7,74	300	-	-	-	-
21,34 - 24,38		9,14	300	3,03E-06	8,45E-08	-	-
24,38 - 27,43	1	11,25	300	4,53E-06	1,03E-07	4,31E-03	7,27E-05
27,43 - 30,48	1	12,66	300	3,03E-06	6,10E-08	3,04E-03	6,11E-05
30,48 - 33,53	6	14,77	300	4,53E-06	7,81E-08	1,09E-03	3,65E-05
33,53 - 36,58	2	16,17	300	3,03E-06	4,78E-08	1,63E-03	4,47E-05
36,58 - 39,62	2	17,58	300	-	-	-	-
39,62 - 42,67	3	19,69	300	3,03E-06	3,92E-08	1,09E-03	3,66E-05
42,67 - 45,72	3	21,10	300	3,03E-06	3,66E-08	1,04E-03	3,57E-05
45,72 - 48,77	4	23,21	300	4,53E-06	4,99E-08	1,06E-03	3,60E-05
48,77 - 51,82	13	24,61	300	7,56E-06	7,85E-08	6,51E-04	2,83E-05
51,81 - 54,86	10	26,72	300	4,53E-06	4,34E-08	5,23E-04	2,53E-05
54,86 - 57,91	2	28,13	300	3,03E-06	2,75E-08	1,13E-03	3,72E-05
57,91 - 60,96	6	30,24	300	7,56E-06	6,39E-08	9,51E-04	3,41E-05
60,96 - 64,00	13	31,64	300	3,03E-06	2,44E-08	2,99E-04	1,92E-05
64,00 - 67,06	6	33,75	300	3,03E-06	2,29E-08	4,80E-04	2,43E-05
67,06 - 70,10	1	35,16	300	3,03E-06	2,19E-08	1,54E-03	4,34E-05
70,10 - 73,15	1	36,57	300	7,56E-06	5,28E-08	2,76E-03	5,82E-05
73,15 - 76,20	8	38,68	300	6,97E-05	4,59E-07	2,92E-03	5,99E-05
76,20 - 79,25	5	40,08	300	3,94E-05	2,51E-07	2,67E-03	5,73E-05
79,25 - 82,30	4	42,19	300	4,53E-06	2,75E-08	7,10E-04	2,95E-05
82,30 - 85,34	2	43,60	300	7,56E-06	4,42E-08	1,55E-03	4,36E-05
85,34 - 88,39	7	45,71	300	4,53E-06	2,53E-08	4,63E-04	2,38E-05
88,39 - 91,44	1	47,11	300	1,51E-06	8,20E-08	3,71E-03	6,74E-05
91,44 - 94,49	13	49,22	300	2,42E-05	1,26E-07	8,93E-04	3,31E-05
94,49 - 97,54	1	50,63	300	1,97E-05	9,92E-08	4,21E-03	7,19E-05
97,54-100,58	7	52,74	300	2,42E-05	1,17E-07	1,28E-03	3,97E-05
100,58-103,63	5	54,15	300	2,89E-06	1,36E-07	1,78E-03	4,67E-05
103,63-106,68	43	55,55	300	2,42E-05	1,11E-07	3,70E-04	2,13E-05
106,68-109,73	26	57,66	300	2,42E-05	1,07E-07	5,05E-04	2,49E-05
109,73-112,78	16	59,07	300	2,73E-05	1,18E-07	7,44E-04	3,02E-05
112,78-115,82	11	61,16	300	2,89E-05	1,20E-07	9,66E-04	3,44E-05
115,82-118,87	5	62,58	300	3,94E-05	1,60E-07	1,98E-03	4,93E-05

Tableau C.2 (suite)

PROJET: MANIC-5 P.A.		SONDAGE N° 5011-74		EMPLACEMENT GALERIE DE FUIE CENTRALE		LONGUEUR: 183,40 (m)	
Profondeur des obtura- teurs SUP - INF.	Nombre de fractures	ΔP [m]	T [sec]	Q_T [m ³ /sec]	K_e [m/sec]	K_i [m/sec]	2b [m]
118,87-121,92	7	64,69	300	3,62E-05	1,43E-07	1,47E-03	4,24E-05
121,92-124,97	13	66,10	300	3,34E-05	1,29E-07	9,07E-04	3,34E-05
124,97-128,02	8	68,21	300	3,62E-05	1,36E-07	1,30E-03	3,99E-05
128,02-131,06	9	69,62	300	3,62E-05	1,33E-07	1,18E-03	3,81E-05
131,06-134,11	8	71,02	300	3,62E-05	1,31E-07	1,27E-03	3,94E-05

Figure C.1

Illustration des variations de fréquences (Fr), de perméabilité (K_e , K_f) et d'ouvertures calculées ($(2b)_{cal}$) en fonction de la profondeur des forages 01-84 à 06-84

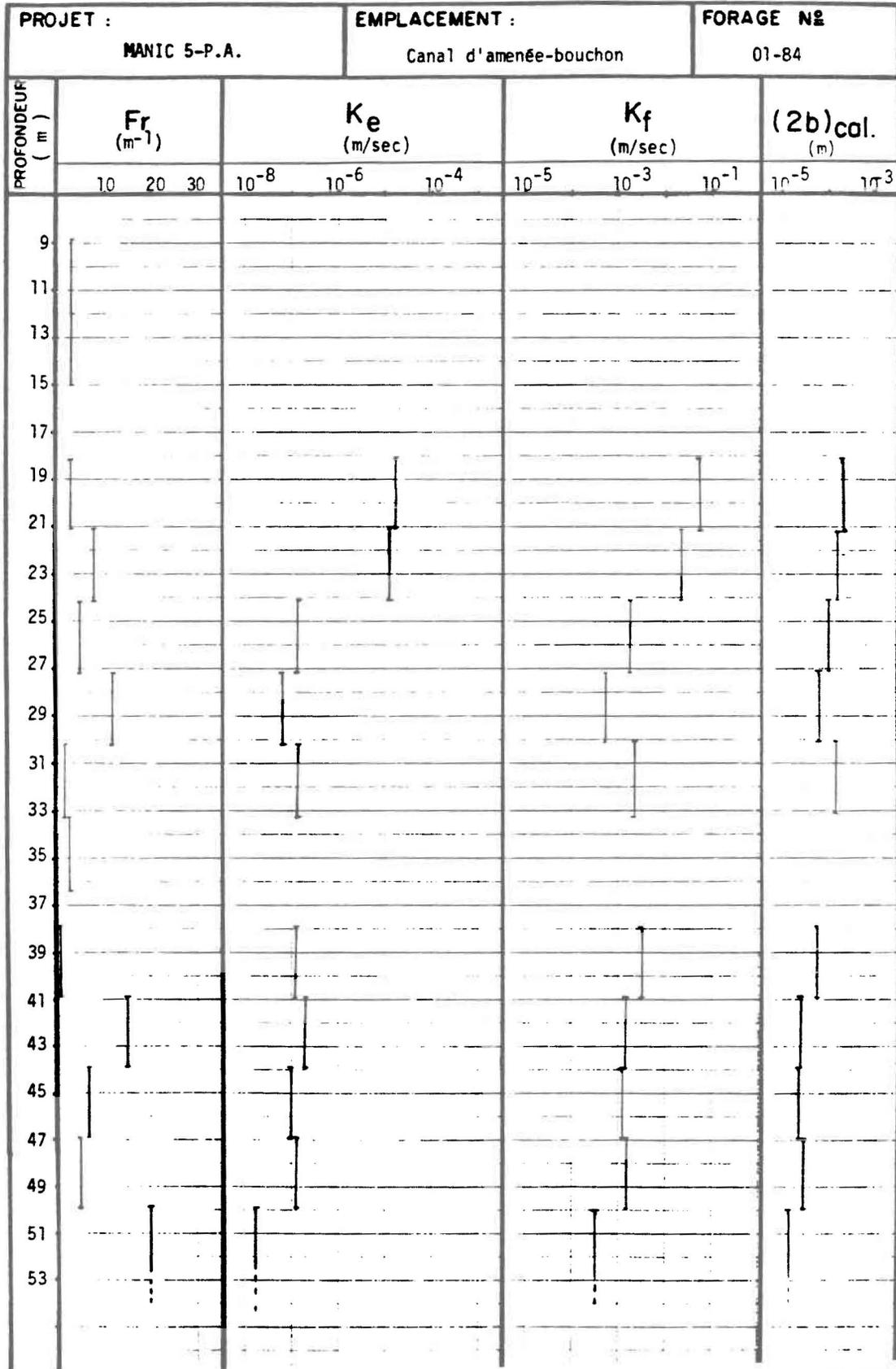


Figure C.1 (suite)

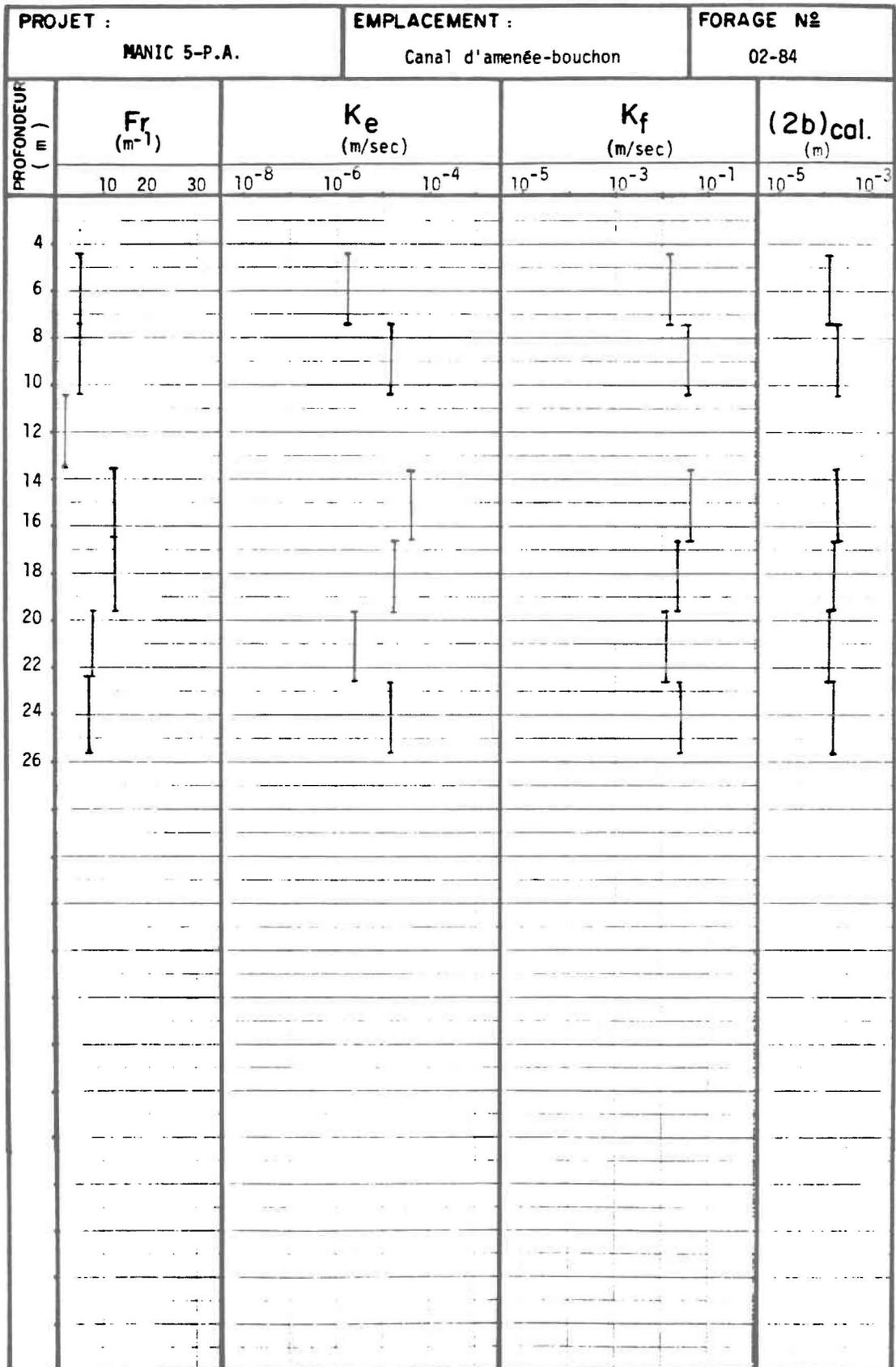
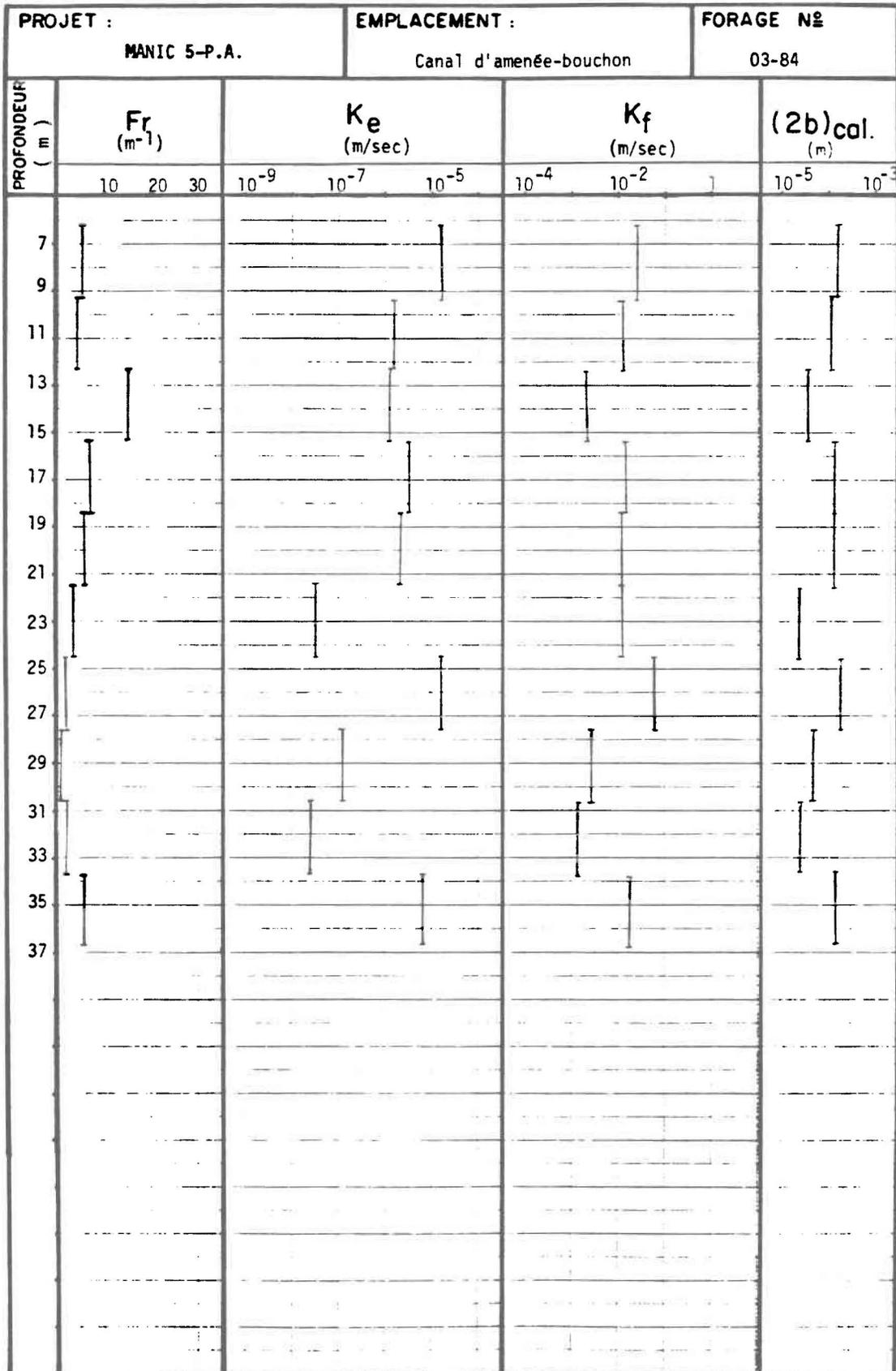


Figure C.1 (suite)



ANNEXE D: QUELQUES PROGRAMMES UTILISÉS

D.1: Estimation des paramètres d'une distribution log-normale ayant quelques données de valeurs tronquées

Soit l , la longueur d'une fracture; si nous supposons que l est distribuée log-normalement, alors, par définition, $t = \log l$ est distribué normalement. En adoptant cette transformation à nos données, la fonction de densité de probabilité (FDP) d'une distribution normale de moyenne μ et d'écart type σ est la suivante:

$$f(t) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2} \sigma} \exp\left(-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad -\infty < t < +\infty \quad (D.1)$$

En tenant compte des données tronquées dans une distribution donnée, l'estimation du MV (EMV) est un peu plus compliquée (Lawless, 1982; Rouleau, 1984). Pour corriger le biais de longueur de fractures, nous nous sommes référés à Lawless (1982, pp. 220-225). Soit $\Phi(Z)$ et $Q(Z)$ la FDP et la fonction de distribution cumulée (FDC) d'une distribution normale centrée-réduite.

$$\Phi(Z) = \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

et

$$Q(Z) = \int_Z^{\infty} \Phi(Z) dz \quad -\infty < Z < +\infty \quad (D.2)$$

Si t suit une loi $N(\mu, \sigma^2)$, alors elle aura respectivement pour FDP et FDC $\sigma^{-1} \Phi[(t - \mu)/\sigma]$ et $Q[(t - \mu)/\sigma]$. Aussi, dans le but de considérer le phénomène de troncature des données dans la détermination des paramètres de la distribution des longueurs t_i ($i = 1, n$) de chaque série, nous allons nommer D le domaine contenant les longueurs non tronquées ($I_{cens} = 0$) avec $u = |D|$ et C celui qui contient toutes les longueurs de fractures dont l'une au moins des extrémités est tronquée ($I_{cens} = 1$ et 2). La fonction de vraisemblance usuelle d'une loi normale est de la forme:

$$L = \prod_{i \in D} \frac{1}{\sigma} \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \prod_{i \in C} Q \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \quad (D.3)$$

Le logarithme de cette équation donne:

$$\log L(\mu, \sigma) = -u \log \sigma - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i \in D} (t_i - \mu)^2 + \sum_{i \in C} \log Q \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \quad (D.4)$$

La dérivée première de $\log L$ est:

$$\frac{\partial \log L}{\partial \mu} = \frac{1}{\sigma^2} \sum (t_i - \mu) + \frac{1}{\sigma} \Phi \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) / Q \frac{t_i - \mu}{\sigma} \quad (D.5)$$

$$\frac{\partial \log L}{\partial \mu} = -\frac{\mu}{\sigma} + \frac{1}{\sigma^3} \sum_{i \in D} (t_i - \mu)^2 + \frac{1}{\sigma} \sum_{i \in C} \frac{t_i - \mu}{\sigma} \Phi \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) / Q \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right) \quad (D.6)$$

Les équations du MV sont obtenues en posant (D.5) et (D.6) comme égales à zéro, soit:

$$\sum_{i \in D} Z_i + \sum_{i \in C} V(Z_i) = 0 \quad (D.7)$$

$$-u + \sum_{i \in D} Z_i^2 + \sum_{i \in C} Z_i V(Z_i) = 0 \quad (3.8)$$

avec:

$$Z_i = (t_i - \mu) / \sigma$$

$$V(Z) = -\frac{d}{dZ} \log Q(Z) = \frac{\Phi(Z)}{Q(Z)}$$

$$\lambda(Z) = \frac{d}{dZ} V(Z) = V(Z) (V(Z) - Z) \quad (D.9)$$

Lawless (1982) a nommé $V(Z)$ une fonction aléatoire de la distribution log-normale et $\lambda(Z)$ sa dérivée.

Deux méthodes ont été suggérées pour estimer la moyenne μ_{LN} et l'écart

type σ_{LN} de la distribution log-normale: la méthode itérative de Newton-Raphson et la méthode itérative proposée par Sampford et Taylor (1959) (citée et adoptée par Lawless, 1982). Nous avons choisi cette dernière puisqu'elle permet de converger plus rapidement que celle de Newton-Raphson. Cette méthode dépend, en fait, du type d'observation et suppose que la variable $t \sim N(\mu, \sigma^2)$. L'espérance mathématique de la variable t , sachant qu'elle est supérieure ou égale à une valeur L , est:

$$E(t / t > L) = \mu + \sigma V \left(\frac{L - \mu}{\sigma} \right) \quad (D.10)$$

Cette équation est obtenue de la façon suivante:

$$\begin{aligned} E(t / t > L) &= \int_L^\infty t \frac{1}{\sigma} \Phi \left(\frac{t - \mu}{\sigma} \right) dt / Q \left(\frac{L - \mu}{\sigma} \right) \\ &= \mu + \left[\sigma / Q \left(\frac{L - \mu}{\sigma} \right) \right] \int_{(L-\mu)/\sigma}^\infty Z \Phi(Z) dz \end{aligned}$$

L'intégrale, à l'extrême droite de l'équation ci-dessus peut s'écrire:

$$\begin{aligned} \int_{(L-\mu)/\sigma}^\infty Z \Phi(Z) dz &= \int_{(L-\mu)/\sigma}^\infty \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} Z e^{-z^2/2} dz \\ &= \frac{1}{(2\pi)^{1/2}} \exp \left(\frac{-(L - \mu)^2}{2\sigma^2} \right) \end{aligned}$$

$$= \Phi \left(\frac{L - \mu}{\sigma} \right)$$

d'où l'équation (D.10).

Si nous posons T_i° comme la variable qui représente la longueur d'une fracture i tronquée, alors, d'après (D.1), nous aurons:

$$E(T_i^\circ / T_i^\circ > t_i) = \mu + \sigma V [(t_i - \mu) / \sigma]$$

ou bien, d'une façon générale, si W_i est la variable qui représente les longueurs de toutes les fractures individuelles n dans une série donnée:

$$W_i = t_i \quad \text{pour} \quad i \in D$$

$$W_i = \mu + \sigma V \left(\frac{t_i - \mu}{\sigma} \right)$$

$$= \mu + \sigma V (Z_i) \quad \text{pour} \quad i \in C$$

Les équations du MV (D.7) et (D.8) peuvent être réécrites comme suit:

$$\sum_{i=1}^n \frac{w_i - \mu}{\sigma} = 0 \quad (D.11)$$

$$-u + \sum_{i=1}^n \left(\frac{w_i - \mu}{\sigma} \right)^2 - \sum_{i \in C} \lambda(Z_i) = 0 \quad (D.12)$$

Lawless (1982) suggère que si tous les w_i et $\lambda(Z_i)$ dans (D.11) et (D.12) sont connus, les équations peuvent être résolues analytiquement pour μ et σ pour obtenir:

$$\mu = \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{n} \quad (D.13)$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n (w_i - \mu)^2 / (u + \sum_{i \in C} \lambda(Z_i)) \quad (D.14)$$

À partir des valeurs initiales approchées de μ et σ , les équations (D.13) et (D.14) convergent très lentement vers les estimateurs μ_{LN} et σ_{LN} du MV de chaque série considérée. Cependant, dans le but d'alléger le calcul de la FDC $Q(Z)$, une approximation polynomiale peut être utilisée, soit:

$$Q(Z) = \Phi(Z) (a_1x + a_2 x^2 + a_3x^3) \quad (D.15)$$

où:

$$x = (1 + pz)^{-1};$$

$$p = 0,33267;$$

$$a_1 = 0,4361836;$$

$$a_2 = - 0,120676;$$

$a_3 = 0,9372980.$

L'erreur commise par cette approximation étant de moins de 10^{-5} pour toutes les valeurs de Z , si, $|Z|$ est grande (7 et plus généralement), une autre approximation a été utilisée pour le calcul de $V(Z)$, soit:

$$V(Z) = Z \left(1 - \frac{1}{Z^2} + \frac{3}{Z^4} - \frac{15}{Z^6} \right)^{-1} \quad (D.16)$$

La moyenne μ et l'écart type σ de la distribution de la population originale de fractures peuvent être estimées par les relations suivantes (Rouleau, 1984, p. 55):

$$\mu = \text{EXP} [\mu_{LN} + \sigma_{LN} / 2] \quad (D.17)$$

$$\sigma = \{ \text{EXP} (2 \mu_{LN} + \sigma_{LN}^2) [\text{EXP} (\sigma_{LN}^2) - 1] \}^{1/2} \quad (D.18)$$

Le programme du paragraphe D.1.1 a été écrit à ces fins et les résultats apparaissent au tableau 3.4

D.1.1 Programme d'estimation des paramètres d'une distribution log-normale
de données tronquées

```
.PROC,TROUVMU,FICHIN.
** PROC. POUR ESTIMER LES PARAMETRES DE LA LOI LOG-NORMALE [MU ET SIGMA]
** POUR LES FRACTURES (TRONQUEES ET NON TRONQUEES) DONT LES
** LONGUEURS ET LES INDICES DE TRONCATURES SONT SUR LE FICHER
** "FICHIN".
RETURN,LGO.
GET,TAPE1=FICHIN.
FTN5,I=PROG,B=LGO,L=0,DB=PMD.
LGO.
REVERT. PROC "TROUVMU" TERMINEE.
.DATA,PROG.
PROGRAM PPP(TAPE1,OUTPUT)
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C METHODE TIREE DE "STATISTICAL MODELS AND METHODS C
C FOR LIFETIMES DATA" C
C (LAWLESS, J.F.;1982: PAGES 220-224) C
C C
C SH/AVRIL/85 C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C
C N : NB TOTAL DE FRACTURES
C IR : NB DE FRACTURES NON TRONQUEES (DOMAINE D)
C IC : NB DE FRACTURES TRONQUEES (DOMAINE C)
C REM : N = IR + IC (NON TRONO. + TRONO.)
C Y : VECTEUR DU LOG DES LONGUEURS
C Z : VECTEUR DES Y CENTRES REDUITS (POUR LA LOI NORMAL (0,1) )
C XMU : MOIYENNE QU'ON CHERCHE A ESTIMER
C SIG : ECART-TYPE QU'ON CHERCHE A ESTIMER
C ICENS : VECTEUR DES DEGRES DE TRONCATURES DES FRACTURES:
C ICENS(I) = 0 : FRACTURE I NON TRONQUEE (DOMAINE D)
C ICENS(I) = 1 : FRACTURE I TRONQUEE (DOMAINE C)
C LAMB : LAMBDA
C W : LONGUEURS (TRONQUEES OU NON) DE TOUS LES JOINTS
C INDIVIDUELS N DANS UNE SERIE DONNEE
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
REAL Y(1000),W(1000),LAMB(1000)
REAL ICENS(1000)
C
C LECTURE DES Y ET DES ICENS
C
C READ(1,(A1)) BIDC
C READ(1,*) N
C DO 10 I=1,N
C READ(1,*) BIDAZ,BIDDIP,Y(I),ICENS(I)
C Y(I)=LOG(Y(I))
10 CONTINUE
C
C VALEURS INITIALES POUR "MU" ET "SIGMA"
C
```

```
      XMU=1.1
      SIG=0.6
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
      XMUPRE=0.
      SIGPRE=0.
      EPS=1.E-6
      IR=0
      DO 15 I=1,N
15  IF(ICENS(I).EQ.0) IR=IR+1
C
C  CALCUL DE LA VARIABLE "W"
C
100  IF(ABS(XMU-XMUPRE).LT.EPS.AND.ABS(SIG-SIGPRE).LT.EPS) GOTO 900
      XMUPRE=XMU
      SIGPRE=SIG
      SOMW=0.
      PRINT 8001,XMU,SIG
8001  FORMAT('° XMU=°,F10.5,° SIG=°,F10.5)
      DO 200 I=1,N
      IF(ICENS(I).EQ.0) GOTO 150
C
C  ICI, DOMAINE C (ICENS(I)=1)
C
      Z=(Y(I)-XMU)/SIG
      W(I)=XMU+SIG*V(Z)
      LAMB(I)=V(Z)*(V(Z)-Z)
      GOTO 190
C
C  ICI, DOMAINE D (ICENS(I)=0)
C
150  W(I)=Y(I)
      LAMB(I)=0.
C
190  SOMW=SOMW+W(I)
200  CONTINUE
C
      XMU=SOMW/N
C
C  CALCUL DES ESTIMATIONS DE XMU ET DE SIG
C
      SOMD2=0.
      SOMLAM=0.
      DO 300 I=1,N
      SOMD2=SOMD2+(W(I)-XMU)**2.
      SOMLAM=SOMLAM+LAMB(I)
300  CONTINUE
      SIG=SQRT(SOMD2/(IR+SOMLAM))
      GOTO 100
C
C  IMPRESSION DES VALEURS FINALES DE XMU ET DE SIG
```

```
C
C 900 PRINT 2001,XMU,SIG
2001 FORMAT(° MU      =°,F15.5/
1          ° SIGMA =°,F15.5)
C
C STOP
C END
C
C CALCUL D'UNE FONCTION ALÉATOIRE DE LA DISTRIBUTION
C NORMAL DE LA VARIABLE Z
C
C FUNCTION V(Z)
C DATA P/.33267/
C DATA A1/.4361836/
C DATA A2/-.1201676/
C DATA A3/.9372980/
C DATA PI/3.141592654/
C
C IF(ABS(Z).GT.8.) GOTO 200
C
C CAS OU Z EST PETIT
C
C PHI=1./(SQRT(2.*PI)*EXP(Z*Z/2.))
C T=1./(1.+P*Z)
C Q=PHI*(A1*T + A2*T*T + A3*T*T*T)
C V=PHI/Q
C GOTO 900
C
C CAS OU Z EST GRAND
C
C 200 V=Z/(1. - 1./(Z*Z) - 3./Z**4 - 15./Z**6)
C PRINT *,°*** PASSAGE PAR GROS "Z"°
C 900 RETURN
C END
```

D.2 Ajustement d'une loi log-normale aux données d'ouvertures de géocaméra

Nous avons vu au paragraphe 3.2.3.1 qu'environ 55 à 70 % des ouvertures sont inférieures à 1 mm et de valeurs exactes inconnues. Or, d'après la littérature, comme les ouvertures sont censées suivre une distribution log-normale, nous avons essayé d'appliquer cette hypothèse aux informations recueillies par géocaméra. Il s'agit donc d'ajuster une loi log-normale aux pourcentages d'ouvertures connues en respectant toutefois, leurs polygones de fréquences. La démarche choisie est la suivante:

Soit x , une variable aléatoire, dont la fonction de densité de probabilité (FDP) est de la forme:

$$Z(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp(-x^2 / 2)$$

La fonction de densité cumulée (FDC) est:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp(-t^2/2) dt = \int_{-\infty}^x Z(t) dt$$

D'après Abramowitz et al. (1964, p. 931-932), une variable aléatoire X , de moyenne m et de variance σ^2 , est distribuée normalement si et seulement si, pour tout $X < x$ la relation suivante est vérifiée:

$$\begin{aligned}\Pr (X < x) &= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x \exp \left(-\frac{(t - m)^2}{2\sigma^2} \right) dt \\ &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(x-m)/\sigma} \exp (-t^2/2) dt \\ &= P \frac{(x - m)}{\sigma}\end{aligned}$$

Si X est distribué normalement, $\log X$ est distribué log-normalement et a pour moyenne μ_{LN} et pour écart type, σ_{LN} . Selon Abramowitz, à l'aide d'une approximation appropriée, la FDC est réécrite comme:

$$P(u) = Z(u) (b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 + b_4 t^4 + b_5 t^5) + \varepsilon(u)$$

avec:

$$u = \frac{x - \mu_{LN}}{\sigma_{LN}} \quad \text{et} \quad t = \frac{1}{1 + P \cdot u}$$

$$|\varepsilon(u)| < 7,5 \times 10^{-8}$$

$$\begin{aligned}P &= 0,2316419 \\ b_1 &= 0,319381530 \\ b_2 &= -0,356563782 \\ b_3 &= 1,781477937 \\ b_4 &= -1,821255978 \\ b_5 &= 1,330274429\end{aligned}$$

Si nous désignons par x le logarithme des valeurs des ouvertures, par F_{obs} , la fréquence relative observée et par $F_{ca1} = 0,5 / \sigma_{LN} \sqrt{2\pi} \text{EXP}(u^2/2)$, la fréquence calculée, alors les paramètres μ_{LN} et σ_{LN} d'une distribution log-normale ajustée seront obtenus par optimisation de la fonction objective $P(u)$ avec respect de la contrainte $\text{MIN} \sum |F_{ca1} - F_{obs}|^2$. Le programme du paragraphe D.2.1 a été créé pour ces fins et les résultats sont décrits au tableau 3.8.

D.2.1 Programme d'ajustement d'une loi log-normale

```
.PROC,FFPOR1.
* PROCEDURE PERMETTANT D'ESTIMER LES PARAMETRES"MOYENNE ET ECART-TYPE"
* D'UNE DISTRIBUTION LOG-NORMALE TRONQUEE. AJUSTEMENT PAR RAPPORT
* AUX POLYONES DE FREQUENCE DES OUVERTURES DES SERIES DE JOINTS
RETURN,LGO.
GET,UOPTIM.
FTN,I=PRINC,L=0,A,ER,PMD.
LOAD,LGO.
SATISFY,UOPTIM.
EXECUTE.
REVERT. FFPOR1 TERMINEE.
.DATA,PRINC
PROGRAM PROG(INPUT,OUTPUT,TAPE5,TAPE6=OUTPUT,TAPE7,TAPE8)
DIMENSION Z(500)
DATA NCORE/500/
CALL GRG(Z,NCORE)
STOP
END
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
SUBROUTINE GCOMP(G,X)
C NX: NOMBRE TOTAL D'OUVERTURES DANS UNE SERIE
C Y(I): MESURE D'UNE OUVERTURE I (MM)
C FOBS(I): FREQUENCE OBSERVEE D'UNE OUVERTURE I
C FCAL: FREQUENCE CALCULEE D'UNE OUVERTURE
C X(1): MOYENNE ESTIMEE D'UNE DISTRIBUTION LOGNORMALE
C X(2): ECART-TYPE ESTIME D'UNE DISTRIBUTION LOGNORMALE
C G(1): SOMMATION DE IFCAL-FOBSI**2
C G(2): FONCTION DE DISTRIBUTION CUMULEE SOUSTRAITE
C D'UNE AIRE UNITE
C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DIMENSION G(1),X(1)
DIMENSION Y(50),FOBS(50)
DATA IPASS/0/
IF(IPASS.EQ.1) GOTO 30
C
C LECTURE DES DONNEES D'ENTREES
C
READ(8,8010) BID
8010 FORMAT(A1)
READ(8,*) NX
DO 50 I=1,NX
READ(8,*) Y(I),FOBS(I)
50 CONTINUE
IPASS=1
30 G(1)=0
DO 20 I=1,NX
Z=(Y(I)-X(1))/X(2)
PI=3.141592654
DX=0.5
```

```
FCAL=DX/(X(2)*SQRT(2.*PI)*EXP(Z*Z/2.))
G(1)=G(1)+(FCAL-FOBS(I))*2
20 CONTINUE

C
P=.2316419
XMIN=0.
ZZ=(XMIN-X(1))/X(2)

C
IENEG=0
IF(ZZ.LT.0.) IENEG=1
ZZ=ABS(ZZ)

C
T=1./(1.+P*ZZ)
B1=.319381530
B2=-.356563782
B3=1.781477937
B4=-1.821255978
B5=1.330274429
PHI=1./((SQRT(2.*PI)*EXP(ZZ*ZZ/2.)))
G(2)=1.-PHI*(B1*T+B2*T*T+B3*T*T*T+B4*T**4+B5*T**5)
IF(IENEG.EQ.1) G(2)=1.-G(2)

C
RETURN
END
SUBROUTINE REPORT(G,X,MP1,N,CON,VAR,XO)
DIMENSION G(1),X(1),CON(1),VAR(1),XO(1)
DIMENSION Y(50),FOBS(50)

C
C LECTURE DES DONNÉES D'ENTRÉES
C
REWIND 8
READ(8,8010) BID
8010 FORMAT(A1)
READ(8,*) NX
DO 50 I=1,NX
READ(8,*) Y(I),FOBS(I)
50 CONTINUE
IF(X(1).NE.XO(1).OR.X(2).NE.XO(2)) GOTO 120
PRINT 8009
8009 FORMAT("1 SIMULATION AVEC RESULTATS INITIAUX"/
1 " -----"//
1 4X,"Y",6X,3X,"FOBS",3X,3X,"FCAL",3X)
GOTO 130
120 PRINT 8011
8011 FORMAT("1 SIMULATION AVEC RESULTATS FINAUX"/
1 " -----"//
1 4X,"Y",6X,3X,"FOBS",3X,3X,"FCAL",3X)
130 PI=3.141592654
DO 60 I=1,NX
Z=(Y(I)-X(1))/X(2)
```

```
FCAL=.5/(X(2)*SORT(2.*PI)*EXP(Z*Z/2.))
PRINT 8012,Y(I),FOBS(I),FCAL
8012 FORMAT(1X,3F10.5)
60 CONTINUE
PRINT 8014,X(1),X(2)
8014 FORMAT(// "CECI AVEC X(1)=",F10.5/
1 " ET X(2)=",F10.5)
RETURN
END
```

.DATA, TAPES

NAME AJUST LOG-NORMAL POROSITE CLASSE 4	
ROW	
O 1	
R 2 2	.00000 1.0000
END	
BOUND	
R 1 1	-10.000 10.00000
R 2 2	0.00000 50.00000
END	
INITIAL	
SEPARATE	
1 1	0.40000
2 2	.50000

END

METHOD

FDC

END

GO

STOP

.DATA, TAPES

POROSITE CLASSE 4

13

.25 .250000

.75 .067568

1.25 .040541

1.75 .033784

2.25 .027027

2.75 .006757

3.25 .006757

3.75 .006757

4.25 .000000

4.75 .000000

5.25 .000000

5.75 .000000

6.25 .000000

END OF FILE

ANNEXE E: EFFETS DES CONDITIONS DE CHARGES AUX LIMITES
SUR LA POROSITÉ TOTALE DU MILIEU

Nous avons vu, dans le plan vertical, que les erreurs introduites par les conditions aux limites sur les débits de drainage Q_s et, par conséquent, sur les perméabilités K_s sont de l'ordre de 6 à 30 %. Ces erreurs étant positives, elles devront être ajoutées à K_s pour obtenir les perméabilités simulées corrigées K'_s :

$$K'_s = K_s \cdot (1 + \Delta \%)$$

où $\Delta \%$ est l'erreur comise sur K_s .

Pour chacun des cas considérés dans cette étude, les erreurs induites sur la porosité totale par les conditions aux limites sont illustrées dans les figures E.1 à E.5. Les superpositions des figures E.1, E.3 et E.4 de la variation des longueurs et des figures E.1, E.5 et E.6 de la variation des densités sont faites dans les figures 4.20 et 4.21. Ces dernières figures nous montrent les meilleures estimations de porosité totale ajustée par la perméabilité moyenne des essais d'eau. En effet, si en moyenne l'erreur standard provoquée sur les perméabilités simulées K_s par les conditions aux limites est de $\alpha \%$, alors, l'erreur standard introduite sur la porosité totale du milieu est $E_{std} = \frac{|\theta_{sMAX} - \theta_{sMIN}|}{2}$ et la meilleure valeur

Figure E.1

Relation perméabilité / porosité totale: effet du biais des C.L. sur l'estimation de la porosité totale du milieu

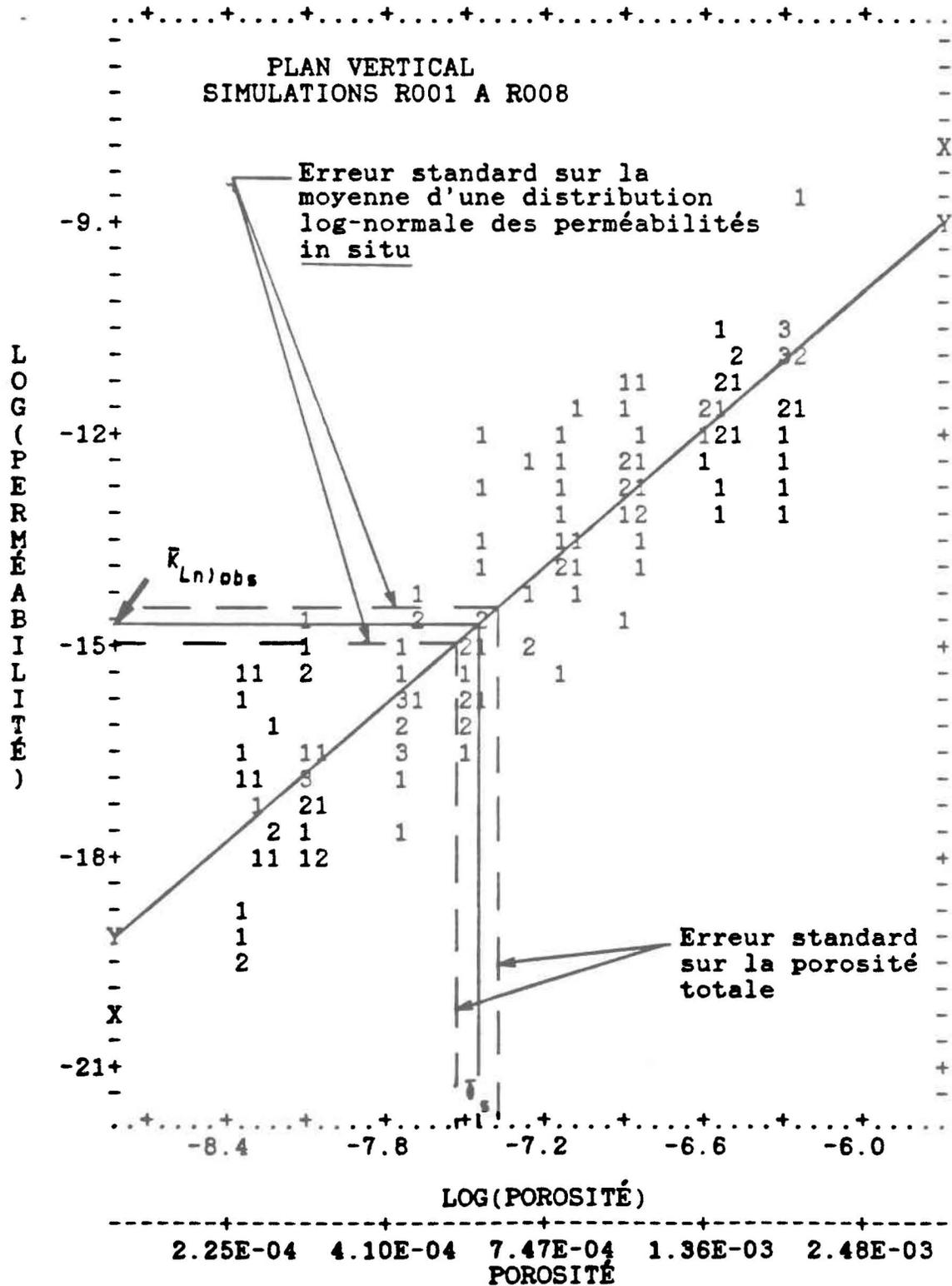


Figure E.2

Relation perméabilité / ouverture: effet du biais des C.L. sur l'estimation de l'ouverture des séries de fractures

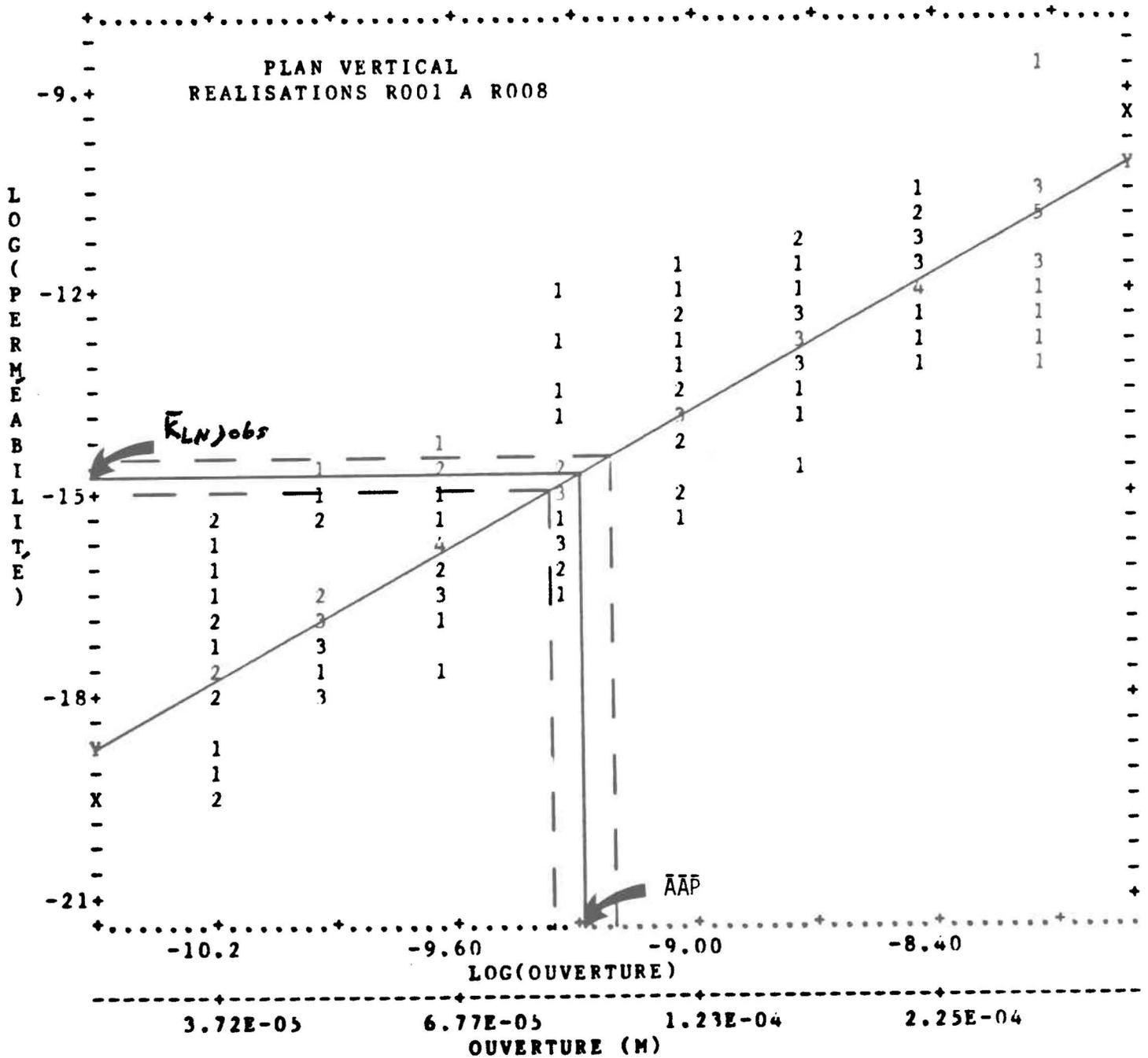


Figure E.4

Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets du biais des C.L. et d'une légère diminution des longueurs (ALE - E_{std}) sur la porosité totale du milieu

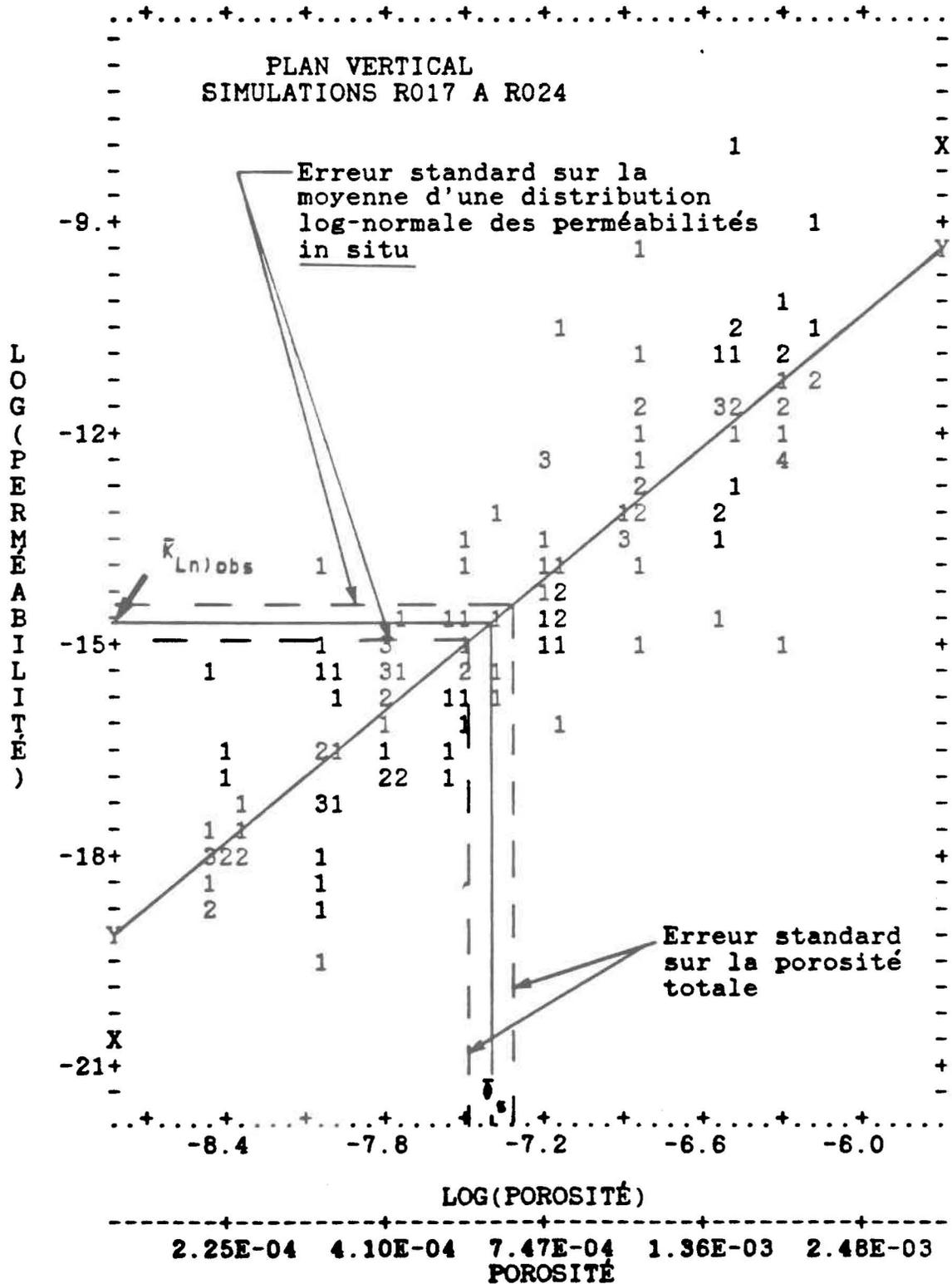


Figure E.5

Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets du biais des C.L. et d'une légère diminution des longueurs ($\delta s + E_{std}$) sur la porosité totale du milieu

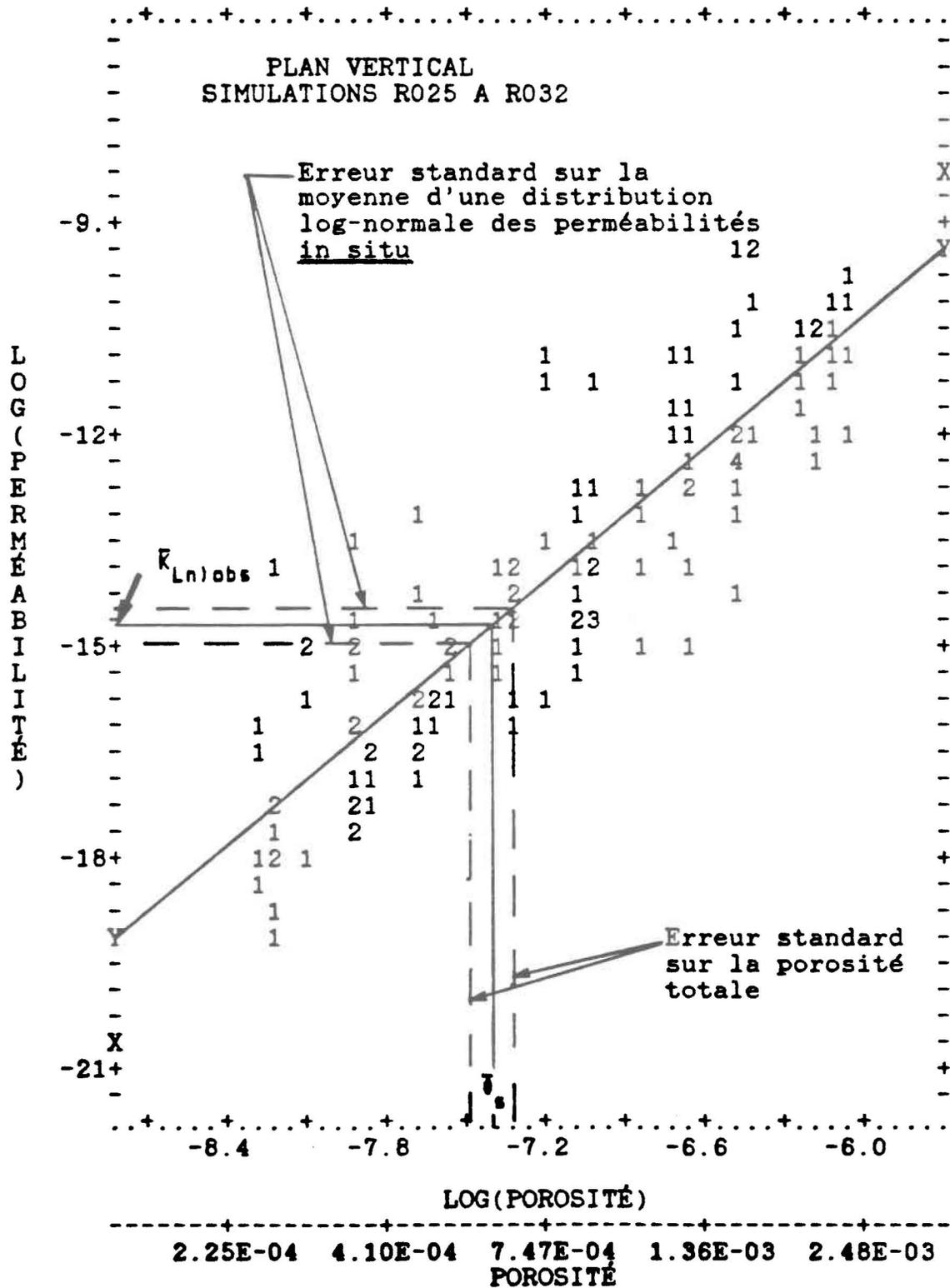
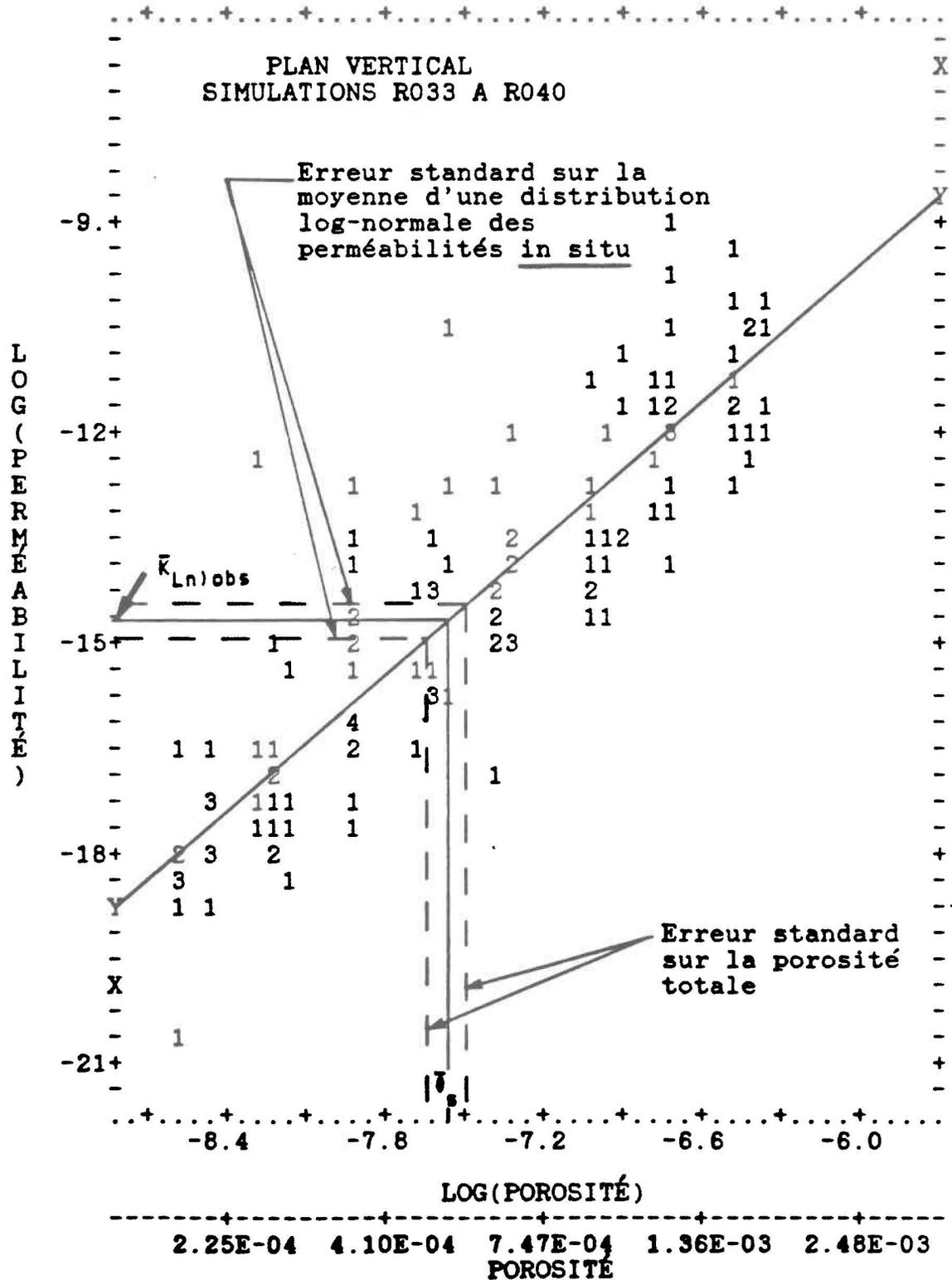


Figure E.6

Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effets du biais des C.L. et d'une légère diminution des longueurs ($\delta s - E_{std}$) sur la porosité totale du milieu



estimée de porosité totale moyenne est (figures 4.20 et 4.21):

$$\theta_{te} = (\theta_{sMAX} + \theta_{sMIN}) / 2$$

Les résultats obtenus plus haut sont résumés dans les tableaux E.1 et E.2. Dans le plan horizontal, la moyenne des rapports $Q_3 + Q_7$ et Q_T est négative et dépasse les 100 %. Il en découle qu'une correction des perméabilités K_s ne peut être envisagée dans ce cas.

Tableau E.1

Statistiques générales des effets des C.L. et de variation des longueurs des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu

LONGUEUR	\bar{Y}	\overline{AAP}	$E_{\overline{AAP}}$ (%)	E_{IND} (%)	\widehat{AAP}	\bar{Y}	$\bar{\theta}_s$	$E_{\bar{\theta}_s}$ (%)	E_{IND} (%)	$\hat{\theta}_{TE}$
ALE + E STD	$3,23 x + 15,0$	$- 9,23$ (98 μ)	7,2			$3,17 x + 8,75$	$- 7,39$ (6,17 10^{-4})	7,3		
ALE	$3,12 x + 14,3$	$- 9,33$ (89 μ)	7,5	13	$- 9,28$ (93 μ)	$3,17 x + 8,95$	$- 7,46$ (5,76 10^{-4})	7,3	12	$- 7,41$ (6,0 10^{-4})
ALE - E STD	$3,15 x + 14,4$	$- 9,22$ (99 μ)	7,4			$3,10 x + 8,10$	$- 7,37$ (6,30 10^{-4})	7,5		

Tableau E.2

Statistiques générales des effets des C.L. et de variation des densités des séries de fractures sur les ouvertures et la porosité totale du milieu

DENSITÉ	Y	\overline{AAP}	$E_{\overline{AAP}}$ (%)	E_{IND} (%)	\widehat{AAP}	Y	$\overline{\theta}_s$	$E_{\overline{\theta}_s}$ (%)	E_{IND} (%)	$\widehat{\theta}_{TE}$
$\delta_s + E_{STD}$	2,98 x + 13,3	- 9,41 (82 μ)	7,8			3,06 x + 7,99	- 7,42 (6,0 10 ⁻⁴)	7,6		
δ_s	3,12 x + 14,3	- 9,33 (89 μ)	7,5	16	- 9,34 (88 μ)	3,17 x + 8,95	- 7,46 (5,76 10 ⁻⁴)	7,3	14	- 7,49 (5,59 10 ⁻⁴)
$\delta_s - E_{STD}$	3,18 x + 14,7	- 9,25 (96 μ)	7,3			3,18 x + 9,38	- 7,56 (5,21 10 ⁻⁴)	7,3		

\overline{AAP} : ouverture moyenne

$E_{\overline{AAP}}$: erreur standard sur AAP

\widehat{AAP} : meilleure estimation de AAP

E_{IND} : erreur induite par les mesures de perméabilité in situ et de longueur (ou densité), sur AAP

$\overline{\theta}_s$: porosité totale moyenne

$E_{\overline{\theta}_s}$: erreur standard sur $\overline{\theta}_s$

E_{IND}^s : erreur induite par les mesures de perméabilité in situ et de longueur (ou densité) sur $\widehat{\theta}_{TE}$

Y : équation de la droite de régression

μ : unité de mesure (microns)

$\widehat{\theta}_{TE}$: meilleure estimation de porosité totale moyenne

ANNEXE F: SOMMAIRE DES RÉSULTATS DES SIMULATIONS

Une liste résumant les principaux résultats des simulations des caractéristiques physiques et hydrauliques du milieu fissuré, étudiées par les modèles stochastiques NETWORK et NETFLO, est fournie dans cette annexe.

Formats du listing

<u>Colonne</u>	<u>Information</u>
01-02	: Code d'identification du type d'information (nombre entier)
11	: Données des caractéristiques physiques du réseau de joints générés
22	: Données des propriétés hydrauliques du milieu
33	: Paramètres et écoulements des réalisations des distributions de vitesses
44	: Commentaire général
55	: Moyenne des rapports des débits de la limite 7 (ou 7 et 3) et des débits totaux

Format du code 11

03-07:	Numéro de la simulation (alphanumérique)
08-13:	Nombre total d'intersections dans le réseau (Numint)
14-19:	Nombre des éléments (Numelt)
20-24:	Nombre de noeuds efficaces (Numnpt)
25-28:	Nombre de noeuds non efficaces
29-33:	Nombre de noeuds ayant une condition de charges aux limites
34-38:	Nombre de noeuds libres "sans condition de charges (nf)"
39-45:	Dimension de la matrice "A" de résolution des charges hydrauliques
46-50:	Dimension de la matrice "A" avant la renumérotation Dimension de la matrice "A" après la renumérotation

Format du code 22

03-07:	Numéro de la simulation (alphanumérique)
08-11:	Nombres séquentiels des distributions des ouvertures
12-19:	Code alphanumérique des données des ouvertures (cf. tableau F-1 pour plus de détails sur les valeurs utilisées lors des simulations)
20-25:	Code alphanumérique des données des longueurs (cf. tableau F-1 pour plus de détails)
26-31:	Code alphanumérique des données des densités (cf. tableau F-1 pour plus de détails)
32-42:	Porosités totales moyennes simulées d'une distribution des ouvertures données
43-53:	Rapports de porosités efficaces et de porosités totales
54-64:	Débits d'écoulement de drainage recueillis à la limite 5
65-75:	Rapports des débits de la limite 7 et de débits totaux

Format du code 33

03-07: Numéro de la simulation (alphanumérique)
08-11: Nombres séquentiels de distribution d'ouvertures
12-18: Meilleure valeur d'ouverture estimée
19-24: Code alphanumérique des données de longueurs calculées (cf. tableau F-1 pour plus de détails)
25-30: Code alphanumérique des données de densités calculées (cf. tableau F-1 pour plus de détails)
31-41: Débits d'écoulement de drainage recueillis à la limite 5
42-52: Rapports des débits de la limite 3+7 et des débits totaux

Format du code 44

03-80: Commentaires libres

Format du code 55

03-64: Commentaires libres
65-75: Moyenne des rapports des débits de la limite 7 (Q7) ou des limites 3 et 7 (Q7+Q3) et des débits totaux

Tableau F-1

Différents types de variations des données d'entrée (simulations R01A à R068)

TYPE	SYMBOLE	S1	S2	S3	S4
O U V E R T U R E S	APER01	-7.13	-7.22	-7.38	-7.14
	AERRO2	-7.43	-7.52	-7.68	-7.44
	APER03	-7.73	-7.82	-7.98	-7.74
	APER04	-8.03	-8.12	-8.28	-8.04
	APER05	-8.33	-8.42	-8.58	-8.34
	APER06	-8.63	-8.72	-8.88	-8.64
	APER07	-8.93	-9.02	-9.18	-8.94
	APER08	-8.13	-8.22	-8.38	-8.14
	APER09	-8.43	-8.52	-8.68	-8.44
	APER10	-8.73	-8.82	-8.98	-8.74
	APER11	-9.03	-9.12	-9.28	-9.04
	APER12	-9.13	-9.22	-9.38	-9.14
	APER13	-9.43	-9.52	-9.68	-9.44
	APER14	-9.73	-9.82	-9.98	-9.74
	APER15	-10.0	-10.1	-10.3	-10.0
	APER16	-9.23	-9.32	-9.48	-9.24
	APER17	-9.53	-9.62	-9.78	-9.54
	APER18	-9.83	-9.92	-10.1	-9.84
	APER19	-10.1	-10.2	-10.4	-10.1
LON GUE URS	LONG1	1.93	2.14	1.68	1.67
	LONG2	2.01	2.22	1.74	1.75
	LONG3	1.86	2.06	1.61	1.59
	LONG4	2.16	2.37	1.88	1.91
	LONG5	1.71	1.91	1.48	1.43
DEN SIT ES	DENS1	2.86	0.31	0.93	0.41
	DENS2	3.46	0.38	0.95	0.43
	DENS3	2.26	0.24	0.91	0.39

44 NETWORK-NETFLO / CANAL D°AMENEE (ZONE 1: AMONT DU PM=1100)

44 SIMULATIONS DANS LE PLAN VERTICAL (R01A A R046)

11	R01A	620	1022	586	34	57	529	8535	520	23		
22	R01A	01	APER01	LONG1	DENS1		4.738E-03	8.591E-01	3.302E-03	-3.885E-01		
22	R01A	02	APER01	LONG1	DENS1		4.738E-03	8.857E-01	2.012E-02	-4.419E-02		
22	R01A	03	APER01	LONG1	DENS1		4.738E-03	8.839E-01	1.615E-02	-2.595E-01		
22	R01A	04	APER01	LONG1	DENS1		4.738E-03	8.818E-01	1.133E-03	-8.627E-01		
22	R01A	05	APER02	LONG1	DENS1		3.134E-03	8.674E-01	8.032E-03	7.262E-02		
22	R01A	06	APER02	LONG1	DENS1		3.134E-03	8.511E-01	6.201E-04	-1.308E-01		
22	R01A	07	APER02	LONG1	DENS1		3.134E-03	8.356E-01	1.786E-03	2.178E-01		
22	R01A	08	APER02	LONG1	DENS1		3.134E-03	8.601E-01	2.442E-03	-5.309E-01		
22	R01A	09	APER03	LONG1	DENS1		2.408E-03	8.706E-01	3.031E-03	2.876E-01		
22	R01A	10	APER03	LONG1	DENS1		2.408E-03	8.769E-01	2.173E-03	5.806E-01		
22	R01A	11	APER03	LONG1	DENS1		2.408E-03	8.416E-01	5.920E-04	-9.629E-02		
22	R01A	12	APER03	LONG1	DENS1		2.408E-03	8.721E-01	2.689E-04	-7.568E-01		
22	R01A	13	APER04	LONG1	DENS1		1.722E-03	8.580E-01	1.009E-04	-8.003E-01		
22	R01A	14	APER04	LONG1	DENS1		1.722E-03	8.482E-01	9.936E-04	9.107E-01		
22	R01A	15	APER04	LONG1	DENS1		1.722E-03	8.689E-01	1.209E-03	7.680E-01		
22	R01A	16	APER04	LONG1	DENS1		1.722E-03	8.685E-01	6.694E-04	7.571E-01		
11	R02A	592	954	549	43	60	489	7305	496	20		
22	R02A	01	APER01	LONG1	DENS1		4.456E-03	8.394E-01	2.445E-03	-7.882E-01		
22	R02A	02	APER01	LONG1	DENS1		4.456E-03	8.564E-01	3.434E-03	-3.702E-01		
22	R02A	03	APER01	LONG1	DENS1		4.456E-03	8.632E-01	4.372E-03	-5.942E-01		
22	R02A	04	APER01	LONG1	DENS1		4.456E-03	8.781E-01	1.426E-02	6.654E-01		
22	R02A	05	APER02	LONG1	DENS1		3.588E-03	8.845E-01	4.940E-03	5.733E-01		
22	R02A	06	APER02	LONG1	DENS1		3.588E-03	8.384E-01	9.589E-04	-4.222E-01		
22	R02A	07	APER02	LONG1	DENS1		3.588E-03	8.579E-01	2.769E-03	-7.136E-01		
22	R02A	08	APER02	LONG1	DENS1		3.588E-03	8.817E-01	1.913E-02	4.586E-01		
22	R02A	09	APER03	LONG1	DENS1		2.617E-03	8.676E-01	1.830E-03	2.421E-01		
22	R02A	10	APER03	LONG1	DENS1		2.617E-03	8.755E-01	4.178E-03	6.882E-01		
22	R02A	11	APER03	LONG1	DENS1		2.617E-03	8.538E-01	7.152E-04	-3.276E-01		
22	R02A	12	APER03	LONG1	DENS1		2.617E-03	8.582E-01	1.152E-03	-4.009E-01		
22	R02A	13	APER04	LONG1	DENS1		1.939E-03	8.589E-01	2.224E-03	6.483E-02		
22	R02A	14	APER04	LONG1	DENS1		1.939E-03	8.706E-01	6.726E-04	-1.602E-01		
22	R02A	15	APER04	LONG1	DENS1		1.939E-03	8.622E-01	7.097E-04	-2.815E-01		
22	R02A	16	APER04	LONG1	DENS1		1.939E-03	8.904E-01	4.084E-03	5.701E-01		
11	R03A	633	1047	604	29	70	534	8356	508	22		
22	R03A	01	APER01	LONG1	DENS1		4.908E-03	8.803E-01	2.517E-02	8.885E-01		
22	R03A	02	APER01	LONG1	DENS1		4.908E-03	8.850E-01	4.045E-02	7.440E-01		
22	R03A	03	APER01	LONG1	DENS1		4.908E-03	8.561E-01	6.906E-03	-1.571E-01		
22	R03A	04	APER01	LONG1	DENS1		4.908E-03	8.793E-01	2.196E-02	5.743E-01		
22	R03A	05	APER02	LONG1	DENS1		3.571E-03	8.581E-01	8.587E-03	9.202E-01		
22	R03A	06	APER02	LONG1	DENS1		3.571E-03	8.740E-01	3.108E-03	-1.167E-01		
22	R03A	07	APER02	LONG1	DENS1		3.571E-03	8.569E-01	1.282E-03	-5.845E-01		
22	R03A	08	APER02	LONG1	DENS1		3.571E-03	8.691E-01	9.912E-03	3.546E-01		
22	R03A	09	APER03	LONG1	DENS1		2.651E-03	8.742E-01	2.825E-03	8.447E-01		
22	R03A	10	APER03	LONG1	DENS1		2.651E-03	8.743E-01	1.761E-03	1.875E-01		
22	R03A	11	APER03	LONG1	DENS1		2.651E-03	8.808E-01	1.393E-02	2.863E-01		
22	R03A	12	APER03	LONG1	DENS1		2.651E-03	8.725E-01	2.658E-03	6.237E-03		
22	R03A	13	APER04	LONG1	DENS1		1.876E-03	8.673E-01	6.178E-04	1.583E-01		
22	R03A	14	APER04	LONG1	DENS1		1.876E-03	8.597E-01	3.548E-04	6.728E-01		
22	R03A	15	APER04	LONG1	DENS1		1.876E-03	8.894E-01	7.990E-04	-2.652E-01		
22	R03A	16	APER04	LONG1	DENS1		1.876E-03	8.810E-01	3.417E-04	-3.967E-01		
11	R04A	625	1023	583	42	58	525	7813	510	20		
22	R04A	01	APER01	LONG1	DENS1		4.528E-03	8.907E-01	1.210E-02	-2.143E-01		
22	R04A	02	APER01	LONG1	DENS1		4.528E-03	8.707E-01	5.388E-03	5.577E-01		

22	R04A	03	APER01	LONG1	DENS1	4.528E-03	8.682E-01	3.991E-03	-3.628E-01	
22	R04A	04	APER01	LONG1	DENS1	4.528E-03	8.713E-01	5.365E-02	7.345E-02	
22	R04A	05	APER02	LONG1	DENS1	3.859E-03	8.887E-01	5.394E-03	6.378E-01	
22	R04A	06	APER02	LONG1	DENS1	3.859E-03	8.807E-01	2.016E-02	8.637E-01	
22	R04A	07	APER02	LONG1	DENS1	3.859E-03	9.240E-01	4.844E+00	9.990E-01	
22	R04A	08	APER02	LONG1	DENS1	3.859E-03	8.626E-01	1.396E-03	1.430E-01	
22	R04A	09	APER03	LONG1	DENS1	2.489E-03	8.749E-01	8.712E-04	9.479E-01	
22	R04A	10	APER03	LONG1	DENS1	2.489E-03	8.886E-01	7.153E-03	8.404E-01	
22	R04A	11	APER03	LONG1	DENS1	2.489E-03	8.730E-01	3.902E-04	-1.187E-02	
22	R04A	12	APER03	LONG1	DENS1	2.489E-03	8.823E-01	6.026E-03	8.849E-01	
22	R04A	13	APER04	LONG1	DENS1	1.907E-03	8.898E-01	1.631E-02	9.578E-01	
22	R04A	14	APER04	LONG1	DENS1	1.907E-03	8.881E-01	4.335E-04	-2.729E-01	
22	R04A	15	APER04	LONG1	DENS1	1.907E-03	8.863E-01	1.939E-03	7.039E-01	
22	R04A	16	APER04	LONG1	DENS1	1.907E-03	8.845E-01	5.768E-04	5.614E-02	
11	R05A	625	1023	583	42	58	525	7813	510	20
22	R05A	01	APER08	LONG1	DENS1	1.668E-03	8.911E-01	6.023E-04	-2.143E-01	
22	R05A	02	APER08	LONG1	DENS1	1.668E-03	8.705E-01	2.683E-04	5.577E-01	
22	R05A	03	APER08	LONG1	DENS1	1.668E-03	8.684E-01	1.987E-04	-3.628E-01	
22	R05A	04	APER08	LONG1	DENS1	1.668E-03	8.716E-01	2.671E-03	7.345E-02	
22	R05A	05	APER09	LONG1	DENS1	1.420E-03	8.887E-01	2.686E-04	6.378E-01	
22	R05A	06	APER09	LONG1	DENS1	1.420E-03	8.811E-01	1.004E-03	8.637E-01	
22	R05A	07	APER09	LONG1	DENS1	1.420E-03	9.241E-01	2.412E-01	9.990E-01	
22	R05A	08	APER09	LONG1	DENS1	1.420E-03	8.624E-01	6.952E-05	1.430E-01	
22	R05A	09	APER10	LONG1	DENS1	9.150E-04	8.749E-01	4.337E-05	9.479E-01	
22	R05A	10	APER10	LONG1	DENS1	9.150E-04	8.884E-01	3.561E-04	8.404E-01	
22	R05A	11	APER10	LONG1	DENS1	9.150E-04	8.731E-01	1.943E-05	-1.187E-02	
22	R05A	12	APER10	LONG1	DENS1	9.150E-04	8.821E-01	3.000E-04	8.849E-01	
22	R05A	13	APER11	LONG1	DENS1	7.013E-04	8.899E-01	8.121E-04	9.578E-01	
22	R05A	14	APER11	LONG1	DENS1	7.013E-04	8.879E-01	2.158E-05	-2.729E-01	
22	R05A	15	APER11	LONG1	DENS1	7.013E-04	8.863E-01	9.653E-05	7.039E-01	
22	R05A	16	APER11	LONG1	DENS1	7.013E-04	8.845E-01	2.872E-05	5.614E-02	
11	R06A	654	1062	615	39	64	551	8734	509	23
22	R06A	01	APER08	LONG1	DENS1	1.798E-03	8.751E-01	4.895E-03	9.561E-01	
22	R06A	02	APER08	LONG1	DENS1	1.798E-03	8.822E-01	1.942E-03	-1.442E-01	
22	R06A	03	APER08	LONG1	DENS1	1.798E-03	8.780E-01	1.455E-03	4.130E-01	
22	R06A	04	APER08	LONG1	DENS1	1.798E-03	8.672E-01	2.277E-04	-1.613E-01	
22	R06A	05	APER09	LONG1	DENS1	1.296E-03	8.836E-01	1.680E-04	-1.919E-01	
22	R06A	06	APER09	LONG1	DENS1	1.296E-03	8.653E-01	7.166E-05	2.595E-01	
22	R06A	07	APER09	LONG1	DENS1	1.296E-03	8.808E-01	1.644E-04	7.962E-01	
22	R06A	08	APER09	LONG1	DENS1	1.296E-03	8.915E-01	4.392E-04	5.250E-02	
22	R06A	09	APER10	LONG1	DENS1	9.114E-04	8.698E-01	3.611E-05	3.264E-01	
22	R06A	10	APER10	LONG1	DENS1	9.114E-04	8.752E-01	2.823E-04	1.612E-01	
22	R06A	11	APER10	LONG1	DENS1	9.114E-04	8.895E-01	8.448E-05	4.306E-01	
22	R06A	12	APER10	LONG1	DENS1	9.114E-04	8.662E-01	2.089E-05	-3.912E-01	
22	R06A	13	APER11	LONG1	DENS1	8.134E-04	8.930E-01	1.493E-04	-1.112E-01	
22	R06A	14	APER11	LONG1	DENS1	8.134E-04	8.552E-01	3.970E-05	4.403E-01	
22	R06A	15	APER11	LONG1	DENS1	8.134E-04	8.769E-01	3.840E-05	1.665E-01	
22	R06A	16	APER11	LONG1	DENS1	8.134E-04	8.646E-01	2.685E-05	3.947E-01	
11	R07A	546	868	509	37	58	451	6231	454	20
22	R07A	01	APER08	LONG1	DENS1	1.719E-03	8.690E-01	4.357E-04	7.856E-01	
22	R07A	02	APER08	LONG1	DENS1	1.719E-03	8.417E-01	2.480E-04	-2.373E-01	
22	R07A	03	APER08	LONG1	DENS1	1.719E-03	8.470E-01	1.893E-03	9.593E-01	
22	R07A	04	APER08	LONG1	DENS1	1.719E-03	8.571E-01	2.646E-04	7.080E-01	
22	R07A	05	APER09	LONG1	DENS1	1.216E-03	8.282E-01	2.301E-04	9.092E-01	
22	R07A	06	APER09	LONG1	DENS1	1.216E-03	8.465E-01	2.937E-04	7.230E-02	
22	R07A	07	APER09	LONG1	DENS1	1.216E-03	8.539E-01	8.235E-05	-4.351E-01	

22	R07A	08	APER09	LONG1	DENS1	1.216E-03	8.562E-01	1.394E-04	4.491E-01	
22	R07A	09	APER10	LONG1	DENS1	9.708E-04	8.184E-01	7.593E-05	7.028E-01	
22	R07A	10	APER10	LONG1	DENS1	9.708E-04	8.584E-01	6.028E-03	9.943E-01	
22	R07A	11	APER10	LONG1	DENS1	9.708E-04	8.582E-01	2.566E-04	9.159E-01	
22	R07A	12	APER10	LONG1	DENS1	9.708E-04	8.516E-01	4.263E-04	8.454E-01	
22	R07A	13	APER11	LONG1	DENS1	6.852E-04	8.698E-01	5.686E-04	9.772E-01	
22	R07A	14	APER11	LONG1	DENS1	6.852E-04	8.442E-01	2.442E-05	7.997E-01	
22	R07A	15	APER11	LONG1	DENS1	6.852E-04	8.499E-01	1.211E-05	6.466E-01	
22	R07A	16	APER11	LONG1	DENS1	6.852E-04	8.393E-01	5.985E-06	-1.092E-01	
11	R08A	625	1029	589	36	59	530	8467	517	22
22	R08A	01	APER08	LONG1	DENS1	1.800E-03	9.060E-01	1.235E-03	5.687E-01	
22	R08A	02	APER08	LONG1	DENS1	1.800E-03	8.989E-01	4.973E-04	9.495E-02	
22	R08A	03	APER08	LONG1	DENS1	1.800E-03	8.864E-01	7.090E-04	3.315E-01	
22	R08A	04	APER08	LONG1	DENS1	1.800E-03	8.981E-01	1.729E-03	2.957E-01	
22	R08A	05	APER09	LONG1	DENS1	1.280E-03	8.997E-01	1.281E-04	7.055E-01	
22	R08A	06	APER09	LONG1	DENS1	1.280E-03	8.900E-01	2.626E-04	8.621E-01	
22	R08A	07	APER09	LONG1	DENS1	1.280E-03	9.065E-01	3.082E-04	7.875E-01	
22	R08A	08	APER09	LONG1	DENS1	1.280E-03	8.894E-01	3.310E-04	8.978E-01	
22	R08A	09	APER10	LONG1	DENS1	8.827E-04	8.962E-01	1.412E-04	7.367E-01	
22	R08A	10	APER10	LONG1	DENS1	8.827E-04	8.982E-01	9.701E-05	7.025E-01	
22	R08A	11	APER10	LONG1	DENS1	8.827E-04	8.807E-01	3.047E-05	2.650E-01	
22	R08A	12	APER10	LONG1	DENS1	8.827E-04	8.638E-01	6.957E-05	5.555E-01	
22	R08A	13	APER11	LONG1	DENS1	6.638E-04	8.916E-01	3.395E-06	1.331E-02	
22	R08A	14	APER11	LONG1	DENS1	6.638E-04	8.996E-01	2.645E-05	7.827E-01	
22	R08A	15	APER11	LONG1	DENS1	6.638E-04	8.751E-01	1.776E-05	4.888E-01	
22	R08A	16	APER11	LONG1	DENS1	6.638E-04	8.757E-01	6.433E-05	5.838E-01	
55	MOYENNE DES RAPPORTS DES DEBITS DE LA LIMITE 7 ET TOTALx									0.29458
11	R001	605	980	568	37	59	509	7213	505	23
22	R001	01	APER04	LONG1	DENS1	1.879E-03	8.861E-01	1.471E-03	-7.709E-02	
22	R001	02	APER04	LONG1	DENS1	1.879E-03	8.654E-01	9.902E-04	-2.251E-02	
22	R001	03	APER04	LONG1	DENS1	1.879E-03	8.845E-01	1.104E-03	2.845E-01	
22	R001	04	APER04	LONG1	DENS1	1.879E-03	8.477E-01	9.442E-05	-3.348E-01	
22	R001	05	APER05	LONG1	DENS1	1.454E-03	8.698E-01	1.272E-04	2.090E-01	
22	R001	06	APER05	LONG1	DENS1	1.454E-03	8.866E-01	3.381E-04	6.275E-02	
22	R001	07	APER05	LONG1	DENS1	1.454E-03	8.503E-01	5.223E-04	-7.686E-02	
22	R001	08	APER05	LONG1	DENS1	1.454E-03	8.830E-01	8.010E-04	2.578E-01	
22	R001	09	APER06	LONG1	DENS1	1.059E-03	8.849E-01	1.442E-04	8.530E-01	
22	R001	10	APER06	LONG1	DENS1	1.059E-03	8.848E-01	4.075E-04	5.916E-01	
22	R001	11	APER06	LONG1	DENS1	1.059E-03	8.872E-01	9.976E-05	-5.502E-01	
22	R001	12	APER06	LONG1	DENS1	1.059E-03	9.080E-01	6.274E-04	6.044E-01	
22	R001	13	APER07	LONG1	DENS1	7.144E-04	8.516E-01	1.546E-05	5.507E-01	
22	R001	14	APER07	LONG1	DENS1	7.144E-04	8.602E-01	1.793E-05	3.122E-01	
22	R001	15	APER07	LONG1	DENS1	7.144E-04	8.966E-01	2.665E-04	6.806E-01	
22	R001	16	APER07	LONG1	DENS1	7.144E-04	8.771E-01	3.913E-05	7.262E-01	
11	R002	619	1023	583	36	58	525	8447	518	21
22	R002	01	APER04	LONG1	DENS1	1.856E-03	8.758E-01	1.282E-03	8.093E-01	
22	R002	02	APER04	LONG1	DENS1	1.856E-03	8.959E-01	5.873E-04	1.014E-01	
22	R002	03	APER04	LONG1	DENS1	1.856E-03	8.924E-01	1.283E-03	5.895E-01	
22	R002	04	APER04	LONG1	DENS1	1.856E-03	8.737E-01	5.065E-04	-3.312E-01	
22	R002	05	APER05	LONG1	DENS1	1.355E-03	8.614E-01	2.065E-04	3.502E-01	
22	R002	06	APER05	LONG1	DENS1	1.355E-03	8.965E-01	3.150E-04	7.155E-01	
22	R002	07	APER05	LONG1	DENS1	1.355E-03	8.825E-01	4.515E-04	7.220E-01	
22	R002	08	APER05	LONG1	DENS1	1.355E-03	8.912E-01	4.826E-04	7.015E-01	
22	R002	09	APER06	LONG1	DENS1	9.802E-04	8.687E-01	2.583E-05	1.231E-01	
22	R002	10	APER06	LONG1	DENS1	9.802E-04	8.776E-01	2.373E-04	7.845E-01	
22	R002	11	APER06	LONG1	DENS1	9.802E-04	9.027E-01	2.289E-04	4.754E-02	

22	R002	12	APER06	LONG1	DENS1	9.802E-04	8.869E-01	1.359E-04	5.175E-01	
22	R002	13	APER07	LONG1	DENS1	7.799E-04	8.851E-01	1.109E-05	3.106E-02	
22	R002	14	APER07	LONG1	DENS1	7.799E-04	8.842E-01	3.382E-04	8.260E-01	
22	R002	15	APER07	LONG1	DENS1	7.799E-04	8.919E-01	7.070E-05	7.308E-01	
22	R002	16	APER07	LONG1	DENS1	7.799E-04	8.958E-01	1.084E-04	6.635E-01	
11	R003	592	954	549	43	60	489	7305	496	20
22	R003	01	APER04	LONG1	DENS1	1.809E-03	8.394E-01	1.643E-04	-7.882E-01	
22	R003	02	APER04	LONG1	DENS1	1.809E-03	8.559E-01	2.308E-04	-3.702E-01	
22	R003	03	APER04	LONG1	DENS1	1.809E-03	8.628E-01	2.938E-04	-5.942E-01	
22	R003	04	APER04	LONG1	DENS1	1.809E-03	8.779E-01	9.582E-04	6.634E-01	
22	R003	05	APER05	LONG1	DENS1	1.458E-03	8.849E-01	3.320E-04	5.733E-01	
22	R003	06	APER05	LONG1	DENS1	1.458E-03	8.387E-01	6.445E-04	-4.222E-01	
22	R003	07	APER05	LONG1	DENS1	1.458E-03	8.576E-01	1.861E-04	-7.136E-01	
22	R003	08	APER05	LONG1	DENS1	1.458E-03	8.817E-01	1.286E-03	4.586E-01	
22	R003	09	APER06	LONG1	DENS1	1.063E-03	8.676E-01	1.230E-04	2.420E-01	
22	R003	10	APER06	LONG1	DENS1	1.063E-03	8.756E-01	2.808E-04	6.882E-01	
22	R003	11	APER06	LONG1	DENS1	1.063E-03	8.537E-01	4.806E-05	-3.276E-01	
22	R003	12	APER06	LONG1	DENS1	1.063E-03	8.587E-01	7.745E-05	-4.009E-01	
22	R003	13	APER07	LONG1	DENS1	7.879E-04	8.588E-01	1.495E-04	6.483E-02	
22	R003	14	APER07	LONG1	DENS1	7.879E-04	8.702E-01	4.520E-05	-1.602E-01	
22	R003	15	APER07	LONG1	DENS1	7.879E-04	8.623E-01	4.769E-05	-2.815E-01	
22	R003	16	APER07	LONG1	DENS1	7.879E-04	8.904E-01	2.745E-04	5.701E-01	
11	R004	626	1039	593	33	62	531	8381	535	23
22	R004	01	APER04	LONG1	DENS1	2.007E-03	8.988E-01	9.913E-04	-8.396E-01	
22	R004	02	APER04	LONG1	DENS1	2.007E-03	9.056E-01	1.063E-02	4.445E-02	
22	R004	03	APER04	LONG1	DENS1	2.007E-03	9.047E-01	5.436E-04	6.496E-01	
22	R004	04	APER04	LONG1	DENS1	2.007E-03	8.897E-01	9.558E-04	4.854E-01	
22	R004	05	APER05	LONG1	DENS1	1.500E-03	8.985E-01	7.580E-04	-2.099E-02	
22	R004	06	APER05	LONG1	DENS1	1.500E-03	8.974E-01	3.442E-04	-2.479E-02	
22	R004	07	APER05	LONG1	DENS1	1.500E-03	8.976E-01	1.130E-03	3.653E-01	
22	R004	08	APER05	LONG1	DENS1	1.500E-03	9.116E-01	9.981E-04	7.964E-01	
22	R004	09	APER06	LONG1	DENS1	1.003E-03	9.096E-01	1.086E-04	6.112E-02	
22	R004	10	APER06	LONG1	DENS1	1.003E-03	9.029E-01	7.302E-04	6.097E-01	
22	R004	11	APER06	LONG1	DENS1	1.003E-03	9.086E-01	4.327E-04	3.410E-01	
22	R004	12	APER06	LONG1	DENS1	1.003E-03	8.861E-01	1.641E-04	8.019E-01	
22	R004	13	APER07	LONG1	DENS1	8.523E-04	8.960E-01	5.681E-05	1.193E-01	
22	R004	14	APER07	LONG1	DENS1	8.523E-04	9.136E-01	4.871E-04	7.071E-01	
22	R004	15	APER07	LONG1	DENS1	8.523E-04	8.905E-01	9.178E-05	8.879E-01	
22	R004	16	APER07	LONG1	DENS1	8.523E-04	8.738E-01	3.679E-05	3.826E-01	
11	R005	626	1039	593	33	62	531	8381	535	23
22	R005	01	APER16	LONG1	DENS1	6.049E-04	8.988E-01	2.709E-05	8.396E-01	
22	R005	02	APER16	LONG1	DENS1	6.049E-04	9.055E-01	2.906E-04	4.445E-02	
22	R005	03	APER16	LONG1	DENS1	6.049E-04	9.046E-01	1.485E-05	6.496E-01	
22	R005	04	APER16	LONG1	DENS1	6.049E-04	8.897E-01	2.612E-05	4.854E-01	
22	R005	05	APER17	LONG1	DENS1	4.517E-04	8.982E-01	2.071E-05	-2.099E-02	
22	R005	06	APER17	LONG1	DENS1	4.517E-04	8.972E-01	9.405E-06	2.479E-07	
22	R005	07	APER17	LONG1	DENS1	4.517E-04	8.978E-01	3.088E-05	3.653E-01	
22	R005	08	APER17	LONG1	DENS1	4.517E-04	9.117E-01	2.727E-05	7.964E-01	
22	R005	09	APER18	LONG1	DENS1	3.023E-04	9.096E-01	2.966E-06	6.112E-02	
22	R005	10	APER18	LONG1	DENS1	3.023E-04	9.030E-01	1.995E-05	6.097E-01	
22	R005	11	APER18	LONG1	DENS1	3.023E-04	9.088E-01	1.182E-05	3.410E-01	
22	R005	12	APER18	LONG1	DENS1	3.023E-04	8.862E-01	4.484E-06	8.019E-01	
22	R005	13	APER19	LONG1	DENS1	2.567E-04	8.963E-01	1.552E-06	1.193E-01	
22	R005	14	APER19	LONG1	DENS1	2.567E-04	9.136E-01	1.331E-05	7.071E-01	
22	R005	15	APER19	LONG1	DENS1	2.567E-04	8.902E-01	2.508E-06	8.879E-01	
22	R005	16	APER19	LONG1	DENS1	2.567E-04	8.739E-01	1.005E-06	3.826E-01	

11	R006	632	1040	592	40	51	541	9437	529	24		
22	R006	01	APER16	LONG1	DENS1		5.517E-04	8.473E-01	9.693E-06	7.791E-01		
22	R006	02	APER16	LONG1	DENS1		5.517E-04	8.412E-01	1.668E-05	4.577E-01		
22	R006	03	APER16	LONG1	DENS1		5.517E-04	8.387E-01	1.984E-05	9.012E-01		
22	R006	04	APER16	LONG1	DENS1		5.517E-04	8.445E-01	6.302E-06	4.995E-02		
22	R006	05	APER17	LONG1	DENS1		4.357E-04	8.582E-01	4.430E-06	6.615E-01		
22	R006	06	APER17	LONG1	DENS1		4.357E-04	8.644E-01	1.362E-05	7.278E-01		
22	R006	07	APER17	LONG1	DENS1		4.357E-04	8.414E-01	8.904E-06	7.931E-01		
22	R006	08	APER17	LONG1	DENS1		4.357E-04	8.285E-01	7.832E-06	8.563E-01		
22	R006	09	APER18	LONG1	DENS1		3.053E-04	8.488E-01	2.043E-06	6.806E-01		
22	R006	10	APER18	LONG1	DENS1		3.053E-04	8.330E-01	2.482E-06	4.873E-01		
22	R006	11	APER18	LONG1	DENS1		3.053E-04	8.498E-01	1.673E-06	3.480E-01		
22	R006	12	APER18	LONG1	DENS1		3.053E-04	8.678E-01	2.198E-05	7.189E-01		
22	R006	13	APER19	LONG1	DENS1		2.386E-04	8.572E-01	2.710E-06	9.633E-01		
22	R006	14	APER19	LONG1	DENS1		2.386E-04	8.625E-01	3.508E-06	8.322E-01		
22	R006	15	APER19	LONG1	DENS1		2.386E-04	8.585E-01	1.020E-05	9.951E-01		
22	R006	16	APER19	LONG1	DENS1		2.386E-04	8.686E-01	6.846E-06	9.842E-01		
11	R007	603	989	563	40	48	515	8570	517	22		
22	R007	01	APER16	LONG1	DENS1		5.694E-04	8.549E-01	4.454E-06	-4.893E-01		
22	R007	02	APER16	LONG1	DENS1		5.694E-04	8.610E-01	5.905E-06	-4.982E-01		
22	R007	03	APER16	LONG1	DENS1		5.694E-04	8.826E-01	8.469E-06	4.936E-01		
22	R007	04	APER16	LONG1	DENS1		5.694E-04	8.891E-01	1.017E-05	-4.461E-01		
22	R007	05	APER17	LONG1	DENS1		4.318E-04	8.786E-01	7.299E-06	7.055E-02		
22	R007	06	APER17	LONG1	DENS1		4.318E-04	8.532E-01	1.488E-06	-5.134E-01		
22	R007	07	APER17	LONG1	DENS1		4.318E-04	8.687E-01	3.544E-06	-1.965E-01		
22	R007	08	APER17	LONG1	DENS1		4.318E-04	8.537E-01	4.555E-06	-4.494E-01		
22	R007	09	APER18	LONG1	DENS1		3.233E-04	8.580E-01	8.956E-07	-4.793E-01		
22	R007	10	APER18	LONG1	DENS1		3.233E-04	8.858E-01	4.254E-06	8.625E-01		
22	R007	11	APER18	LONG1	DENS1		3.233E-04	8.644E-01	7.384E-07	-1.669E-01		
22	R007	12	APER18	LONG1	DENS1		3.233E-04	8.748E-01	2.067E-06	1.098E-01		
22	R007	13	APER19	LONG1	DENS1		2.363E-04	8.540E-01	4.143E-07	-5.057E-01		
22	R007	14	APER19	LONG1	DENS1		2.363E-04	8.692E-01	1.917E-07	-5.919E-01		
22	R007	15	APER19	LONG1	DENS1		2.363E-04	8.758E-01	2.842E-07	-8.203E-01		
22	R007	16	APER19	LONG1	DENS1		2.363E-04	8.695E-01	1.842E-07	-3.233E-01		
11	R008	654	1062	615	39	64	551	8734	509	23		
22	R008	01	APER16	LONG1	DENS1		5.988E-04	8.749E-01	1.805E-04	9.561E-01		
22	R008	02	APER16	LONG1	DENS1		5.988E-04	8.823E-01	7.163E-05	-1.442E-01		
22	R008	03	APER16	LONG1	DENS1		5.988E-04	8.779E-01	5.366E-05	4.130E-01		
22	R008	04	APER16	LONG1	DENS1		5.988E-04	8.672E-01	8.399E-06	-1.613E-01		
22	R008	05	APER17	LONG1	DENS1		4.313E-04	8.836E-01	6.195E-06	-1.919E-01		
22	R008	06	APER17	LONG1	DENS1		4.313E-04	8.651E-01	2.643E-06	2.595E-01		
22	R008	07	APER17	LONG1	DENS1		4.313E-04	8.808E-01	6.063E-06	7.962E-01		
22	R008	08	APER17	LONG1	DENS1		4.313E-04	8.916E-01	1.620E-05	5.250E-02		
22	R008	09	APER18	LONG1	DENS1		3.034E-04	8.698E-01	1.332E-06	3.264E-01		
22	R008	10	APER18	LONG1	DENS1		3.034E-04	8.748E-01	1.041E-05	1.612E-01		
22	R008	11	APER18	LONG1	DENS1		3.034E-04	8.897E-01	3.116E-06	4.306E-01		
22	R008	12	APER18	LONG1	DENS1		3.034E-04	8.665E-01	7.706E-07	-3.912E-01		
22	R008	13	APER19	LONG1	DENS1		2.707E-04	8.930E-01	5.508E-06	-1.112E-01		
22	R008	14	APER19	LONG1	DENS1		2.707E-04	8.550E-01	1.464E-06	4.403E-01		
22	R008	15	APER19	LONG1	DENS1		2.707E-04	8.768E-01	1.416E-06	1.665E-01		
22	R008	16	APER19	LONG1	DENS1		2.707E-04	8.649E-01	9.902E-07	3.947E-01		
55	MOYENNE DES RAPPORTS DES DEBITS DE LA LIMITE 7 ET TOTAL										0.26413	
11	R009	644	1062	601	43	54	547	9875	534	23		
22	R009	01	APER04	LONG2	DENS1		1.778E-03	9.161E-04	2.497E-03	9.075E-04		
22	R009	02	APER04	LONG2	DENS1		1.778E-03	9.021E-04	9.260E-04	-8.496E-02		
22	R009	03	APER04	LONG2	DENS1		1.778E-03	8.895E-04	2.584E-04	-3.494E-04		

22	R009	04	APER04	LONG2	DENS1	1.778E-03	9.059E-01	1.939E-04	-7.114E-01	
22	R009	05	APER05	LONG2	DENS1	1.496E-03	8.999E-01	4.242E-05	-5.547E-01	
22	R009	06	APER05	LONG2	DENS1	1.496E-03	9.132E-01	1.428E-04	-4.293E-01	
22	R009	07	APER05	LONG2	DENS1	1.496E-03	9.304E-01	2.393E-03	7.608E-01	
22	R009	08	APER05	LONG2	DENS1	1.496E-03	9.409E-01	8.633E-03	9.956E-01	
22	R009	09	APER06	LONG2	DENS1	1.065E-03	9.128E-01	1.777E-04	1.046E-01	
22	R009	10	APER06	LONG2	DENS1	1.065E-03	9.042E-01	1.665E-05	-3.661E-01	
22	R009	11	APER06	LONG2	DENS1	1.065E-03	9.130E-01	1.347E-04	-5.572E-01	
22	R009	12	APER06	LONG2	DENS1	1.065E-03	9.216E-01	2.347E-04	5.121E-01	
22	R009	13	APER07	LONG2	DENS1	7.018E-04	8.984E-01	9.967E-05	7.291E-01	
22	R009	14	APER07	LONG2	DENS1	7.018E-04	9.064E-01	5.840E-05	7.522E-01	
22	R009	15	APER07	LONG2	DENS1	7.018E-04	9.127E-01	3.221E-05	-3.775E-01	
22	R009	16	APER07	LONG2	DENS1	7.018E-04	9.032E-01	3.358E-05	7.355E-01	
11	R010	609	1016	579	30	58	521	7468	526	20
22	R010	01	APER04	LONG2	DENS1	1.856E-03	8.797E-01	8.096E-01	7.821E-01	
22	R010	02	APER04	LONG2	DENS1	1.856E-03	8.818E-01	1.633E-03	9.075E-01	
22	R040	03	APER04	LONG2	DENS1	1.856E-03	8.601E-01	2.068E-04	-2.383E-01	
22	R010	04	APER04	LONG2	DENS1	1.856E-03	8.754E-01	6.386E-04	-1.375E-01	
22	R010	05	APER05	LONG2	DENS1	1.307E-03	8.717E-01	1.302E-04	-5.887E-01	
22	R010	06	APER05	LONG2	DENS1	1.307E-03	8.585E-01	6.218E-05	-6.439E-01	
22	R010	07	APER05	LONG2	DENS1	1.307E-03	8.533E-01	1.237E-04	1.718E-01	
22	R010	08	APER05	LONG2	DENS1	1.307E-03	8.612E-01	6.060E-04	7.113E-01	
22	R010	09	APER06	LONG2	DENS1	1.070E-03	8.547E-01	4.814E-04	6.401E-01	
22	R010	10	APER06	LONG2	DENS1	1.070E-03	8.625E-01	3.089E-05	2.388E-01	
22	R010	11	APER06	LONG2	DENS1	1.070E-03	8.763E-01	5.861E-05	2.969E-01	
22	R010	12	APER06	LONG2	DENS1	1.070E-03	8.440E-01	2.749E-05	2.659E-01	
22	R010	13	APER07	LONG2	DENS1	7.364E-04	8.775E-01	1.107E-04	7.805E-01	
22	R010	14	APER07	LONG2	DENS1	7.364E-04	8.493E-01	4.809E-05	6.931E-01	
22	R010	15	APER07	LONG2	DENS1	7.364E-04	8.657E-01	3.053E-05	-3.000E-01	
22	R010	16	APER07	LONG2	DENS1	7.364E-04	8.690E-01	4.203E-05	-5.822E-01	
11	R011	594	957	549	45	56	493	7285	481	23
22	R011	01	APER04	LONG2	DENS1	1.963E-03	8.613E-01	5.977E-03	3.461E-01	
22	R011	02	APER04	LONG2	DENS1	1.963E-03	8.561E-01	4.949E-04	8.820E-01	
22	R011	03	APER04	LONG2	DENS1	1.963E-03	8.928E-01	3.620E-03	8.198E-01	
22	R011	04	APER04	LONG2	DENS1	1.963E-03	8.856E-01	6.017E-03	8.362E-01	
22	R011	05	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.768E-01	5.630E-04	4.463E-01	
22	R011	06	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.812E-01	1.011E-04	-3.473E-01	
22	R011	07	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.561E-01	7.813E-04	-1.474E-01	
22	R011	08	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.971E-01	1.228E-04	8.319E-01	
22	R011	09	APER06	LONG2	DENS1	1.026E-03	8.839E-01	4.083E-04	-8.303E-02	
22	R011	10	APER06	LONG2	DENS1	1.026E-03	8.703E-01	2.314E-04	1.981E-01	
22	R011	11	APER06	LONG2	DENS1	1.026E-03	8.743E-01	1.424E-04	7.345E-01	
22	R011	12	APER06	LONG2	DENS1	1.026E-03	8.887E-01	1.687E-04	5.478E-01	
22	R011	13	APER07	LONG2	DENS1	7.630E-04	8.749E-01	7.496E-05	-3.769E-02	
22	R011	14	APER07	LONG2	DENS1	7.630E-04	8.824E-01	1.456E-04	-7.790E-02	
22	R011	15	APER07	LONG2	DENS1	7.630E-04	8.725E-01	1.651E-05	-5.735E-01	
22	R011	16	APER07	LONG2	DENS1	7.630E-04	8.557E-01	3.612E-05	3.644E-01	
11	R012	588	965	550	38	55	495	7154	497	21
22	R012	01	APER04	LONG2	DENS1	1.918E-03	8.721E-01	5.098E-04	6.287E-01	
22	R012	02	APER04	LONG2	DENS1	1.918E-03	8.458E-01	7.942E-04	9.048E-01	
22	R012	03	APER04	LONG2	DENS1	1.918E-03	8.677E-01	9.212E-04	7.294E-01	
22	R012	04	APER04	LONG2	DENS1	1.918E-03	8.706E-01	3.581E-04	-5.413E-01	
22	R012	05	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.615E-01	1.171E-04	7.361E-02	
22	R012	06	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.677E-01	3.475E-04	7.894E-01	
22	R012	07	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.834E-01	1.288E-02	9.628E-01	
22	R012	08	APER05	LONG2	DENS1	1.427E-03	8.675E-01	1.946E-04	1.545E-02	

22	R012	09	APER06	LONG2	DENS1	1.075E-03	8.583E-01	1.109E-04	-2.444E-02	
22	R012	10	APER06	LONG2	DENS1	1.075E-03	8.453E-01	5.733E-05	4.404E-01	
22	R012	11	APER06	LONG2	DENS1	1.075E-03	8.714E-01	6.842E-05	-2.075E-01	
22	R012	12	APER06	LONG2	DENS1	1.075E-03	8.741E-01	1.245E-04	6.621E-01	
22	R012	13	APER07	LONG2	DENS1	7.335E-04	8.584E-01	1.222E-05	-2.094E-01	
22	R012	14	APER07	LONG2	DENS1	7.335E-04	8.815E-01	3.720E-04	9.629E-01	
22	R012	15	APER07	LONG2	DENS1	7.335E-04	8.710E-01	5.988E-05	4.847E-01	
22	R012	16	APER07	LONG2	DENS1	7.335E-04	8.481E-01	3.261E-05	4.098E-01	
11	R013	588	965	550	38	55	495	7154	497	21
22	R013	01	APER16	LONG2	DENS1	5.777E-04	8.721E-01	1.393E-05	6.287E-01	
22	R013	02	APER16	LONG2	DENS1	5.777E-04	8.457E-01	2.170E-05	9.048E-01	
22	R013	03	APER16	LONG2	DENS1	5.777E-04	8.678E-01	2.517E-05	7.294E-01	
22	R013	04	APER16	LONG2	DENS1	5.777E-04	8.703E-01	9.784E-06	-5.413E-01	
22	R013	05	APER17	LONG2	DENS1	4.299E-04	8.614E-01	3.199E-06	7.361E-02	
22	R013	06	APER17	LONG2	DENS1	4.299E-04	8.678E-01	9.495E-06	7.495E-01	
22	R013	07	APER17	LONG2	DENS1	4.299E-04	8.832E-01	3.520E-04	9.628E-01	
22	R013	08	APER17	LONG2	DENS1	4.299E-04	8.680E-01	5.316E-06	1.545E-02	
22	R013	09	APER18	LONG2	DENS1	3.234E-04	8.581E-01	3.031E-06	-2.444E-02	
22	R013	10	APER18	LONG2	DENS1	3.234E-04	8.453E-01	1.566E-06	4.404E-01	
22	R013	11	APER18	LONG2	DENS1	3.234E-04	8.712E-01	1.869E-06	-2.075E-01	
22	R013	12	APER18	LONG2	DENS1	3.234E-04	8.737E-01	3.401E-06	6.621E-01	
22	R013	13	APER19	LONG2	DENS1	2.210E-04	8.582E-01	3.338E-07	-2.094E-01	
22	R013	14	APER19	LONG2	DENS1	2.210E-04	8.817E-01	1.016E-05	9.629E-01	
22	R013	15	APER19	LONG2	DENS1	2.210E-04	8.714E-01	1.636E-06	4.847E-01	
22	R013	16	APER19	LONG2	DENS1	2.210E-04	8.482E-01	8.909E-07	4.098E-01	
11	R014	616	1022	583	33	56	527	8592	529	22
22	R014	01	APER16	LONG2	DENS1	5.765E-04	8.889E-01	3.666E-05	-1.310E-01	
22	R014	02	APER16	LONG2	DENS1	5.765E-04	9.131E-01	5.592E-05	-9.441E-02	
22	R014	03	APER16	LONG2	DENS1	5.765E-04	8.999E-01	1.008E-05	-4.762E-01	
22	R014	04	APER16	LONG2	DENS1	5.765E-04	8.925E-01	1.060E-05	-3.898E-01	
22	R014	05	APER17	LONG2	DENS1	4.340E-04	9.017E-01	1.754E-06	3.685E-01	
22	R014	06	APER17	LONG2	DENS1	4.340E-04	8.728E-01	4.068E-06	-1.526E-01	
22	R014	07	APER17	LONG2	DENS1	4.340E-04	8.991E-01	1.007E-05	-3.134E-01	
22	R014	08	APER17	LONG2	DENS1	4.340E-04	8.918E-01	1.436E-05	-2.144E-01	
22	R014	09	APER18	LONG2	DENS1	3.045E-04	8.718E-01	3.033E-06	9.726E-02	
22	R014	10	APER18	LONG2	DENS1	3.045E-04	8.929E-01	1.085E-06	-7.325E-01	
22	R014	11	APER18	LONG2	DENS1	3.045E-04	9.067E-01	1.840E-06	-4.179E-01	
22	R014	12	APER18	LONG2	DENS1	3.045E-04	8.822E-01	1.956E-06	1.000E+00	
22	R014	13	APER19	LONG2	DENS1	2.308E-04	8.782E-01	1.342E-06	-2.262E-01	
22	R014	14	APER19	LONG2	DENS1	2.308E-04	9.011E-01	1.483E-06	-4.251E-01	
22	R014	15	APER19	LONG2	DENS1	2.308E-04	8.741E-01	3.627E-07	-6.747E-01	
22	R014	16	APER19	LONG2	DENS1	2.308E-04	8.994E-01	1.766E-07	-9.363E-01	
11	R015	641	1087	611	30	52	559	9742	556	24
22	R015	01	APER16	LONG2	DENS1	5.408E-04	8.647E-01	2.101E-05	5.064E-01	
22	R015	02	APER16	LONG2	DENS1	5.408E-04	8.878E-01	3.160E-06	3.743E-01	
22	R015	03	APER16	LONG2	DENS1	5.408E-04	8.747E-01	2.105E-05	-4.649E-01	
22	R015	04	APER16	LONG2	DENS1	5.408E-04	8.901E-01	5.394E-04	9.563E-01	
22	R015	05	APER17	LONG2	DENS1	3.766E-04	8.871E-01	7.421E-06	-5.754E-02	
22	R015	06	APER17	LONG2	DENS1	3.766E-04	8.898E-01	2.358E-06	-1.359E-01	
22	R015	07	APER17	LONG2	DENS1	3.766E-04	8.861E-01	4.310E-06	-1.066E-01	
22	R015	08	APER17	LONG2	DENS1	3.766E-04	8.875E-01	5.881E-06	6.861E-01	
22	R015	09	APER18	LONG2	DENS1	3.023E-04	8.751E-01	5.378E-06	1.086E-02	
22	R015	10	APER18	LONG2	DENS1	3.023E-04	8.964E-01	8.108E-06	6.661E-01	
22	R015	11	APER18	LONG2	DENS1	3.023E-04	8.759E-01	1.393E-06	3.828E-01	
22	R015	12	APER18	LONG2	DENS1	3.023E-04	8.796E-01	5.104E-06	1.426E-01	
22	R015	13	APER19	LONG2	DENS1	2.207E-04	9.065E-01	4.138E-06	3.991E-02	

22	R015	14	APER19	LONG2	DENS1	2.207E-04	8.746E-01	2.140E-06	4.846E-01
22	R015	15	APER19	LONG2	DENS1	2.207E-04	8.924E-01	3.051E-06	3.332E-01
22	R015	16	APER19	LONG2	DENS1	2.207E-04	8.836E-01	2.585E-07	-7.362E-01
11	R016	605	1001	568	37 50	518	8995	484	23
22	R016	01	APER16	LONG2	DENS1	5.577E-04	8.578E-01	2.259E-05	-2.276E-01
22	R016	02	APER16	LONG2	DENS1	5.577E-04	8.269E-01	5.414E-06	3.898E-02
22	R016	03	APER16	LONG2	DENS1	5.577E-04	8.586E-01	1.487E-05	-2.495E-01
22	R016	04	APER16	LONG2	DENS1	5.577E-04	8.376E-01	1.376E-05	7.019E-01
22	R016	05	APER17	LONG2	DENS1	4.214E-04	8.661E-01	7.082E-06	-1.619E-01
22	R016	06	APER17	LONG2	DENS1	4.214E-04	8.496E-01	4.814E-06	-6.772E-01
22	R016	07	APER17	LONG2	DENS1	4.214E-04	8.455E-01	2.605E-06	-7.374E-01
22	R016	08	APER17	LONG2	DENS1	4.214E-04	8.707E-01	8.724E-06	-1.531E-01
22	R016	09	APER18	LONG2	DENS1	3.001E-04	8.361E-01	7.138E-07	-1.637E-01
22	R016	10	APER18	LONG2	DENS1	3.001E-04	8.387E-01	1.242E-06	-5.460E-01
22	R016	11	APER18	LONG2	DENS1	3.001E-04	8.673E-01	3.641E-06	3.066E-01
22	R016	12	APER18	LONG2	DENS1	3.001E-04	8.307E-01	7.642E-07	2.183E-01
22	R016	13	APER19	LONG2	DENS1	2.420E-04	8.547E-01	6.273E-07	-3.579E-01
22	R016	14	APER19	LONG2	DENS1	2.420E-04	8.696E-01	2.944E-06	5.067E-01
22	R016	15	APER19	LONG2	DENS1	2.420E-04	8.657E-01	8.300E-07	1.127E-01
22	R016	16	APER19	LONG2	DENS1	2.420E-04	8.716E-01	3.043E-06	6.720E-01
55	MOYENNE DES RAPPORTS DES DÉBITS DE LA LIMITE 7 ET TOTAL								0.16073
11	R017	640	1045	605	35 72	533	8192	540	22
22	R017	01	APER04	LONG3	DENS1	2.054E-03	9.034E-01	6.183E-04	-5.482E-01
22	R017	02	APER04	LONG3	DENS1	2.054E-03	8.941E-01	7.313E-03	8.701E-01
22	R017	03	APER04	LONG3	DENS1	2.054E-03	9.172E-01	1.756E-03	-2.249E-01
22	R017	04	APER04	LONG3	DENS1	2.054E-03	8.999E-01	6.333E-04	-1.094E-01
22	R017	05	APER05	LONG3	DENS1	1.511E-03	8.805E-01	3.120E-04	-5.402E-02
22	R017	06	APER05	LONG3	DENS1	1.511E-03	9.107E-01	2.315E-02	1.443E-02
22	R017	07	APER05	LONG3	DENS1	1.511E-03	9.001E-01	9.164E-04	-4.454E-01
22	R017	08	APER05	LONG3	DENS1	1.511E-03	8.933E-01	5.113E-04	3.726E-01
22	R017	09	APER06	LONG3	DENS1	9.922E-04	8.909E-01	1.121E-04	-3.894E-01
22	R017	10	APER06	LONG3	DENS1	9.922E-04	9.022E-01	7.605E-05	1.403E-02
22	R017	11	APER06	LONG3	DENS1	9.922E-04	9.071E-01	7.247E-05	-3.667E-01
22	R017	12	APER06	LONG3	DENS1	9.922E-04	8.914E-01	8.010E-05	-2.826E-01
22	R017	13	APER07	LONG3	DENS1	7.599E-04	8.945E-01	2.535E-05	7.708E-01
22	R017	14	APER07	LONG3	DENS1	7.599E-04	9.029E-01	2.059E-04	6.023E-01
22	R017	15	APER07	LONG3	DENS1	7.599E-04	8.964E-01	7.402E-05	-2.418E-01
22	R017	16	APER07	LONG3	DENS1	7.599E-04	8.854E-01	4.357E-05	5.304E-01
11	R018	619	998	580	39 62	518	8804	512	23
22	R018	01	APER04	LONG3	DENS1	1.835E-03	8.750E-01	1.106E-03	-5.293E-01
22	R018	02	APER04	LONG3	DENS1	1.835E-03	8.760E-01	6.865E-04	6.992E-01
22	R018	03	APER04	LONG3	DENS1	1.835E-03	8.645E-01	2.369E-04	-1.623E-01
22	R018	04	APER04	LONG3	DENS1	1.835E-03	8.635E-01	4.393E-04	4.976E-01
22	R018	05	APER05	LONG3	DENS1	1.527E-03	8.832E-01	1.786E-03	8.642E-01
22	R018	06	APER05	LONG3	DENS1	1.527E-03	8.582E-01	4.135E-04	1.365E-01
22	R018	07	APER05	LONG3	DENS1	1.527E-03	8.747E-01	1.904E-04	-1.365E-01
22	R018	08	APER05	LONG3	DENS1	1.527E-03	8.898E-01	1.393E-03	1.153E-01
22	R018	09	APER06	LONG3	DENS1	1.059E-03	8.880E-01	5.523E-04	2.581E-01
22	R018	10	APER06	LONG3	DENS1	1.059E-03	8.713E-01	2.135E-04	7.238E-01
22	R018	11	APER06	LONG3	DENS1	1.059E-03	8.717E-01	3.642E-04	7.061E-01
22	R018	12	APER06	LONG3	DENS1	1.059E-03	8.576E-01	1.860E-04	7.994E-01
22	R018	13	APER07	LONG3	DENS1	7.342E-04	8.725E-01	2.446E-04	9.514E-01
22	R018	14	APER07	LONG3	DENS1	7.342E-04	8.887E-01	2.254E-04	9.294E-01
22	R018	15	APER07	LONG3	DENS1	7.342E-04	8.720E-01	1.995E-05	-5.959E-01
22	R018	16	APER07	LONG3	DENS1	7.342E-04	8.580E-01	4.638E-05	-2.788E-01
11	R019	599	970	556	43 46	510	8760	506	25

22	R019	01	APER04	LONG3	DENS1	1.882E-03	8.492E-01	1.018E-03	-5.766E-02
22	R019	02	APER04	LONG3	DENS1	1.882E-03	8.300E-01	2.692E-04	-3.503E-01
22	R019	03	APER04	LONG3	DENS1	1.882E-03	8.090E-01	1.977E-05	-8.726E-01
22	R019	04	APER04	LONG3	DENS1	1.882E-03	8.388E-01	3.625E-04	-1.000E+00
22	R019	05	APER05	LONG3	DENS1	1.429E-03	8.439E-01	4.437E-04	-2.210E-01
22	R019	06	APER05	LONG3	DENS1	1.429E-03	8.302E-01	5.263E-04	5.891E-01
22	R019	07	APER05	LONG3	DENS1	1.429E-03	8.154E-01	2.303E-05	-8.321E-01
22	R019	08	APER05	LONG3	DENS1	1.429E-03	8.375E-01	9.094E-05	-4.882E-01
22	R019	09	APER06	LONG3	DENS1	1.091E-03	8.410E-01	1.419E-05	-6.555E-01
22	R019	10	APER06	LONG3	DENS1	1.091E-03	8.562E-01	9.809E-04	8.923E-01
22	R019	11	APER06	LONG3	DENS1	1.091E-03	8.506E-01	4.051E-03	-5.049E-03
22	R019	12	APER06	LONG3	DENS1	1.091E-03	8.467E-01	1.681E-04	-2.041E-02
22	R019	13	APER07	LONG3	DENS1	8.162E-04	8.592E-01	1.355E-03	9.655E-01
22	R019	14	APER07	LONG3	DENS1	8.162E-04	8.053E-01	5.791E-06	-6.951E-01
22	R019	15	APER07	LONG3	DENS1	8.162E-04	8.256E-01	2.017E-05	-6.340E-01
22	R019	16	APER07	LONG3	DENS1	8.162E-04	8.412E-01	2.565E-05	-2.672E-01
11	R020	653	1092	623	30 58	565	9795	569	23
22	R020	01	APER04	LONG3	DENS1	1.868E-03	8.620E-01	5.820E-04	-6.991E-01
22	R020	02	APER04	LONG3	DENS1	1.868E-03	8.510E-01	2.691E-04	-7.160E-01
22	R020	03	APER04	LONG3	DENS1	1.868E-03	8.685E-01	2.363E-03	2.872E-02
22	R020	04	APER04	LONG3	DENS1	1.868E-03	8.581E-01	2.351E-04	5.415E-01
22	R020	05	APER05	LONG3	DENS1	1.406E-03	8.677E-01	1.086E-03	9.345E-01
22	R020	06	APER05	LONG3	DENS1	1.406E-03	8.591E-01	4.511E-04	-2.548E-01
22	R020	07	APER05	LONG3	DENS1	1.406E-03	8.532E-01	1.026E-04	3.448E-01
22	R020	08	APER05	LONG3	DENS1	1.406E-03	8.564E-01	1.117E-04	6.022E-02
22	R020	09	APER06	LONG3	DENS1	1.044E-03	8.499E-01	5.764E-05	-8.027E-01
22	R020	10	APER06	LONG3	DENS1	1.044E-03	8.662E-01	4.415E-04	6.322E-01
22	R020	11	APER06	LONG3	DENS1	1.044E-03	8.554E-01	1.277E-04	7.432E-02
22	R020	12	APER06	LONG3	DENS1	1.044E-03	8.669E-01	1.342E-04	3.187E-01
22	R020	13	APER07	LONG3	DENS1	7.775E-04	8.612E-01	5.477E-05	7.541E-01
22	R020	14	APER07	LONG3	DENS1	7.775E-04	8.292E-01	3.954E-05	6.437E-01
22	R020	15	APER07	LONG3	DENS1	7.775E-04	8.699E-01	2.938E-05	-2.686E-01
22	R020	16	APER07	LONG3	DENS1	7.775E-04	8.500E-01	3.158E-05	2.100E-01
11	R021	653	1092	623	30 58	565	9795	569	23
22	R021	01	APER16	LONG3	DENS1	5.629E-04	8.622E-01	1.590E-05	-6.991E-01
22	R021	02	APER16	LONG3	DENS1	5.629E-04	8.511E-01	7.352E-06	-7.160E-01
22	R021	03	APER16	LONG3	DENS1	5.629E-04	8.684E-01	6.456E-05	2.872E-02
22	R021	04	APER16	LONG3	DENS1	5.629E-04	8.582E-01	6.423E-06	5.415E-01
22	R021	05	APER17	LONG3	DENS1	4.236E-04	8.680E-01	2.966E-05	9.345E-01
22	R021	06	APER17	LONG3	DENS1	4.236E-04	8.592E-01	1.233E-05	-2.548E-01
22	R021	07	APER17	LONG3	DENS1	4.236E-04	8.530E-01	2.803E-06	3.448E-01
22	R021	08	APER17	LONG3	DENS1	4.236E-04	8.565E-01	3.051E-06	6.022E-02
22	R021	09	APER18	LONG3	DENS1	3.146E-04	8.500E-01	1.575E-06	-8.027E-01
22	R021	10	APER18	LONG3	DENS1	3.146E-04	8.661E-01	1.206E-05	6.322E-01
22	R021	11	APER18	LONG3	DENS1	3.146E-04	8.554E-01	3.488E-06	7.432E-02
22	R021	12	APER18	LONG3	DENS1	3.146E-04	8.673E-01	3.667E-06	3.187E-01
22	R021	13	APER19	LONG3	DENS1	2.341E-04	8.614E-01	1.497E-06	7.541E-01
22	R021	14	APER19	LONG3	DENS1	2.341E-04	8.283E-01	1.080E-06	6.437E-01
22	R021	15	APER19	LONG3	DENS1	2.341E-04	8.696E-01	8.026E-07	-2.686E-01
22	R021	16	APER19	LONG3	DENS1	2.341E-04	8.496E-01	8.630E-07	2.100E-01
11	R022	600	983	566	34 56	510	7662	516	21
22	R022	01	APER16	LONG3	DENS1	5.560E-04	8.694E-01	1.052E-05	1.000E-01
22	R022	02	APER16	LONG3	DENS1	5.560E-04	8.828E-01	4.944E-05	2.867E-01
22	R022	03	APER16	LONG3	DENS1	5.560E-04	8.529E-01	1.403E-05	2.391E-01
22	R022	04	APER16	LONG3	DENS1	5.560E-04	8.577E-01	2.417E-05	1.554E-01
22	R022	05	APER17	LONG3	DENS1	4.151E-04	8.611E-01	1.000E-05	-3.341E-01

22	R022	06	APER17	LONG3	DENS1	4.151E-04	8.875E-01	2.028E-05	1.193E-01	
22	R022	07	APER17	LONG3	DENS1	4.151E-04	8.757E-01	6.172E-06	-2.848E-01	
22	R022	08	APER17	LONG3	DENS1	4.151E-04	8.778E-01	3.032E-06	-6.842E-01	
22	R022	09	APER18	LONG3	DENS1	3.203E-04	8.779E-01	2.039E-06	-1.138E-01	
22	R022	10	APER18	LONG3	DENS1	3.203E-04	8.833E-01	5.336E-05	-5.252E-03	
22	R022	11	APER18	LONG3	DENS1	3.203E-04	8.588E-01	9.433E-07	-2.840E-01	
22	R022	12	APER18	LONG3	DENS1	3.203E-04	8.598E-01	1.689E-06	-6.074E-01	
22	R022	13	APER19	LONG3	DENS1	2.180E-04	8.280E-01	4.519E-07	-7.943E-01	
22	R022	14	APER19	LONG3	DENS1	2.180E-04	8.532E-01	1.110E-06	4.716E-01	
22	R022	15	APER19	LONG3	DENS1	2.180E-04	8.795E-01	9.116E-07	-3.439E-01	
22	R022	16	APER19	LONG3	DENS1	2.180E-04	8.665E-01	5.895E-07	-7.191E-01	
11	R023	567	906	528	39	57	471	7940	429	24
22	R023	01	APER16	LONG3	DENS1	5.142E-04	8.664E-01	9.038E-06	5.021E-01	
22	R023	02	APER16	LONG3	DENS1	5.142E-04	8.605E-01	2.172E-05	5.828E-01	
22	R023	03	APER16	LONG3	DENS1	5.142E-04	8.764E-01	3.610E-06	4.801E-01	
22	R023	04	APER16	LONG3	DENS1	5.142E-04	8.644E-01	2.904E-06	-7.719E-01	
22	R023	05	APER17	LONG3	DENS1	4.212E-04	8.657E-01	2.226E-06	9.021E-01	
22	R023	06	APER17	LONG3	DENS1	4.212E-04	8.928E-01	1.588E-05	1.900E-01	
22	R023	07	APER17	LONG3	DENS1	4.212E-04	8.709E-01	1.039E-05	4.237E-01	
22	R023	08	APER17	LONG3	DENS1	4.212E-04	8.859E-01	9.191E-06	1.464E-01	
22	R023	09	APER18	LONG3	DENS1	3.263E-04	8.804E-01	6.274E-07	-8.965E-01	
22	R023	10	APER18	LONG3	DENS1	3.263E-04	8.728E-01	1.708E-07	-9.605E-01	
22	R023	11	APER18	LONG3	DENS1	3.263E-04	8.979E-01	1.459E-05	3.446E-01	
22	R023	12	APER18	LONG3	DENS1	3.263E-04	8.815E-01	3.539E-07	-8.940E-01	
22	R023	13	APER19	LONG3	DENS1	2.289E-04	8.651E-01	8.873E-07	-9.429E-01	
22	R023	14	APER19	LONG3	DENS1	2.289E-04	8.679E-01	2.793E-06	7.971E-01	
22	R023	15	APER19	LONG3	DENS1	2.289E-04	8.836E-01	8.124E-07	-7.131E-01	
22	R023	16	APER19	LONG3	DENS1	2.289E-04	8.870E-01	3.814E-06	7.844E-01	
11	R024	631	1046	593	38	51	542	8368	523	21
22	R024	01	APER16	LONG3	DENS1	6.266E-04	8.829E-01	8.931E-06	5.913E-01	
22	R024	02	APER16	LONG3	DENS1	6.266E-04	8.966E-01	2.791E-05	-1.945E-02	
22	R024	03	APER16	LONG3	DENS1	6.266E-04	9.083E-01	1.272E-05	-6.212E-01	
22	R024	04	APER16	LONG3	DENS1	6.266E-04	8.964E-01	9.459E-05	9.599E-01	
22	R024	05	APER17	LONG3	DENS1	4.025E-04	8.909E-01	8.797E-06	4.931E-01	
22	R024	06	APER17	LONG3	DENS1	4.025E-04	8.787E-01	1.203E-05	8.611E-01	
22	R024	07	APER17	LONG3	DENS1	4.025E-04	8.998E-01	4.455E-06	5.806E-01	
22	R024	08	APER17	LONG3	DENS1	4.025E-04	9.015E-01	1.760E-05	-4.930E-01	
22	R024	09	APER18	LONG3	DENS1	3.370E-04	9.051E-01	7.358E-06	6.112E-01	
22	R024	10	APER18	LONG3	DENS1	3.370E-04	8.844E-01	4.100E-06	6.615E-01	
22	R024	11	APER18	LONG3	DENS1	3.370E-04	8.858E-01	1.083E-05	8.174E-01	
22	R024	12	APER18	LONG3	DENS1	3.370E-04	8.958E-01	2.058E-06	4.648E-02	
22	R024	13	APER19	LONG3	DENS1	2.162E-04	8.840E-01	8.391E-07	1.920E-01	
22	R024	14	APER19	LONG3	DENS1	2.162E-04	8.934E-01	9.831E-07	2.988E-01	
22	R024	15	APER19	LONG3	DENS1	2.162E-04	8.880E-01	1.199E-05	9.777E-01	
22	R024	16	APER19	LONG3	DENS1	2.162E-04	8.916E-01	4.032E-07	-7.506E-01	
55	MOYENNE DES RAPPORTS DES DÉBITS DE LA LIMITE 7 ET TOTAL									0.06112
11	R025	778	1304	736	42	67	669	12411	664	26
22	R025	01	APER04	LONG1	DENS2	2.007E-03	9.057E-01	8.417E-04	8.825E-01	
22	R025	02	APER04	LONG1	DENS2	2.007E-03	9.096E-01	9.472E-04	7.735E-01	
22	R025	03	APER04	LONG1	DENS2	2.007E-03	8.837E-01	5.488E-04	6.511E-01	
22	R025	04	APER04	LONG1	DENS2	2.007E-03	9.009E-01	1.354E-03	5.886E-01	
22	R025	05	APER05	LONG1	DENS2	1.517E-03	9.158E-01	2.385E-04	1.275E-01	
22	R025	06	APER05	LONG1	DENS2	1.517E-03	9.183E-01	7.728E-04	9.214E-01	
22	R025	07	APER05	LONG1	DENS2	1.517E-03	9.116E-01	3.525E-04	9.003E-01	
22	R025	08	APER05	LONG1	DENS2	1.517E-03	9.139E-01	2.980E-04	9.024E-01	
22	R025	09	APER06	LONG1	DENS2	1.259E-03	8.978E-01	1.631E-05	-7.250E-01	

22	R025	10	APER06	LONG1	DENS2	1.259E-03	9.232E-01	8.930E-04	9.569E-01	
22	R025	11	APER06	LONG1	DENS2	1.259E-03	9.056E-01	4.813E-05	8.639E-02	
22	R025	12	APER06	LONG1	DENS2	1.259E-03	9.225E-01	3.187E-04	6.914E-01	
22	R025	13	APER07	LONG1	DENS2	8.705E-04	8.936E-01	4.489E-05	8.532E-01	
22	R025	14	APER07	LONG1	DENS2	8.705E-04	9.100E-01	2.534E-05	7.920E-01	
22	R025	15	APER07	LONG1	DENS2	8.705E-04	9.122E-01	5.430E-05	8.188E-01	
22	R025	16	APER07	LONG1	DENS2	8.705E-04	8.839E-01	2.333E-05	5.458E-01	
11	R026	751	1261	712	39	62	650	11104	644	24
22	R026	01	APER04	LONG1	DENS2	2.050E-03	8.585E-01	3.167E-04	-1.283E-01	
22	R026	02	APER04	LONG1	DENS2	2.050E-03	8.510E-01	1.565E-03	-1.849E-02	
22	R026	03	APER04	LONG1	DENS2	2.050E-03	8.694E-01	2.579E-04	-2.599E-01	
22	R026	04	APER04	LONG1	DENS2	2.050E-03	8.852E-01	1.656E-03	4.612E-01	
22	R026	05	APER05	LONG1	DENS2	1.494E-03	8.653E-01	1.332E-04	-8.622E-03	
22	R026	06	APER05	LONG1	DENS2	1.494E-03	8.630E-01	2.249E-04	7.075E-01	
22	R026	07	APER05	LONG1	DENS2	1.494E-03	8.709E-01	2.136E-04	5.748E-01	
22	R026	08	APER05	LONG1	DENS2	1.494E-03	8.688E-01	3.766E-05	-8.351E-01	
22	R026	09	APER06	LONG1	DENS2	1.080E-03	8.779E-01	4.938E-05	3.705E-01	
22	R026	10	APER06	LONG1	DENS2	1.080E-03	8.664E-01	1.677E-05	-3.718E-01	
22	R026	11	APER06	LONG1	DENS2	1.080E-03	8.707E-01	1.043E-04	-3.727E-01	
22	R026	12	APER06	LONG1	DENS2	1.080E-03	8.756E-01	1.370E-04	1.268E-02	
22	R026	13	APER07	LONG1	DENS2	8.301E-04	8.629E-01	2.863E-05	2.135E-01	
22	R026	14	APER07	LONG1	DENS2	8.301E-04	8.690E-01	1.813E-05	-3.813E-01	
22	R026	15	APER07	LONG1	DENS2	8.301E-04	8.792E-01	6.272E-05	2.391E-01	
22	R026	16	APER07	LONG1	DENS2	8.301E-04	8.599E-01	1.324E-05	-4.022E-01	
11	R027	768	1268	730	38	77	653	10867	652	25
22	R027	01	APER04	LONG1	DENS2	2.395E-03	8.673E-01	2.114E-03	-1.480E-01	
22	R027	02	APER04	LONG1	DENS2	2.395E-03	8.719E-01	3.619E-04	-9.256E-02	
22	R027	03	APER04	LONG1	DENS2	2.395E-03	8.745E-01	3.147E-03	8.144E-01	
22	R027	04	APER04	LONG1	DENS2	2.395E-03	8.814E-01	1.171E-03	-1.269E-01	
22	R027	05	APER05	LONG1	DENS2	1.659E-03	8.865E-01	3.220E-04	-1.735E-01	
22	R027	06	APER05	LONG1	DENS2	1.659E-03	9.011E-01	4.649E-03	7.938E-02	
22	R027	07	APER05	LONG1	DENS2	1.659E-03	8.680E-01	4.646E-03	1.180E-01	
22	R027	08	APER05	LONG1	DENS2	1.659E-03	8.959E-01	1.983E-03	5.823E-01	
22	R027	09	APER06	LONG1	DENS2	1.247E-03	8.669E-01	1.501E-04	-1.847E-01	
22	R027	10	APER06	LONG1	DENS2	1.247E-03	8.835E-01	2.166E-04	5.269E-02	
22	R027	11	APER06	LONG1	DENS2	1.247E-03	8.900E-01	4.222E-04	9.326E-01	
22	R027	12	APER06	LONG1	DENS2	1.247E-03	8.768E-01	1.943E-04	4.090E-01	
22	R027	13	APER07	LONG1	DENS2	9.195E-04	8.591E-01	2.834E-05	-4.902E-01	
22	R027	14	APER07	LONG1	DENS2	9.195E-04	8.801E-01	7.605E-04	9.850E-01	
22	R027	15	APER07	LONG1	DENS2	9.195E-04	8.835E-01	7.610E-05	7.152E-02	
22	R027	16	APER07	LONG1	DENS2	9.195E-04	8.866E-01	1.462E-04	2.654E-01	
11	R028	778	1322	743	35	67	676	12262	681	24
22	R028	01	APER04	LONG1	DENS2	2.205E-03	9.033E-01	2.245E-03	7.617E-01	
22	R028	02	APER04	LONG1	DENS2	2.205E-03	8.870E-01	9.458E-04	4.477E-01	
22	R028	03	APER04	LONG1	DENS2	2.205E-03	8.762E-01	8.749E-04	9.104E-01	
22	R028	04	APER04	LONG1	DENS2	2.205E-03	8.937E-01	1.781E-03	3.730E-01	
22	R028	05	APER05	LONG1	DENS2	1.543E-03	8.859E-01	1.526E-04	4.668E-01	
22	R028	06	APER05	LONG1	DENS2	1.543E-03	8.787E-01	1.369E-03	8.907E-01	
22	R028	07	APER05	LONG1	DENS2	1.543E-03	8.942E-01	4.627E-03	1.257E-01	
22	R028	08	APER05	LONG1	DENS2	1.543E-03	8.810E-01	2.654E-04	8.754E-03	
22	R028	09	APER06	LONG1	DENS2	1.208E-03	8.947E-01	3.873E-04	5.613E-01	
22	R028	10	APER06	LONG1	DENS2	1.208E-03	8.966E-01	9.313E-04	1.234E-01	
22	R028	11	APER06	LONG1	DENS2	1.208E-03	8.876E-01	7.521E-05	3.969E-01	
22	R028	12	APER06	LONG1	DENS2	1.208E-03	8.773E-01	5.283E-04	8.775E-01	
22	R028	13	APER07	LONG1	DENS2	8.468E-04	8.870E-01	1.315E-04	9.135E-01	
22	R028	14	APER07	LONG1	DENS2	8.468E-04	8.919E-01	1.807E-04	9.243E-01	

22	R028	15	APER07	LONG1	DENS2	8.468E-04	8.642E-01	2.280E-05	8.177E-01	
22	R028	16	APER07	LONG1	DENS2	8.468E-04	8.864E-01	3.731E-05	5.116E-01	
11	R029	778	1322	743	35	67	676	12262	681	24
22	R029	01	APER16	LONG1	DENS2	6.642E-04	9.036E-01	6.134E-05	7.617E-01	
22	R029	02	APER16	LONG1	DENS2	6.642E-04	8.871E-01	2.584E-05	4.477E-01	
22	R029	03	APER16	LONG1	DENS2	6.642E-04	8.761E-01	2.391E-05	9.104E-01	
22	R029	04	APER16	LONG1	DENS2	6.642E-04	8.936E-01	4.867E-05	3.730E-01	
22	R029	05	APER17	LONG1	DENS2	4.647E-04	8.861E-01	4.169E-06	4.668E-01	
22	R029	06	APER17	LONG1	DENS2	4.647E-04	8.788E-01	3.741E-05	8.907E-01	
22	R029	07	APER17	LONG1	DENS2	4.647E-04	8.941E-01	1.264E-04	1.257E-01	
22	R029	08	APER17	LONG1	DENS2	4.647E-04	8.812E-01	7.252E-06	8.754E-03	
22	R029	09	APER18	LONG1	DENS2	3.637E-04	8.945E-01	1.058E-05	5.613E-01	
22	R029	10	APER18	LONG1	DENS2	3.637E-04	8.969E-01	2.545E-05	1.234E-01	
22	R029	11	APER18	LONG1	DENS2	3.637E-04	8.875E-01	2.055E-06	3.969E-01	
22	R029	12	APER18	LONG1	DENS2	3.637E-04	8.777E-01	1.444E-05	8.775E-01	
22	R029	13	APER19	LONG1	DENS2	2.552E-04	8.869E-01	3.594E-06	9.135E-01	
22	R029	14	APER19	LONG1	DENS2	2.552E-04	8.919E-01	4.938E-06	9.243E-01	
22	R029	15	APER19	LONG1	DENS2	2.552E-04	8.641E-01	6.230E-07	1.102E-01	
22	R029	16	APER19	LONG1	DENS2	2.552E-04	8.866E-01	1.020E-06	5.116E-01	
11	R030	777	1310	735	42	63	672	11058	651	23
22	R030	01	APER16	LONG1	DENS2	6.351E-04	9.025E-01	1.090E-05	4.780E-01	
22	R030	02	APER16	LONG1	DENS2	6.351E-04	8.953E-01	2.312E-05	5.954E-01	
22	R030	03	APER16	LONG1	DENS2	6.351E-04	8.986E-01	5.007E-05	3.518E-02	
22	R030	04	APER16	LONG1	DENS2	6.351E-04	8.732E-01	1.619E-05	4.654E-01	
22	R030	05	APER17	LONG1	DENS2	5.105E-04	8.730E-01	1.421E-05	7.556E-01	
22	R030	06	APER17	LONG1	DENS2	5.105E-04	8.972E-01	7.093E-06	7.617E-01	
22	R030	07	APER17	LONG1	DENS2	5.105E-04	8.905E-01	1.002E-05	-6.438E-01	
22	R030	08	APER17	LONG1	DENS2	5.105E-04	8.843E-01	1.684E-05	3.636E-01	
22	R030	09	APER18	LONG1	DENS2	3.739E-04	8.951E-01	1.193E-06	3.385E-01	
22	R030	10	APER18	LONG1	DENS2	3.739E-04	8.931E-01	6.523E-06	4.387E-01	
22	R030	11	APER18	LONG1	DENS2	3.739E-04	8.940E-01	4.911E-06	4.763E-01	
22	R030	12	APER18	LONG1	DENS2	3.739E-04	9.037E-01	2.077E-06	-5.193E-01	
22	R030	13	APER19	LONG1	DENS2	3.075E-04	8.997E-01	1.860E-05	5.443E-02	
22	R030	14	APER19	LONG1	DENS2	3.075E-04	9.043E-01	1.789E-05	1.038E-01	
22	R030	15	APER19	LONG1	DENS2	3.075E-04	9.033E-01	9.121E-06	6.149E-02	
22	R030	16	APER19	LONG1	DENS2	3.075E-04	8.617E-01	7.115E-07	8.071E-02	
11	R031	718	1186	680	38	70	610	10212	616	24
22	R031	01	APER16	LONG1	DENS2	7.309E-04	8.572E-01	8.097E-06	5.430E-01	
22	R031	02	APER16	LONG1	DENS2	7.309E-04	8.729E-01	7.568E-05	8.243E-01	
22	R031	03	APER16	LONG1	DENS2	7.309E-04	8.898E-01	9.342E-04	4.106E-02	
22	R031	04	APER16	LONG1	DENS2	7.309E-04	8.964E-01	7.145E-04	-8.902E-03	
22	R031	05	APER17	LONG1	DENS2	4.600E-04	8.794E-01	4.792E-06	2.058E-01	
22	R031	06	APER17	LONG1	DENS2	4.600E-04	8.739E-01	3.063E-06	-2.220E-01	
22	R031	07	APER17	LONG1	DENS2	4.600E-04	8.749E-01	3.162E-06	3.901E-01	
22	R031	08	APER17	LONG1	DENS2	4.600E-04	8.709E-01	8.031E-06	1.802E-01	
22	R031	09	APER18	LONG1	DENS2	3.661E-04	8.661E-01	1.595E-05	9.421E-01	
22	R031	10	APER18	LONG1	DENS2	3.661E-04	8.613E-01	1.379E-06	1.680E-01	
22	R031	11	APER18	LONG1	DENS2	3.661E-04	8.786E-01	2.686E-06	-5.439E-02	
22	R031	12	APER18	LONG1	DENS2	3.661E-04	8.872E-01	6.479E-05	7.714E-01	
22	R031	13	APER19	LONG1	DENS2	2.631E-04	8.676E-01	7.523E-07	5.908E-01	
22	R031	14	APER19	LONG1	DENS2	2.631E-04	8.817E-01	4.610E-05	9.855E-01	
22	R031	15	APER19	LONG1	DENS2	2.631E-04	8.685E-01	2.525E-07	1.174E-01	
22	R031	16	APER19	LONG1	DENS2	2.631E-04	8.686E-01	8.268E-07	7.865E-01	
11	R032	762	1273	719	43	64	655	11038	641	23
22	R032	01	APER16	LONG1	DENS2	6.819E-04	9.200E-01	7.043E-06	5.555E-01	
22	R032	02	APER16	LONG1	DENS2	6.819E-04	9.206E-01	5.990E-06	-4.297E-01	

22	R032	03	APER16	LONG1	DENS2	6.819E-04	9.241E-01	3.169E-05	-3.574E-01
22	R032	04	APER16	LONG1	DENS2	6.819E-04	8.964E-01	3.398E-05	8.480E-01
22	R032	05	APER17	LONG1	DENS2	4.821E-04	9.120E-01	8.663E-06	-8.587E-02
22	R032	06	APER17	LONG1	DENS2	4.821E-04	9.155E-01	5.820E-06	-4.803E-01
22	R032	07	APER17	LONG1	DENS2	4.821E-04	9.112E-01	2.550E-05	1.605E-01
22	R032	08	APER17	LONG1	DENS2	4.821E-04	9.066E-01	6.918E-06	-2.567E-01
22	R032	09	APER18	LONG1	DENS2	3.791E-04	9.161E-01	3.481E-06	-6.127E-01
22	R032	10	APER18	LONG1	DENS2	3.791E-04	9.080E-01	4.540E-06	4.996E-01
22	R032	11	APER18	LONG1	DENS2	3.791E-04	9.130E-01	1.496E-06	-5.253E-01
22	R032	12	APER18	LONG1	DENS2	3.791E-04	8.919E-01	2.900E-06	8.100E-01
22	R032	13	APER19	LONG1	DENS2	2.738E-04	8.953E-01	1.177E-06	-1.368E-02
22	R032	14	APER19	LONG1	DENS2	2.738E-04	9.152E-01	1.728E-06	9.712E-02
22	R032	15	APER19	LONG1	DENS2	2.738E-04	9.251E-01	4.577E-07	-7.292E-01
22	R032	16	APER19	LONG1	DENS2	2.738E-04	8.963E-01	1.618E-06	2.078E-01
55	MOYENNE DES RAPPORTS DES DÉBITS DE LA LIMITE 7 ET TOTAL								0.31227
11	R033	523	869	495	28 50	445	9755	450	21
22	R033	01	APER04	LONG1	DENS3	1.740E-03	8.934E-01	4.212E-04	-3.697E-01
22	R033	02	APER04	LONG1	DENS3	1.740E-03	8.897E-01	1.766E-03	8.760E-01
22	R033	03	APER04	LONG1	DENS3	1.740E-03	8.968E-01	3.803E-04	5.552E-01
22	R033	04	APER04	LONG1	DENS3	1.740E-03	8.752E-01	2.151E-03	3.502E-01
22	R033	05	APER05	LONG1	DENS3	1.186E-03	8.946E-01	4.558E-04	6.600E-01
22	R033	06	APER05	LONG1	DENS3	1.186E-03	8.731E-01	3.468E-04	4.672E-01
22	R033	07	APER05	LONG1	DENS3	1.186E-03	8.715E-01	3.391E-04	-2.449E-01
22	R033	08	APER05	LONG1	DENS3	1.186E-03	8.775E-01	9.906E-05	-4.646E-01
22	R033	09	APER06	LONG1	DENS3	1.017E-03	8.925E-01	8.693E-05	2.519E-01
22	R033	10	APER06	LONG1	DENS3	1.017E-03	8.910E-01	8.867E-05	-4.774E-02
22	R033	11	APER06	LONG1	DENS3	1.017E-03	9.036E-01	4.890E-04	4.883E-01
22	R033	12	APER06	LONG1	DENS3	1.017E-03	8.852E-01	9.481E-04	7.385E-02
22	R033	13	APER07	LONG1	DENS3	6.522E-04	8.867E-01	7.877E-05	5.166E-01
22	R033	14	APER07	LONG1	DENS3	6.522E-04	8.812E-01	4.762E-05	1.716E-01
22	R033	15	APER07	LONG1	DENS3	6.522E-04	8.857E-01	1.454E-05	2.328E-02
22	R033	16	APER07	LONG1	DENS3	6.522E-04	8.798E-01	1.859E-05	1.530E-01
11	R034	500	810	468	32 49	419	5760	410	21
22	R034	01	APER04	LONG1	DENS3	1.503E-03	8.514E-01	2.651E-03	9.383E-01
22	R034	02	APER04	LONG1	DENS3	1.503E-03	8.470E-01	5.199E-04	1.529E-03
22	R034	03	APER04	LONG1	DENS3	1.503E-03	8.586E-01	8.310E-04	5.459E-01
22	R034	04	APER04	LONG1	DENS3	1.503E-03	8.582E-01	3.529E-04	4.220E-01
22	R034	05	APER05	LONG1	DENS3	1.111E-03	8.492E-01	7.906E-04	9.570E-01
22	R034	06	APER05	LONG1	DENS3	1.111E-03	8.512E-01	2.025E-04	-2.362E-01
22	R034	07	APER05	LONG1	DENS3	1.111E-03	8.516E-01	6.003E-04	6.935E-01
22	R034	08	APER05	LONG1	DENS3	1.111E-03	8.406E-01	1.150E-04	7.116E-02
22	R034	09	APER06	LONG1	DENS3	8.812E-04	8.360E-01	1.633E-04	7.800E-01
22	R034	10	APER06	LONG1	DENS3	8.812E-04	8.827E-01	7.142E-04	6.983E-01
22	R034	11	APER06	LONG1	DENS3	8.812E-04	8.539E-01	1.132E-04	4.643E-01
22	R034	12	APER06	LONG1	DENS3	8.812E-04	8.566E-01	6.208E-05	2.274E-01
22	R034	13	APER07	LONG1	DENS3	6.627E-04	8.510E-01	3.825E-04	9.104E-01
22	R034	14	APER07	LONG1	DENS3	6.627E-04	8.431E-01	4.633E-05	-2.097E-01
22	R034	15	APER07	LONG1	DENS3	6.627E-04	8.473E-01	1.700E-05	2.749E-01
22	R034	16	APER07	LONG1	DENS3	6.627E-04	8.626E-01	6.921E-05	4.842E-01
11	R035	518	837	484	34 50	434	7040	436	23
22	R035	01	APER04	LONG1	DENS3	1.659E-03	8.372E-01	1.478E-03	3.187E-02
22	R035	02	APER04	LONG1	DENS3	1.659E-03	8.287E-01	2.517E-04	-5.590E-01
22	R035	03	APER04	LONG1	DENS3	1.659E-03	8.254E-01	3.922E-04	4.139E-01
22	R035	04	APER04	LONG1	DENS3	1.659E-03	8.699E-01	1.401E-03	3.982E-03
22	R035	05	APER05	LONG1	DENS3	1.198E-03	8.591E-01	8.131E-04	3.791E-02
22	R035	06	APER05	LONG1	DENS3	1.198E-03	8.364E-01	1.468E-04	-6.088E-02

22	R035	07	APER05	LONG1	DENS3	1.198E-03	8.722E-01	2.942E-03	4.648E-03
22	R035	08	APER05	LONG1	DENS3	1.199E-03	8.718E-01	4.011E-04	3.254E-01
22	R035	09	APER06	LONG1	DENS3	9.222E-04	8.473E-01	6.852E-05	-5.858E-01
22	R035	10	APER06	LONG1	DENS3	9.222E-04	8.381E-01	2.378E-05	-4.399E-01
22	R035	11	APER06	LONG1	DENS3	9.222E-04	8.618E-01	4.778E-05	-4.059E-01
22	R035	12	APER06	LONG1	DENS3	9.222E-04	8.961E-01	3.983E-04	8.121E-02
22	R035	13	APER07	LONG1	DENS3	6.126E-04	8.565E-01	2.327E-05	-1.319E-01
22	R035	14	APER07	LONG1	DENS3	6.126E-04	8.676E-01	1.479E-04	-6.240E-03
22	R035	15	APER07	LONG1	DENS3	6.126E-04	8.402E-01	3.053E-05	2.781E-01
22	R035	16	APER07	LONG1	DENS3	6.126E-04	8.801E-01	2.511E-05	5.653E-01
11	R036	507	850	482	25 43	439	7173	437	23
22	R036	01	APER04	LONG1	DENS3	1.512E-03	8.421E-01	1.197E-03	8.876E-01
22	R036	02	APER04	LONG1	DENS3	1.512E-03	8.691E-01	4.898E-04	1.585E-01
22	R036	03	APER04	LONG1	DENS3	1.512E-03	8.822E-01	1.600E-04	-5.620E-01
22	R036	04	APER04	LONG1	DENS3	1.512E-03	8.905E-01	4.104E-03	1.074E-03
22	R036	05	APER05	LONG1	DENS3	1.185E-03	8.656E-01	6.299E-03	9.607E-01
22	R036	06	APER05	LONG1	DENS3	1.185E-03	8.619E-01	5.517E-05	1.521E-01
22	R036	07	APER05	LONG1	DENS3	1.185E-03	9.001E-01	1.837E-03	7.048E-01
22	R036	08	APER05	LONG1	DENS3	1.185E-03	8.724E-01	5.876E-04	1.463E-01
22	R036	09	APER06	LONG1	DENS3	8.744E-04	8.727E-01	7.500E-05	-4.924E-01
22	R036	10	APER06	LONG1	DENS3	8.744E-04	8.765E-01	2.709E-05	-5.696E-01
22	R036	11	APER06	LONG1	DENS3	8.744E-04	8.817E-01	3.845E-05	1.650E-01
22	R036	12	APER06	LONG1	DENS3	8.744E-04	8.843E-01	3.142E-05	-7.511E-01
22	R036	13	APER07	LONG1	DENS3	6.381E-04	8.713E-01	2.039E-05	2.509E-01
22	R036	14	APER07	LONG1	DENS3	6.381E-04	8.803E-01	3.333E-05	-1.799E-01
22	R036	15	APER07	LONG1	DENS3	6.381E-04	8.583E-01	1.677E-05	3.291E-02
22	R036	16	APER07	LONG1	DENS3	6.381E-04	8.769E-01	2.518E-06	-9.937E-01
11	R037	507	850	482	25 43	439	7173	437	23
22	R037	01	APER16	LONG1	DENS3	4.555E-04	8.418E-01	3.270E-05	8.876E-01
22	R037	02	APER16	LONG1	DENS3	4.555E-04	8.690E-01	1.338E-05	1.585E-01
22	R037	03	APER16	LONG1	DENS3	4.555E-04	8.824E-01	4.371E-06	-5.620E-01
22	R037	04	APER16	LONG1	DENS3	4.555E-04	8.903E-01	1.121E-04	1.074E-03
22	R037	05	APER17	LONG1	DENS3	3.570E-04	8.651E-01	1.721E-04	9.607E-01
22	R037	06	APER17	LONG1	DENS3	3.570E-04	8.617E-01	1.508E-06	1.521E-01
22	R037	07	APER17	LONG1	DENS3	3.570E-04	9.002E-01	5.019E-05	7.048E-01
22	R037	08	APER17	LONG1	DENS3	3.570E-04	8.719E-01	1.606E-05	1.463E-01
22	R037	09	APER18	LONG1	DENS3	2.636E-04	8.730E-01	2.049E-06	-4.924E-01
22	R037	10	APER18	LONG1	DENS3	2.636E-04	8.770E-01	7.402E-07	-5.696E-01
22	R037	11	APER18	LONG1	DENS3	2.636E-04	8.819E-01	1.051E-06	1.650E-01
22	R037	12	APER18	LONG1	DENS3	2.636E-04	8.840E-01	8.586E-07	-7.511E-01
22	R037	13	APER19	LONG1	DENS3	1.921E-04	8.711E-01	5.572E-07	2.509E-01
22	R037	14	APER19	LONG1	DENS3	1.921E-04	8.802E-01	9.106E-07	-1.799E-01
22	R037	15	APER19	LONG1	DENS3	1.921E-04	8.582E-01	4.582E-07	3.291E-02
22	R037	16	APER19	LONG1	DENS3	1.921E-04	8.770E-01	6.880E-08	-9.937E-01
11	R038	518	837	484	34 50	434	7040	436	23
22	R038	01	APER16	LONG1	DENS3	4.997E-04	8.371E-01	4.039E-05	3.187E-02
22	R038	02	APER16	LONG1	DENS3	4.997E-04	8.286E-01	6.878E-06	-5.590E-01
22	R038	03	APER16	LONG1	DENS3	4.997E-04	8.255E-01	1.072E-05	4.139E-01
22	R038	04	APER16	LONG1	DENS3	4.997E-04	8.699E-01	3.827E-05	3.982E-03
22	R038	05	APER17	LONG1	DENS3	3.606E-04	8.592E-01	2.222E-05	3.791E-02
22	R038	06	APER17	LONG1	DENS3	3.606E-04	8.365E-01	4.012E-06	-6.088E-02
22	R038	07	APER17	LONG1	DENS3	3.606E-04	8.718E-01	8.038E-05	4.648E-03
22	R038	08	APER17	LONG1	DENS3	3.606E-04	8.717E-01	1.096E-05	3.254E-01
22	R038	09	APER18	LONG1	DENS3	2.776E-04	8.470E-01	1.872E-06	-5.858E-01
22	R038	10	APER18	LONG1	DENS3	2.776E-04	8.392E-01	6.498E-07	-4.399E-01
22	R038	11	APER18	LONG1	DENS3	2.776E-04	8.615E-01	1.306E-06	-4.059E-01

22	R038	12	APER18	LONG1	DENS3	2.776E-04	8.961E-01	1.088E-05	8.121E-02	
22	R038	13	APER19	LONG1	DENS3	1.846E-04	8.562E-01	6.357E-07	-1.319E-01	
22	R038	14	APER19	LONG1	DENS3	1.846E-04	8.677E-01	4.040E-06	-6.240E-03	
22	R038	15	APER19	LONG1	DENS3	1.846E-04	8.399E-01	8.343E-07	2.781E-01	
22	R038	16	APER19	LONG1	DENS3	1.846E-04	8.805E-01	6.861E-07	5.653E-01	
11	R039	479	755	445	34	56	389	4906	391	18
22	R039	01	APER16	LONG1	DENS3	5.155E-04	8.496E-01	1.421E-04	9.686E-01	
22	R039	02	APER16	LONG1	DENS3	5.155E-04	8.857E-01	1.819E-03	-4.355E-03	
22	R039	03	APER16	LONG1	DENS3	5.155E-04	8.387E-01	4.960E-05	8.812E-01	
22	R039	04	APER16	LONG1	DENS3	5.155E-04	8.128E-01	8.075E-06	-7.739E-02	
22	R039	05	APER17	LONG1	DENS3	3.734E-04	8.330E-01	3.975E-06	-3.074E-02	
22	R039	06	APER17	LONG1	DENS3	3.734E-04	8.514E-01	5.791E-06	-2.360E-01	
22	R039	07	APER17	LONG1	DENS3	3.734E-04	8.427E-01	5.742E-06	-5.243E-01	
22	R039	08	APER17	LONG1	DENS3	3.734E-04	8.586E-01	6.377E-06	8.334E-01	
22	R039	09	APER18	LONG1	DENS3	2.556E-04	8.129E-01	1.099E-05	6.883E-01	
22	R039	10	APER18	LONG1	DENS3	2.556E-04	8.432E-01	3.800E-06	7.579E-01	
22	R039	11	APER18	LONG1	DENS3	2.556E-04	8.609E-01	2.751E-04	9.953E-01	
22	R039	12	APER18	LONG1	DENS3	2.556E-04	8.486E-01	1.823E-06	2.940E-02	
22	R039	13	APER19	LONG1	DENS3	2.144E-04	8.194E-01	1.003E-06	7.695E-01	
22	R039	14	APER19	LONG1	DENS3	2.144E-04	8.560E-01	1.705E-06	7.968E-01	
22	R039	15	APER19	LONG1	DENS3	2.144E-04	8.274E-01	4.525E-07	3.895E-01	
22	R039	16	APER19	LONG1	DENS3	2.144E-04	8.527E-01	1.501E-06	4.639E-01	
11	R040	459	739	433	26	50	383	5526	375	20
22	R040	01	APER16	LONG1	DENS3	4.821E-04	8.256E-01	8.400E-06	6.431E-01	
22	R040	02	APER16	LONG1	DENS3	4.821E-04	8.468E-01	3.454E-05	7.356E-01	
22	R040	03	APER16	LONG1	DENS3	4.821E-04	8.473E-01	7.606E-06	-6.086E-01	
22	R040	04	APER16	LONG1	DENS3	4.821E-04	8.414E-01	6.719E-05	9.404E-01	
22	R040	05	APER17	LONG1	DENS3	3.643E-04	8.377E-01	1.096E-06	-6.062E-01	
22	R040	06	APER17	LONG1	DENS3	3.643E-04	8.607E-01	1.653E-05	4.093E-01	
22	R040	07	APER17	LONG1	DENS3	3.643E-04	8.748E-01	5.587E-06	3.786E-01	
22	R040	08	APER17	LONG1	DENS3	3.643E-04	8.819E-01	2.500E-05	5.622E-01	
22	R040	09	APER18	LONG1	DENS3	2.761E-04	8.401E-01	2.329E-06	4.887E-01	
22	R040	10	APER18	LONG1	DENS3	2.761E-04	8.636E-01	1.527E-05	9.467E-01	
22	R040	11	APER18	LONG1	DENS3	2.761E-04	8.465E-01	3.544E-06	6.762E-02	
22	R040	12	APER18	LONG1	DENS3	2.761E-04	8.693E-01	2.731E-06	2.027E-01	
22	R040	13	APER19	LONG1	DENS3	2.120E-04	8.652E-01	9.950E-07	5.053E-01	
22	R040	14	APER19	LONG1	DENS3	2.120E-04	8.440E-01	1.983E-06	-1.404E-01	
22	R040	15	APER19	LONG1	DENS3	2.120E-04	8.892E-01	3.714E-06	-2.534E-01	
22	R040	16	APER19	LONG1	DENS3	2.120E-04	8.587E-01	8.514E-07	5.342E-01	
55	MOYENNE DES RAPPORTS DES DEBITS DE LA LIMITE 7 ET TOTAL									0.16342
11	R041	625	1029	589	36	59	530	8467	517	22
33	R041	01	-9.24	LONG1	DENS1	2.628E-05	2.918E-01			
33	R041	02	-9.24	LONG1	DENS1	1.416E-05	-1.054E-01			
33	R041	03	-9.24	LONG1	DENS1	2.192E-05	1.236E-02			
33	R041	04	-9.24	LONG1	DENS1	3.342E-05	3.182E-01			
33	R041	05	-9.24	LONG1	DENS1	1.349E-05	6.419E-01			
33	R041	06	-9.24	LONG1	DENS1	2.072E-05	8.174E-01			
33	R041	07	-9.24	LONG1	DENS1	2.655E-05	6.764E-01			
33	R041	08	-9.24	LONG1	DENS1	2.536E-05	8.564E-01			
33	R041	09	-9.24	LONG1	DENS1	2.830E-05	7.951E-01			
33	R041	10	-9.24	LONG1	DENS1	1.834E-05	6.616E-01			
33	R041	11	-9.24	LONG1	DENS1	8.265E-06	1.533E-01			
33	R041	12	-9.24	LONG1	DENS1	1.376E-05	5.333E-01			
33	R041	13	-9.24	LONG1	DENS1	2.885E-06	8.950E-02			
33	R041	14	-9.24	LONG1	DENS1	1.845E-05	7.195E-01			
33	R041	15	-9.24	LONG1	DENS1	1.262E-05	4.659E-01			

33	R041	16	-9.24	LONG1	DENS1	2.441E-05	4.493E-01				
11	R042	607	995	564	43	53	511	7799	492	21	
33	R042	01	-9.24	LONG1	DENS1	6.859E-06	-2.393E-01				
33	R042	02	-9.24	LONG1	DENS1	3.544E-05	5.157E-01				
33	R042	03	-9.24	LONG1	DENS1	3.946E-06	-5.369E-01				
33	R042	04	-9.24	LONG1	DENS1	4.428E-05	6.073E-01				
33	R042	05	-9.24	LONG1	DENS1	5.967E-06	-1.661E-01				
33	R042	06	-9.24	LONG1	DENS1	1.665E-05	2.442E-01				
33	R042	07	-9.24	LONG1	DENS1	6.117E-05	8.659E-01				
33	R042	08	-9.24	LONG1	DENS1	1.085E-04	-6.521E-02				
33	R042	09	-9.24	LONG1	DENS1	1.485E-05	2.550E-01				
33	R042	10	-9.24	LONG1	DENS1	2.846E-05	6.065E-02				
33	R042	11	-9.24	LONG1	DENS1	7.247E-06	5.481E-01				
33	R042	12	-9.24	LONG1	DENS1	2.599E-05	6.275E-01				
33	R042	13	-9.24	LONG1	DENS1	4.471E-06	3.598E-01				
33	R042	14	-9.24	LONG1	DENS1	1.964E-05	2.732E-02				
33	R042	15	-9.24	LONG1	DENS1	4.807E-05	7.921E-01				
33	R042	16	-9.24	LONG1	DENS1	2.447E-05	3.785E-01				
11	R043	634	1045	594	40	57	537	9083	523	23	
33	R043	01	-9.24	LONG1	DENS1	5.482E-06	-6.544E-01				
33	R043	02	-9.24	LONG1	DENS1	1.097E-05	-8.037E-01				
33	R043	03	-9.24	LONG1	DENS1	2.253E-05	3.700E-01				
33	R043	04	-9.24	LONG1	DENS1	9.414E-06	9.091E-02				
33	R043	05	-9.24	LONG1	DENS1	9.143E-06	1.957E-01				
33	R043	06	-9.24	LONG1	DENS1	6.611E-06	1.421E-01				
33	R043	07	-9.24	LONG1	DENS1	2.209E-05	4.370E-01				
33	R043	08	-9.24	LONG1	DENS1	8.697E-06	-2.352E-01				
33	R043	09	-9.24	LONG1	DENS1	7.633E-06	-3.993E-01				
33	R043	10	-9.24	LONG1	DENS1	1.542E-05	6.098E-03				
33	R043	11	-9.24	LONG1	DENS1	8.350E-06	-2.299E-01				
33	R043	12	-9.24	LONG1	DENS1	2.594E-04	9.562E-01				
33	R043	13	-9.24	LONG1	DENS1	6.157E-06	-1.394E-01				
33	R043	14	-9.24	LONG1	DENS1	6.259E-06	2.912E-01				
33	R043	15	-9.24	LONG1	DENS1	2.103E-05	-1.094E-01				
33	R043	16	-9.24	LONG1	DENS1	5.169E-05	-4.355E-02				
11	R044	613	1007	576	37	54	522	8410	529	23	
33	R044	01	-9.24	LONG1	DENS1	9.253E-06	-5.947E-01				
33	R044	02	-9.24	LONG1	DENS1	5.610E-07	-9.093E-01				
33	R044	03	-9.24	LONG1	DENS1	9.461E-06	-6.371E-01				
33	R044	04	-9.24	LONG1	DENS1	1.101E-05	-3.327E-01				
33	R044	05	-9.24	LONG1	DENS1	3.158E-05	7.690E-01				
33	R044	06	-9.24	LONG1	DENS1	5.583E-06	-2.467E-01				
33	R044	07	-9.24	LONG1	DENS1	4.479E-06	-3.550E-01				
33	R044	08	-9.24	LONG1	DENS1	6.821E-06	-3.011E-01				
33	R044	09	-9.24	LONG1	DENS1	1.310E-05	2.747E-01				
33	R044	10	-9.24	LONG1	DENS1	1.111E-05	-2.618E-01				
33	R044	11	-9.24	LONG1	DENS1	1.306E-05	4.417E-01				
33	R044	12	-9.24	LONG1	DENS1	5.377E-06	-4.214E-01				
33	R044	13	-9.24	LONG1	DENS1	3.022E-06	-8.468E-01				
33	R044	14	-9.24	LONG1	DENS1	1.873E-05	-6.177E-01				
33	R044	15	-9.24	LONG1	DENS1	4.480E-06	-6.614E-01				
33	R044	16	-9.24	LONG1	DENS1	1.139E-05	4.358E-01				
11	R045	603	989	563	40	48	515	8570	517	22	
33	R045	01	-9.24	LONG1	DENS1	5.289E-06	-5.206E-01				
33	R045	02	-9.24	LONG1	DENS1	7.388E-06	-5.232E-01				
33	R045	03	-9.24	LONG1	DENS1	8.803E-06	3.184E-01				

33	R045	04	-9.24	LONG1	DENS1	1.246E-05	-3.709E-01			
33	R045	05	-9.24	LONG1	DENS1	1.690E-05	-3.236E-01			
33	R045	06	-9.24	LONG1	DENS1	5.135E-06	-4.139E-01			
33	R045	07	-9.24	LONG1	DENS1	7.422E-06	-3.719E-01			
33	R045	08	-9.24	LONG1	DENS1	1.024E-05	-3.081E-01			
33	R045	09	-9.24	LONG1	DENS1	6.706E-06	-3.707E-01			
33	R045	10	-9.24	LONG1	DENS1	1.996E-05	7.639E-01			
33	R045	11	-9.24	LONG1	DENS1	5.912E-06	-3.981E-02			
33	R045	12	-9.24	LONG1	DENS1	9.667E-06	-2.979E-01			
33	R045	13	-9.24	LONG1	DENS1	5.846E-06	-7.037E-01			
33	R045	14	-9.24	LONG1	DENS1	3.851E-06	-4.824E-01			
33	R045	15	-9.24	LONG1	DENS1	4.959E-06	-8.834E-01			
33	R045	16	-9.24	LONG1	DENS1	3.631E-06	-2.898E-01			
11	R046	601	992	566	35	46	520	9147	497	24
33	R046	01	-9.24	LONG1	DENS1	1.755E-05	4.390E-01			
33	R046	02	-9.24	LONG1	DENS1	1.169E-05	-4.889E-01			
33	R046	03	-9.24	LONG1	DENS1	9.798E-06	4.772E-01			
33	R046	04	-9.24	LONG1	DENS1	1.251E-05	-6.207E-01			
33	R046	05	-9.24	LONG1	DENS1	1.649E-05	6.173E-02			
33	R046	06	-9.24	LONG1	DENS1	1.037E-04	1.278E-01			
33	R046	07	-9.24	LONG1	DENS1	4.393E-05	6.123E-01			
33	R046	08	-9.24	LONG1	DENS1	1.309E-05	3.782E-01			
33	R046	09	-9.24	LONG1	DENS1	2.920E-05	6.675E-01			
33	R046	10	-9.24	LONG1	DENS1	8.667E-05	7.588E-01			
33	R046	11	-9.24	LONG1	DENS1	4.517E-06	-7.966E-01			
33	R046	12	-9.24	LONG1	DENS1	1.064E-05	5.382E-01			
33	R046	13	-9.24	LONG1	DENS1	1.750E-05	5.859E-01			
33	R046	14	-9.24	LONG1	DENS1	5.879E-06	-5.818E-01			
33	R046	15	-9.24	LONG1	DENS1	1.544E-05	-5.206E-01			
33	R046	16	-9.24	LONG1	DENS1	9.216E-06	-2.894E-01			

44 NETWORK-NETFLO / CANAL D'AMENÉE (ZONE 1: AMONT DU PM=1100)

44 SIMULATIONS DANS LE PLAN HORIZONTAL (R047 A R058)

11	R047	822	1440	821	01	105	716	15093	707	31
22	R047	01	APER08	LONG1	DENS1	1.716E-03	9.384E-01	6.506E-04	5.086E-01	
22	R047	02	APER08	LONG1	DENS1	1.716E-03	9.286E-01	4.901E-04	-4.342E-01	
22	R047	03	APER08	LONG1	DENS1	1.716E-03	9.353E-01	4.947E-04	-7.049E-01	
22	R047	04	APER08	LONG1	DENS1	1.716E-03	9.342E-01	6.045E-04	-6.883E-01	
22	R047	05	APER09	LONG1	DENS1	1.315E-03	9.408E-01	1.366E-04	-6.790E-01	
22	R047	06	APER09	LONG1	DENS1	1.315E-03	9.482E-01	2.457E-04	-7.960E-01	
22	R047	07	APER09	LONG1	DENS1	1.315E-03	9.341E-01	4.859E-04	-9.296E-01	
22	R047	08	APER09	LONG1	DENS1	1.315E-03	9.303E-01	2.938E-04	1.285E-01	
22	R047	09	APER10	LONG1	DENS1	1.013E-03	9.212E-01	3.360E-04	-8.329E-02	
22	R047	10	APER10	LONG1	DENS1	1.013E-03	9.452E-01	4.637E-04	1.032E-01	
22	R047	11	APER10	LONG1	DENS1	1.013E-03	9.292E-01	9.339E-05	3.854E-01	
22	R047	12	APER10	LONG1	DENS1	1.013E-03	9.479E-01	8.002E-05	-4.094E-01	
22	R047	13	APER11	LONG1	DENS1	6.911E-04	9.501E-01	5.110E-05	-2.053E-02	
22	R047	14	APER11	LONG1	DENS1	6.911E-04	9.315E-01	2.040E-05	-3.568E-01	
22	R047	15	APER11	LONG1	DENS1	6.911E-04	9.327E-01	8.871E-05	-2.653E-02	
22	R047	16	APER11	LONG1	DENS1	6.911E-04	9.346E-01	2.530E-05	-5.183E-01	
11	R048	853	1503	851	02	104	747	17324	751	35
22	R048	01	APER08	LONG1	DENS1	1.862E-03	9.334E-01	4.015E-03	6.491E-01	
22	R048	02	APER08	LONG1	DENS1	1.862E-03	9.395E-01	5.208E-04	2.632E-01	
22	R048	03	APER08	LONG1	DENS1	1.862E-03	9.619E-01	3.079E-03	7.549E-01	
22	R048	04	APER08	LONG1	DENS1	1.862E-03	9.401E-01	2.049E-03	-1.771E-02	
22	R048	05	APER09	LONG1	DENS1	1.272E-03	9.508E-01	8.007E-04	1.586E-01	
22	R048	06	APER09	LONG1	DENS1	1.272E-03	9.201E-01	4.867E-04	4.258E-01	

22	R048	07	APER09	LONG1	DENS1	1.272E-03	9.204E-01	2.050E-04	-6.915E-01	
22	R048	08	APER09	LONG1	DENS1	1.272E-03	9.294E-01	3.390E-04	-1.855E-01	
22	R048	09	APER10	LONG1	DENS1	9.961E-04	9.427E-01	9.454E-05	3.212E-01	
22	R048	10	APER10	LONG1	DENS1	9.961E-04	9.443E-01	5.499E-04	1.266E-01	
22	R048	11	APER10	LONG1	DENS1	9.961E-04	9.423E-01	7.453E-04	6.615E-01	
22	R048	12	APER10	LONG1	DENS1	9.961E-04	9.331E-01	1.238E-04	-5.370E-01	
22	R048	13	APER11	LONG1	DENS1	7.086E-04	9.411E-01	5.478E-05	1.842E-01	
22	R048	14	APER11	LONG1	DENS1	7.086E-04	9.276E-01	6.992E-05	3.349E-01	
11	R049	714	1234	713	01	102	611	10682	626	26
22	R049	01	APER08	LONG1	DENS1	1.756E-03	9.292E-01	5.501E-04	4.684E-01	
22	R049	02	APER08	LONG1	DENS1	1.756E-03	9.431E-01	4.643E-04	-2.722E-01	
22	R049	03	APER08	LONG1	DENS1	1.756E-03	9.206E-01	5.843E-04	-3.746E-01	
22	R049	04	APER08	LONG1	DENS1	1.756E-03	9.345E-01	7.084E-04	-5.180E-01	
22	R049	05	APER09	LONG1	DENS1	1.256E-03	9.253E-01	2.230E-04	-7.858E-02	
22	R049	06	APER09	LONG1	DENS1	1.256E-03	9.166E-01	2.078E-04	-2.000E-01	
22	R049	07	APER09	LONG1	DENS1	1.256E-03	9.116E-01	1.116E-04	1.015E-01	
22	R049	08	APER09	LONG1	DENS1	1.256E-03	9.413E-01	4.000E-04	8.312E-01	
22	R049	09	APER10	LONG1	DENS1	8.934E-04	9.321E-01	5.591E-05	3.146E-01	
22	R049	10	APER10	LONG1	DENS1	8.934E-04	9.267E-01	1.151E-04	7.201E-01	
22	R049	11	APER10	LONG1	DENS1	8.934E-04	9.238E-01	1.286E-04	6.938E-01	
22	R049	12	APER10	LONG1	DENS1	8.934E-04	9.348E-01	9.152E-05	3.753E-01	
22	R049	13	APER11	LONG1	DENS1	7.016E-04	9.342E-01	3.651E-05	-2.691E-01	
22	R049	14	APER11	LONG1	DENS1	7.016E-04	9.369E-01	3.898E-05	5.241E-01	
22	R049	15	APER11	LONG1	DENS1	7.016E-04	9.284E-01	3.486E-05	-7.570E-01	
22	R049	16	APER11	LONG1	DENS1	7.016E-04	9.256E-01	4.734E-05	7.498E-02	
11	R050	867	1549	867	00	92	775	17774	768	32
22	R050	01	APER08	LONG1	DENS1	1.828E-03	9.179E-01	6.254E-04	-4.833E-01	
22	R050	02	APER08	LONG1	DENS1	1.828E-03	9.282E-01	3.531E-03	2.795E-01	
22	R050	03	APER08	LONG1	DENS1	1.828E-03	9.485E-01	1.340E-03	3.387E-01	
22	R050	04	APER08	LONG1	DENS1	1.828E-03	9.402E-01	2.135E-04	5.021E-01	
22	R050	05	APER09	LONG1	DENS1	1.288E-03	9.487E-01	1.039E-04	-8.465E-01	
22	R050	06	APER09	LONG1	DENS1	1.288E-03	9.279E-01	6.449E-04	3.456E-02	
22	R050	07	APER09	LONG1	DENS1	1.288E-03	9.487E-01	3.326E-04	-5.277E-01	
22	R050	08	APER09	LONG1	DENS1	1.288E-03	9.512E-01	4.730E-04	1.862E-01	
22	R050	09	APER10	LONG1	DENS1	9.665E-04	9.468E-01	1.244E-04	1.033E-01	
22	R050	10	APER10	LONG1	DENS1	9.665E-04	9.397E-01	2.980E-04	8.348E-01	
22	R050	11	APER10	LONG1	DENS1	9.665E-04	9.303E-01	2.704E-04	4.905E-01	
22	R050	12	APER10	LONG1	DENS1	9.665E-04	9.373E-01	1.433E-04	4.077E-01	
22	R050	13	APER11	LONG1	DENS1	7.327E-04	9.481E-01	4.351E-05	-2.977E-01	
22	R050	14	APER11	LONG1	DENS1	7.327E-04	9.442E-01	8.731E-05	6.561E-01	
22	R050	15	APER11	LONG1	DENS1	7.327E-04	9.447E-01	1.149E-04	-1.997E-01	
22	R050	16	APER11	LONG1	DENS1	7.327E-04	9.378E-01	4.033E-05	6.358E-01	
11	R051	714	1234	713	01	102	611	10682	626	26
22	R051	01	APER12	LONG1	DENS1	6.456E-04	9.395E-01	2.739E-05	4.684E-01	
22	R051	02	APER12	LONG1	DENS1	6.456E-04	9.404E-01	2.312E-05	-2.722E-01	
22	R051	03	APER12	LONG1	DENS1	6.456E-04	9.204E-01	2.909E-05	-3.746E-01	
22	R051	04	APER12	LONG1	DENS1	6.456E-04	9.346E-01	3.527E-05	-5.180E-01	
22	R051	05	APER13	LONG1	DENS1	4.620E-04	9.253E-01	1.110E-05	-7.858E-02	
22	R051	06	APER13	LONG1	DENS1	4.620E-04	9.166E-01	1.035E-05	-2.000E-01	
22	R051	07	APER13	LONG1	DENS1	4.620E-04	9.116E-01	5.558E-06	1.015E-01	
22	R051	08	APER13	LONG1	DENS1	4.620E-04	9.414E-01	1.992E-05	8.312E-01	
22	R051	09	APER14	LONG1	DENS1	3.287E-04	9.322E-01	2.784E-06	3.146E-01	
22	R051	10	APER14	LONG1	DENS1	3.287E-04	9.268E-01	5.730E-06	7.201E-01	
22	R051	11	APER14	LONG1	DENS1	3.287E-04	9.238E-01	6.400E-06	6.938E-01	
22	R051	12	APER14	LONG1	DENS1	3.287E-04	9.346E-01	4.556E-06	3.753E-01	
22	R051	13	APER15	LONG1	DENS1	2.583E-04	9.343E-01	1.818E-06	-2.691E-01	

22	R051	14	APER15	LONG1	DENS1	2.583E-04	9.368E-01	1.941E-06	5.241E-01	
22	R051	15	APER15	LONG1	DENS1	2.583E-04	9.286E-01	1.736E-06	-7.570E-01	
22	R051	16	APER15	LONG1	DENS1	2.583E-04	9.255E-01	2.357E-06	7.498E-02	
11	R052	798	1384	794	04	100	694	15381	696	33
22	R052	01	APER12	LONG1	DENS1	6.447E-04	9.177E-01	3.380E-04	-4.384E-02	
22	R052	02	APER12	LONG1	DENS1	6.447E-04	9.283E-01	6.926E-05	1.875E-01	
22	R052	03	APER12	LONG1	DENS1	6.447E-04	9.094E-01	1.316E-04	4.746E-01	
22	R052	04	APER12	LONG1	DENS1	6.447E-04	9.182E-01	1.088E-04	-1.043E-01	
22	R052	05	APER13	LONG1	DENS1	4.526E-04	9.155E-01	1.451E-05	-6.071E-01	
22	R052	06	APER13	LONG1	DENS1	4.526E-04	9.179E-01	1.055E-05	-6.686E-02	
22	R052	07	APER13	LONG1	DENS1	4.526E-04	9.255E-01	5.590E-05	5.932E-01	
22	R052	08	APER13	LONG1	DENS1	4.526E-04	9.207E-01	1.465E-05	-1.798E-01	
22	R052	09	APER14	LONG1	DENS1	3.583E-04	9.032E-01	6.669E-06	-6.740E-01	
22	R052	10	APER14	LONG1	DENS1	3.583E-04	9.091E-01	1.667E-05	2.506E-01	
22	R052	11	APER14	LONG1	DENS1	3.583E-04	9.201E-01	8.429E-06	-8.999E-01	
22	R052	12	APER14	LONG1	DENS1	3.583E-04	9.188E-01	2.492E-06	-4.352E-01	
22	R052	13	APER15	LONG1	DENS1	2.597E-04	9.435E-01	1.353E-06	-7.769E-01	
22	R052	14	APER15	LONG1	DENS1	2.597E-04	9.104E-01	1.556E-06	-5.309E-01	
22	R052	15	APER15	LONG1	DENS1	2.597E-04	9.202E-01	2.166E-06	-3.368E-01	
22	R052	16	APER15	LONG1	DENS1	2.597E-04	9.096E-01	1.415E-06	1.204E-01	
11	R053	779	1355	777	02	99	678	14930	682	30
22	R053	01	APER12	LONG1	DENS1	6.137E-04	9.145E-01	1.063E-05	-3.754E-01	
22	R053	02	APER12	LONG1	DENS1	6.137E-04	9.262E-01	3.443E-05	2.114E-01	
22	R053	03	APER12	LONG1	DENS1	6.137E-04	9.070E-01	1.006E-04	8.491E-01	
22	R053	04	APER12	LONG1	DENS1	6.137E-04	9.044E-01	8.323E-05	9.527E-01	
22	R053	05	APER13	LONG1	DENS1	4.815E-04	9.165E-01	8.101E-06	-5.156E-01	
22	R053	06	APER13	LONG1	DENS1	4.815E-04	9.282E-01	4.576E-05	5.781E-01	
22	R053	07	APER13	LONG1	DENS1	4.815E-04	9.314E-01	1.055E-05	3.508E-01	
22	R053	08	APER13	LONG1	DENS1	4.815E-04	9.305E-01	1.055E-05	2.684E-01	
22	R053	09	APER14	LONG1	DENS1	3.397E-04	9.113E-01	1.670E-05	3.215E-01	
22	R053	10	APER14	LONG1	DENS1	3.397E-04	9.121E-01	3.395E-06	-1.291E-01	
22	R053	11	APER14	LONG1	DENS1	3.397E-04	9.204E-01	3.251E-06	4.667E-01	
22	R053	12	APER14	LONG1	DENS1	3.397E-04	9.087E-01	2.959E-06	-6.506E-01	
22	R053	13	APER15	LONG1	DENS1	2.857E-04	9.053E-01	2.819E-06	5.492E-02	
22	R053	14	APER15	LONG1	DENS1	2.857E-04	9.195E-01	1.462E-05	9.398E-01	
22	R053	15	APER15	LONG1	DENS1	2.857E-04	9.220E-01	3.964E-06	2.066E-01	
22	R053	16	APER15	LONG1	DENS1	2.857E-04	9.297E-01	6.544E-06	-3.064E-01	
11	R054	822	1435	822	00	108	714	16061	719	34
22	R054	01	APER12	LONG1	DENS1	6.219E-04	9.270E-01	2.757E-05	-5.168E-02	
22	R054	02	APER12	LONG1	DENS1	6.219E-04	9.336E-01	8.010E-05	9.037E-02	
22	R054	03	APER12	LONG1	DENS1	6.219E-04	9.183E-01	2.761E-05	9.910E-02	
22	R054	04	APER12	LONG1	DENS1	6.219E-04	9.391E-01	5.039E-05	3.664E-01	
22	R054	05	APER13	LONG1	DENS1	5.130E-04	9.362E-01	2.400E-05	1.877E-01	
22	R054	06	APER13	LONG1	DENS1	5.130E-04	9.245E-01	4.768E-05	2.332E-01	
22	R054	07	APER13	LONG1	DENS1	5.130E-04	9.294E-01	5.009E-05	6.571E-01	
22	R054	08	APER13	LONG1	DENS1	5.130E-04	9.310E-01	2.859E-05	5.185E-01	
22	R054	09	APER14	LONG1	DENS1	3.317E-04	9.352E-01	6.658E-06	5.679E-01	
22	R054	10	APER14	LONG1	DENS1	3.317E-04	9.370E-01	5.720E-06	6.281E-01	
22	R054	11	APER14	LONG1	DENS1	3.317E-04	9.397E-01	4.935E-06	4.742E-01	
22	R054	12	APER14	LONG1	DENS1	3.317E-04	9.200E-01	6.628E-06	-4.730E-01	
22	R054	13	APER15	LONG1	DENS1	2.606E-04	9.159E-01	6.214E-06	2.654E-02	
22	R054	14	APER15	LONG1	DENS1	2.606E-04	9.447E-01	2.614E-06	3.116E-01	
22	R054	15	APER15	LONG1	DENS1	2.606E-04	9.241E-01	1.556E-06	-2.979E-01	
22	R054	16	APER15	LONG1	DENS1	2.606E-04	9.332E-01	2.552E-06	4.162E-01	
55	MOYENNE DES RAPPORTS DES DEBITS DE LA LIMITE 7+3 ET TOTAL									-1.19731
11	R055	822	1435	822	00	108	714	16061	719	34

33	R055	01	-9.34	LONG1	DENS1	1.840E-05	-4.785E-02				
33	R055	02	-9.34	LONG1	DENS1	5.368E-05	6.731E-02				
33	R055	03	-9.34	LONG1	DENS1	1.659E-05	7.404E-02				
33	R055	04	-9.34	LONG1	DENS1	3.087E-05	3.146E-01				
33	R055	05	-9.34	LONG1	DENS1	3.665E-05	3.916E-01				
33	R055	06	-9.34	LONG1	DENS1	7.926E-05	2.242E-01				
33	R055	07	-9.34	LONG1	DENS1	8.359E-05	6.598E-01				
33	R055	08	-9.34	LONG1	DENS1	5.037E-05	5.768E-01				
33	R055	09	-9.34	LONG1	DENS1	1.835E-05	3.357E-01				
33	R055	10	-9.34	LONG1	DENS1	2.212E-05	6.192E-01				
33	R055	11	-9.34	LONG1	DENS1	1.599E-05	3.377E-01				
33	R055	12	-9.34	LONG1	DENS1	1.838E-05	-6.318E-01				
33	R055	13	-9.34	LONG1	DENS1	6.277E-05	4.612E-02				
33	R055	14	-9.34	LONG1	DENS1	2.511E-05	3.051E-01				
33	R055	15	-9.34	LONG1	DENS1	1.392E-05	-3.603E-01				
33	R055	16	-9.34	LONG1	DENS1	2.221E-05	3.516E-01				
11	R056	808	1423	806	02	98	708	15562	711	31	
33	R056	01	-9.34	LONG1	DENS1	8.104E-06	1.035E-02				
33	R056	02	-9.34	LONG1	DENS1	3.595E-05	1.279E-01				
33	R056	03	-9.34	LONG1	DENS1	2.382E-05	-2.256E-01				
33	R056	04	-9.34	LONG1	DENS1	1.318E-05	-6.849E-01				
33	R056	05	-9.34	LONG1	DENS1	5.390E-05	4.400E-01				
33	R056	06	-9.34	LONG1	DENS1	1.531E-05	-3.973E-01				
33	R056	07	-9.34	LONG1	DENS1	4.749E-05	3.860E-01				
33	R056	08	-9.34	LONG1	DENS1	2.267E-05	-2.787E-01				
33	R056	09	-9.34	LONG1	DENS1	1.593E-05	1.767E-01				
33	R056	10	-9.34	LONG1	DENS1	2.005E-05	-3.872E-01				
33	R056	11	-9.34	LONG1	DENS1	3.817E-05	4.191E-01				
33	R056	12	-9.34	LONG1	DENS1	2.257E-05	-1.623E-01				
33	R056	13	-9.34	LONG1	DENS1	3.279E-05	1.607E-01				
33	R056	14	-9.34	LONG1	DENS1	6.126E-04	-3.336E-03				
33	R056	15	-9.34	LONG1	DENS1	2.317E-05	-6.277E-01				
33	R056	16	-9.34	LONG1	DENS1	1.022E-04	1.119E-01				
11	R057	824	1445	823	01	99	724	17284	698	34	
33	R057	01	-9.34	LONG1	DENS1	5.323E-06	-3.357E-01				
33	R057	02	-9.34	LONG1	DENS1	1.392E-05	3.861E-01				
33	R057	03	-9.34	LONG1	DENS1	9.751E-05	2.409E-02				
33	R057	04	-9.34	LONG1	DENS1	1.288E-05	-3.763E-01				
33	R057	05	-9.34	LONG1	DENS1	4.243E-05	2.384E-01				
33	R057	06	-9.34	LONG1	DENS1	4.596E-05	5.108E-01				
33	R057	07	-9.34	LONG1	DENS1	2.288E-05	-4.755E-01				
33	R057	08	-9.34	LONG1	DENS1	1.124E-05	-8.164E-01				
33	R057	09	-9.34	LONG1	DENS1	1.906E-05	-5.085E-01				
33	R057	10	-9.34	LONG1	DENS1	3.383E-05	-7.228E-01				
33	R057	11	-9.34	LONG1	DENS1	2.807E-05	-4.648E-01				
33	R057	12	-9.34	LONG1	DENS1	2.886E-05	-2.231E-01				
33	R057	13	-9.34	LONG1	DENS1	1.647E-04	8.923E-01				
33	R057	14	-9.34	LONG1	DENS1	6.062E-05	3.194E-01				
33	R057	15	-9.34	LONG1	DENS1	1.854E-05	-3.836E-01				
33	R057	16	-9.34	LONG1	DENS1	1.602E-05	-4.112E-01				
11	R058	835	1449	831	04	108	723	17284	723	34	
33	R058	01	-9.34	LONG1	DENS1	3.587E-05	6.487E-01				
33	R058	02	-9.34	LONG1	DENS1	6.184E-05	-9.865E-02				
33	R058	03	-9.34	LONG1	DENS1	2.653E-05	1.754E-01				
33	R058	04	-9.34	LONG1	DENS1	1.519E-05	-5.794E-01				
33	R058	05	-9.34	LONG1	DENS1	3.468E-05	4.332E-01				

33	R058	06	-9.34	LONG1	DENS1	1.063E-04	6.071E-01		
33	R058	07	-9.34	LONG1	DENS1	4.899E-05	-2.222E-01		
33	R058	08	-9.34	LONG1	DENS1	5.023E-05	2.417E-01		
33	R058	09	-9.34	LONG1	DENS1	2.258E-05	-8.957E-02		
33	R058	10	-9.34	LONG1	DENS1	3.123E-05	-2.678E-01		
33	R058	11	-9.34	LONG1	DENS1	3.391E-05	-7.040E-01		
33	R058	12	-9.34	LONG1	DENS1	4.288E-05	2.100E-01		
33	R058	13	-9.34	LONG1	DENS1	1.984E-05	-2.196E-01		
33	R058	14	-9.34	LONG1	DENS1	4.623E-05	8.388E-01		
33	R058	15	-9.34	LONG1	DENS1	1.672E-05	-1.581E-01		
33	R058	16	-9.34	LONG1	DENS1	2.125E-05	-3.131E-03		

11	R059	585	949	546	38	61	485	6854	486	20	
22	R059	01	APER04	LONG4	DENS1	2.071E-03					3.350E-03
22	R059	02	APER04	LONG4	DENS1	2.071E-03					7.002E-04
22	R059	03	APER04	LONG4	DENS1	2.071E-03					6.130E-04
22	R059	04	APER04	LONG4	DENS1	2.071E-03					5.822E-04
22	R059	05	APER06	LONG4	DENS1	1.079E-03					1.216E-04
22	R059	06	APER06	LONG4	DENS1	1.079E-03					2.841E-04
22	R059	07	APER06	LONG4	DENS1	1.079E-03					5.732E-04
22	R059	08	APER06	LONG4	DENS1	1.079E-03					5.366E-04
22	R059	09	APER16	LONG4	DENS1	5.962E-04					7.050E-05
22	R059	10	APER16	LONG4	DENS1	5.962E-04					7.482E-05
22	R059	11	APER16	LONG4	DENS1	5.962E-04					1.259E-04
22	R059	12	APER16	LONG4	DENS1	5.962E-04					1.299E-04
22	R059	13	APER18	LONG4	DENS1	3.466E-04					2.090E-04
22	R059	14	APER18	LONG4	DENS1	3.466E-04					2.648E-05
22	R059	15	APER18	LONG4	DENS1	3.466E-04					3.153E-04
22	R059	16	APER18	LONG4	DENS1	3.466E-04					3.375E-06

11	R060	609	1107	629	39	64	565	9340	567	22	
22	R060	01	APER04	LONG4	DENS1	1.710E-03					3.382E-04
22	R060	02	APER04	LONG4	DENS1	1.710E-03					5.127E-04
22	R060	03	APER04	LONG4	DENS1	1.710E-03					1.620E-03
22	R060	04	APER04	LONG4	DENS1	1.710E-03					5.689E-04
22	R060	05	APER06	LONG4	DENS1	1.016E-03					7.994E-04
22	R060	06	APER06	LONG4	DENS1	1.016E-03					4.082E-05
22	R060	07	APER06	LONG4	DENS1	1.016E-03					1.241E-04
22	R060	08	APER06	LONG4	DENS1	1.016E-03					3.367E-05
22	R060	09	APER16	LONG4	DENS1	6.034E-04					2.038E-05
22	R060	10	APER16	LONG4	DENS1	6.034E-04					2.044E-05
22	R060	11	APER16	LONG4	DENS1	6.034E-04					1.098E-04
22	R060	12	APER16	LONG4	DENS1	6.034E-04					2.256E-05
22	R060	13	APER18	LONG4	DENS1	3.568E-04					3.334E-06
22	R060	14	APER18	LONG4	DENS1	3.568E-04					5.901E-06
22	R060	15	APER18	LONG4	DENS1	3.568E-04					6.219E-06
22	R060	16	APER18	LONG4	DENS1	3.568E-04					2.166E-05

11	R061	618	1030	581	37	54	527	8788	491	23	
22	R061	01	APER04	LONG4	DENS1	1.973E-03					2.121E-04
22	R061	02	APER04	LONG4	DENS1	1.973E-03					6.744E-02
22	R061	03	APER04	LONG4	DENS1	1.973E-03					6.403E-04
22	R061	04	APER04	LONG4	DENS1	1.973E-03					3.167E-04
22	R061	05	APER06	LONG4	DENS1	1.043E-03					4.005E-05
22	R061	06	APER06	LONG4	DENS1	1.043E-03					1.653E-04
22	R061	07	APER06	LONG4	DENS1	1.043E-03					5.502E-04
22	R061	08	APER06	LONG4	DENS1	1.043E-03					4.894E-05
22	R061	09	APER16	LONG4	DENS1	5.716E-04					1.015E-05
22	R061	10	APER16	LONG4	DENS1	5.716E-04					6.426E-06

22	R061	11	APER16	LONG4	DENS1	5.716E-04					1.675E-04
22	R061	12	APER16	LONG4	DENS1	5.716E-04					9.903E-06
22	R061	13	APER18	LONG4	DENS1	3.079E-04					4.182E-06
22	R061	14	APER18	LONG4	DENS1	3.079E-04					4.030E-06
22	R061	15	APER18	LONG4	DENS1	3.079E-04					3.823E-06
22	R061	16	APER18	LONG4	DENS1	3.079E-04					1.467E-06
11	R062	600	1003	5686	32	54	514	7674	508	21	
22	R062	01	APER04	LONG4	DENS1	1.989E-03					4.282E-04
22	R062	02	APER04	LONG4	DENS1	1.989E-03					5.676E-04
22	R062	03	APER04	LONG4	DENS1	1.989E-03					4.737E-04
22	R062	04	APER04	LONG4	DENS1	1.989E-03					2.049E-03
22	R062	05	APER06	LONG4	DENS1	1.017E-03					1.280E-04
22	R062	06	APER06	LONG4	DENS1	1.017E-03					3.509E-05
22	R062	07	APER06	LONG4	DENS1	1.017E-03					1.073E-04
22	R062	08	APER06	LONG4	DENS1	1.017E-03					9.534E-05
22	R062	09	APER16	LONG4	DENS1	5.453E-04					1.368E-05
22	R062	10	APER16	LONG4	DENS1	5.453E-04					1.270E-05
22	R062	11	APER16	LONG4	DENS1	5.453E-04					4.438E-04
22	R062	12	APER16	LONG4	DENS1	5.453E-04					9.589E-05
22	R062	13	APER18	LONG4	DENS1	3.019E-04					1.476E-06
22	R062	14	APER18	LONG4	DENS1	3.019E-04					5.751E-06
22	R062	15	APER18	LONG4	DENS1	3.019E-04					1.400E-06
22	R062	16	APER18	LONG4	DENS1	3.019E-04					1.297E-06
11	R063	621	1025	588	30	60	525	8118	522	20	
22	R063	01	APER04	LONG4	DENS1	2.080E-03					4.143E-02
22	R063	02	APER04	LONG4	DENS1	2.080E-03					2.274E-02
22	R063	03	APER04	LONG4	DENS1	2.080E-03					1.401E-02
22	R063	04	APER04	LONG4	DENS1	2.080E-03					2.347E-02
22	R063	05	APER06	LONG4	DENS1	1.073E-03					3.043E-04
22	R063	06	APER06	LONG4	DENS1	1.073E-03					1.329E-03
22	R063	07	APER06	LONG4	DENS1	1.073E-03					1.176E-04
22	R063	08	APER06	LONG4	DENS1	1.073E-03					1.816E-04
22	R063	09	APER16	LONG4	DENS1	5.850E-04					5.864E-05
22	R063	10	APER16	LONG4	DENS1	5.850E-04					1.546E-04
22	R063	11	APER16	LONG4	DENS1	5.850E-04					4.716E-05
22	R063	12	APER16	LONG4	DENS1	5.850E-04					3.001E-05
22	R063	13	APER18	LONG4	DENS1	3.324E-04					2.479E-05
22	R063	14	APER18	LONG4	DENS1	3.324E-04					4.506E-05
22	R063	15	APER18	LONG4	DENS1	3.324E-04					8.467E-05
22	R063	16	APER18	LONG4	DENS1	3.324E-04					1.147E-05
11	R064	586	932	543	43	48	495	8478	485	22	
22	R064	01	APER04	LONG5	DENS1	1.999E-03					1.768E-03
22	R064	02	APER04	LONG5	DENS1	1.999E-03					4.673E-04
22	R064	03	APER04	LONG5	DENS1	1.999E-03					6.410E-04
22	R064	04	APER04	LONG5	DENS1	1.999E-03					1.347E-03
22	R064	05	APER06	LONG5	DENS1	9.586E-04					2.969E-05
22	R064	06	APER06	LONG5	DENS1	9.586E-04					4.223E-05
22	R064	07	APER06	LONG5	DENS1	9.586E-04					1.374E-05
22	R064	08	APER06	LONG5	DENS1	9.586E-04					3.249E-05
22	R064	09	APER16	LONG5	DENS1	6.221E-04					8.561E-06
22	R064	10	APER16	LONG5	DENS1	6.221E-04					1.266E-05
22	R064	11	APER16	LONG5	DENS1	6.221E-04					2.081E-05
22	R064	12	APER16	LONG5	DENS1	6.221E-04					1.080E-05
22	R064	13	APER18	LONG5	DENS1	3.297E-04					3.639E-06
22	R064	14	APER18	LONG5	DENS1	3.297E-04					4.889E-07
22	R064	15	APER18	LONG5	DENS1	3.297E-04					1.113E-05

22	R064	10	APER18	LONG5	DENS1	3.297E-04				6.088E-06
11	R065	647	1047	609	38	62	547	8044	540	23
22	R065	01	APER04	LONG5	DENS1	1.998E-03				3.406E-02
22	R065	02	APER04	LONG5	DENS1	1.998E-03				9.720E-04
22	R065	03	APER04	LONG5	DENS1	1.998E-03				1.199E-04
22	R065	04	APER04	LONG5	DENS1	1.998E-03				4.870E-04
22	R065	05	APER06	LONG5	DENS1	1.140E-03				6.329E-05
22	R065	06	APER06	LONG5	DENS1	1.140E-03				1.205E-05
22	R065	07	APER06	LONG5	DENS1	1.140E-03				1.174E-04
22	R065	08	APER06	LONG5	DENS1	1.140E-03				1.607E-04
22	R065	09	APER16	LONG5	DENS1	5.987E-04				1.855E-05
22	R065	10	APER16	LONG5	DENS1	5.987E-04				4.694E-06
22	R065	11	APER16	LONG5	DENS1	5.987E-04				1.252E-05
22	R065	12	APER16	LONG5	DENS1	5.987E-04				1.022E-03
22	R065	13	APER18	LONG5	DENS1	3.163E-04				6.727E-07
22	R065	14	APER18	LONG5	DENS1	3.163E-04				1.486E-06
22	R065	15	APER18	LONG5	DENS1	3.163E-04				3.476E-07
22	R065	16	APER18	LONG5	DENS1	3.163E-04				5.417E-06
11	R066	804	908	564	40	60	504	7137	510	21
22	R066	01	APER04	LONG5	DENS1	1.981E-03				3.781E-04
22	R066	02	APER04	LONG5	DENS1	1.981E-03				1.335E-03
22	R066	03	APER04	LONG5	DENS1	1.981E-03				4.754E-04
22	R066	04	APER04	LONG5	DENS1	1.981E-03				1.893E-03
22	R066	05	APER06	LONG5	DENS1	1.059E-03				3.729E-04
22	R066	06	APER06	LONG5	DENS1	1.059E-03				2.101E-05
22	R066	07	APER06	LONG5	DENS1	1.059E-03				8.287E-05
22	R066	08	APER06	LONG5	DENS1	1.059E-03				2.083E-04
22	R066	09	APER16	LONG5	DENS1	5.656E-04				1.718E-05
22	R066	10	APER16	LONG5	DENS1	5.656E-04				4.230E-05
22	R066	11	APER16	LONG5	DENS1	5.656E-04				0.070E-06
22	R066	12	APER18	LONG5	DENS1	3.026E-04				1.225E-05
22	R066	13	APER18	LONG5	DENS1	3.026E-04				3.270E-05
22	R066	14	APER18	LONG5	DENS1	3.026E-04				6.376E-05
22	R066	15	APER18	LONG5	DENS1	3.026E-04				9.122E-06
22	R066	16	APER18	LONG5	DENS1	3.026E-04				7.160E-05
11	R067	628	1003	583	45	50	525	8697	500	23
22	R067	01	APER04	LONG5	DENS1	1.763E-03				4.475E-03
22	R067	02	APER04	LONG5	DENS1	1.763E-03				4.053E-04
22	R067	03	APER04	LONG5	DENS1	1.763E-03				3.070E-03
22	R067	04	APER04	LONG5	DENS1	1.763E-03				4.675E-04
22	R067	05	APER06	LONG5	DENS1	1.160E-03				2.193E-04
22	R067	06	APER06	LONG5	DENS1	1.160E-03				6.964E-05
22	R067	07	APER06	LONG5	DENS1	1.160E-03				5.033E-04
22	R067	08	APER06	LONG5	DENS1	1.160E-03				5.490E-03
22	R067	09	APER15	LONG5	DENS1	5.402E-04				3.576E-05
22	R067	10	APER15	LONG5	DENS1	5.402E-04				1.751E-05
22	R067	11	APER15	LONG5	DENS1	5.402E-04				1.760E-05
22	R067	12	APER15	LONG5	DENS1	5.402E-04				1.730E-05
22	R067	13	APER18	LONG5	DENS1	2.889E-04				1.551E-05
22	R067	14	APER18	LONG5	DENS1	2.889E-04				9.056E-06
22	R067	15	APER18	LONG5	DENS1	2.889E-04				1.087E-03
22	R067	16	APER18	LONG5	DENS1	2.889E-04				7.143E-06
11	R068	616	1035	585	31	47	538	8418	525	22
22	R068	01	APER04	LONG5	DENS1	1.766E-03				1.230E-03
22	R068	02	APER04	LONG5	DENS1	1.766E-03				1.418E-04
22	R068	03	APER04	LONG5	DENS1	1.766E-03				4.892E-04

22	R068	04	APER04	LONG5	DENS1	1.766E-03	1.146E-04
22	R068	05	APER06	LONG5	DENS1	1.017E-03	3.529E-05
22	R068	06	APER08	LONG5	DENS1	1.017E-03	5.716E-05
22	R068	07	APER09	LONG5	DENS1	1.017E-03	1.450E-04
22	R068	08	APER09	LONG5	DENS1	1.017E-03	7.145E-05
22	R068	09	APER16	LONG5	DENS1	5.941E-04	1.401E-05
22	R068	10	APER16	LONG5	DENS1	5.941E-04	1.423E-04
22	R068	11	APER16	LONG5	DENS1	5.941E-04	7.487E-05
22	R068	12	APER16	LONG5	DENS1	5.941E-04	7.503E-05
22	R068	13	APER18	LONG5	DENS1	2.978E-04	1.650E-06
22	R068	14	APER18	LONG5	DENS1	2.978E-04	3.498E-06
22	R068	15	APER18	LONG5	DENS1	2.978E-04	4.042E-07
22	R068	16	APER18	LONG5	DENS1	2.978E-04	1.350E-06

ANNEXE G: GRAPHIQUES DES SIMULATIONS (R059 À R068)
EFFETS D'UNE VARIATION DE 22 % DES LONGUEURS
DES FRACTURES SUR LA POROSITÉ TOTALE

Figure G.1

Relation perméabilité / porosité totale dans le plan vertical: effet d'une augmentation des longueurs des fractures de 22 % sur la porosité totale du milieu

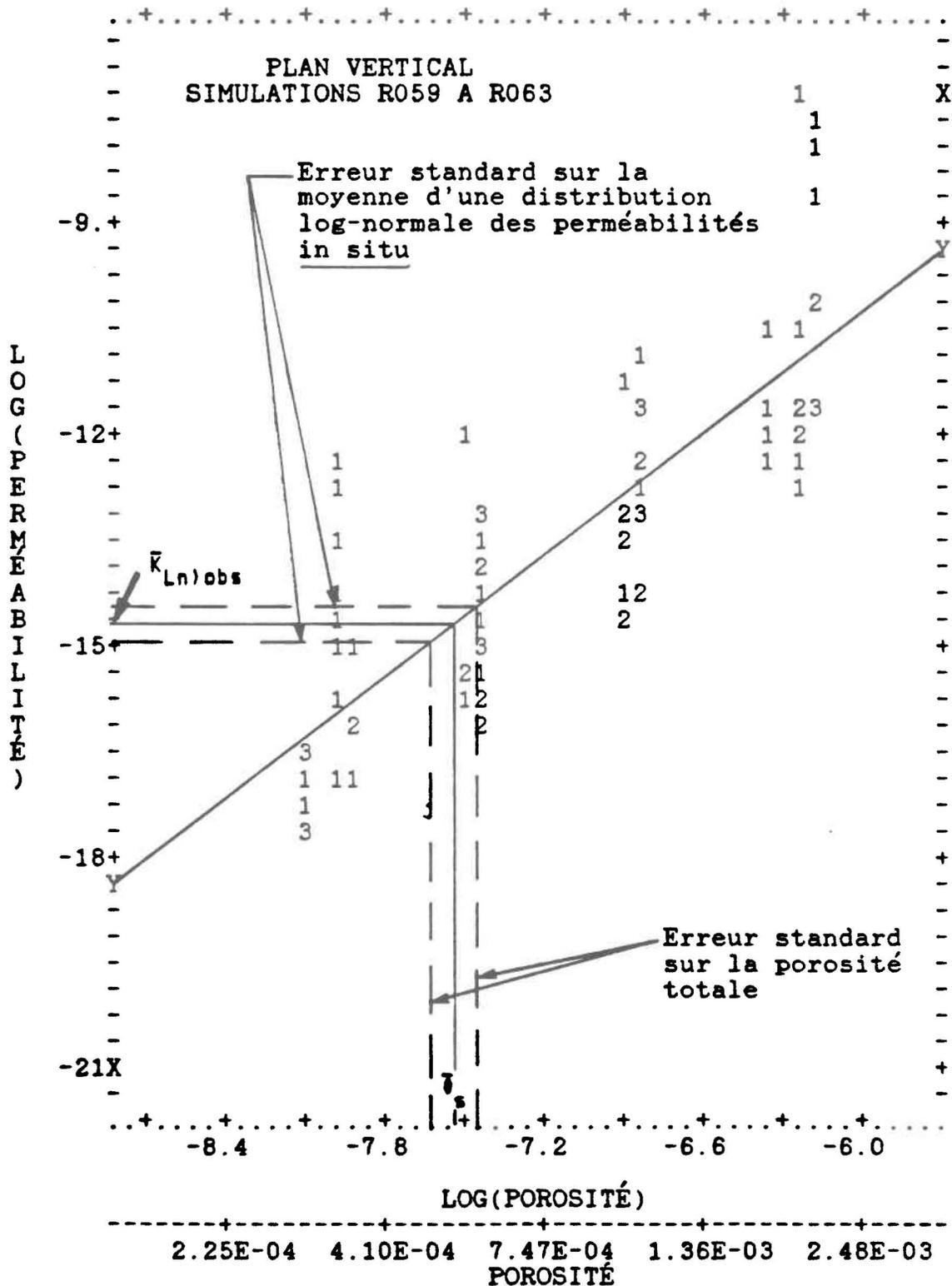
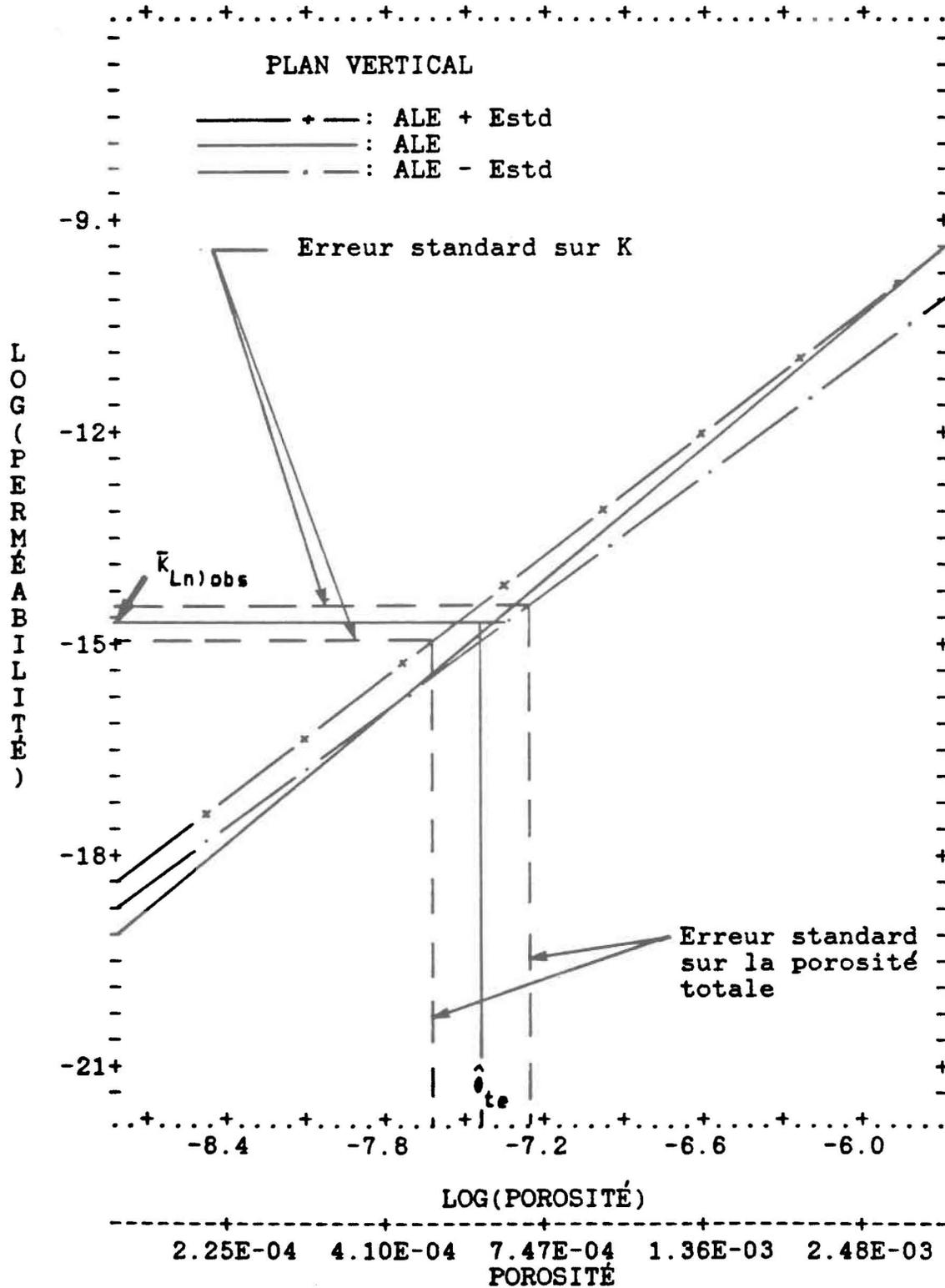


Figure G.3

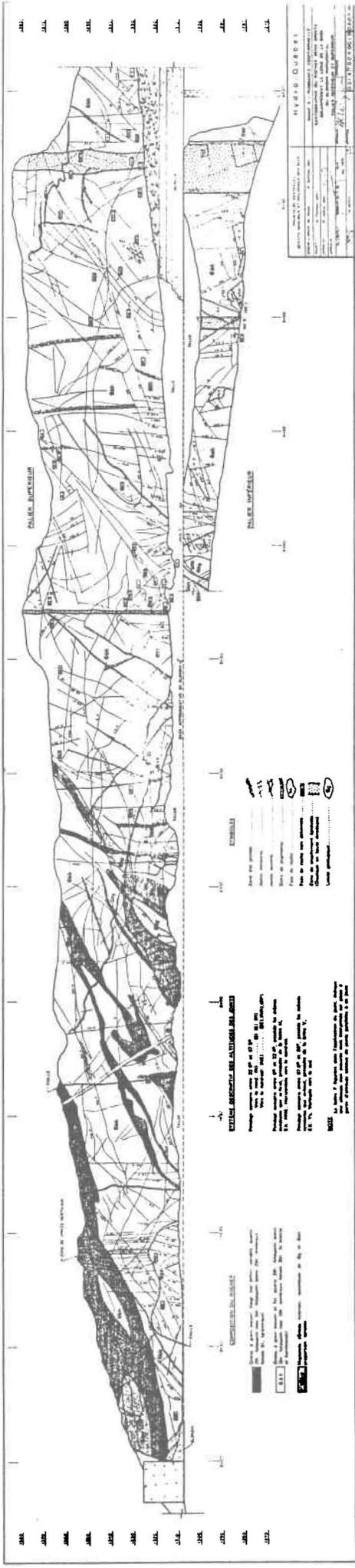
Influence de la variation de 22 % des longueurs de fractures sur la porosité totale du milieu (superposition des figures 4.9, G.1 et G.2)



ANNEXE H: CARTES D'ÉTUDE

H.1 Carte du site du barrage Daniel-Johnson à Manic-5

H.2 Cartes des relevés de fractures des escarpements de surface



120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132

HUNGARY

Scale	1:50,000
Projection	Universal Transverse Mercator
Zone	49
Country	Hungary
Sheet No.	49-100
Scale of Denominator	1:50,000
Scale of Numerator	1:50,000
Scale of Denominator	1:50,000
Scale of Numerator	1:50,000

LEGENDA

- - - - - Road
 - - - - - Railway
 - - - - - Canal
 - - - - - Stream
 - - - - - Boundary
 - - - - - Contour
 - - - - - Spot Height
 - - - - - Elevation
 - - - - - Depression
 - - - - - Marsh
 - - - - - Forest
 - - - - - Cultivated Land
 - - - - - Uncultivated Land
 - - - - - Water
 - - - - - Sand
 - - - - - Gravel
 - - - - - Clay
 - - - - - Limestone
 - - - - - Sandstone
 - - - - - Granite
 - - - - - Gneiss
 - - - - - Schist
 - - - - - Slate
 - - - - - Coal
 - - - - - Oil
 - - - - - Gas
 - - - - - Iron
 - - - - - Copper
 - - - - - Zinc
 - - - - - Lead
 - - - - - Tin
 - - - - - Silver
 - - - - - Gold
 - - - - - Platinum
 - - - - - Uranium
 - - - - - Thorium
 - - - - - Radium
 - - - - - Polonium
 - - - - - Astatine
 - - - - - Francium
 - - - - - Actinium
 - - - - - Protactinium
 - - - - - Neptunium
 - - - - - Plutonium
 - - - - - Americium
 - - - - - Curium
 - - - - - Berkelium
 - - - - - Californium
 - - - - - Einsteinium
 - - - - - Fermium
 - - - - - Mendelevium
 - - - - - Nobelium
 - - - - - Lawrencium
 - - - - - Rutherfordium
 - - - - - Dubnium
 - - - - - Seaborgium
 - - - - - Bohrium
 - - - - - Hassium
 - - - - - Meitnerium
 - - - - - Darmstadtium
 - - - - - Roentgenium
 - - - - - Copernicium
 - - - - - Nihonium
 - - - - - Flerovium
 - - - - - Tennessine
 - - - - - Oganesson

NOTE

1. The map is based on the latest available data.
 2. The map is not to be used for navigation.
 3. The map is not to be used for military purposes.
 4. The map is not to be used for political purposes.
 5. The map is not to be used for religious purposes.
 6. The map is not to be used for scientific purposes.
 7. The map is not to be used for educational purposes.
 8. The map is not to be used for commercial purposes.
 9. The map is not to be used for industrial purposes.
 10. The map is not to be used for agricultural purposes.
 11. The map is not to be used for fishing purposes.
 12. The map is not to be used for hunting purposes.
 13. The map is not to be used for recreation purposes.
 14. The map is not to be used for any other purpose.
 15. The map is not to be used for any other purpose.
 16. The map is not to be used for any other purpose.
 17. The map is not to be used for any other purpose.
 18. The map is not to be used for any other purpose.
 19. The map is not to be used for any other purpose.
 20. The map is not to be used for any other purpose.

NOTE

1. The map is based on the latest available data.
 2. The map is not to be used for navigation.
 3. The map is not to be used for military purposes.
 4. The map is not to be used for political purposes.
 5. The map is not to be used for religious purposes.
 6. The map is not to be used for scientific purposes.
 7. The map is not to be used for educational purposes.
 8. The map is not to be used for commercial purposes.
 9. The map is not to be used for industrial purposes.
 10. The map is not to be used for agricultural purposes.
 11. The map is not to be used for fishing purposes.
 12. The map is not to be used for hunting purposes.
 13. The map is not to be used for recreation purposes.
 14. The map is not to be used for any other purpose.
 15. The map is not to be used for any other purpose.
 16. The map is not to be used for any other purpose.
 17. The map is not to be used for any other purpose.
 18. The map is not to be used for any other purpose.
 19. The map is not to be used for any other purpose.
 20. The map is not to be used for any other purpose.