



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

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



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

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

## FAIR USE POLICY

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

## CONTACT

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

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

22009

(vi), 200 p  
table  
graphs  
diagrams  
maps  
illus.

Diffusion Restreinte

Original : Français



**PROJET DU GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DE DJIBOUTI**

**ETUDE DE FAISABILITE POUR L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE  
DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA**

**XA/DJI/96/621**

**RAPPORT FINAL**

établi par

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

A partir des travaux de KERAMOPROJEKT TRENCIN, A.S., SLOVAQUIE

**ONUDI**

Service des investissements, Division de la Promotion des Investissements  
et de la Technologie  
VIENNE

Avril 1998

---

*Le présent document n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle*

Ce rapport a été élaboré par l'équipe de l'O.N.U.D.I suivante:

L'ONUDI :

VICTOR KLYKOV

Chargé de développement industriel,  
Responsable du projet

L'équipe de KERAMOPROJEKT :

ANTON MIKULA

Ingénieur technologue

KAMIL KANDERA

Analyste du Marché

KAROL ACHIMSKY

Economiste/Analyste financier

MILAN LOBIK

Géologue

Le consultant international :

ANDRE AMMETER

Spécialiste de commercialisation

La consultante nationale :

HODAN ADEN

Economiste

## REMERCIEMENTS

Nous voulons transmettre notre sympathie et nos plus profonds remerciements à toutes les personnes qui ont contribué avec une grande efficacité, à la réussite de la mission d'étude de la faisabilité de l'exploitation industrielle du gisement d'EGERALAYTA.

Nous adressons en premier lieu nos remerciements à Monsieur le Ministre et aux fonctionnaires du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines : M. ABDI FARAH CHIDEH, Secrétaire Général P.I., M. AHMED OTHMAN Bureau de la Promotion Industrielle, pour l'aide qu'ils ont bien voulu apporter avec promptitude et diligence, concernant les informations et données nécessaires.

Nous voulons exprimer des remerciements particuliers à Melle HODAN ADEN, Expert Nationale pour la coordination et la logistique du programme de la mission.

Nous voulons exprimer aussi nos remerciements aux représentants de PNUD, à M. TAOUFIK BEN AMARA, Coordonnateur Résident des Activités Opérationnelles du Système des Nations Unies et Représentant Résident, et à M. HASSAN, Chargé de Programme.

**SIGLES ET ABREVIATIONS**

A.I.D - Aéroport international de DJIBOUTI  
BISD - Banque islamique de développement  
BND - Banque nationale de DJIBOUTI  
BRGM - Bureau de Recherche Géologique et Minière, France  
C.D.E. - Chemin de fer Djibouto-éthiopien  
CEE - Communauté économique européenne  
COMESA - Marché Commun des Etats de l'Afrique de l'est et australe  
COMFAR - Modèle informatisé pour l'analyse et l'évaluation des études de faisabilité  
D.I.N.A.S - Direction national de la statistique  
DNT - densité non tassée  
EDD - Electricité de DJIBOUTI  
etc. - et cetera  
I.G.A.D - Intergouvernemental action for développement  
ISERST - Institut Supérieur d'Etudes et des Recherches Scientifiques et Techniques  
LBTP - Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics  
N - nord  
N-E - nord-est  
N-O - nord-ouest  
ONED - Office national des eaux de DJIBOUTI  
ONUUDI - Organisation des Nations Unies pour le développement Industriel  
P.A.I.D - Port Autonome International de DJIBOUTI  
PBT - perlite brute traitée  
PBTE - perlite brute traitée vendue en Europe  
PDUD - Projet de développement urbain de DJIBOUTI  
PE - perlite expansée  
PEH - perlite expansée hydrophobisée  
PIB - Produit interne brute  
PMA - Pays les Moins Avancés  
PNUD - Programme des Nations Unies pour le développement  
R.D. - République de DJIBOUTI  
R.S.A. - République du Sud- Africaine  
S - sud  
S-E - sud-est  
S-O - sud-ouest  
TDG - taux de désintégration des grains  
T.I.C - taxe intérieur de consommation  
Hz - herz  
kg - kilogramme  
km - kilomètre  
kV - kilovolt  
kW - kilowatt  
l - litre  
m - mètre  
m<sup>3</sup> - mètre cube  
t - tonne  
t/a - tonne par an  
t/j - tonne par jour  
t/s - tonne par semaine  
USD - Dollar des Etats Unis  
FDJ- Franc de DJIBOUTI  
ZEP - Zone d'échanges préférentiels



## TABLE DES MATIERES

<b>CHAPITRE 1. RESUME, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>1</b>
1.1. RESUME.....	1
1.2. CONCLUSIONS.....	2
1.3. RECOMMANDATIONS.....	3
<b>CHAPITRE 2. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>CHAPITRE 3. CARACTERISTIQUES DU GISEMENT DE PERLITE D'EGERALAYTA ET SON EXPLOITATION.....</b>	<b>5</b>
3.1. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES DU GISEMENT.....	5
3.1.1. Situation géographique.....	5
3.1.2. Etudes antérieures.....	5
3.1.3. Contexte géologique du gisement.....	5
3.1.4. Estimation des réserves.....	10
3.1.5. Résultats des analyses et des tests d'aptitude industriels.....	11
3.1.6. Résultats des tests d'expansion et des analyses connexes.....	15
3.1.7. Evaluation des réserves possibles en fonction des utilisations industrielles.....	18
3.2. CARACTERISTIQUES DE LA FUTURE CARRIERE DE PERLITE.....	20
3.2.1. Exploitation du gisement.....	20
3.2.2. Appréciation des caractéristiques géotechniques des terrains.....	20
3.2.3. Mode de l'exploitation.....	21
3.3. CONCLUSIONS.....	22
<b>CHAPITRE 4. MATIERES PREMIERES, FOURNITURES ET AUXILIAIRES.....</b>	<b>24</b>
4.1. MATIERES PREMIERES.....	24
4.2. FOURNITURES.....	24
4.2.1. Combustibles.....	24
4.2.2. Carburants.....	24
4.2.3. Energie électrique.....	24
4.2.4. Consommation d'eau.....	25
4.3. MATERIELS AUXILIAIRES.....	25
4.4. COUT DES FOURNITURES ET DES MATIERES AUXILIAIRES.....	26
<b>CHAPITRE 5. UTILISATIONS DE LA PERLITE.....</b>	<b>27</b>
5.1. UTILISATIONS DE LA PERLITE BRUTE TRAITEE.....	27
5.2. UTILISATIONS DE LA PERLITE EXPANSEE.....	27
5.2.1. Utilisations de la perlite expansée en l'état.....	27
5.2.2. Utilisations de la perlite expansée comme matériau de constructions.....	28
5.2.3. Utilisation de la perlite expansée pour la filtration et la charge.....	32
5.2.4. Autres usages.....	33
5.3. UTILISATIONS DE LA PERLITE EXPANSEE HYDROPHOBISEE.....	33
<b>CHAPITRE 6. ANALYSE DU MARCHÉ ET DE LA COMMERCIALISATION.....</b>	<b>35</b>
6.1. ANALYSE DU MARCHÉ MONDIAL DE LA PERLITE BRUTE TRAITEE.....	35
6.1.1. Analyse géographique du marché de la perlite brute traitée.....	35
6.1.2. Analyse qualitative du marché de la perlite brute traitée en fonction de la demande.....	39
6.2. ANALYSE DU MARCHÉ MONDIAL DE LA PERLITE EXPANSEE.....	41
6.2.1. Analyse géographique du marché de la perlite expansée.....	41
6.2.2. Analyse qualitative du marché de la perlite expansée en fonction de la demande.....	41
6.2.3. Les produits concurrents de la perlite expansée.....	42
6.3. LE MARCHÉ DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA.....	43
6.3.1. Le marché européen.....	44
6.3.2. Le marché des Pays du Golfe Persique.....	45
6.3.3. Le marché des Pays de l'Afrique de l'Est.....	45
6.3.4. Le marché des Indes.....	46

<b>6.4. DETERMINATION DES PARTS DE CES MARCHES POTENTIELS PRENABLES</b>	
<b>PAR LA PERLITE D'EGERALAYTA</b> .....	46
6.4.1. Part de marché potentiel sur le marché européen.....	46
6.4.2. Part de marché potentiel sur le marché du Golfe Persique.....	47
6.4.3. Le marché de l'Afrique de l'Est.....	47
6.4.4. Le marché des Indes.....	48
6.4.5. Récapitulatif des parts de marché potentiel de l'an 2000 de la société d'EGERALAYTA.....	48
<b>6.5. LES HYPOTHESES DE PRODUCTION DE LA MINE ET DE L'USINE D'EXPANSION</b> .....	49
6.5.1. Hypothèses de production de la perlite brute traitée .....	49
6.5.2. Hypothèses de production de la perlite expansée.....	49
6.5.3. Production de la perlite expansée hydrophobisée .....	50
<b>6.6. ETUDE DES PRIX DU MARCHÉ</b> .....	50
6.6.1. Prix de la perlite brute traitée sur le marché européen.....	50
6.6.2. Prix de la perlite brute traitée sur les pays du Golfe persique, d'Afrique de l'Est, la République Sud Africaine (RSA) et les autres pays.....	51
6.6.3. Prix de la perlite expansée.....	51
<b>6.7. POLITIQUE ET STRATEGIES DE COMMERCIALISATION</b> .....	52
6.7.1. Le marché européen.....	52
6.7.2. Le marché du Golfe Persique.....	53
6.7.3. Le marché de l'Afrique de l'Est.....	53
6.7.4. Le marché des Indes .....	53
<b>6.8. PREVISIONS DES VENTES</b> .....	53
6.8.1. Prévisions des ventes sur l'Europe.....	53
6.8.2. Prévisions des ventes dans les pays du Golfe Persique, d'Afrique de l'Est et en République Sud Africaine et les autres pays.....	54
6.8.3. Total récapitulatif des prévisions de ventes .....	55
6.8.4. Conclusions et recommandations pour le programme des ventes et l'action commerciale.....	55
 <b>CHAPITRE 7. LOCALISATION ET EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT</b> .....	 57
<b>7.1. EMPLACEMENT - ALTERNATIVES</b> .....	57
7.1.1. Etude de l'Alternative 1 .....	57
7.1.2. Etude de l'Alternative 2 .....	57
7.1.3. Choix de la localisation .....	58
7.1.4. Conclusions.....	58
<b>7.2. DESCRIPTION DE L'ALTERNATIVE RETENUE</b> .....	59
7.2.1. Emplacements .....	59
<b>7.3. CONDITIONS GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES</b> .....	60
7.3.1. Cadre géographique.....	60
7.3.2. Données climatiques .....	60
<b>7.4. TRANSPORTS</b> .....	65
<b>7.5. APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE ELECTRIQUE ET EN EAU</b> .....	66
<b>7.6. MAIN D'OEUVRE</b> .....	66
<b>7.7. TRAVAUX DE CONSTRUCTION, DE MONTAGE ET D'ENTRETIEN</b> .....	66
<b>7.8. L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT</b> .....	66
<b>7.9. EVALUATION DES COUTS</b> .....	68
 <b>CHAPITRE 8. INGENIERIE ET TECHNOLOGIE</b> .....	 69
<b>8.1. CAPACITES DE PRODUCTION ALTERNATIVES DU COMPLEXE</b> .....	69
8.1.1. Productions demandées commercialement .....	69
8.1.2. Alternatives techniques de capacité du complexe - taille économique minimum .....	70
8.1.3. Caractéristiques des productions par produit.....	70
<b>8.2. CAPACITES NOMINALES DE PRODUCTION DE COMPLEXE</b> .....	74
8.2.1. Capacités nominales de production retenues pour le projet.....	74
8.2.2. Capacité de production de la carrière .....	74
8.2.3. Capacité de production de la perlite brute traitée .....	75
8.2.4. Capacité de production de la perlite expansée.....	75
8.2.5. Capacité de production de la perlite expansée hydrophobisée.....	75
<b>8.3. CHIFFRES D'AFFAIRES ET PROGRAMMES DE PRODUCTION RETENUS</b> .....	75
<b>8.4. PLANS DES INSTALLATIONS ET INGENIERIE DE BASE</b> .....	76
8.4.1. Unités de production du complexe .....	76
8.4.2. Description des installations des unités et d'ingénierie de base.....	77
<b>8.5. LISTE DU MATERIEL DE PRODUCTION</b> .....	84

8.6. LISTE DES FABRICANTS DE MATERIEL .....	86
8.7. OUVRAGES DE GENIE CIVIL .....	87
8.8. ESTIMATION DES COUTS D'INVESTISSEMENT EN MATERIEL, EQUIPEMENTS ET GENIE CIVIL .....	96
8.9. CONCLUSIONS .....	98
<b>CHAPITRE 9. ORGANISATION ET FRAIS GENERAUX .....</b>	<b>100</b>
9.1. ORGANISATION ET GESTION .....	100
9.1.1. Direction générale .....	100
9.1.2. Comptabilité et gestion personnel .....	100
9.1.3. Commercialisation et approvisionnements .....	101
9.1.4. Production .....	101
9.2. FRAIS GENERAUX .....	101
9.3. CONCLUSIONS .....	102
<b>CHAPITRE 10. RESSOURCES HUMAINES .....</b>	<b>103</b>
10.1. CATEGORIES ET FONCTIONS .....	103
10.2. PHASE PREPARATOIRE .....	103
10.3. DISPONIBILITE ET RECRUTEMENT .....	103
10.4. EFFECTIFS ET COUTS DE LA MAIN D'OEUVRE .....	103
10.5. CONCLUSIONS .....	104
<b>CHAPITRE 11. PLANIFICATION DE LA MISE EN OEUVRE DU PROJET .....</b>	<b>108</b>
11.1. OBJECTIFS DU CALENDRIER .....	108
11.2. DESCRIPTIF DU CONTENU DU CALENDRIER .....	108
<b>CHAPITRE 12. EVALUATION FINANCIERE ET ECONOMIQUE .....</b>	<b>111</b>
12.1. INTRODUCTION .....	111
12.2. DONNEES ET HYPOTHESES GENERALES .....	111
12.3. DONNEES DE CALCUL DE L'ANALYSE FINANCIERE .....	112
12.3.1. Coûts des investissements .....	112
12.3.2. Coûts des produits vendus .....	113
12.3.3. Prix de vente et programme des ventes .....	117
12.3.4. Sources de financement .....	117
12.3.5. Impôts et taxes .....	118
12.4. ANALYSE FINANCIERE PROPREMENT DITE .....	118
12.4.1. Coûts d'investissement total .....	118
12.4.2. Coûts de production .....	119
12.4.3. Fond de roulement .....	119
12.4.4. Sources de financement construction et production .....	119
12.4.5. Cash Flow réalisation et production .....	119
12.4.6. Taux de rentabilité interne .....	119
12.4.7. Déclaration de revenu net .....	119
12.5. INTERPRETATION DES GRAPHIQUES ET TESTS DE SENSIBILITE .....	119
12.6. ANALYSE DES RISQUES .....	120
12.7. RECOMMANDATIONS .....	120
<b>ANNEXES</b>	
<b>ANNEXE 1 : COMFAR</b>	
<b>ANNEXE 2 : LISTE DE DOCUMENTATION UTILISEE DANS L'ETUDE</b>	
<b>ANNEXE 3 : RAPPORT TECHNIQUE DE MISSION D'ETUDE DE LA</b>	
<b>COMMERCIALISATION DES PRODUITS DE LA PERLITE EN EUROPE</b>	
<b>ANNEXE 4 : DESSINS :</b>	
1	LE PLAN DU GISEMENT D'EGERALAYTA ET DE L'USINE
2	LE PLAN D'EXPLOITATION ET L'OUVERTURE DE LA CARRIERE
2a	LEVE GEOLOGIQUE A TRAVERS LES SONDRAGES S 21, S 22 ET S 23
3	LE PLAN D'AMENAGEMENT DE L'USINE DE TRANSFORMATION
4	LE SCHEMA TECHNOLOGIQUE : PERLITE BRUTE TRAITEE
5	LE SCHEMA TECHNOLOGIQUE : PERLITE EXPANSEE
6	D'ALIMENTATION ELECTRIQUE
7	LE PLAN D'AMENAGEMENT, COUPE A - A
8	LE PLAN D'AMENAGEMENT, COUPES B - B, C - C, D - D, E - E
9	LE PLAN D'AMENAGEMENT, COUPE F - F

## **CHAPITRE 1. RESUME, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.**

### **1.1. RESUME.**

L'exploitation industrielle de la perlite du gisement d'EGERALAYTA apparaît comme un projet rentable pour la République de Djibouti et la future société d'exploitation, sous réserve que l'investissement corresponde à des technologies modernes et que la perlite obtenue réponde aux besoins des marchés ciblés.

Les réserves géologiques globales du gisement d'EGERALAYTA sont estimées à 23 millions de tonnes et les réserves reconnues par sondage sont de 3.3 millions de tonnes. La veine de minerai affleure et il est possible de ce fait d'exploiter la carrière à ciel ouvert. Il est recommandé de commencer l'exploitation du gisement dans sa partie effondrée du bloc No. 23 où les réserves sont estimées à 504.520 tonnes. Le gisement ne contient pas la couverture stérile et l'exploitation n'utilisera donc pas d'explosifs. L'abattage du gisement sera réalisé par un rippeur. Le minerai dégagé sera chargé par un chargeur sur les camions qui le transporteront à l'usine de transformation. Il faudra réaliser des sondages pour vérifier l'étendue exacte du gisement pendant l'exploitation.

Les analyses physico-chimiques et les essais d'expansion effectués en laboratoire par le projet en Slovaquie font prévoir une bonne qualité de la matière première. La perlite produite peut-être utilisée dans un domaine du bâtiment, de cryogénie et d'une partie de celui de la filtration. Des essais d'expansion industriels devront être réalisés pour confirmer les tests effectués en laboratoire et répondre aux demandes des industriels utilisateurs et des actionnaires potentiels. Ils permettront aussi d'obtenir les échantillons indispensables à la promotion commerciale.

Le complexe de perlite d'EGERALAYTA produira et commercialisera trois produits : la perlite brute traitée, la perlite expansée et un peu de perlite hydrophobisée. La capacité de production du complexe permettra de satisfaire pendant 10 années, les ventes jusqu'aux niveaux suivants :

- perlite brute traitée - 50.000 - 75.000 t/an
- perlite expansée - 5.000 - 7.500 t/an
- perlite hydrophobisée - 500 - 1.000 t/an

Les études de marché laissent prévoir que les marchés locaux et internationaux sont accessibles. Elles montrent des possibilités de développement de la production et de la commercialisation la perlite d'EGERALAYTA sur les marchés ciblés. Il est recommandé d'effectuer rapidement des tests d'expansion industriels pour répondre aux demandes de l'ensemble des sociétés acheteuses ou susceptibles de participer au capital. Il est souhaitable de constituer et de former après le début du chantier une équipe commerciale qui assurera la promotion des perlites et leur commercialisation suivant les programmes commerciaux retenus. Elle étudiera les méthodes et les moyens de conquérir les différents marchés internationaux et régionaux durant la période de réalisation des installations et le début de la production.

Le complexe de perlite d'EGERALAYTA comportera deux unités de production : une carrière d'extraction et une usine de transformation de perlite. L'extraction du minerai sera réalisée sur le gisement de perlite d'EGERALAYTA.

En ce qui concerne l'emplacement de l'usine de transformation de perlite, deux variantes ont été étudiées :

- Alternative No. 1 : emplacement au voisinage du gisement d'EGERALAYTA
- Alternative No. 2 : emplacement au voisinage de la capitale de DJIBOUTI.

Les résultats de cette étude montrent que l'implantation près de Djibouti (alternative No.2) est la plus économique et la plus favorable à son exploitation. En effet l'implantation de l'usine près du gisement exigerait des investissements environ 1.5 fois plus importants et le transport de la perlite expansée coûterait à la tonne 10 fois celui du minerai. Au niveau de l'exploitation, la réalisation du projet près de la capitale facilite le recrutement du personnel qualifié et non qualifié nécessaire au projet. Par ailleurs, si l'Alternative No.1 était retenue, il serait nécessaire de construire une infrastructure importante comprenant les habitations des travailleurs dont le recrutement poserait des problèmes. Dans l'alternative No.2 retenue l'usine de transformation de perlite sera implantée à l'ouest de la capitale, à la proximité du quartier Balbala.

Le complexe d'extraction et de traitement comportera deux unités de production:

A/ Une carrière d'extraction complétée par un parc de transport du minerai.

B/ Une usine de transformation avec deux ateliers.

- Un atelier de perlite brute traitée.

- Un atelier d'expansion et d'hydrophobisation.

D'une façon générale, les équipements de la carrière et de l'usine sont ceux utilisés dans le monde entier pour les exploitations minières. Le four et son brûleur sont spécifiques à la technologie d'expansion de certains minerais (perlite, vermiculite). Les coûts d'investissements fixes initiaux en machines et équipements sont estimés à 6.618.000 USD et ceux de terrain et des travaux de génie civil à 3.810.000 USD. Les coûts total de ces investissements pendant la réalisation du projet sont de 10.428.000 USD.

Les dépenses de préproduction sont estimées à 1.280.000 USD et augmentation du fond de roulement calculé par COMFAR à 391.674 USD. Les coûts total des investissements initiaux avec les coûts financiers dans cette période sont estimés à 12.298.054 USD.

Pour remplacer les engins et véhicules amortis après 5 ans, les matériels de production et équipements amortis après 7 ans et les installations auxiliaires amorties après 10 ans les investissements fixes nécessaires sont estimés à 6.618.000 USD, avec les intérêts et du fond de roulement net des investissements total pendant la production sont de 7.802.446 USD.

Les besoins de financement des investissements seront couverts par les fonds propres (capital social) estimé à 6 millions d'USD, par des emprunts à long terme de 6.805.490 USD et des emprunts court terme de 190.252 USD d'après les calculs par COMFAR.

L'organisation du complexe a pour objectif de réaliser des objectifs industriels et commerciaux, de coordonner et de contrôler les résultats obtenus. La structure prévue assumera, au moindre coût, aux différentes fonctions de l'entreprise et définir la répartition des responsabilités entre les personnes. La période de démarrage des travaux préparatoires et de l'exploitation, exige des experts et des consultants étrangers comme, par exemple, des ingénieurs des mines, de production, d'expansion et un responsable commercial. Il faut aussi prévoir une formation des cadres et du personnel local recrutés pour ces postes.

La réalisation du projet près de la capitale (alternative No. 2) est la solution recommandée, car le recrutement du personnel nécessaire au projet ne devrait pas, dans ce cas, présenter de difficultés. Le projet permettra d'employer : de 49 à 64 personnes : avec un salaire mensuel total pouvant varier de 20.521 à 25.201 USD suivant le niveau d'activité. Le salaire moyen mensuel de la main d'œuvre est estimé à 306 USD. Le salaire moyen mensuel des fonctionnaires est estimé à 796 USD.

D'après l'analyse financière effectuée on peut estimer que le complexe de perlite d'EGERALAYTA est un projet financièrement viable. Le projet satisfait aux critères financiers importants comme TRI ou VAN. Le remboursement de la dette ne présente pas de difficultés et la récupération du capital est réalisé après sept ans. L'étude des sensibilités du TRI, du VAN et du seuil de rentabilité vis à vis des prix de ventes, des coûts d'exploitation et des investissements montrent que le risque le plus important pour ce projet se situe au niveau des ventes tant pour les prix de vente que pour les quantités vendues. Ceci confirme les préoccupations des partenaires financiers potentiels.

Cependant, il est important de mentionner que la mise en œuvre et la mise en exploitation du projet devraient se faire selon les recommandations et estimations, afin d'assurer la réalisation des résultats de l'étude.

## **1.2. CONCLUSIONS.**

L'étude de marché international montre que les industriels transformant la perlite brute traitée sont intéressés par nouvelles sources de minerai de perlite. Ils recherchent de la perlite traitée de qualité fournie à un prix compétitif par un fournisseur sérieux. L'éloignement géographique de l'Europe pénalise la commercialisation de la perlite brute traitée de la mine d'EGERALAYTA sur ce marché européen mais favorise ses ventes sur les marchés du Golfe persique, de l'Afrique de l'Est et des Indes. En effet, si la qualité est voisine de celle de la perlite grecque, le prix rendu usine devra rester compétitif et la profitabilité des ventes sur l'Europe, de ce fait, très aléatoire.

La situation géographique du gisement, sa structure et la nature de son minerai constituent autant d'éléments à priori favorables à la faisabilité du projet. Toutefois des essais industriels d'expansion s'avèrent indispensables pour confirmer son intérêt et préciser sa valeur commerciale. Un certain nombre d'entreprises ont exprimé leur intérêt, sous certaines réserves, comme acheteurs de perlite brute traitée et comme investisseurs ce qui est favorable au développement du projet.

## **1.3. RECOMMANDATIONS.**

Sur la base de cette étude, il est recommandé au Gouvernement de Djibouti et aux promoteurs du projet de réaliser les opérations suivantes nécessaires à la réussite du projet dans l'ordre chronologique suivant:

### **- Phase préalable.**

- 1/ Lever les incertitudes sur la qualité et la valeur commerciale de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA en effectuant les tests industriels.
- 2/ Obtenir confirmation de l'attribution du statut de Zone Franche à la société minière d'Egeralayta. Il lui permettra d'être plus compétitive sur le marché européen où la concurrence est très importante.
- 3/ Rechercher les partenaires financiers intéressés avec les résultats chiffrés et les échantillons obtenus lors des tests.

### **- Phase de réalisation.**

- 1/ Définir, en fonction de la qualité et de la valeur commerciale confirmée par les tests industriels, la politique commerciale adaptée à chaque marché ciblé et y rechercher des partenaires commerciaux.
- 2/ Constituer dès que possible l'équipe et les outils de promotion de l'emploi de la perlite expansée dans les pays du COMESA, du Golfe persique et des Indes pour prendre des parts de marché en concurrençant le polystyrène auprès des professionnels du bâtiment.
- 3/ Etudier, pour chaque marché ciblé, la logistique des transports maritimes et terrestres pour offrir aux acheteurs les solutions de transport les plus économiques et leur apporter une assistance efficace dans ce domaine.
- 4/ Mettre en place des installations et une organisation permettant d'obtenir la norme ISO 9000 et répondre ainsi à une demande de qualité des acheteurs européens.

## CHAPITRE 2. INTRODUCTION.

Djibouti fait partie du groupe de Pays les Moins Avancés (PMA). La part de la valeur ajoutée manufacturière dans le PIB du pays a été de 8 % en 1994. Cependant le pays renferme d'immenses potentialités minières. A la demande du Gouvernement de Djibouti, des recherches minières effectuées par le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) avec le concours financier de la Banque Islamique de Développement ont permis de découvrir un important gisement de perlite dans le massif d'EGERALAYTA.

Le Gouvernement a manifesté à plusieurs reprises son intention d'exploiter le gisement d'EGERALAYTA. Au vu des résultats des recherches effectuées antérieurement, le Gouvernement souhaite poursuivre l'idée de mise en valeur du gisement identifié dans le massif d'EGERALAYTA près de Goubet en engageant la phase suivante, à savoir l'étude de faisabilité du projet.

Dans le cadre du Projet XA/DJI/96/621 "ETUDE DE FAISABILITE POUR L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA AINSI QUE DE SES SOUS-PRODUITS" une mission l'ONUDI s'est rendue à DJIBOUTI où elle a séjourné du 11/02/1997 au 11/03/1997. Composée d'un technologue Anton MIKULA, chef de mission ; d'un analyste du marché Kamil KANDERA ; d'un analyste financier Karol ACHIMSKY et d'un géologue Milan LOBIK. Elle a été rejointe par Dr. V. Klykov, responsable du projet de l'ONUDI.

Pour assurer la réalisation des objectifs de ce projet l'équipe a effectué les activités suivantes :

- Faire l'inventaire de gisements de perlite, des usines d'expansion, des ateliers de fabrication des produits dérivés et des projets d'exploitation de la perlite dans la sous - région.
- Etudier les résultats du rapport géologique et minier élaboré par le Bureau de Recherches Minières et Géologiques (BRGM) et élaborer une proposition précise pour la création d'une carrière d'exploitation du gisement d'EGERALAYTA.
- Analyser et quantifier le volume actuel et futur de la demande en perlite brute traitée et expansée ainsi que celle des produits dérivés sur le plan local, régional et international.
- Formuler pour le Gouvernement et les investisseurs potentiels un plan stratégique de marketing pour la perlite comportant les points suivants : types de produits, qualité, volumes de vente par produits et pays cibles.
- Faire l'étude de la faisabilité du projet selon la méthodologie contenue dans le manuel de l'ONUDI ID/372 avec l'utilisation du logiciel COMFAR pour les volets financiers et l'analyse de sensibilité en se basant sur les résultats des études des marchés nationaux, régionaux, internationaux et sur la description des technologies retenues pour la production des différents produits,
- Présenter et discuter les différentes alternatives d'action possibles pour la réalisation ce projet.

Avec le support du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Mines, la mission a contacté plusieurs institutions et des organismes publics et privés. Elle a ainsi collecté les informations nécessaires pour la réalisation de l'étude de faisabilité.

On estime que la présente étude facilitera au Gouvernement ainsi qu'aux promoteurs potentiels du projet la prise de décision d'investissement et la mise en place de la stratégie de promotion et d'exploitation industrielle du gisement. Elle permettra aussi évaluer les retombées et effets directs et indirects de ce projet sur le secteur industriel et l'économie du Pays et facilitera le lancement d'un appel d'offre international pour rechercher un investisseur potentiel et les sources de financement du projet.

## **CHAPITRE 3. CARACTERISTIQUES DU GISEMENT DE PERLITE D'EGERALAYTA ET SON EXPLOITATION**

### **3.1. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES DU GISEMENT**

#### **3.1.1. Situation géographique.**

Le gisement de perlite d'EGERALAYTA est situé en République de Djibouti, à 78 km à l'ouest de la capitale où se trouve un port) en bordure immédiate de la route goudronnée reliant Djibouti à Tadjoura, entre la plaine de Sida et le golfe du Ghoubet (Dessin 3 - 2, Annexe 2 - Dessin 1).

Les coordonnées cartographiques moyennes du gisement, relevées sur la carte topographique 1/100 000, feuille d'Ali Sabieh, sont :  $x = 231,1$ ;  $y = 1269,3$ . Son altitude est comprise entre 480 m environ, en bordure de la plaine de Sida, et 588 m en son point culminant.

Le gisement de perlite proprement dit, sub-circulaire, d'environ 2 km de diamètre, ne représente qu'une partie de l'extrémité sud-orientale du massif d'EGERALAYTA qui s'étend sur une quinzaine de kilomètres de long, en bordure sud du golfe du Ghoubet (Ghoubat al Kharab), jusqu'au voisinage du lac Assal, suivant une direction NO-SE.

La surface du gisement est entaillée par de profonds ravins qui s'irradient à partir de son centre. La végétation est pratiquement inexistante et comprend quelques rares épineux et maigres touffes d'herbes en saison humide.

#### **3.1.2. Etudes antérieures.**

L'étude de faisabilité est fondée sur les résultats de deux études réalisées par P.M.THIBAUT, en octobre et décembre 1990 (BRGM-France). Comme travaux antérieurs, nous pouvons mentionner ceux effectués par L. STIELTJES (1973), F. CHAMPREUX (1977), H. CHATELET (1985), J. B. MURDOCK (1980) J. P. RANCON (1988) présenté en Annexe 3.

#### **3.1.3. Contexte géologique du gisement.**

Le gisement de perlite proprement dit ne représente qu'une partie de l'extrémité sud-orientale du massif d'EGERALAYTA (Dessin 3 - 1) qui est essentiellement constitué de formations acides comprenant (L. STIELTJES, 1973 et 1974 et G. MAZET, 1986):

- A la base, quelques coulées épaisses de roches intermédiaires (trachytes sombres, trachyrhyolites) surmontant la série stratoïde de l'Afars,
- Des produits explosifs (ignimbrite, ponces) avec des petits niveaux intercalaires d'obsidiennes et un niveau de perlite inférieur.

Ces produits explosifs, dont l'épaisseur varie de quelques mètres à une cinquantaine de mètres, sont particulièrement visibles sur le flanc nord du massif sur une distance de 3 à 4 km. Ces produits sont surmontés de dômes et de coulées épaisses de rhyolite renfermant des niveaux perlitiques.

Ces formations, d'âge pléistocène sont rattachées à la partie supérieure de la série stratoïde de l'Afars, dont la base est constituée par un empilement de coulées basaltiques.

#### ***Morphologie et structure du gisement.***

Le gisement est constitué par une structure en type dôme - coulé :

a) D'une part, le dôme stricto-sensu, au sommet relativement plat, constitue l'essentiel de cette structure. Il est affecté par une fracturation concentrique et radiale propre à la mise en place des protrusions visqueuses. Ces fractures décalent verticalement et transversalement de nombreux compartiments du dôme. Leur tracé est le plus souvent matérialisé par des ravins. Les zones de fractures sont partiellement injectées de rhyolite ou remplies d'un matériau bréché à matrice carbonatée.

b) D'autre part, un ensemble de coulées non affectées par la fracture concentrique et radiale, émane du dôme et leur mise en place sont probablement contemporaines. Ces coulées rhyolitiques et perlitiques, d'extension limitée, se rencontrent dans la partie nord-est du gisement.



## LEGENDE PARTIELLE

### Série stratolite de l'Afar (Pli-pléistocène)

Massifs acides, composés de roches d'affinité rhyolitique, intercalés au sommet de la série stratolite: trachytes rhyolitiques, rhyolites alcalines à hyperalcalines, vitreuses ou microcristallines (environ 1 M.A.) Dominance de pyroclastites à la base (tufs, ponces, ignimbrites) et de coulées ou de dômes au sommet

Partie supérieure de la série stratolite de l'Afar: coulées fissurales basaltiques à tendance alcaline (basaltes, hawaïtes), en discordance tectonique d'amplitude variable suivant les secteurs avec la base de cette série (environ 1 M.A.)

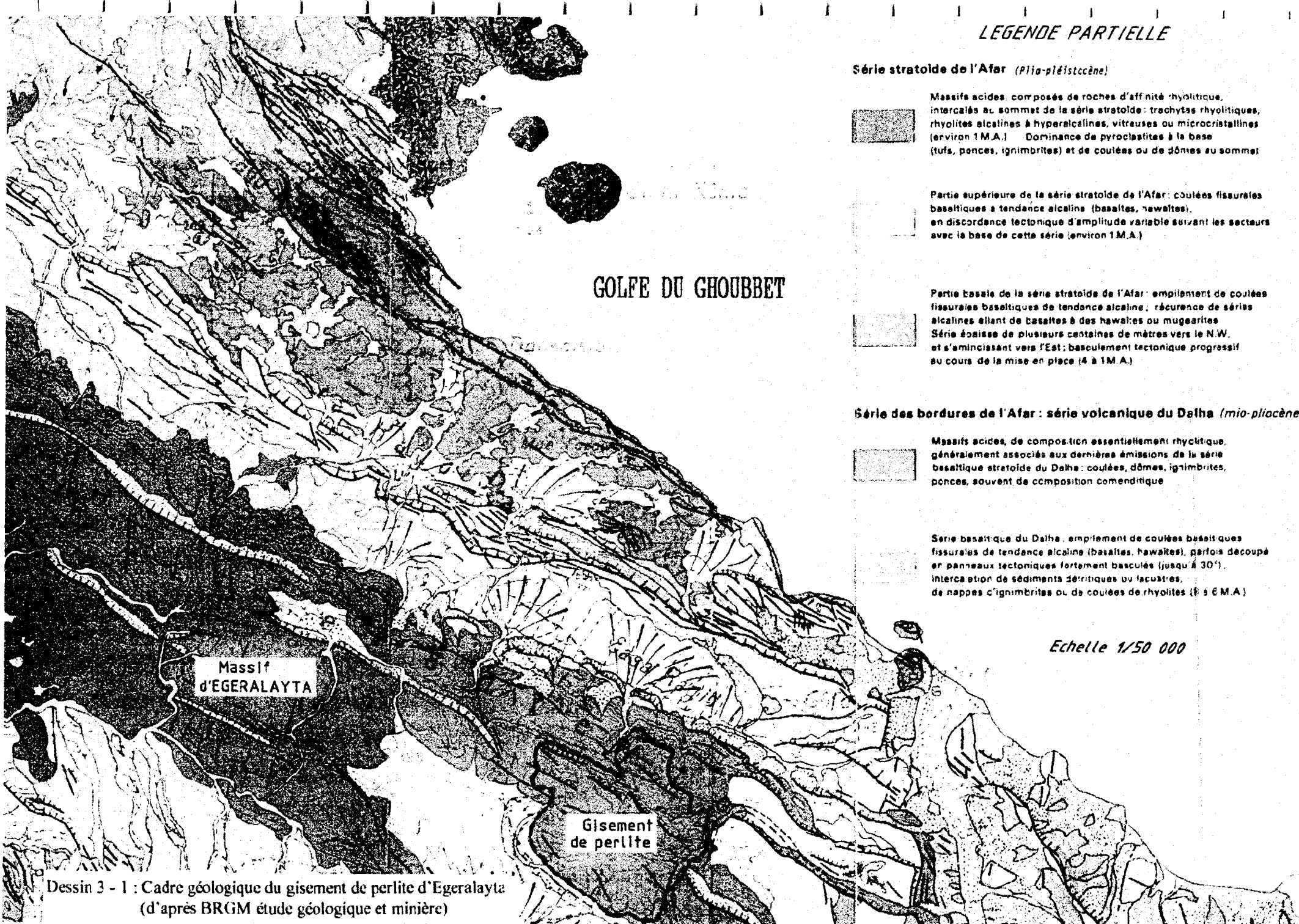
Partie basale de la série stratolite de l'Afar: empilement de coulées fissurales basaltiques de tendance alcaline; récurrence de séries alcalines allant de basaltes à des hawaïtes ou mugearites. Série épaissit de plusieurs centaines de mètres vers le N.W. et s'amincissant vers l'Est; basculement tectonique progressif au cours de la mise en place (4 à 1 M.A.)

### Série des bordures de l'Afar: série volcanique du Dalha (mio-pliocène)

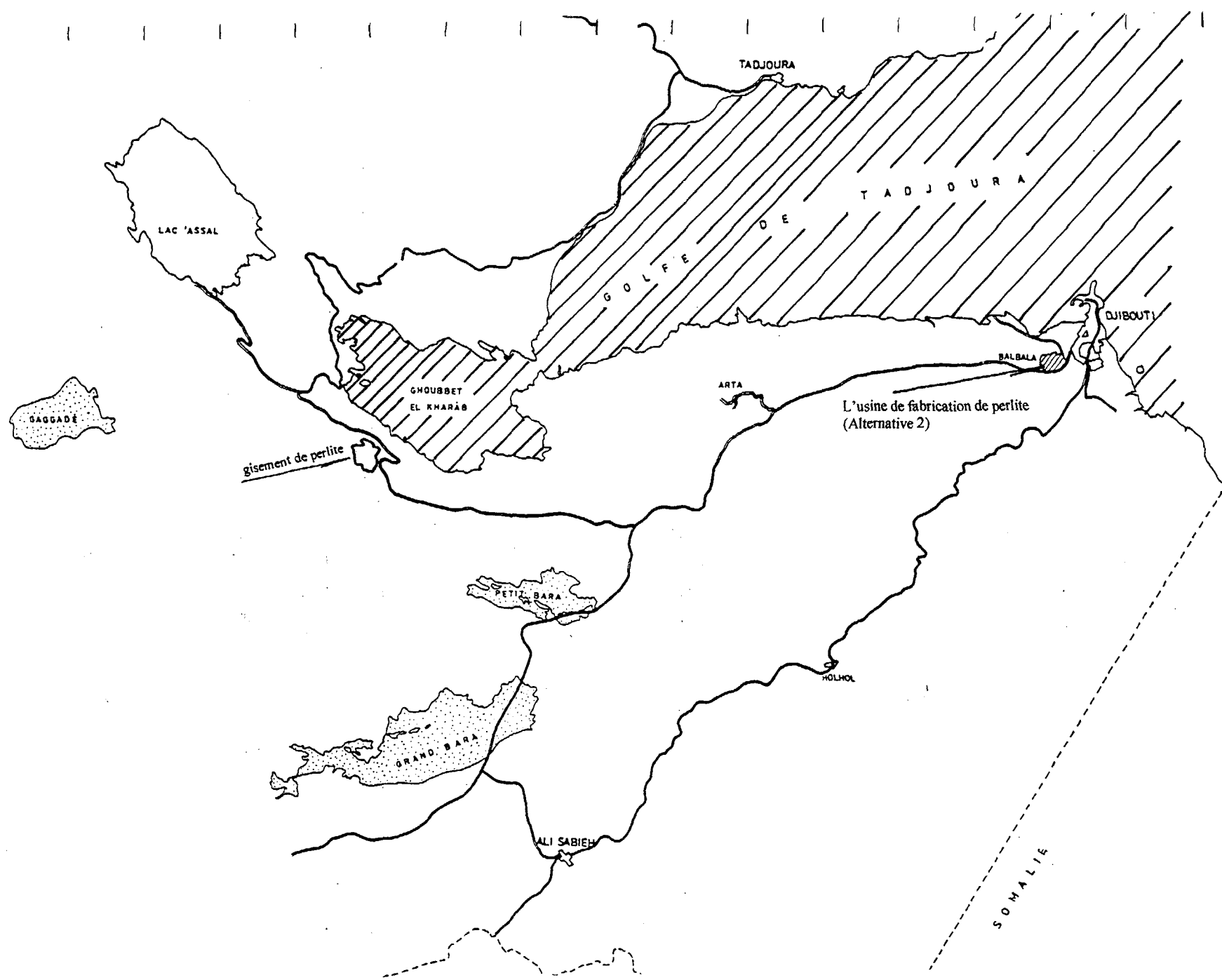
Massifs acides, de composition essentiellement rhyolitique, généralement associés aux dernières émissions de la série basaltique stratolite du Dalha: coulées, dômes, ignimbrites, ponces, souvent de composition comenditique

Série basaltique du Dalha, empilement de coulées basaltiques fissurales de tendance alcaline (basaltes, hawaïtes), parfois découpé en panneaux tectoniques fortement basculés (jusqu'à 30°), intercalation de sédiments détritiques ou lacustres, de nappes d'ignimbrites ou de coulées de rhyolites (5 à 6 M.A.)

Echelle 1/50 000



Dessin 3 - 1 : Cadre géologique du gisement de perlite d'Egeralayta (d'après BRGM étude géologique et minière)



Dessin 3 - 2 : Carte de situation

Elles sont séparées du dôme et décalées verticalement de celui-ci d'environ 80 m par des failles NO-SE d'origine tectonique (probablement liées aux phases tectoniques régionales de la bordure Sud-Ghoubet). Deux grands compartiments de 900 m d'extension NO-SE peuvent être individualisés au sein de cet ensemble de coulées.

#### *Lithostratigraphie du gisement.*

Au cours des levées géologiques, la lithostratigraphie nord-est du gisement a été établie. De bas en haut, nous observons successivement :

\* **Un complexe perlitique inférieur visible**, principalement en bordure des secteurs nord et du massif à l'interface entre les coulées issues du dôme et le substratum trachyto-basaltique. Ce complexe affleure également mais très ponctuellement sur les bordures Ouest et Est du dôme où sa limite inférieure n'est pas visible, notamment au voisinage de l'ancienne piste d'Asal.

Sur le flanc NO du grand escarpement tectonique, il se limite à une mince couche irrégulière d'environ 1 m d'épaisseur.

Ce complexe est constitué de plusieurs unités de perlite d'aspect différent :

- quand le contact avec les coulées scoriacées du substratum trachytique ou basaltique est visible, la base de l'empilement est généralement formé d'un niveau de 2 à 5 m d'épaisseur de perlite grise, tendre, à faciès quelque fois rubané, et contenant localement des grains d'obsidienne organisés en lits d'épaisseur centimétrique.

Toutefois, à la bordure nord du gisement, ont été retrouvées des retombées ponceuses, probablement liées à une phase volcanique explosive précédant la mise en place du magma visqueux formant le dôme-coulée. Ces retombées de ponces s'intercalent entre le substratum trachyto-basaltique et la base du complexe perlitique inférieur.

Ce niveau de perlite grise est surmonté par une unité (de 3 à 7 m d'épaisseur) à faciès bréchique, constituée de blocs friables, anguleux, d'obsidienne à tendance perlitique, de dimension décimétrique à métrique, cimentés par des dépôts de produits carbonatés blanchâtres à jaunâtres.

- L'unité sommitale du complexe perlitique inférieur, quand elle existe, correspond à de petites bancs (1 à 2 m d'épaisseur) de perlite à sphérolites de dévitrification et à lithophyses pouvant passer latéralement et graduellement à des rhyolites, également à des sphérolites et à des lithophyses. La distinction nette entre les deux faciès est parfois difficile à établir sur le terrain.

\* **Un ensemble rhyolitique intermédiaire.** Il est formé dans tout le gisement, par des bancs rhyolitiques décimétriques à métriques présentant des figures de flux (microplissements, rubanement, litage) et une pseudostratification.

Le pendage et la direction très variables des laves rhyolitiques dans l'ensemble du gisement parfois sur quelques mètres de distance, sont des caractéristiques intrinsèques de leur mise en place et correspondent à des déplacements différentiels des masses de lave visqueuse.

L'ensemble rhyolitique ceinture tout le gisement d'Egeralayta dont il constitue la plupart du temps la seule unité affleurant sur les bordures.

Au niveau du dôme, l'épaisseur à l'affleurement de cette barre rhyolitique varie entre 10 et 30 m en moyenne. Toutefois, son contact avec l'unité perlitique inférieure n'étant pas la plupart du temps visible, il est raisonnable de penser que son épaisseur réelle est plus importante: l'effondrement du compartiment nord-est du gisement correspondant aux coulées issues du dôme permet d'observer un empilement de près de 80 m d'épaisseur de coulées rhyolitiques très compactes.

De manière générale, les coulées rhyolitiques, de couleur gris-beige à rougeâtre, sont massives quelquefois porphyritiques et constituent des falaises et des talus abrupts, nettement marqués dans la topographie. Les rhyolites possèdent dans leur mésostase vitreuse des sphérolites de dévitrification. Mais c'est surtout la présence de lithophyses de teinte gris-rosé, dont le diamètre peut atteindre plusieurs centimètres, qui est le plus souvent notable; en particulier dans la partie supérieure des coulées qui peuvent alors être qualifiées de pyrométries.

\* **Un complexe perlitique supérieur** formant le propre gisement surmonte systématiquement l'ensemble rhyolitique intermédiaire et se rencontre aussi bien à la partie sommitale du dôme, qu'au toit des coulées du versant nord-est effondré. Le passage entre les coulées rhyolitiques inférieures et les premiers niveaux perlitiques se fait de manière très progressive, et il est souvent impossible de tracer précisément la limite entre le faciès rhyolitique et le faciès perlitique.

A l'exception de variations latérales de faciès, locales et d'extension limitée (passage de rhyolite à lithophyses vers perlite à lithophyses), la succession des niveaux perlitiques supérieurs est la suivante, de bas en haut, dans l'ensemble du gisement.

- Au contact des coulées rhyolitiques, nous observons une évolution rhyolite à lithophyse à tendance perlitique - perlite à lithophyses. Ce premier niveau de perlite, de couleur gris-claire à noirâtre, très friable, renferme une quantité importante de lithophyses de 0,5 à plus de 2 cm de diamètre, souvent associées à des sphérolites rougeâtres de quelques millimètres de diamètre. L'abondance de ces sphérolites croît plus ou moins progressivement vers le sommet. La présence de granules d'obsidienne de quelques millimètres de diamètre, dispersés ou organisés en lits, a été observée dans ce type de perlite. Sous microscope, la roche montre une matrice vitreuse abondante, avec une texture perlitique typique en pelures d'oignons, dans laquelle baignent des petites vésicules pleines, à texture fibro-radiée (sphérolites), de grosses vésicules creuses tapissées de produits quartzo-feldspathiques (lithophyses), des phénocristaux de feldspath, et parfois quelques petits cristaux d'amphibole.

A l'affleurement, l'épaisseur de ce niveau peut varier de 1 à 5 m en moyenne;

- Ce niveau est suivi sans que là encore nous puissions établir un passage franc, par des bancs formés d'une roche d'aspect assez proche d'une perlite standard, grise, friable, à cassure brillante d'aspect lustré, renfermant la plupart du temps des granules d'obsidienne de quelque millimètres de diamètre. Cette formation présente le plus souvent un faciès bréchiq ue dû à de nombreux filonets hydrothermaux ( produits carbonatés essentiellement) parcourant la masse de la roche et lui donnant un aspect de mosaïque à blocs décimétriques à métriques de perlite.

Ce même niveau peut passer latéralement ou verticalement à une roche analogue, généralement moins friable, voire résistante, renfermant de nombreux cristaux de feldspath en baguette blanchâtre.

Au microscope, la perlite standard est caractérisée par une matrice vitreuse très abondante, à texture perlitique en pelures d'oignons, dans laquelle nous observons un début de cristallisation de petites baguettes de feldspath et de quelques petits cristaux d'amphibole. Dans le faciès rocheux à cristaux blanchâtres, on observe une matrice vitreuse moins abondante et l'absence de texture perlitique. La roche est alors caractérisée par une texture microlitique porphyrique tendant vers une texture en flammèches, avec de nombreux cristaux de feldspath en baguettes et quelques phénocristaux de feldspath. La roche est plus cristallisée ou dévitrifiée que la précédente.

A l'affleurement, l'épaisseur de ce niveau de perlite standard varie entre 3 et 5 m; une épaisseur maximum de 15 m a été observée sur le flanc sud-est du dôme;

- Au-dessus du complexe perlitique supérieur, on passa en continu du niveau précédent à une unité perlitique à patine ocre ou brune caractéristique et de couleur gris-clair à la cassure. La roche est dure mais légère. Elle présente une fine vésication orientée suivant la fluidité de la lave, lui conférant un aspect ponceux. Fréquemment, la roche présente un rubanement ou un litage plus ou moins prononcé où alternent des lits de couleur gris-clair et noirâtre, d'épaisseur plurimillimétrique, correspondant aux plans de fluidité, de la lave. A l'affleurement, l'érosion souligne généralement ce litage, la roche étant alors caractérisée par un débit en plaquettes et en feuillets.

En lame mince, la perlite ponceuse se particularise par un verre vésicule très abondant, dont la texture est à tendance ignimbritique, avec quelques phénocristaux de feldspath potassique et quelques petits cristaux d'amphibole. Sur le terrain, cette unité de perlite ponceuse est le plus souvent démantelée et débitée en blocs anguleux, décimétriques à métriques, „nappant“ les autres unités du gisement. Son extension est donc très importante et son épaisseur moyenne est de l'ordre de 2 à 3 m. Mais localement, il peut s'agir uniquement d'une fine pellicule d'épaisseur inframétrique d'éluvions et d'éboulis constitués de blocs de perlite ponceuse, les formations sous-

jaçentes apparaissant alors en boutonnière. Là où cette unité demeure en place, elle est intensément découpée en petits blocs par un réseau de diaclases remplies de produits carbonatés blanchâtres à ocre, généralement pulvérulents, d'origine hydrothermale, lui conférant un faciès bréçhique.

Nous constatons donc que, globalement la même succession lithostratigraphique peut être observée d'un endroit à l'autre du gisement.

Les grandes traverses effectuées ainsi que les coupes lithostratigraphiques localisées montrent une organisation générale stratiforme des différentes unités d'écoulement en enveloppes épousant la topographie d'ensemble du gisement, la „différenciation“ perlitique du dôme-coulée étant essentiellement marquée à la partie supérieure de l'enveloppe des laves le constituant.

Le complexe perlitique inférieur, peu affleurant, est peut-être, quant à lui, à associer à l'effusion des premières laves rhyolitiques vitreuses (obsidiennes) qui ont évolué vers des faciès perlitiques par hydratation.

Il convient de préciser que cette apparence d'homogénéité en grand partie du gisement est fréquemment mise à défaut dans le détail. En effet, une même unité lithologique peut affleurer à des niveaux altimétriques différents et avec des épaisseurs variables selon l'endroit où l'on se trouve dans le gisement. Les corrélations lithostratigraphiques sont représentées le Dessin 2 a.

### 3.1.4. Estimation des réserves.

D'après les études réalisées par P.M. THIBAUT (1990) les réserves de gisement sont les suivantes (tableau 3 - 1) :

- **Les réserves possibles (géologiques) globales** du gisement sont estimées à environ **23 Mt**, d'une épaisseur moyenne de 9 m, calculée à partir de 13 sondages. La surface totale du niveau exploitable est d'environ 1.154.000 m<sup>2</sup>. Les réserves probables reconnues par sondage sont de 2,14 Mt. Etant donné que nous proposons de commencer l'exploitation dans la partie Est du gisement (compartiments effondrées) en raison du bon accès au gisement, nous détaillerons les réserves industrielles de cette partie.
- **Les réserves possibles géologiques sont de 7 Mt**. Elles ont une épaisseur moyenne d'environ 11,6 m variant entre 7,3 à 20,5 m. Les réserves reconnues par sondage sont de **1,13 Mt**. La superficie de la partie effondrée est de 311.000 m<sup>2</sup>.

Tableau 3 - 1 : La répartition des réserves probables reconnues par les recherches minières.

Numéro de bloc	Numéro de sondage	Epaisseur exploitable (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonnage (t)
<b>A: Dôme</b>					
1	S12	13	7.854	102.102	
2	S13	9	7.854	70.686	
3	S3	10	7.800	78.000	
4	S1	10	6.920	69.200	
5	S14	4,5	7.854	35.343	
6	S4	2	4.440	8.880	
7	S11	10,5	6.560	68.880	
8	S10	9,5	7.200	68.400	
9	S5	17	7.854	133.518	
10	S8	12,5	7.600	95.000	
11	S6	4	7.040	28.160	
12	S7	6	5.560	33.360	
13	S9	11	6.640	73.040	
Sous total				864.569	1.902.052
14	Carrière pilote	5	7.240	36.200	
Sous total				900.769	1.981.692

Numero de bloc	Numero de sondage	Epaisseur exploitable (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Tonnage (t)
15	S16	> 6,3	4.120	25.956	
16	T1	> 2,5	7.580	18.950	
17	T2	> 2,5	7.854	19.635	
18	T3	> 2,3	3.720	8.556	
Sous total				973.866	2.142.505
<b>B: Compartiments effondrés</b>					
19	S18	8	7.400	59.200	130.240
20	S19	11,5	7.854	90.321	198.706
21	S20	10,5	6.680	70.140	154.308
22	S21	7,3	6.280	45.844	100.857
23	S22	20,5	7.760	159.080	349.976
24	S23	12	7.480	89.760	197.472
Sous total				514.345	1.131.559
Epaisseur moyenne sur 19 sondages complets : 9,94 m (arrondi à 9,9 m)					
Total général				1.488.211	3.274.064

### **3.1.5. Résultats des analyses et des tests d'aptitude industrielle.**

Les résultats des analyses chimiques, des tests d'expansion ainsi que ceux des réserves ont été extraits des rapports du BRGM. Un essai d'expansion en laboratoire a été fait en Slovaquie pour la confirmer les résultats de ces rapports. Dans le cadre d'une ouverture du gisement, un calcul des réserves des parties du gisement exploitées sera réalisé dans les premières années d'exploitation du gisement.

#### *Composition chimique des perlites :*

La composition chimique des principaux types de perlite constituant l'essentiel de la masse du gisement d'ÉGERALAYTA sur 4 échantillons est donnée dans le tableau 6 -5 en comparaison avec celle de la composition chimique de quelques perlites typiques exploitées dans le monde. Comparée aux perlites des principaux gisements mondiaux, nous ne constatons aucune anomalie majeure dans la composition chimique des perlites d'ÉGERALAYTA, mais une notable similitude de la composition avec la plupart d'entre elles.

Dans le détail, on peut noter un très léger déficit en alumine, surtout par rapport aux perlites de Sardaigne, et comme pour ces dernières, une teneur en fer totale relativement importante (1,85 à 2,1% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dans la partie Ouest du gisement qui pourrait être préjudiciable à la production de perlite de qualité filtration lorsque l'exploitation de cette partie sera envisagée. La partie Est du gisement, qui sera exploitée en premier a un contenu en fer inférieur à 1%.

La teneur en alcalins (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) est comparable à celle de beaucoup d'autres perlites et, bien qu'elle soit un peu forte, elle ne devrait pas poser de grands problèmes en production. Rappelons à ce propos que les éléments alcalins sont des fondants, qui sont intéressants dans la mesure où ils permettent un relatif abaissement de la température d'expansion dans le four, mais en contrepartie, ils influent directement sur la valeur du pH du produit. Celui-ci est important non seulement en application filtration (influence sur le pH du liquide à filtrer) mais également pour d'autres applications (horticulture, charges etc.)

On notera également que la teneur en CaO + MgO est intéressante et tout à fait comparable à celles de la perlite turque et de la perlite russe, mais sensiblement plus faible que celles des perlites de Sardaigne. En production, on assure généralement CaO + MgO < 2 %.

En conclusion, la composition chimique des perlites de la nappe supérieure du gisement d'Egeralayta est tout à fait classique et conforme à celles des autres perlites exploitées dans le monde.

Tableau 3 - 2 : Résultats corrigés des essais d'expansion et secteurs d'utilisation industrielle (laboratoire du BRGM France)

NATURE DE LA PERLITE	NUMERO ECHANTILLON	CE t <sub>m</sub>	SUR BRUT		SUR EXPANSE					APPLICATION POSSIBLE
			PaFT (%)	FER (ppm)	STERILES (%)	DNT (kg/m <sup>3</sup> )	Ra (%)	DNT (40) (kg/m <sup>3</sup> )	Ra (40) (%)	
STANDARD ROCHEUSE	S18a (1-1,5 m)	43	3,7	830	0	32,8	39	35	41,1	cryogénie et bâtiment
PONCEUSE RESISTANTE	S19a (1,5-2 m)	43	4	685	0	29,2	17	31	18,9	cryogénie (limite filtration)
STANDARD SANS OBSIDIENNE	S19b (7-7,5 m)	43	3,3	605	0,2	34,2	17,3	37	19,5	cryogénie
STANDARD + RARES OBSIDIENNES	S19c (9,5-10 m)	43	3,1	760	0	37,1	9,3	40	11,7	cryogénie
PONCEUSE VERS STANDARD	S20a (5-5,5 m)	43	4	630	0	46,4	56,5	50	59,5	bâtiment - horticulture
STANDARD SANS OBSIDIENNE	S20b (8,7-9,5 m)	43	3,2	790	1,8	32,9	10,3	35	12,5	cryogénie
STANDARD SANS OBSIDIENNE	S 21a (3-4 m)	38	3,4	660	1,6	37,9	41,6	36	39,9	cryogénie et bâtiment
LITHO. + SPHERO. PEU ABONDANTS	S21b (6-6,5 m)	38	3,2	540	3,9	55,7	62,5	53	59,9	bâtiment - horticulture
STANDARD ROCHEUSE	S22a 11,5-12 m)	38	3,2	660	3,4	35,7	54,5	34	52,9	cryogénie et bâtiment
STANDARD + RARES OBSIDIENNES	S22b (16,5-17 m)	40	3,2	676	2,5	34,3	28,8	34	28,8	cryogénie
PEU PONCEUSE	S23a (2,2-2,7 m)	38	4	762	2,7	32,9	18,1	31	16,6	cryogénie (limite filtration)

Ce t<sub>m</sub> : Coefficient d'expansion du témoin

PaFT : Perte au feu théorique (en éliminant les pertes dues aux carbonates)

DNT : Densité non tassé

Ra : Résistance mécanique à l'attrition

DNT (40) : Densité non tassé recalculée pour un témoin de coefficient d'expansion de 40

Ra (40) : Résistance mécanique recalculée pour un témoin de coefficient d'expansion de 40

Tableau 3 - 3: Complexe perlitique supérieur. Résultats bruts des essais de laboratoire (laboratoire du BRGM France)

Nature lithologique de la roche	SURFACE					SONDAGES															TRANCHEES									
	Ponceuse	Standard + rares obsid.	Litho. + Sphéro moy. abond.	Litho. + Sphéro peu abond.	Litho. + Sphéro très abond.	Standard	Standard + rares obsid.	Litho. + Sphéro peu abond.	Ponceuse vers standard	Standard	Litho. + Sphéro peu abond.	Standard vers peu ponceuse	Ponceuse tendre	Ponceuse (peu) résistante	Standard	Standard + rares obsid.	Litho. + Sphéro moy. abond.	Litho. + Sphéro très abond.	Litho. + Sphéro peu abond.	Standard	Rubanée peu ponceuse	Rubanée peu ponceuse	Standard	Standard + rares obsid.	Standard + rares obsid.	Ponceuse résistante	Standard rocheuse	Ponceuse résistante		
Code litho.	Pr	So'	LS <sup>±</sup>	LS'	LS*	S	So'	LS'	P-S	S	LS'	S-P	Pt	Pr	S	So'	LS <sup>±</sup>	LS*	LS*	S	Rp	Rp	S	So'	So'	Pr	Sr	Pr		
Numéro échantillon	Coupe 1	Coupe 6	Coupe 7	S1		S3			S5				S8				S10	S11		S12	T1			T2	T3					
	EG5	EG10	EG12	7,3/8,5	10/11,5	1,5/3	4/5,5	6/7	1/2	3/4	10/10,9	14/14,7	17/18	3,8/5	7,5/8	8,8/9,9	11/12,5	14,2/16	7,5/8,5	0,5/1,8	2,5/3,6	7,6/8,5	7/8,5	A	B	C	A	A		
Sur mineral brut H <sub>2</sub> O (110°C)	%	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,7	0,6	5,4	0,6	1,0	1,2	5,7	0,6	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	1,6	0,2	0,2	0,1	0,2	1,6	0,3	1,5	
CaCO <sub>3</sub>	%	-	7,9	4,4	0	0	0,6	0	0	1,3	0,1	0,1	3,5	0,6	0,7	0	0,2	0	0,1	0,2	2,4	1,5	0,4	0,6	0,8	1,7	1,4	1,8	3,4	
Sur mineral conditionné P.A.F. (950°C)	%	3,0	8,0	7,0	3,1	1,9	3,4	3,1	3,1	3,9	3,3	3,1	4,4	4,0	3,6	3,4	3,3	2,9	2,0	3,1	3,7	3,8	3,5	3,4	3,4	2,9	4,1	3,5	6,0	
D.N.T.	kg/m <sup>3</sup>	1095	1088	1119	1130	1110	1140	1130	1140	960	1100	1120	930	940	1010	1140	1110	1110	930	1140	1150	890	1040	1090	1100	1060	830	1200	900	
Sur mineral expansé D.N.T.	kg/m <sup>3</sup>	100	54	108	43	81	41	43	44	56	42	44	34	48	36	34	45	51	88	38	40	35	45	43	46	52	44	65	40	
D.T.	kg/m <sup>3</sup>	115	67	123	54	100	52	53	54	73	53	55	49	64	47	46	58	66	108	49	51	45	58	53	57	65	58	79	50	
Coefficient d'expansion	%	10,9	20,1	10,4	26	14	28	26	26	17	26	25	27	20	28	34	25	22	11	30	29	25	23	25	34	20	19	18	23	
Stériles	%	2,5	16,5	13,4	4,2	35,8	4,7	3,1	4,8	8,0	6,8	6,1	9,7	34,7	2,8	3,3	4,8	10,6	31,5	2,7	3,7	8,4	1,9	2,2	2,8	19,8	7,0	10	8,5	
Fer	ppm	-	-	-	680	-	850	955	820	-	1050	960	1165	-	890	820	860	-	-	907	1005	1160	-	810	980	-	-	-	940	
pH		-	-	-	10,4	10,1	11,1	10,7	10,1	11,1	9,8	10,6	11,3	11,5	10,3	10,4	10,7	9,4	9,4	9,7	11,2	11,6	10,3	10,8	10,9	10,6	11,6	11,5	11,5	
Résistance méca (Ra)	%	52,4	58,1	72,4	41	57	31	31	37	24	42	43	10	20,5	21,4	23,8	36,0	43,9	47,3	22,8	21,7	9,0	30,0	22,9	43,3	61,6	21,7	62,1	26,5	
Granulométrie :																														
Refus 1mm	%	0,1	0,8	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5	1,8	0,3	0,1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,1	0,5	0,2	0,2	0,2	0,6	
1 - 0,71	%	2,4	19,0	2,8	18,4	6,0	16,2	14,1	11,2	8,8	11,9	9,0	8,0	5,8	12	19,3	12,6	8,4	3,7	17,5	13,3	10,9	10,3	15,5	10,4	11,5	11,7	5,1	10,2	
0,71 - 0,355	%	54,0	49,3	25,5	55	36,7	57,8	56	53,9	45,2	51,5	53,8	48,5	37,3	46,8	50,7	53,4	51,1	46,0	52	52,4	50,7	60,3	58,8	60,9	48,5	48,7	61,3	40,6	
0,355 - 0,050	%	42,5	29,0	71,5	27,4	56,6	23,8	29,3	33,2	45,5	35,1	36,3	41,9	53,9	39,6	28,0	32,3	41,3	49,0	29,4	33,5	37,2	27,1	25,4	28	39,6	39,2	33,2	48	
passant 0,050	%	1,0	10,9	0,4	2,0	1,5	2,0	0,4	1,6	0,1	1,4	0,7	1,5	3,8	1,1	0,2	1,4	1,1	0,8	0,6	0,4	0,7	2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,6	



Tableau 3 - 4 : Complexe perlitique supérieur. Résultats d'essais corrigés et secteurs d'utilisation industrielle (laboratoire du BRGM France).

Nature de la roche	Numéro éch.	CE tm	sur brut		sur expansé					Application possible
			PaFT %	Fer ppm	Stériles %	DNT kg/m <sup>3</sup>	Ra %	DNT (40) kg/m <sup>3</sup>	Ra (40) %	
Ponceuse	EG5	43	---	---	2,5	100	52,4	107	69,0	Bâtiment (bétons légers), Charges, Horticulture
Standard + rares obsidiennes	EG10	43	---	---	16,5	54	58,1	56	60,7	Bâtiment (tous secteurs) Horticulture ?
Litho + sphéro moy. abond.	EG12	43	---	---	13,4	108	72,4	114	78,4	Bâtiment (bétons légers) Charges, Horticulture
Litho + Sphéro peu abond.	S1 7,3/8,5	34	3,1	680	4,2	43	41	36	35,1	Cryogénie
Litho + Sphéro très abond.	S1 10/11,5	34	1,9	---	35,8	81	57	60	28,6	TROP DE STERILES : SANS INTERET
Standard	S3 1,5/3	34	3,1	850	4,7	41	31	35	25,3	Cryogénie
Standard + rares obsidiennes	S3 4/5,5	36	3,1	955	3,1	43	31	39	27,1	Cryogénie
Litho + Sphéro peu abond.	S3 6/7	36	3,1	820	4,8	44	37	40	32,9	Cryogénie
Ponceuse vers standard	S5 1/2	34	3,3	---	8,0	56	24	47	15,8	Qualité douteuse (trop friable)
Standard	S5 3/4	34	3,2	1050	6,8	42	42	36	36	Cryogénie
Litho + Sphéro peu abond.	S5 10/10,9	34	3	960	6,1	44	43	37	36,8	Cryogénie
Standard vers peu ponceuse	S5 14/14,7	34	2,9	1165	8,7	34	10	29	4,9	Cryogénie (filtration ?)
Ponceuse tendre	S8 1/1,8	34	3,7	---	34,7	48	20,5	36	4,4	TROP DE STERILES : SANS INTERET
Peu ponceuse résistante	S8 3,8/5	34	3,3	890	2,6	36	21,4	31	16,6	Cryogénie
Standard	S8 7,5/8	34	3,4	920	3,3	34	23,8	29	19,2	Cryogénie, filtration
Standard + rares obsid.	S8 8,8/9,9	34	3,2	860	4,8	45	36	38	29,8	Cryogénie
Litho + Sphéro moy. abond.	S8 11/12,5	34	2,9	---	10,6	51	43,9	43	36	Carreaux de plâtre, enduits, panneaux isolants
Litho + Sphéro très abond.	S8 14,2/16	34	2	---	31,5	88	47,3	67	21,1	TROP DE STERILES : SANS INTERET
Litho + Sphéro peu abond.	S10 7,5/8,5	36	3	907	2,7	38	22,8	34	19,4	Cryogénie
Standard	S11 0,5/1,8	36	2,6	1005	3,7	40	21,7	36	18	Cryogénie
Rubanée peu ponceuse	S11 2,5/3,6	36	3,1	1160	8,4	35	9	31	7,9	Cryogénie
Rubanée peu ponceuse	S11 7,6/8,5	36	3,3	---	1,9	45	30	40	26	Carreaux de plâtre, enduits, panneaux isolants
Standard	S12 7/8,5	36	3,1	810	2,2	43	22,9	39	19,1	Cryogénie
Standard + rares obsidiennes	T1/A	39	3	980	2,8	46	43,3	45	42,2	Bâtiment (tous secteurs), Horticulture.
Standard + nbres obsidiennes	T1/B	39	2,2	---	19,8	52	51,6	49	48	Bâtiment (tous secteurs), Horticulture
Ponceuse résistante	T1/C	39	3,5	---	7,0	44	21,7	43	20,5	Qualité douteuse
Standard rocheuse	T2/A	39	2,8	---	10,0	65	62,1	63	59,9	Bâtiment (tous secteurs), Horticulture
Ponceuse résistante	T3/A	39	4,5	940	6,5	40	25,5	39	24,3	Cryogénie

CE tm : Coefficient d'expansion du témoin ; PaFT : Perte au feu théorique (en éliminant les pertes dues aux carbonates)

### 3.1.6. Résultats des tests d'expansion et des analyses connexes :

13 tests d'expansion ont été faits sur les compartiments effondrés, leurs résultats sont comparables à ceux de la partie restante du gisement (un dôme). Les résultats bruts des analyses et des essais d'expansion sont regroupés dans le tableau 6 - 6 les résultats (recalculés en fonction d'un coefficient d'expansion du témoin de la perlite russe fixé à 40) figurent dans le tableau 3 - 2.

D'une manière générale, les résultats apparaissent plus homogènes, et, dans l'ensemble encore meilleurs que ceux obtenus sur les séries antérieures d'échantillons provenant du dôme. Cependant, cette apparence est probablement en partie liée au fait que les faciès testés, cette fois-ci, ne comportent plus d'échantillons du niveau inférieur très chargé en sphérules stériles. Les résultats des tests d'expansion de la partie du dôme, figurent dans les tableaux 3 - 3 et 3 - 4.

#### *Conductivité thermique de la perlite expansée :*

Les résultats de mesure de la conductivité thermique de deux échantillons composites de perlite expansée sont donnés dans le tableau 3 - 3.

Tableau 3 - 5 : Conductivité thermique à 20°C de la perlite expansée non tassée (laboratoire du BRGM)

Numéro de l'échantillon	Masse volumique apparente kg/m <sup>3</sup>	Température		Conductivité thermique		
		° Celsius	° Kelvin	W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	kcal.m <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> .°C	
S3 (1,5-7 m)	49,3	20	293	0,041	0,034	
				0,040		0,040
				0,038		
T1 (A+B+C)	52,1	20	293	0,040	0,034	
				0,040		0,040
				0,040		

On constate que les résultats sont identiques pour les 2 échantillons: le coefficient de conductivité thermique à 20 °C des perlites d'EGERALAYTA, pour une masse volumique apparente („densité“) du produit „non tassé“ (de l'ordre de 50 kg/m), n'est que de 0,034 kcal/mh°C. Cette caractéristique confirme les excellentes propriétés d'isolation thermique de ce matériau.

A titre de comparaison, la vermiculite de PALABORA (Afrique du Sud) mondialement utilisée pour ses propriétés d'isolation thermique, a un coefficient de conductivité thermique un peu plus élevé 0,053 à 0,056 kcal/mh°C, à 20°C, pour un matériau «non tassé» de masse volumique apparente d'environ 96 kg/m. Il faut noter que ce coefficient est fonction de la masse volumique du matériau isolant, pour les mêmes conditions de température, comme le montrent les valeurs suivantes relatives à des perlites du commerce.

Au stade actuel de l'étude du gisement d'EGERALAYTA, cette valeur du coefficient mesurée sur 2 échantillons provenant du dôme principal, est donnée à titre indicatif. D'autres mesures effectuées ultérieurement sur des échantillons disséminés sur le dôme et les compartiments effondrés donneraient probablement des résultats analogues pour des matériaux expansés de même masse volumique.

#### *Classification des utilisations et des spécifications industrielles adoptées :*

Les spécifications qui permettent de définir les utilisations industrielles des produits expansés en fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques et mécaniques sont données dans le tableau 3 - 6 avec les commentaires correspondants.

Tableau 3 - 6 : Classification des utilisations et spécifications adoptées

Classification des applications		Stériles	Fer	Densité „non tassé“	Résistance mécanique à l'attrition
		%	ppm	kg/m <sup>3</sup>	%
Filtration		< 10	< 1.000	< 30	-
Cryogénie		< 10	-	< 40	-
Bâtiment	Panneaux isolants	< 20	-	40 à 80	> 25
	Carreaux de plâtre et enduits	< 20	-	< 80	> 25
	Granulats pour bétons légers	< 20	-	< 100 -130	> 40
Charge		< 10	-	100 à 120	
Horticulture		< 20	-	100 à 180	> 40
Qualité douteuse		-	-	> 40	< 25
Sans intérêt		> 20	-	-	-

Les caractéristiques physiques les plus importantes prises en compte par les acheteurs de perlites expansées sont:

- la teneur en stériles ou matières lourdes;
- la densité « non tassé »;
- la résistance mécanique à l'attrition, notamment pour les applications bâtiment et horticulture;
- la teneur en fer soluble pour les applications filtration.

La répartition de la granulométrie de la perlite expansée exemple est peu significative au stade des tests en laboratoire. Elle est directement liée à la granulométrie choisie pour le minerai avant expansion, suivant l'application finale désirée. On notera en effet que les tests d'expansion sont en général effectués sur des minerais conditionnés à 0,40-0,80 mm, alors qu'en production industrielle, la granulométrie du minerai est généralement plus grossière, elle varie entre les limites maximales de 2,5 et 0,075 mm. Les applications « isolation par remplissage foisonné » et « horticulture » supportent une granulométrie grossière, tandis que les applications « béton léger » et « béton de plâtre » et « d'enduit de plâtre » nécessitent une granulométrie du minerai plus fine.

En filtration, la densité « non tassé » doit être inférieure à 30 kg/m<sup>3</sup> et le produit d'une grande pureté: c'est-à-dire très peu de stériles et de fer soluble. La limite de teneur en fer (1000 ppm) est donnée à titre indicatif: certaines opérations de filtration (brasserie, industrie pharmaceutique) exigent moins de 600, voir 400 ppm, alors que pour d'autres applications, plus de 1000 ppm peuvent être admis. On notera qu'en filtration, la résistance mécanique de la perlite n'intervient pas. En revanche, le pH doit être de l'ordre de 9-10.

En isolation cryogénique, on recherche une densité « non tassé » de l'ordre de 35 kg/m<sup>3</sup> et dans tous les cas < 40 kg/m<sup>3</sup>. En fait, le critère essentiel est que la densité « tassée » doit être comprise entre 45 - 65 kg/m<sup>3</sup>, par expérience, à environ 30 et 40 kg/m<sup>3</sup> de densité « non tassé ».

Les applications « bâtiment » couvrent des secteurs variés allant de l'isolation par remplissage en vrac de panneaux creux pour laquelle une perlite de densité « non tassé » de 35 à 100 kg/m<sup>3</sup> est requise, aux charges minérales isolantes pour des carreaux de plâtre et des enduits par exemple, pour lesquels une densité « non tassé » maximale peut être fixée en moyenne à 80 kg/m<sup>3</sup> (les spécifications sont en fait très variables d'un produit à l'autre) jusqu'aux granulats pour les bétons légers et isolants, pour lesquels une densité « non tassé » inférieure à 100 kg/m<sup>3</sup> est exigée. Il est à noter que pour ces applications « bâtiment » le principal critère est la bonne résistance mécanique du produit expansé (résistance à l'attrition: test de friabilité). On admet que dans l'application « granulats pour bétons légers », une résistance d'au moins 50 % est nécessaire, mais en prospection, la limite peut être ramenée à 40 %, d'après la société CECA. Dans les applications carreaux de plâtres projetés, enduits etc., la mise en œuvre nécessitant un malaxage plus doux que

dans le cas des bétons légers, la résistance mécanique de la perlite expansée peut être plus faible, mais doit néanmoins rester supérieure à 25 % environ. En fait, il est souvent possible d'agir sur cette caractéristique au cours du traitement industriel: un préchauffage de la matière première permet généralement de diminuer, dans une certaine mesure, le coefficient d'expansion et donc d'augmenter la densité et la résistance mécanique du produit expansé.

Dans les applications pour charges industrielles (peinture, détergent, caoutchouc, papiers - peints, etc.) et applications assimilées (boues de forage, absorbants de graisse, aliments pour bétail) la densité « non tassé » de la perlite est généralement de l'ordre de 100-120 kg/m<sup>3</sup>; la résistance mécanique a moins d'importance à l'opposé de la pureté du produit (stériles < 10 %, ph < 10).

- En horticulture, on utilise généralement des perlites de densité „non tassé“ de 100 à 180 kg/m<sup>3</sup>, de bonne résistance mécanique (> 40 %) et de pH compris entre 6 et 8. La teneur en stériles doit être inférieure à 20 %, et on exige l'absence totale de bactéries ou de champignons.
- Qualités hors normes. Les perlites de densité > 40 kg/m<sup>3</sup> et de résistance mécanique inférieure à 25 % prises individuellement n'entrent pas dans la classification précédente. De ce fait elles ont été considérées de „qualité douteuse“. En pratique, mélangées à d'autres plus légères ou plus résistantes, elles pourraient éventuellement être employées dans certains secteurs (carreaux de plâtre, charges) sous réserve de contrôles appropriés.
- Les perlites renfermant trop de stériles ou de matières lourdes (> 20 %) sont sans intérêt commercial.
- En pratique, les stériles sont en grande partie éliminés lors du traitement industriel, soit qu'ils tombent à la base du four, soit ils se retrouvent dans les rejets. La teneur en stériles n'intervient donc que partiellement dans la qualité du produit; d'autre part, la tolérance dépend de l'application: si on cherche à les éliminer au maximum pour les applications „filtration“ et „cryogénie“, les agrégats légers peuvent encore en contenir une notable proportion.
- En revanche, la teneur en stériles est un élément important du rendement d'expansion. D'autre part, les stériles étant constitués de particules abrasives, l'incidence sur l'usure de l'installation risque d'être lourde. Il est donc préférable de rejeter de tels minerais.

#### Résultats des tests d'expansion réalisés par le projet en Slovaquie :

Dans le but de confirmer les propriétés d'expansion et l'appréciation de la qualité de la perlite expansée nous avons réalisé les tests d'expansion de contrôle de deux échantillons dans un laboratoire de KERKO a.s., République Slovaquie. Les résultats d'expansion ont été considérés du point de vue de:

- densité « non tassé » (DNT),
- taux d'expansion (TE) TE = DNT de la perlite brute / DNT de la perlite expansée
- granulométrie de la perlite expansée et du grain moyen qui en résulte
- taux de désintégration des grains (TDG) en cours d'expansion TDG est une valeur sans dimension, qui désigne en combien de particules un grain en cours d'expansion se désintègre

Les critères au-dessus mentionnés sont donnés dans le tableau 3 - 7.

Tableau 3 - 7 : Les résultats des tests du laboratoire de KERKO, Slovaquie

Echantillon	Fraction de granulométrie (mm)	DNT PE (kg/m <sup>3</sup> )	TE	d50 PE (mm)	TDG
DP 1	0,0 - 0,315	37	24,6	0,32	1,64
	0,315 - 1,0	57	13,4	0,95	3,37
	1,0 - 2,0	74	10,4	2,20	3,30
DP 2	0,0 - 0,315	56	16,5	0,30	1,70
	0,315 - 1,0	86	12,9	0,75	3,80
	1,0 - 2,0	88	14,1	1,00	47,6

### **Conclusions des deux essais d'expansion :**

Les essais d'expansion montrent qu'il s'agit de perlite ayant les qualités nécessaires pour la fabrication de la perlite expansée. Le faible taux de désintégration des grains en cours d'expansion certifie qu'il est possible de produire de la perlite expansée de gros grain sans préchauffage. Les grains de la perlite expansée sont arrondis, les bords sont scellés, ce qui cause une grande résistance relative malgré la basse densité "non tassé". Elle est convenable dans le domaine du bâtiment. A cause de la surface fermée les grains ont un petit volume de vide ouverte. Les grains restent en suspension à la surface de l'eau, leur basse imbibition est très avantageuse pour les processus « des technologies mouillées ».

### **3.1.7. Evaluation des réserves possibles en fonction des utilisations industrielles des différents types de minerais en compartiments effondrés :**

Il a été constaté une assez bonne concordance entre la nature lithologique des minerais situés dans les compartiments effondrés et les utilisations industrielles des produits expansés correspondants, les corrélations étant les mêmes que sur le dôme, en particulier :

- le niveau inférieur à sphérules peut être utilisé pour la fabrication de perlite de qualité bâtiment et horticulture
- le niveau moyen de perlite (standard avec ou sans grains d'obsidienne) est susceptible de donner un produit expansé de qualité cryogénie.
- le niveau supérieur de perlite ponceuse peut, suivant la résistance mécanique du produit expansé, être utilisé dans le bâtiment ou en horticulture, et à défaut en cryogénie. Exceptionnellement, il satisfait presque les normes requises pour une utilisation en filtration.

En étendant ces corrélations avec la capacité totale des couches correspondantes reconnues par les 6 sondages, nous pouvons évaluer au droit de chaque sondage les épaisseurs de minerai exploitables en fonction de ces deux grands types d'utilisation (cryogénie ou bâtiment + horticulture), et en déduire des moyennes générales et des pourcentages voir tableau 3 - 8.

Tableau 3 - 8 : Evaluation des réserves reconnues dans les compartiments effondrés en fonction des utilisations industrielles

Numéro de sondage	Épaisseur exploitable (m)	Application cryogénie : épaisseur cumulée (m)	Applications bâtiment et horticulture : épaisseur cumulée (m)
S18	8	7	1
S19	11,5	10,3	1,2
S20	10,5	2	8,5
S21	7,3	6	1,3
S22	20,5	19,3	0,4
S23	12	11,6	0,4
Épaisseur totale	69,8	56,2	13,6
Épaisseur moyenne	11,6	9,4	2,2
Pourcentage (%)	-	80,5 arrondi à 80	19,5 arrondi à 20

En comparant ces évaluations à celles obtenues sur le dôme, nous constatons que les pourcentages calculés pour chaque type d'utilisation sont tout à fait analogues. Dans les compartiments effondrés, en se limitant aux zones d'influence des 6 sondages, nous pouvons estimer que 80 % environ des matériaux exploitables sont de „qualité cryogénie“ (soit environ 0,9 Mt) et 20 % sont utilisables dans le bâtiment et l'horticulture (soit environ 0,2 Mt), sous réserve d'une résistance mécanique suffisante, ces tonnages venant compléter ceux reconnus sur le dôme, respectivement: 1,7 Mt et 0,4 Mt.

L'extrapolation de ces pourcentages à l'ensemble du gisement est beaucoup plus aléatoire en raison de l'hétérogénéité des épaisseurs, des variations latérales de faciès (donc de qualité), ainsi que du nombre et de la répartition actuelle des données. Néanmoins, sur la base des estimations

précédentes, Il est possible d'évaluer globalement, sur l'ensemble du gisement les réserves géologiques des minerais de la nappe perlitique supérieure de qualité cryogénie à 18,4 Mt, et celles des minerais de qualité bâtiment et horticulture à 4,6 Mt.

**Evaluation des réserves possibles de la partie du dôme en différents types de minerais industriels.:**

Les résultats des tests d'expansion ont montré qu'il existait une assez bonne concordance entre la nature lithologique des différents types de minerais et les utilisations industrielles des produits expansés correspondants. Toutefois, cette correspondance n'a pas été vérifiée dans plusieurs cas, notamment pour la couche supérieure de perlite ponceuse dont la qualité peut-être très variable d'un point à l'autre du gisement: qualité cryogénie, bâtiment ou qualité douteuse, voir trop de stériles. C'est la raison pour laquelle il est conseillé de l'exploiter sélectivement et de contrôler systématiquement sa qualité.

En revanche, le minerai de perlite standard, avec ou sans granules d'obsidienne ou avec peu de sphérules, est généralement de qualité cryogénie; mais des quantités significatives de minerai de qualité de filtration ne semblent pas pouvoir être trouvées. Quelques niveaux de perlite ponceuse ou de perlite à sphérules peuvent trouver une application dans le bâtiment (isolation, carreaux de plâtre, enduits) dans les charges mais leur emploi dans les bétons légers et en horticulture nécessitera un traitement particulier qui reste à vérifier (amélioration de la résistance mécanique).

En interpolant les résultats de ces tests à l'ensemble des couches exploitables du complexe perlitique supérieur traversées par les 13 sondages et la carrière pilote, nous pouvons évaluer assez grossièrement au droit de chaque sondage les épaisseurs de minerais exploitables en fonction de ces deux grands types d'utilisation, en déduire des moyennes générales et des pourcentages voir le tableau 3 - 9.

Tableau 3 - 9 : Evaluation des réserves possibles en fonction des utilisations industrielles

Numéro de sondage	Epaisseur exploitable (m)	Application cryogénie: épaisseur cumulée (m)	Applications bâtiment et horticulture : épaisseur cumulée (m)
S1	10	9,0	1
S3	10	10,0	-
S4	2	2,0	-
S5	17	14,5	2,5
S6	4	4,0	-
S7	6	6,0	-
S8	12,5	9,0	3,5
S9	11	9,0	2
S10	9,5	8,0	1,5
S11	10,5	6,2	4,3
S12	13	11,0	2
S13	9	7	2
Numéro de sondage	Epaisseur exploitable (m)	Application cryogénie : épaisseur cumulée (m)	Applications bâtiment et horticulture : épaisseur cumulée (m)
S14	4,5	2,8	1,7
Carrière	5	4	1
Epaisseur totale (m)	124	102,5	21,5
Epaisseur moyenne (m)	8,8	7,3	1,5
Pourcentage (%)		82,7 arrondi à 80	17,3 arrondi à 20

Dans les zones des travaux précités, on peut donc estimer que 80 % environ des matériaux exploitables sont de qualité cryogénie (soit environ 1,7 Mt probable), et 20 % environ sont utilisables dans les charges, le bâtiment et l'horticulture (soit environ 0,4 Mt probable).

L'extrapolation de ces pourcentages à l'ensemble du gisement est beaucoup plus aléatoire, en raison de l'hétérogénéité des épaisseurs, des variations latérales de faciès (donc de qualité), ainsi que du nombre et de la répartition actuelle des données (sondages et tests d'expansion). Provisoirement, et sous toutes réserves, nous pouvons donc tout au plus avancer l'hypothèse, à partir des estimations précédentes, que les réserves possibles dans la nappe perlitique supérieure peuvent être estimées à

$$21 \text{ Mt} * 80 \% = 16,9 \text{ Mt de qualité cryogénie}$$

$$21 \text{ Mt} * 20 \% = 4,2 \text{ Mt de qualité charges, bâtiment et horticulture.}$$

#### **- Complexe perlitique inférieur :**

Ce complexe présente moins d'intérêt industriel que le complexe perlitique supérieur, en raison de son extension limitée, de l'exigüité, des affleurements et du coût prohibitif qui entraînerait le déblaiement des rhyolites qui le recouvrent presque entièrement. D'ailleurs, des rhyolites qui le recouvrent, à lui seul, renferme des réserves suffisamment importantes pour alimenter le marché régional pendant probablement plus de 100 ans. Néanmoins, il existe en bordure de l'ancienne piste d'ASAL, une zone facile d'accès où le complexe perlitique inférieur affleure sur quelques centaines de mètres de longueur et une dizaine de mètres d'épaisseur sur le flanc oriental du dôme.

En outre, les tests d'expansion effectués sur ces matériaux ont montré qu'ils étaient de qualité commerciale (bâtiment, horticulture, isolation cryogénie), sauf le niveau sommital trop chargé en sphérules stériles. Dans ces conditions, l'épaisseur exploitable peut être estimée à 7,5 m environ dans cette zone. Cette bande d'affleurement a une superficie d'environ 61.000 m<sup>2</sup>. En raison de la pente naturelle du talus d'environ 15° et en supposant que l'on puisse extraire le matériau avec un front de taille subvertical jusqu'au pied des premiers niveaux de perlite à lithophyses et de la barre rhyolitique, l'épaisseur à prendre en compte dans cette surface doit être réduite de moitié. Dans cette hypothèse, les réserves possibles seraient d'environ:

$$61000 * 7,5/2 = 228\ 750 \text{ m}^3$$

Soit une masse volumique moyenne de 2,2 /500 000 t de minerai, dont le quart peut être considéré comme des réserves reconnues par les sondages S15 et S17.

### **3.2. CARACTERISTIQUES DE LA FUTURE CARRIERE DE PERLITE.**

#### **3.2.1. Exploitation du gisement.**

Le gisement ayant la structure du « dôme-coulé » peut être divisé en deux parties. La partie du dôme et la partie coulée. Ces deux parties sont divisées par une faille de la direction NO-SE qui a effondré la partie de « coulée » de 80 m (partie NE de gisement). Pour des raisons économiques et techniques, il est recommandé de commencer à exploiter la partie Est du gisement (compartiments effondrés).

Cette recommandation tient compte des éléments suivants:

- Les compartiments effondrés renferment 7 millions de tonnes de réserves géologiques possibles dont 1,1 Mt reconnues par 6 sondages, si on envisage une exploitation par année de 50.000 tonnes, les réserves suffissent pour 40 à 70 années.
- La route goudronnée est juste à côté de cette partie de gisement qui permet une liaison facile entre la route et le gisement.

#### **3.2.2. Appréciation des caractéristiques géotechniques des terrains.**

D'une manière générale, l'ensemble de la perlite est recoupée par un réseau de diaclases subverticales, à ramification obliques et subhorizontales s'intensifiant vers le haut. Celles-ci sont

remplies de dépôts argilo-carbonatés brun-jaune, ocre, généralement pulvérulents, d'origine hydrothermale. Quelques fins cristaux de gypse et quelques traces de soufre ont été observées dans plusieurs diaclases (S21 - S22). Ce réseau de diaclases confère à la roche un aspect souvent bréchiq ue et entraîne la fragmentation du matériau au forage, sous la forme de petits tronçons de carottes de 5 à 40 cm de longueur et de nombreux fragments centimétriques.

### **3.2.3. Mode de l'exploitation.**

Il est recommandé d'exploiter le gisement en gradins, avec une banquette de 3 - 5 m pour le premier. Il serait envisageable d'exploiter le bloc No.24, et successivement les blocs 23 et 22. L'abattage se ferait au moyen d'un excavateur à chenilles, puis le minerai dégagé serait chargé par la chargeuse sur pneus. L'excavateur à chenilles peut dégager la roche d'une épaisseur de 0,5 m.

#### ***Le projet de l'ouverture et de l'exploitation du gisement :***

Le projet de l'ouverture du gisement de perlite est élaboré sur la base de nouvelle estimation des réserves exploitables de BRGM (France). Pour une période initiale (environ 15 années) nous projetons un procédé d'ouverture et d'exploitation du gisement suivant.

**La première étape - un bloc No. 23** aux environs du sondage S - 22, des réserves exploitables, vérifiées par BRGM dans un rayon de 50 m autour de ce sondage, sont estimées à 349.976 tonnes. Les limites de la zone d'exploitation (Annexe No.2, Dessin No.2) sont proposées en fonction des lignes géologiques et tectoniques et en fonction des données du sondage S - 22.

Il est possible d'interpréter l'existence du complexe supérieur à une altitude de 500 m, et aux environs le plus proche du sondage, à l'altitude de 490 m. Sur la base des données mentionnées ci-dessus, la superficie de l'exploitation No. 1 désigne une courbe de niveau d'altitude de 500 m. L'exploitation commencera de la ligne des points A - B alignés à cette courbe de niveau (la ligne de jonction interpolée à mi-distance des forages S - 22 et S - 21) et sera continuée de l'Ouest à l'Est. Après avoir évacué un espace déterminé au niveau de 500 m d'altitude, il sera possible dans un rayon de 50 - 80 m du sondage S - 22 (grossièrement de la ligne C - D à l'Est) de creuser jusqu'au niveau de 490 m d'altitude. La direction d'avancement de l'exploitation en cours du creusement se fera dans le sens S-S-O vers N-N-O. A la ligne A - B sera laissé un parement de carrière, lequel aura une hauteur de 10 m, et le pendage correspondant aux possibilités techniques de la machine d'abattage bulldozer (supposition 40°).

Avec les parements de carrière il faut penser aussi à un espace de creusement de l'exploitation à un niveau de 490 m d'altitude. L'abattage sera réalisé au moyen d'un rippeur lequel désagrègera le minerai en couche d'environ de 50 cm. Le minerai désagrégé sera ramassé en position basse du gisement dans les dépressions de terrain, qui seront les entre-dépôts. Ces vallées se trouvent aux bords est et ouest de la partie projetée pour l'exploitation. Dans la zone d'exploitation les réserves ont été calculées selon un mode mathématique (méthode des coupes horizontales) se trouvant au-dessus du niveau 500 m d'altitude, et aussi les réserves se trouvant dans un creusement (de 500 m à 490 m de l'altitude).

Les réserves totales sont de 229.330 m<sup>3</sup>, multiplié par 2,2 (masse volumique de la perlite), elles représentent 504.520 tonnes. En fonction de la consommation annuelle envisagée de 50.000 tonnes de minerai, les réserves calculées sont suffisantes pour une période de plus de 10 années.

**La deuxième étape - un bloc No.24** - aux environs du sondage S - 23 des réserves exploitables vérifiées par BRGM dans un rayon autour de ce sondage, sont estimées à 197.472 tonnes. La zone proposée figurée dans le dessin No. 2. D'après la détermination de l'étendue de ce panneau ont été prises en compte les limites géologiques, tectoniques et les données du sondage S - 23. Pour l'ouverture d'un gisement, nous projetons la ligne des points A - B, se trouvant à un niveau de 500 m d'altitude sur lequel nous supposons la fin du complexe perlitique supérieur. Cette ligne est en même temps une courbe de niveau de la base de l'exploitation. L'avancement général de



l'exploitation sera du commencement de l'est à l'ouest, ça signifie, de la partie culminante du terrain (513,4 m d'altitude) dans les parties basses de l'espace sélectionné.

En arrivant au niveau d'environ 509 m d'altitude il est possible d'orienter l'exploitation à la ligne des points C - D avec un avancement du nord à l'est, jusqu'au sud-est, et d'épuiser la partie restante jusqu'à niveau de 500 m d'altitude. Après l'épuisement du panneau à la ligne C - D, un talus marginal sera laissé avec une hauteur de 9 m et avec une inclinaison de 40° (dépendant des possibilités techniques du rippeur). Un talus marginal à la ligne A - B (d'une hauteur maximale de 12 m) sera éliminé partiellement par l'abattage de la pente à l'Est de cette ligne dans le cadre des limites géologiques et tectoniques figurées.

Les réserves dans la zone d'exploitation proposée ont été vérifiées par un mode mathématique (méthode des coupes horizontales). Les réserves sont de 125.400 m<sup>3</sup> ce qui représente 275.900 tonnes. D'après une consommation annuelle envisagée de 50.000 tonnes de matière première, les réserves mentionnées sont suffisantes pour 5 1/2 années.

L'abattage sera réalisé au moyen d'un ripper lequel désagrègera le minerai en couche d'environ de 50 cm. Le minerai désagrégé sera ramassé aux positions basses du gisement, dans les dépressions de terrain qui seront les entre-dépôts. Les dépressions (vallées) se trouvent au bord sud et Ouest de la zone d'exploitation. Etant donnée la grande distance entre les sondages réalisés jusqu'à présent nous proposons de réaliser des sondages auxiliaires pour préciser la structure géologique surtout dans la partie nord-ouest de la zone exploitée.

#### *Stabilité de la pente du front de taille :*

En ce qui concerne la stabilité des terrains, et la pente du front de taille à adopter, on note que la partie supérieure qui est composée de la perlite ponceuse à faciès bréchique est particulièrement instable (matrice pulvérulente) dont les blocs rocheux s'en détachent facilement.

Dans ce faciès comme aussi dans le faciès de perlite standard très bréchifiés et friable, nous proposons une pente de talus de 50°. Le reste de la formation perlitique peut avoir des pentes de talus (de 70 - 80°) La hauteur maximale du front de taille de la future exploitation ne devrait pas dépasser une douzaine de mètres. On peut modifier le ravinement du front de taille par les eaux de ruissellement ( pluies orageuses D'EGERALAYTA). D'après nos observations, les plus susceptibles au ravinement sont les faciès de la perlite ponceuse et de la perlite standard friable.

### **3.3. CONCLUSIONS.**

Les réserves géologiques totales du gisement sont estimées à 23 millions de tonnes et les réserves reconnues par sondage sont de 3,3 millions de tonnes.

La partie Est du gisement (partie effondrée), où on propose l'ouverture d'exploitation contient de 7 million tonnes des réserves géologiques possibles, dont 1,1 millions de tonnes sont reconnues par sondages. La perlite du gisement se présente en trois faciès, de bas en haut :

- un niveau inférieur : perlite à lithophysés et sphérolites (puissance 1 - 5 m)
- un niveau moyen : perlite standard (puissance 3 - 19 m)
- un niveau supérieur : perlite ponceuse (puissance 2 - 7 m)

Le gisement ne contient pas de couverture stérile, on peut donc réaliser l'exploitation sans l'utilisation d'explosifs. L'abattage du gisement sera réalisé au moyen d'un rippeur. Le minerai dégagé sera chargé par une chargeuse sur pneus sur les camions qui le transporteront à l'usine.

Les essais physico-chimiques et d'expansion ont confirmé la bonne qualité de la matière première. On peut utiliser cette matière première dans le domaine du bâtiment, de la cryogénie et de l'agriculture. Pour conforter les résultats des tests de laboratoire réalisés dans le cadre de la

recherche géologique (Thibaut, 1990), et dans le cadre de ce projet (KERKO, Slovaquie) des tests d'expansion industriels devront être réalisés pour répondre aux demandes des investisseurs potentiels et des acheteurs. Les résultats de ces tests conforteront les domaines d'utilisation de la perlite d'EGERALAYTA prévus.

## CHAPITRE 4. MATIERES PREMIERES, FOURNITURES ET AUXILIAIRES.

### 4.1. MATIERES PREMIERES.

La perlite est la seule matière première utilisée par le complexe. Sa consommation annuelle prévue est de 50.000 tonnes. Le gisement de la perlite est situé à 70 km de l'usine de traitement et à 78 km du centre de la ville DJIBOUTI.

Le programme d'approvisionnement est calculé pour la production suivante :

- Nombre de jours de travail en année	250 (jours/an)
- Production annuelle de minerai	50.000 (t/an)
- Production annuelle de la perlite brute traitée	50.000 (t/an)

Le transport du minerai du gisement d'EGERALAYTA à l'usine situé près de DJIBOUTI sera assuré par des camions de 20 tonnes circulant sur la route goudronnée.

L'usine traitera le minerai transporté, par un concassage, broyage et calibrage pour obtenir la perlite brute traitée. Une partie de la perlite brute traitée sera utilisée par la ligne de production de la perlite expansée.

Réserves des semi-produits et produits pendant le processus de production :

- Réserves de minerai à la carrière (5 jours)	1.000 t
- Réserves de minerai à l'usine (7 jours)	1.400 t
- Réserves de la perlite brute traitée en silos (2 jours)	400 t
- Réserves de la perlite expansée en sacs sur palettes (1,5 jours)	250 m <sup>3</sup>

### 4.2. FOURNITURES.

#### 4.2.1. Combustibles.

Le gaz butane sera utilisé pour la production de la perlite expansée. Actuellement, DJIBOUTI ne dispose pas d'un réseau national de fourniture domestique de gaz pour l'énergie calorifique. Les besoins en gaz des unités industrielles existantes sont assurés de façon autonome.

Le gaz butane sera importé des pays du Moyen Orient par la société de gaz de DJIBOUTI. Elles livrera l'usine avec des citernes de 20 t de gaz. Avec une masse volumique de butane de 2,6 kg/m<sup>3</sup> correspond le contenu d'un tank de 7.962 m<sup>3</sup>. La consommation horaire de chaleur pour l'expansion est de 5.694 MJ/heure. Un tank suffit pour 8 jours d'exploitation de l'usine. La consommation annuelle du butane est de 30 tanks.

- **Consommation annuelle de gaz pour une production de 50.000 t**                      **230.042 m<sup>3</sup>/an**

#### 4.2.2. Carburants.

Le gasoil sera acheté à la société des carburants (Shell). Son transport sera assuré par cette société.

- Consommation pour l'exploitation de la carrière	240.000 l/an
- Consommation pour le transport à l'usine	240.000 l/an
- Consommation pour la chargeuse de l'usine	<u>10.000 l/an</u>
- <b>Consommation totale annuelle pour une production de 50.000 t</b>	<b>490.000 l/an</b>

- Réserve de gasoil installée à l'usine (14 jours)    30.000 l.

#### 4.2.3. Energie électrique.

L'énergie électrique nécessaire pour l'usine de production de la perlite brute et expansée sera fournie à partir de la ligne aérienne de 60 kV, passant le long de la route goudronnée de Djibouti - Tadjoura. Cette ligne est distante de 0,5 km de l'usine.

Spécification de la ligne (source - Electricité de Djibouti). Puissance 60 kV, 50 Hz, 3 phases

L'énergie électrique sera fournie par la société d'Etat « Electricité de Djibouti » avec un branchement de 20 kV, une ligne de 0,5 km et un transformateur 60/20 kV qui seront fournis au prix 100.000 USD (17.700.000 FD).

- Consommation électrique pour	<b>50.000 t/an</b>	<b>5.000 t/an</b>
	perlite brute traitée	perlite expansée
- Puissance installée	500 kW	110 kW
- Puissance actuelle	350 kW	85 kW
- <b>Consommation annuelle totale</b>	<b>1.400.000 kW/an</b>	<b>350.000 kW/an</b>

#### 4.2.4. Consommation d'eau.

L'eau potable sera obtenue par une source propre (puits foré).

- Consommation de l'eau pour	<b>50.000 t/an</b>	<b>5.000 t/an</b>
	perlite brute traitée	perlite expansée
- <b>Consommation annuelle</b>	<b>300 m<sup>3</sup>/an</b>	<b>250 m<sup>3</sup>/an</b>

#### 4.3. MATIERES AUXILIAIRES.

	<b>50.000 t/an</b>	<b>5.000 t/an</b>
	perlite brute traitée	perlite expansée
- Consommation de l'huile	1.900 l/an	400 l/an
- Consommation de graisse	500 kg/an	200 kg/an
- Consommation de sacs papier ou plastique de 125 l		400.000
- Consommation des big bags	50 pcs/an	
- Consommation des palettes		500 pcs/an
- Consommation des pièces de rechange	8% du matériel	5% du matériel
- Consommation produits divers	2 % du CA	2%du CA

Remarques.

Les matériels auxiliaires comme les sacs en papier, les huiles spéciales seront achetés à l'étranger.

Une partie des huiles, les palettes et des produits divers seront achetées sur le marché local.

Les pièces de rechanges et une partie des produits divers seront importés.

#### **Stock de matières auxiliaires :**

- Stock de sacs en papier (60 jours)	336.000 pcs
- Stock de pièces de rechange	1 an
- Stock de huiles et graisses	60 jours

**4.3.1. COÛTS DES FOURNITURES ET DES MATIÈRES AUXILIAIRES.**

Tableau 4 - 1 : Consommations et coûts des matières premières et auxiliaires par produit pour une production de 50.000 t/an (en USD)

Désignation	Quantité	Unité	Prix unitaire	Coût annuel
<b>Emballages</b>				
<i>Perlite traitée</i>				
Big Bags	50	pcs	250	12.500
<i>Perlite expansée</i>				
Sacs en papier 0,125 m <sup>3</sup>	400	1.000pcs	300	120.000
Palettes	200	1pcs	15	3.000
<b>Utilités</b>				
<i>Perlite traitée</i>				
Electricité	1.400	MWh	180,8	253.120
Eau	300	m <sup>3</sup>	0,85	255
Gaz	-			
Huile	1.900	l	3,3	6.270
Graisse	500	kg	5,1	2.550
Gasoil	490.000	l	0,4	196.000
<i>Perlite expansée</i>				
Electricité	350	MWh	180,8	63.280
Eau	250	m <sup>3</sup>	0,85	212,50
Gaz	480	t	900	432.000
Huile	400	l	3,3	1.320
Graisse	200	kg	5,1	1.020
Huile de silicone	1.500	l	6,77	10.155
<b>Total</b>				<b>1.101.682,5</b>

Tableau 4 – 2 Coûts total des fournitures pour une production de 50.000 t/an (en USD)

Désignation	Coût annuel	Variabilité
Huile	7.590	100%
Graisse	3.570	100%
Huile de silicone	10.155	100%
<b>Sous-total des matières premières et auxiliaires</b>	<b>21.315</b>	<b>100%</b>
Sacs papiers de 125 litres	120.000	100%
Palettes	3.000	100%
Big bag	12.500	100%
<b>Sous-total des emballages</b>	<b>135.500</b>	
Eau	468	50%
Location et entretien compteur	1.328	0%
<b>Sous-total du coût des utilités</b>	<b>1.796</b>	
Gasoil	196.000	100%
Gaz	432.000	100%
Electricité	316.400	100%
Location et entretien du compteur	5.000	0%
Coûts additionnels	20.000	0%
<b>Sous-total du coût des énergies</b>	<b>969.400</b>	
<b>Coût total des fournitures</b>	<b>1.128.011</b>	

## **CHAPITRE 5. UTILISATIONS DE LA PERLITE.**

La qualité de la perlite brute traitée du gisement D'EGERALAYTA et celle de la perlite expansée obtenue après l'expansion déterminent leur usage pour l'isolation thermique et phonique dans les secteurs suivants :

- construction du bâtiment
- agriculture et horticulture
- métallurgie
- chimie
- industrie d'alimentation
- traitement de l'eau
- environnement.

L'usage de la perlite s'élargit toujours plus. Ce chapitre traite des différentes utilisations de la perlite brute traitée et surtout de la perlite expansée.

### **5.1. UTILISATIONS DE LA PERLITE BRUTE TRAITEE.**

Dans l'étude de faisabilité, il sera pris comme hypothèse que la production de la perlite brute traitée se fera avec dans quatre granulations :

- la perlite brute traitée en granulation 0 - 0,3 mm
- la perlite brute traitée en granulation 0,3 - 0,8 mm
- la perlite brute traitée en granulation 0,8 - 1,6 mm
- la perlite brute traitée en granulation 1,6 - 2 mm

La perlite brute traitée est utilisée comme :

- produit intermédiaire pour la production de la perlite expansée
- comme aiguiseur pour écran du téléviseur (les petits granules)
- l'isolation pour la régulation de la solidification des lingots
- charge pour les agents de nettoyage
- charge sableuse pour le béton.

### **5.2. UTILISATIONS DE LA PERLITE EXPANSEE.**

Il existe 3 classes de perlite expansée en fonction de la densité «non tassé» du produit.

- la perlite expansée avec la densité, non tassée jusqu'à 100 kg/m<sup>3</sup> (EP-100)
- la perlite expansée avec la densité, non tassée jusqu'à 150 kg/m<sup>3</sup> (EP-150)
- la perlite expansée avec la densité, non tassée jusqu'à 200 kg/m<sup>3</sup> (EP-200)

On classe aussi la perlite expansée suivant sa granulométrie et son usage :

- la perlite expansée très fine 0 - 0,3 mm
- la perlite expansée très fine 0,3 - 0,5 mm
- la perlite moyenne grosse 0 - 1 mm
- la perlite expansée grosse 0 - 1,6 mm
- la perlite expansée agropélite 0 - 2 mm

#### **5.2.1. Utilisations de la perlite expansée "non tassé" en l'état.**

L'usage de la perlite expansée comme isolants thermiques et phoniques dans l'état "non tassé" est le plus simple et le plus efficace. Sa stabilité représente un gros avantage vis à vis des produits concurrents car elle résiste aux influences atmosphériques, aux réactions chimiques, au feu et à l'attaque des micro-organismes. Sa stabilité dans le temps est de ce fait remarquable.

La perlite expansée "non tassé" est utilisée dans les constructions suivantes :

- a) l'isolation des planchers. L'épaisseur moyenne de la couche est : 2 - 15 cm, la meilleure perlite pour cette couche est une perlite avec une densité "non tassé" de  $150 \text{ kg/m}^3$  et de  $200 \text{ kg/m}^3$ .
- b) l'isolation des planchers des patinoires, l'épaisseur moyenne de la couche est de 10 - 20 cm. Il est possible d'utiliser dans ce cas de la perlite expansée hydrophobisée.
- c) l'isolation du plafond au-dessus des espaces froids ou trop chauds, est de 15/30 cm, nous utilisons la perlite „EP150“ et „EP200“
- d) l'isolation phonique dans les planchers aux étages, l'épaisseur l'épaisseur moyenne utilisée est de 3,6 cm. On peut utiliser „EP150“
- e) l'isolation des toits des bâtiments, habituellement ils sont placés au-dessus contre la vapeur d'eau. L'épaisseur l'épaisseur moyenne utilisée est de 4 - 10 cm.
- f) l'isolation autour des tuyauteries d'eau chaude, on peut utiliser „EP100“ et „EP150“. Nous exigeons la protection contre l'humidité de la terre.
- g) l'isolation des équipements technologiques comme la tuyauterie des gaz liquides, avec une température extrême jusqu'à  $100^\circ\text{C}$ .
- h) l'isolation des objets de construction civile pour des températures et humidités extrêmes. On peut utiliser la perlite entre des murs de brique, des siporex (pièce de forme produite à partir du sable et de la chaux), des bétons armés, des tôles etc. L'épaisseur maximale utilisée est de 30 cm, le traitement est réalisé en utilisant le vibreur sur "EP-100" ou "EP150" humide. Pour usage en frigorifique dans les laboratoires des fermes de volailles, dans les salles de bain etc.

### 5.2.2. Utilisation de la perlite expansée comme matériau de constructions avec isolation thermique

La perlite expansée possède des propriétés, qui avantage les exigences des matériaux en qualité d'isolation thermique, pour les températures basses et en moyennes jusqu'à  $900^\circ\text{C}$ . En mélange avec  $\text{Al}_2\text{O}_3$  elle est utilisée jusqu'à la température  $1400^\circ\text{C}$ . Des briques spéciales, avec des propriétés d'isolant thermique sont aussi produites à partir du mélange de la perlite expansée et des matériaux céramiques fins par exemple des argiles, des marbres, des bentonites, des halloysites, des kaolinites etc. Les propriétés résultantes sont obtenues par le mélange des produits en proportions définies. Les produits finaux sont obtenus par pression hydraulique, et ils sont ensuite traités dans un four à briques à une température de  $900^\circ\text{C}$ . Les formes plus compliquées se forment manuellement. Pour cette production la plus convenable est „EP150“ qui contient au maximum 50 % de granulés de dimension inférieure à 0.5 mm et au maximum 5 % de granules de dimension égale 2 mm.

Ces produits s'utilisent pour toute isolation thermique jusqu'à  $850^\circ\text{C}$ , qui n'exigent pas de contact direct avec le feu. De la même façon c'est possible d'utiliser des briques de perlite expansée pour fabriquer des murs résistants aux hautes températures dans les fours, chaudières, tuyauteries pour les eaux chaudes, cheminées, etc. La densité spécifique donne la possibilité de diminuer l'épaisseur des couches de protection et la masse des constructions d'acier.

#### *Perlite-béton*

C'est un des plus légers de silicate des matériaux de construction pour l'isolation thermique, lequel se prépare de manière mouillée ou semi-sèche de perlite expansée et du ciment. Suivant la proportion de perlite expansée et de ciment, nous préparons la perlite-béton avec une large échelle des propriétés de densités spécifiques différentes. Pour la préparation de la perlite-béton nous utilisons en général "EP150" et le ciment Portland de classe de solidité 32 %. Il est aussi possible d'utiliser aussi les autres sortes de perlite expansée et du ciment. Pour les variétés de perlite-béton mentionnées ci-dessous (d'après la masse volumique) nous avons supposé la proportion suivante des matériaux de base pour la préparation de  $0,1 \text{ m}^3$  de la perlite-béton.

Tableau 5 - 1 : Composition de perlite-béton

Variétés de perlite-béton (PB)	Unité	PB 300	PB 400	PB 500	PB 600
Perlite expansée 150	l	125	125	125	125
Ciment 32.5	kg	12	19	27	35
Eau	l	de 38 à 40 l			

Cette proportion est valable pour la préparation du mélange de perlite-béton humidifié, destiné pour la construction des couches formées de la perlite-béton par tassement (tassement manuel ou par moyen de vibrateurs). La préparation du mélange de perlite-béton se divise en quatre étapes consécutives :

- Dans le mouleur nous versons la quantité adéquate de la perlite et nous ajoutons la moitié d'eau prescrite,
- après un brassage de courte durée nous ajoutons la quantité appropriée de ciment et nous continuons le brassage pendant une minute,
- pendant le brassage nous ajoutons le reste de l'eau et nous continuons le brassage encore une à deux minutes,
- l'arrangement éventuel de la consistance du mélange, se termine par l'addition de l'eau ou de la perlite pendant le brassage ininterrompu.

Le mélange résultant de perlite-béton ne doit pas avoir la consistance d'un béton classique : il ne doit pas couler.

Tableau 5 - 2 : Propriétés de quelques perlite-béton

Propriétés	Sorte de la perlite - béton			
	PB 300	PB 400	PB 500	PB 600
Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	300	400	500	600
Résistance (MPa/min)	0,55	0,96	1,56	1,92
Conductibilité thermique extérieure (W/mK) max	0,092	0,137	0,145	0,175
Conductibilité thermique intérieure (W/mK) max	0,083	0,12	0,13	0,155
Usage (°C)	de 200 à 600			
Résistance au feu (°C)	de 550 à 950			

Les utilisations de la perlite-béton en construction sont les suivantes :

- couches d'isolation thermique pour les chemises de toits d'épaisseur 5 à 10 cm,
- planches de plancher comme revêtement des plafonds en acier,
- revêtements de la perlite-béton (PB 400; PB 500) comme isolant thermique sans propriété d'isolations sonore (WC, salles de bain, garde-manger etc.),
- des planchers chauds dans les bâtiments pour l'agriculture ; d'épaisseur proche de 15 cm.
- fondations au-dessous des machines par les températures extrêmes de -200 °C à +600 °C, d'épaisseur jusqu'à 1 m, résistance de 100 Kpa/cm<sup>2</sup> (PB 700 - 800),
- panneaux de perlite-béton pour les enveloppes périphériques des maisons ; d'épaisseur de 14 cm à 24 cm,
- pièces de forme pour un revêtement des constructions en béton-armé ; d'épaisseur de 5 cm,
- les linteaux au-dessus des fenêtres pour la maçonnerie des pièces de forme de la perlite-béton ; d'épaisseur de 24 cm et l'étendue jusqu'à 4 cm,
- un revêtement des colonnes et des piliers (PB 900 - PB 1100) ; d'épaisseur de 1 à 5 cm.

Du point de vue des propriétés thermiques et isolantes PB 400 d'épaisseur de 30 mm correspondent à une épaisseur 250 mm de béton classique. Un certain désavantage de la perlite-béton est son imbibition de l'eau. Contre l'imbibition existe une peinture. Les couches de la perlite-béton plus épaisses que 5 - 8 cm et de masse volumique supérieure à 500 Kpa/m<sup>3</sup> présentent l'absorption du son de fréquence basse. Il est recommandé d'utiliser une perlite-béton



armée pour les armatures sans surface lisse. Il est possible d'utiliser, dans la perlite-béton, des fibres de basalte ou de verre pour améliorer la résistance.

### Enduits de perlite

Les propriétés avantageuses de la perlite comme un isolant thermique nous permettent de les utiliser comme des enduits de perlite intérieurs. Si la combinaison est appropriée pour les enduits de perlite et leur qualité d'hydrofuge, il est possible de former des enduits de bonne qualité, perméables aux gaz et aux vapeurs de l'eau, résistants à la pénétration de l'eau. Les enduits de perlite sont non combustibles et sont couramment utilisés pour les murs extérieurs des maisons.

#### Compositions et préparations des enduits de perlite :

- perlite expansée (EP 150), résistance de grain minimale 0,1 MPa, granulométrie de 0 à 4 mm (fraction à 1 mm est de 10 %),
- liants :
  - l'hydrate calcique, chaux hydratée,
  - ciment de Portland 42,5; 32,5;
  - plâtre,
  - plâtre + hydrate calcique,
- additions :
  - sable pur,
  - fibres de minéral en verre et en basalte, longueur de fibres de 1 à 1 mm,
  - substance chimique contre la pénétration de l'humidité superficielle,
  - l'eau doit être pure,
  - les grillages en fil de fer pour les enduits plus épais (de 3,5 à 5 cm).
- Pour la classification des enduits de perlite, le principal critère est leur masse volumique à l'état sec. Les principales propriétés physiques et thermiques de l'enduit dépendent de sa masse volumique.
- Pour l'utilisation pratique, les plus avantageux sont les enduits de perlite de 400 à 500 kg/m<sup>3</sup>.

Tableau 5 - 3 : Quantités de constituants pour la préparation de 1m<sup>3</sup> de l'enduit

Type de l'enduit	Unité	PM 400	PM 450	PM 500
Perlite expansée (EP 150)	m <sup>3</sup>	1,85	1,30	1,35
Hydrate calcique	kg	140	150	170
Ciment de Portland	kg	55	80	95

Pour la construction des bâtiments, on peut utiliser un enduit en trois couches pour 1 m<sup>3</sup> de mortier.

#### A/ Enduit de polymère-ciment de base :

- Sable de 0 à 1 mm.....de 1,05 m<sup>3</sup>
- Ciment 32,5.....de 450 kg
- Colle industrielle.....de 45 kg
- Hydrate de classe.....de 20 kg
- Eau de chaux.....de 200 l

#### B/ Mortier d'isolation thermique :

- Perlite expansée (EP-150).....de 1,25 m<sup>3</sup>
- Chaux éteinte.....de 165 kg
- Ciment 42,5.....de 55 kg
- Colle industrielle.....de 15 kg
- Eau.....environ 400 l

#### C/ Mortier superficiel :

- Sable.....de 1,05 m<sup>3</sup>
- Ciment 32,5.....de 400 kg

Colle industrielle.....	de 4,5 kg
Chaux éteinte.....	de 45 kg
Eau.....	en fonction des besoins

#### **Préparation d'un mortier de perlite par un mélange d'enduit sec.**

Dans le mélangeur, on peut verser le contenu du mélange d'enduit d'un sac de papier et on ajout la quantité équivalente d'après le mode d'emploi du sac. Nous mélangeons 2 à 3 minutes. Après ce temps l'enduit est préparé pour son utilisation. Il est très important de respecter le temps du mixage.

#### **Préparation de l'enduit de perlite et des composants particuliers :**

Dans le mélangeur on verse la quantité adéquate de perlite expansée et on ajoute une petite quantité eau (environ 1/5 de la totale quantité supposée). Après un court mélange, on ajoute la quantité déterminée du liant et on mélange avec une perlite humidifiée. Le délai de mixage est d'environ 1 minute. On mélange en permanence en ajoutant la partie restante de l'eau (éventuellement de l'eau avec des plastifiants solubles et d'autres additifs). Le mélange dure de 1 à 2 minutes. Les mortiers de perlite-plâtre sont préparés de la même façon.

#### **Utilisation des enduits de perlite :**

Les enduits de perlite sont des couches protectrices d'isolation et d'aplatissement des constructions de bâtiment. Ils se composent d'une ou plusieurs couches.

On peut les utiliser pour :

- l'amélioration des propriétés d'isolation thermique de mortier.
- la protection phonique des espaces intérieurs.
- la protection anti-incendie des constructions de bâtiment.

Le procédé pendant l'enduction est similaire à l'enduction classique. On peut déposer sur la surface mouillée badigeonnée de ciment en couches, l'enduit de perlite. La couche d'enduit ne peut être supérieure à 2 cm. La couche suivante est déposée après un séchage de la couche précédente.

#### **Coussins de perlite**

Les coussins de perlite sont des feuilles de polyéthylène remplis de perlite expansée. Dans un coussin de perlite, les propriétés d'isolation contre l'eau de la feuille de polyéthylène, et les propriétés d'isolation thermique de la perlite expansée sont avantageusement réunies.

#### **Préparation des coussins de perlite.**

La perlite expansée d'un réservoir est remplie par la feuille de polyéthylène composée de cinq chambres par un moyen de tête spéciale. Les feuilles de polyéthylène sont cousues et rangées sur les palettes. Les coussins ont les dimensions suivantes 1.500 x 500 mm, en trois épaisseurs de 80, 100 et de 120 mm. La résistance thermique du coussin :

- d'épaisseur 80 mm.....min. 1,6 m<sup>2</sup>K/W,
- d'épaisseur 100 mm..... min. 2,0 m<sup>2</sup>K/W,
- d'épaisseur 120 mm..... min. 2,4 m<sup>2</sup>K/W.

Les coussins de perlite sont de basse densité et sont utilisés dans la manipulation sans poussières et le blocage de la pénétration d'eau dans la perlite expansée à l'intérieur de la feuille. Les coussins de perlite sont utilisés :

- en isolation des toits,
- en isolation des plafonds et des planchers,
- comme un isolant de panneaux multicouches,
- comme un isolant de panneaux périphériques à la base métallique,
- comme un isolant d'entrepôts frigorifiques.

## Perlite plâtre

C'est une des possibilités de combinaison avantageuse par l'association des propriétés de tenue structurale, de l'isolation, de légèreté et de l'inflammabilité offerte par une combinaison de la perlite expansée et du plâtre. La perlite plâtre consiste en un mélange du liant (plâtre) et de la charge (perlite expansée). La préparation du mélange des produits se fait à sec (habituellement 1 m<sup>3</sup> de la perlite et de 100 à 200 kg de plâtre) et nous ajoutons 140 à 160 % d'eau au mélange.

La fabrication des plaques est réalisée par le versement dans des moules suivi d'un pressage vibrant de la pâte ou par pressage en état semi-sec. On laisse ce matériel solidifier pendant 20 à 30 minutes après un versement dans les moules. Le procédé se termine par un séchage des produits et leur emballage. En production par vibropressage, on obtient des produits de masse volumique plus grande qu'en production par coulage. La masse volumique des produits est de 300 à 500 kg/m<sup>3</sup>. Les valeurs de la résistance à la pression sont 0,3 à 0,9 MPa, les résistances à la flexion de 0,1 à 0,4 MPa. Le coefficient de la conductivité thermique maximale est égal à 800 °C.

La perlite-plâtre est utilisée comme un matériel de construction d'isolation thermique. On peut avec ce matériel produire des cloisons multidimensionnelles et des planches de revêtement et des sous-couches. Ces produits sont inflammables, sans danger pour la santé, mais il faut les protéger contre l'humidité.

\*Remarque : Aux environs du gisement de perlite d'EGERALAYTA, se trouve aussi un gisement de plâtre jusqu'à présent partiellement identifié. Après une étude d'évaluation détaillée et un résultat attendu positif, il sera possible plus tard d'utiliser ce plâtre comme matière première pour la production des produits de perlite-plâtre, en remplacement du béton léger jusqu'à présent importé de l'Arabie Saoudite. Par un procédé identique on peut produire aussi d'autres matériaux de perlite expansée et du bitume perlite-bitume et du verre soluble verre-perlite.

### 5.2.3. Utilisation de la perlite expansée pour la filtration et la charge

Les masses filtrantes et les charges sont produites par des opérations de concassage, de broyage, d'expansion et de tamisage de la perlite brute. Les masses filtrantes et les charges sont des fragments microscopiques de grains de perlite expansée.

Tableau 5 - 4 : Les propriétés et les catégories des masses filtrantes de perlite et des masses des charges

Caractéristique	Unité	Masse filtrante de la perlite				Masses de charges
Densité "non tassé"	(kg/m <sup>3</sup> max)	100	100	100	100	100
Résidus sur le tamis 0,16 mm	(% max)	25	15	10	5	2
Résidus sur le tamis 0,09 mm	(% max)	35	20	15	10	5
Résidus sur le tamis 0,04 mm	(% max)	50	30	20	15	10
Contenu des particules 8 - 40 mm	(%)	40	50	50	40	30
Contenu des particules 1 - 5 mm	(%)	10	20	30	45	60
Coloration		grise et blanche				
Perméabilité	(l/minm <sup>3</sup> )	900	400	250	100	50
pH extrait d'eau		7	7	7	7	7
Quantité de Fe <sup>3+</sup> extrait dans 0.01 HCl	(mg/g)	1	1	1	1	1
Humidité	(% max)	2	2	2	2	2
Composition chimique :						
Perte en feu	(% max)	1	1	1	1	1
SiO <sub>2</sub>	(% min)	70	70	70	70	70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(% max)	16	16	16	16	16
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(% max)	2	2	2	2	2

La filtration est nécessaire dans l'industrie d'alimentaire (sucreries, brasseries), dans l'industrie chimique, dans l'établissement de la santé etc. Elle se fait souvent à travers de masses

filtrantes de perlite expansée. Pour la production des masses filtrantes certains blocs de gisement D'EGERALAYTA sont appropriés.

La perlite expansée s'utilise:

- comme charge dans la production de caoutchouc, de résine expansée, de peinture,
- comme outils de polissage, etc.

#### **5.2.4. Autres usages**

##### **La perlite pour l'industrie d'acier**

La perlite expansée comme charge exothermique, est utilisée pour le traitement des têtes des lingots coulées dans des coquilles pour diminuer des chutes et pour assurer la croissance d'étirement de l'acier. L'avantage de la perlite par rapport à d'autres matériaux est leur homogénéité et leur composition chimique stable. La consommation de la perlite expansée n'est pas trop élevée (à peu près) 2,5 kg/t d'acier. La perlite expansée s'utilise aussi pour la production de panneaux d'isolation thermique comme les enveloppes des coquilles.

##### **Agroperlite**

L'agroperlite est une perlite expansée avec de gros grains destinée à l'agriculture. L'agroperlite se produit dans deux granulométries : fine et grosse.

Exigences techniques pour l'agroperlite:

- densité "non tassé"	250 kg/m <sup>3</sup>
- granulation	0 - 2 mm
- humidité	2 %
- conductibilité thermique	0,085 W/mE
- compressibilité	0,1MPa 15 %

Composition chimique :

- SiO <sub>2</sub> min.	69 %
- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max.	18 %
- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> max.	6 %
- CaO + MgO max	6 %
- Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O max.	8 %

L'agroperlite est surtout utilisée pour alléger les terres argileuses, pour réguler l'humidité de la terre, pour prolonger les effets des fertilisants. Elle s'utilise aussi dans des constructions comme charge d'isolation thermique "non tassé".

#### **5.3. UTILISATIONS DE LA PERLITE EXPANSEE HYDROPHOBISEE**

La perlite hydrophobisée est une perlite expansée dont la surface est imbibée par une pellicule de pétrole, de l'essence, des huiles, des graisses de lubrifiants, du terpène ou d'autres liquides gras dispersés dans l'eau.

Propriétés de la perlite expansée et hydrophobisée :

- masse volumique "non tassé"	max. 250 kg/m <sup>3</sup>
- teneur des grains de moins de 1,0 mm	max. 50 %
- teneur des grains supérieur à 4,0 mm	de 5 à 10 %
- imbibition par pétrole min.	350 l/m <sup>2</sup>

La perlite hydrophobisée a une capacité d'adsorption minimale de 1m<sup>3</sup> de la masse totale :

- 250 l de pétrole brut
- 130 l de pétrole
- 80 l d'essence

**Utilisation :**

La plus grande utilisation de la perlite expansée et hydrophobisée se fait dans le domaine d'élimination des contaminations par les liquides de type pétrole, et ses dérivés. Cela résulte de sa grande capacité d'imbibition par les liquides du type huileux et sa petite imbibition vis-à-vis de l'eau. L'imbibition dépend de la viscosité des liquides captés. Les liquides avec une viscosité élevée (les huiles) ont une imbibition plus haute que les liquides avec une moindre viscosité.

Les applications de la perlite expansée hydrophobisée, sont utilisées pour la disparition de la pollution par les produits de pétroles, des huiles. Nous pouvons les répertorier :

- a) la disparition des pollutions de pétrole, des planchers de halls de production, des garages, des stations d'essence etc. Le nettoyage des planchers, consiste à un versement de la quantité suffisante de la perlite hydrophobisée, dans laquelle les produits de pétrole sont absorbés. En cas d'application de la perlite hydrophobisée sur des planchers secs, celle-ci peut capter de 400 à 600 l de pétrole sur 1 m<sup>3</sup>. En cas d'application sur les planchers mouillés, la quantité de pétrole capté diminue jusqu'à 350 l.
- b) la disparition des produits de pétrole de la surface des eaux stagnantes. Un mode de la capture des produits de pétrole flottants consiste en un versement de la perlite hydrophobisée en direction du mouvement du vent et sur un côté du niveau de l'eau opposé. Nous ramassons le matériel par un collecteur constitué de filets. Par ce mode, on peut capter de 250 à 400 l de pétrole pour 1 m<sup>3</sup> par de perlite hydrophobisée.
- c) l'élimination des produits de pétrole et dérivés (déchets) dans les eaux courantes (canaux, ruisseaux, rivières, fleuves). Ces produits peuvent être captés, en plongeant le mur flottant ou stable au travers les écoulements d'eaux de façon que la perlite du bas du mur soit sous le niveau de l'eau et l'on verse la perlite hydrophobisée devant le mur flottant. La couche de perlite flottant, capte le pétrole au niveau de l'eau. Si le courant du fleuve est rapide, il faut ranger les murs flottants les un après les autres. Par ce mode, on peut capter environ 350 l de pétrole pour 1 m<sup>3</sup> de perlite.
- d) le nettoyage de l'eau des substances de pétrole peut se faire par un moyen de filtration : l'eau polluée par les produits de pétrole finement dispersés dans tout son volume, l'eau par passage au travers de la couche de perlite expansée hydrophobisée de gros grains. Pour l'augmentation de l'efficacité, on peut installer plusieurs filtres. Par ce mode, on peut capter 250 l de pétrole pour 1 m<sup>3</sup> de la perlite hydrophobisée.
- e) le domaine suivant de l'utilisation de la perlite expansée hydrophobisée est l'isolation thermique en milieu humide. Par les propriétés d'imbibition et d'humidification multiple plus faibles, la perlite expansée et hydrophobisée, en comparaison avec la perlite seulement expansée. L'utilisation de la perlite expansée hydrophobisée à la consommation des conduites de l'eau chaude. Cela signifie la mise en place d'une tuyauterie pour l'eau chaude dont l'enveloppe est formée par la perlite expansée hydrophobisée remplissant la tranchée.
- f) la perlite expansée et hydrophobisée, peut-être utilisée aussi dans la fabrication de la perlite-béton et pour les enduits d'isolation thermique : ainsi on augmente la résistance et, en même temps l'imbibition des matériaux de construction.

## CHAPITRE 6. ANALYSE DU MARCHÉ ET DE LA COMMERCIALISATION.

### 6.1. ANALYSE DU MARCHÉ MONDIAL DE LA PERLITE BRUTE TRAITÉE.

#### 6.1.1. Analyse géographique du marché de la perlite brute traitée.

Les gisements de perlite se situent dans les ceintures de roches volcaniques tertiaires et quaternaires. La ceinture européenne débute en Islande et s'étend vers le sud-est à travers l'Irlande du Nord, l'Ecosse, le Massif Central français, l'Allemagne de l'Ouest, la Slovaquie, la Hongrie, la Sardaigne, l'Italie et les îles de la mer Egée. La ceinture de l'Océan Pacifique inclut le Mexique, les États-Unis, l'Alaska, l'Ouest-Canadien, la Chine, le Japon, les Philippines, l'Australie et la Nouvelle-Zélande. Le gisement d'Egeralayta fait partie de la série volcanique d'âge tertiaire.

Tableau 6 - 1 : Gisements mondiaux exploités et les sociétés productrices.

Pays	Localisations	Compagnies exploitantes	Production* Capacités* annuelles
USA	Nouveau Mexique		
	-NO AGUA (TAOS Cty)	GREFCO Inc.	
	-NO AGUA (TAOS Cty)	MANVILLE Corp.	350.000*
	- SANGRE DO CHRISTO	SILBRICO Corp.	250.000°
	- MAC DONALD (GRANTS Cty)	US GYPSUM	
	- SOCORRO (SOCORRO Cty)		
	Colorado:		
	- ROSITA HILLS (CUSTER Cty)	PERSOLITE PRODUCTS Inc.	
	Californie:		
	-INYO (INYO Cty)	AMERICAN PERLITE Corp.	
Arizona :			
	TONY PIT (PINAL Cty)	FILTERSINTER Corp. Et HARBORLITE Corp.	70.000*
Idaho:			
MALAD CITY (ONEIDA Cty)	ONEIDA PERLITE Corp.		
Nevada:			
CALIENTE (LINCOLN Cty)	US GYPSUM et DELAMAR-MACKIE		
<b>Total</b>			<b>2.000.000</b>

Pays	Localisations	Compagnies exploitantes	Production Capacités° annuelles
MEXIQUE	CIUDAD OBREGON	AISLANTES DEL PACIFICO S.A.	2.000°
	PUEBLO	Cia MINERAL ORIENTAL S.A.	
	PEEBLO	DICALITE DE MEXICO S.A.	
	DURANGO	TERMOLITA S.A.	
<b>Total</b>			<b>35.000</b>
GRECE	Ile de Milos - TRACHILAS et CHIVADOLIMNI	SILVER AND BARYTE ORES MINING Co.	220.000°
	-TSIGRADO	OTAVI MINEN	130.000*
<b>Total</b>			<b>350.000</b>
MAROC	DJ.TIDENNIT (NADOR)		redémarrage possible
ITALIE	Ouest Sardaigne: - MONTE ARCI	PERLITE SpA (49 % BRITISH GYPSUM	arrêtée
	-ORISTANO,URAS	CECA ITALIANA SpA	10.000
<b>Total</b>			<b>10.000</b>
HONGRIE	-PALHAZA, GONO	PERLIT	
	-TEI.KYBANYA		
<b>Total</b>			<b>100.000</b>
SLOVAQUIE	-LEHOTKA pod BREHMI	KERKO KOSICE	
	-JASTRABA		
	-BYSTA		
<b>Total</b>			<b>50.000</b>
ARMENIE	-MONT ARAGATS		non exploité
	-CRIMEE (KARADAG)		
TURQUIE	Région d Izmir: - IBRAHIMIGA	IZMIR PERLITE MINING Ltd.	
	-BADEMALAN	PERLISAN MINING Ltd.	
	Région d'Eskisehir: - ERZICAN	DURUN URUN	
	- ESKISEHIR	ANADOLU PERMER MADENCILIK-SANAYIUE TICARET Ltd.	

Pays	Localisations	Compagnies exploitantes	Production* Capacités° annuelles
<b>Total</b>	CANAKKALE	PABALK TICARET VE PERLIT SANAYI AS	260.000
	CUMOAVASI	ETIBANK	
PHILIPPINES	PAGASPI (LUZON)	PERLITE IND.AND MINERALS Corp.	20.000
	ALBAY	GREFCO et TRINITY LODGE MINING Corp.-:	
<b>Total</b>			
	JAPON	Ile de Hondo: -KITAKATA- IPPONGISITA AKITA-TOMYOKA  -AKITA -YAMAGATA -NAGANO -NAGANO -YAMAGUCHI -SHIBA -KAWASAKI - OSAKA Ile de Kyushu: -FUKOKA Ile de Hokkaido: - KUSHIRO	SAKIN PERLITE Co  Ltd et MITSUI MIN. AND SMELTING Co. SK PERLITE Co. NIHON PERLITE SHIMANO PERLITE FIUYO PERLITE UBE KOSAN ASANO PERLITE SHOWA CHEMICAL  ASO PERLITE  KUSHIRO SEKITAN
<b>Total</b>			<b>200.000</b>
AFRIQUE DU SUD	ZULULAND (ETAT DE NXWALA)	PRATLEY PERLITE MINNING Co.	
CHINE		HENAN XINYANG SHANTIAN	200.000
<b>Total</b>			<b>200.000</b>
<b>Total mondial</b>			<b>2.000.000</b>

Références: British Geological Survey 1995.

La production globale annuelle mondiale de la perlite brute traitée dans le monde durant les 20 dernières années est d'environ 2.000.000 t/a.

Approximativement deux tiers de la perlite produite sont consommés par les industries de construction et du bâtiment, du monde. Les années 1994 et 1995 ont été généralement bonnes pour le secteur du bâtiment et de la construction dans la plupart des pays industrialisés. L'industrie de la perlite a connu une période de forte demande avec des prix fermes. La production mondiale en 1995 a été probablement de l'ordre de 2.000.000 t de perlite traitée, avec les U.S.A, la Grèce, la Turquie et la Chine en tête comme pays producteurs.



Tableau 6. 2. Evolution de production mondiale de perlite brute

PAYS	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
U.S.A.	871	939	847	824	710	623	608	653	678	667	706	753	655	659	711	762	691	664	719
URSS/Armenie	627	660	660	660	660	660	660	660	660	660	600	600	600	150	80	50	10	5	0
Grece	277	224	230	256	258	262	206	274	273	541	570	570	570	600	656	575	600	400	365
Chine	28	30	30	30	30	30	30	30	30	-	-	-	-	-	-	-	300	300	300
Turquie	33	26	33	39	50	41	32	67	66	103	144	154	143	139	134	192	213	250	260
Japon	115	120	124	128	125	125	140	140	140	75	75	75	75	203	203	203	200	200	200
Hongrie	114	102	108	109	105	99	103	113	112	109	112	121	109	96	88	40	66	71	100
Slovaquie	*	35	33	44	47	50	49	49	49	41	42	43	45	42	41	40	35	40	50
Mexique	5	27	28	30	39	36	46	35	33	46	39	39	40	42	49	43	35	35	35
Philippines	2	2	4	9	8	4	2	15	3	*	*	*	*	3	3	3	20	20	20
Italie	100	90	95	100	94	88	83	88	112	73	70	71	71	71	70	65	65	65	0
Australie	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5	5	5	5	5	
Autres	3	3	30	4	4	4	4	2	6	37	32	29	27				25	29	30
Totaux	2175	2258	2222	2233	2130	2022	1963	2126	2162	2352	2390	2455	2335	2010	2040	1978	2265	2084	2079

\* non disponible  
e estimation

Références : BRGM - Mémento roches et minéraux industriels - la perlite  
British geological Survey - World Mineral Statistics (1990 - 94)  
Metals & Minerals Annual Review - 1996  
Mineral Commodity Summaries, January 1996

Les Etats Unis exportent de la perlite brute vers la Grande Bretagne mais les plus importantes ventes de perlite sur l'Europe se font à partir de la Grèce et de la Turquie.

Table 6 - 3. Exportation de la perlite brute traitée depuis la Grèce vers l'Europe Occidentale (en t)

Pays/Année	1983	1984	1985
Allemagne	70.961	72.211	73.691
Grande Bretagne	10.417	26.326	21.561
Belgique	8.899	-	11.204
France	17.687	10.185	11.863
Italie	13.591	15.181	11.335
Danemark	-	1.550	2.035
Pays-Bas	2.768	2.568	4.722
<b>Total</b>	<b>124.323</b>	<b>128.021</b>	<b>136.411</b>

Référence : B.R.G.M

Table 6 - 4. Exportation de la perlite brute traitée depuis la Turquie (en t)

Pays/Année	1993	1994	1995
Afrique du Sud	5.200	2.906	5.670
Arabie Saoudite	528	786	3.560
Belgique	36.790	29.915	54.188
Bésil	5.580	4.000	5.300
Danemark	2.680	2.940	5.120
France	18.710	22.870	32.455
Grande Bretagne	19.770	16.100	29.830
Inde	6.566	7.317	12.968
Italie	37.490	29.560	35.000
Autres	15.452	16.204	21.496
<b>Total</b>	<b>148.238</b>	<b>131.812</b>	<b>202.027</b>

Référence: IGEME Turquie

#### 6.1.2. Analyse qualitative du marché de la perlite brute traitée en fonction de la demande.

La demande de la clientèle finale impose l'utilisation de minerais de différentes mines. La composition chimique et les qualités physico-chimiques du minerai sont spécifiques pour chaque mine. Elles déterminent en grande partie les caractéristiques de la perlite expansée obtenue et son domaine d'utilisation. A une mine correspond donc une part du marché global de la perlite et un usage spécifique quasi unique quel que soit le procédé d'expansion. De ce fait, les industriels expandant la perlite sont amenés à s'approvisionner auprès de différentes mines pour fabriquer les qualités de perlite expansée demandées.

Par exemple les perlites turques et américaines sont demandées et payées plus cher pour la production de perlites filtrantes. Les perlites grecques moins onéreuses sont utilisées dans d'autres domaines (bâtiment, horticulture, dépollution, etc).

Le marché potentiel d'une mine ne correspond donc pas à la totalité du marché mais la part de celui-ci correspondant à la production de perlite expansée pour laquelle son minerai est utilisable.

Tableau 6 - 5. Composition chimique des perlites en fonction de leur origine

Pays	Gisement	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
		%	%	%	%	%	%	%	%	%
DJIBOUTI	Egeralayta S5*	72,9	11,9	1,85	0,14	0,06	0,57	<0,2	3,5	4,75
	Egeralayta S8*	72,6	11,7	1,85	0,13	0,06	0,54	<0,2	3,75	4,75
	Egeralayta C4*	72,45	12,15	2,05	0,17	0,06	0,55	<0,2	3,65	4,55
	Egeralayta	73,0	12,05	2,10	0,16	0,06	0,55	<0,2	3,65	4,75
GRECE	Trachylas	74,2	12,3	0,95	0,08	0,1	0,85	0,13	4,0	4,4
TURQUIE	Karagöl Manisa-	73,3	12,7	0,8	0,1	0,1	0,7	0,1	3,5	4,5
USA	No Agua	72,1	13,5	0,8	0,06	ND	0,89	0,5	4,6	4,4
	Superior	73,6	12,7	0,7	0,1	ND	0,6	0,2	3,2	5,0
	Pioche	73,1	12,8	0,7	0,08	ND	0,9	0,2	3,0	4,7
	Big Pine	73,6	13,2	0,8	0,07	ND	0,6	0,1	4,1	4,1
HONGRIE	Pálháza	69,9	12,5	1,5	-	ND	3,1 - 5,0		5,5 - 7,0	
		73,7	13,7	2,3	-	-	-	-	-	-
BULGARIE		73,8	12,9	0,68	0,06	ND	0,82	-	2,5	4,35
ARMENIE		73	12,4	0,7	0,05	0,05	0,4	0,1	4,5	4,9
ITALIE	Conca Cannas	70,1	14,3	1,9	0,47	ND	1,0	0,5	3,6	5,3
	Serra Bingais	67,6	14,18	2,4	ND	ND	0,6 - 0,9	0,4	3,0	4,7 - 5,3
	Monte Sparau	72,8	13,8	2,1	0,3	ND	0,9	0,4	3,3	5,6
JAPON	Akita	74,2	12,9	0,68	0,06	ND	0,45	0,05	4,1	4,0
CHINE		68 - 74	9 - 14	ND	ND	ND	0,8 - 1,6	0,4 - 0,9	2,3 - 3,9	1,7 - 3,2

Référence: B.R.G.M, 1997 et THIBAUT P.M, 1990

#### Remarques.

- 1/ Les résultats des analyses indexés par \* portent sur des échantillons prélevés dans des zones qui ne sont pas proposées pour l'extraction.
- 2/ ND = non déterminé

Les prélèvements effectués dans les futures zones d'extraction du gisement d'EGERALAYTA (indexés S-21; S-22; S-23) ont donné les résultats suivants:

Tableau 6 - 6. Résultats des tests sur les prélèvements effectués sur les futures zones d'extraction.

ECHANTILLON	S21					S22			S23	
	a	b0	b1	b2	b3	a	b0	b1	a	
Profondeur (m)	3,4-4,0		6,0-6,5				11,5-12,0	16,5-17		2,2-2,7
Préchauffage (°C)			200	250	300			200		
<b>Sur minerai conditionné (0,400- 0,080)</b>										
H <sub>2</sub> O (110° C) %	0,2	0,1	-	-	-	0	0	-	-	0,3
PAF 950° C sur sec	3,4	3,2	-	-	-	3,8	3,2	-	-	4,0
DNT kg/m <sup>3</sup>	1140	1170	1170	1170	1170	994	1117	1117	-	848
DT kg/m <sup>3</sup>	1329	1365	-	-	-	1232	1326	1320	-	1036
CaCO <sub>3</sub> %	0	0	-	-	-	0	0,2	0,2	-	0
<b>Sur minerai expansé</b>										
DNT kg/m <sup>3</sup>	37,9	55,7	54,6	42,9	75,0	35,7	34,3	36,4	-	32,9
DT kg/m <sup>3</sup>	45,9	65,9	68,2	57,0	93,5	46,8	42,7	45,4	-	44,2
Coefficient d'expansion	30	21,0	21,4	27,2	15,6	36,9	32,5	30,7	-	25,7
Sériles %	1,6	3,9	3,4	1,4	4,0	3,4	2,5	2,5	-	2,7
pH	10,6	8,2	-	-	-	9,6	8,8	-	-	9,3
Ra %	41,6	62,5	68,4	52,8	60,2	54,5	28,8	25,5	-	18,1
Fe ppm	660	540	-	-	-	660	676	-	-	760

Référence: B.R.G.M 1987 et THIBAUT P.M. 1990.

## 6.2. ANALYSE DU MARCHÉ MONDIAL DE LA PERLITE EXPANSEE.

### 6.2.1. Analyse géographique du marché de la perlite expansée.

Du fait de sa basse masse volumique la perlite expansée appartient aux matériaux dont le transport sur de grandes distances n'est pas économique. Pour cette raison, les producteurs de perlite expansée s'installent sur les lieux de consommation et achètent uniquement de la perlite brute traitée

La majorité des petites sociétés produisant la perlite expansée n'est pas propriétaire de gisements. Elles s'approvisionnent auprès des sociétés minières produisant la perlite brute traitée.

Le marché de la perlite expansée est un marché très confidentiel, les industriels de ce secteur, et le « PERLITE INSTITUTE » ne communiquent pas les informations sur ce sujet. Par ailleurs, il n'existe pas de statistiques officielles disponibles sur ce secteur d'activité. Toutefois, il ressort

- des publications de U.S. GEOLOGICAL SURVEY / Mineral Commodity Summaries, January 1996, que la consommation de perlite expansée aux Etats Unis a été de 779.000 tonnes.
- des entretiens avec les industriels européens que la production de perlite expansée européenne est voisine de 560.000 tonnes.
- Le marché mondial de la perlite expansée est voisin de 2.000.000 tonnes.

Le marché ne comporte pas d'intermédiaire, dans tous les pays sauf en Autriche, les groupes et les sociétés indépendantes achètent directement aux sociétés minières. Dans ce marché européen on trouve :

- Des sociétés multinationales avec des filiales.

World Minéraux

CECA S.A.

OTAVI Minen AG

Deutsche Perlite GmbH

- Des sociétés ayant des filiales et des associés technico-commerciaux.

STAUSS GmbH & Co. KG

- Des sociétés indépendantes.

- Une société commerciale et logisticienne.

Les principales sociétés productrices de perlite expansée et les détails de cette structure sont présentés dans l'annexe 4.

### 6.2.2. Analyse qualitative du marché de la perlite expansée en fonction de la demande.

La perlite expansée est utilisée dans de nombreux domaines décrits au Chapitre 5. Il n'existe aucune donnée statistique sur la répartition des usages de la perlite dans le monde. Les informations recueillies sur la répartition de la production européenne varient très sensiblement suivant les entreprises car leurs activités se sont spécialisées en fonction de leur origine ou de leurs actionnaires. Les résultats globaux ne sont pas disponibles.

Tableau 6 - 7. Répartition des usages relevée dans trois entreprises.

Usage	Pourcentage SILVAPERL	Pourcentage STAUSS PERLITE	Pourcentage DEUTSCHE PERLITE
Matériaux de construction et enduits	35	88	80
Filtration			
Agriculture et élevage	60	12	10
Cryogénie	5		5
Autres			5

La répartition des usages de la perlite aux Etats Unis en 1990 est la seule statistique disponible portant sur la consommation. Elle a, de ce fait, été retenue pour servir de base à l'estimation des usages en Europe.

Tableau 6 - 8. Analyse de la perlite expansée suivant l'utilisation dans U.S.A.

Usage	1989		1990	
	(t)	(%)	(t)	(%)
Matériaux de construction	291.200	57,50	292.400	58,15
Filtration	70.800	14,0	83.400	16,60
Enduits	56.400	11,0	38.000	7,55
Agriculture	49.600	10,0	49.600	9,85
Cryogénie	6.100	1,0	4.900	0,95
Autres	32.200	6,5	34.700	6,90

Référence: Industrial Minerals and Rocks

Aux Etats Unis, la profession estime que la consommation globale de perlite expansée progressera de 2 à 3 % par an dans les prochaines années.

#### *Evolution des besoins en perlite brute traitée des entreprises européennes.*

La majorité des personnes contactées estime que les besoins évolueront assez peu dans les années futures à quatre exceptions près.

- TILCON pense à un développement important de l'emploi des microsphères de perlite expansée ajoutées en mélange (30 %) aux plastiques pour en diminuer le prix de revient. La demande actuelle en microsphères est pratiquement nulle.
- SILVAPERL estime la consommation de perlite pour la filtration devrait augmenter de 10 %
- STAUSS considère que l'emploi de la perlite en agriculture peut augmenter de 12 % par an.
- CECA indique que certaines de ses productions progressent fortement (100 %) sans vouloir les citer.

Le développement de l'emploi de la perlite dans le bâtiment est dépendant du changement des modes de construction liés aux traditions.

#### **6.2.3. Les produits concurrents de la perlite expansée.**

Les deux principaux produits concurrents sont la vermiculite et la diatomite. Dans le domaine du bâtiment, la vermiculite est appréciée pour ses qualités réfractaires lorsque l'effet retardateur d'incendie est recherché. La perlite se distingue par un coût moins élevé et une meilleure résistance mécanique.

D'une façon générale, le polystyrène et tous les dérivés du pétrole sont des bons isolants thermiques de faible densité, et sont utilisés dans le secteur de la construction.

En cryogénie, la perlite est sans concurrence sérieuse du fait de son excellente isolation thermique à basse température et de sa faible force de rétention de l'humidité. En horticulture, l'inertie chimique de la perlite peut être préférée à la capacité d'échange cationique de la vermiculite suivant l'effet recherché. Dans le secteur de filtration, la diatomite domine nettement lorsqu'un effet clarifiant est nécessaire.

Tableau 6 - 9 . Tableau récapitulatif des produits de substitution

Secteur	Perlite	Produits de substitution
FILTRATION	Agent filtrant incompressible. Pour filtration grossière à débit élevé sans clarification (glucoserie)	DIATOMITE: agent filtrant et clarifiant (filtrations alimentaires), ultrafiltration (haute pression)
BATIMENT, CONSTRUCTION	Très employée dans les bétons grâce à sa bonne résistance mécanique	VERMICULITE: plus chère, de moins bonne résistance mécanique et dégradation à l'humidité, mais meilleure résistance au feu POLYSTYRENE (et autres dérivés du pétrole), LAINES DE VERRE ET DE ROCHE
BATIMENT, PLÂTRE, CIMENT	Bonne isolation phonique et thermique, granulation 0,6 - 1,0 mm souvent plus fine que celle de la vermiculite: (80% >0,6 mm)	VERMICULITE: plus chère mais meilleure résistance au feu, meilleure adhésion aux parois, meilleur état de la surface du plâtre, meilleure absorption des déformations
BATIMENT REVETEMENT SOLS	Couleur blanche contrastant avec le liant	VERMICULITE: couleur sombre plus discrète, meilleur état de surface du revêtement
Secteur	Perlite	Produits de substitution
CRYOGENIE	Faible force de rétention de l'humidité, inflammabilité, très bonne isolation thermique pour les températures négatives	VERMICULITE: plus forte rétention de l'humidité et manutention moins aisée
HORTICULTURE	Isolation thermique atténuant les variations de température, grande capacité d'absorption de l'eau, évite le dessèchement total irréversible des tourbes	VERMICULITE: plus forte rétention de l'eau et en moindre quantité. Possède une capacité d'échange cationique. Fait tendre le pH vers des valeurs acides. Moins bonne résistance mécanique
CHARGE	Le plus léger des minéraux de charge	KAOLIN, SEPIOLITE, TALC, CRAIE, ZEOLITE, etc plus denses dans les mains CRAIE et ZEOLITE ont une meilleure résistance mécanique

### 6.3. LE MARCHÉ DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA.

Les domaines d'utilisation de la perlite expansée sont nombreux et chacun a des exigences technologiques spécifiques. Chaque domaine constitue une part de marché.

Tableau 6 - 10. Exigences technologiques des différents domaines d'utilisation industrielle.

Classification des applications		Stériles %	Fer ppm	DNT kg/m <sup>3</sup>	RA %
Filtration		< 10	< 1000	< 30	-
Cryogénie		< 10	-	< 40	-
Bâtiment	Panneaux isolants	< 20	-	40 à 80	> 25
	Carreaux de plâtre et enduits	< 20	-	< 80	> 25
	Granulats pour béton léger	< 20	-	< 100 à 120	> 45
Charge		< 10	-	100 à 120	-
Horticulture		< 20	-	100 à 180	> 40
Qualité douteuse		20	-	> 40	< 25
Sans intérêt		>20	-	-	-

Référence: B.R.G.M – THIBAUT P M 1990

### 6.3.1. Le marché européen.

L'étude du marché européen a été réalisée par André AMMETER consultant international qui a contacté les 60% des entreprises recensées comme transformatrices de perlite brute traitée. Son rapport technique de mission d'étude de la commercialisation des produits de la perlite en Europe qui donne la méthodologie utilisée et les résultats obtenus est en annexe 10 au présent rapport.

#### *Les besoins des industriels européens en perlite brute traitée.*

Tableaux 6 - 11. Production minière et achats des sociétés enquêtées (millier de tonnes).

Société	Production minière	Achat	Observations
WORLD MINERALS	200	10	usages divers
DEUTSCHE Perlite	20	30	usages divers
OTAVI	145	25	usages divers
CECA	5	55	usages divers
PULL B.V.	0	15	isolation et divers
STAUSS	0	12	construction
PERLITE ITALIA	0	8	usages divers
SILVAPERL	0	5	usages divers
TILCON	0	6	usages divers
NORDISK PerliteAps	0	5	filtration
SPAVIC	Confidentiels	Confidentiels	confidentiels

#### **Remarques.**

- 1°/ Toutes les entreprises n'ont pu être contactées et un certain nombre ont refusé de répondre. Le total des chiffres recueillis ne représente donc pas la totalité des besoins européens.
- 2°/ Des entreprises minières transformatrices qui vendent du minerai et en achètent aussi pour transformer des minerais dont les caractéristiques sont nécessaires à certaines fabrications pour lesquelles leur propre minerai est impropre à la fabrication.

#### *Evaluation des besoins en perlite des entreprises européennes.*

La consommation européenne de perlite brute traitée est estimée à environ 560.000 tonnes. On peut estimer, dans une première approche, que la production industrielle des deux grandes sociétés minières (WORLD MINERALS et OTAVI) approvisionnée par leurs mines échappe au marché pour 160.000 tonnes. Cela ramène le marché ouvert à 400.000 tonnes.

Les informations recueillies sur la répartition de la production européenne varient très sensiblement suivant les entreprises car leurs activités se sont spécialisées en fonction de leur origine ou de leurs actionnaires. Les résultats globaux ne sont pas disponibles. L'hypothèse utilisée pour la répartition des domaines d'utilisation de la perlite sera celle des statistiques américaines

Tableau 6 -12. Estimation de la répartition des usages de la perlite expansée en Europe à partir de celle des U.S.A. et de l'enquête.

Usage	Pourcentage aux USA*	Pourcentage estimé	Estimation du marché européen (millier de tonnes)
Matériaux de construction	58,15	75	300
Filtration	16,60	5	20
Enduits	7,55		
Agriculture	9,85	10	40
Cryogénie	0,95	5	20
Autres	6,90	5	20
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>400</b>

Référence: \* Industrial Minerals and Rocks

Les industriels estiment que la progression de la consommation de perlite sera dans son ensemble voisine de 5 %/an.

### 6.3.2. Le marché des Pays du Golfe Persique.

Actuellement, les besoins de perlite en Arabie Saoudite sont assurés par la production de perlite expansée, de la société SAUDI PERLITE IND à Riyadh. L'approvisionnement de la perlite brute traitée de l'usine d'expansion est assuré principalement par l'importation de minerai provenant de Turquie.

L'évolution de la demande est très rapide dans cette région. Elle est passée de 800 tonnes/an (1994) à 5.000 en 1996 et est actuellement de 7.000 tonnes de perlite expansée d'après SAUDI PERLITE. Le taux de développement se situe entre 10 et 15 % par an. La production de la perlite hydrophobisée apparaît comme une grande perspective, que l'on utilise pour l'élimination de la pollution de pétrole sur les côtes et en mer, occasionnée par des accidents : fuites de pétrole (bateaux) en particulier dans la région du Proche Orient (Koweït, Bahrein, Emirats Arabes Unis, Oman). Actuellement, on utilise de la perlite hydrophobisée, importée surtout des U.S.A., pour la suppression de la pollution d'hydrocarbures. Son prix sur les marchés locaux est d'environ 1.200 USD/t. La progression de la consommation de perlite dans les pays du Golfe peut être estimée entre 10 et 12 %.

### 6.3.3. Le marché des Pays de l'Afrique de l'Est.

On ne connaît pas de gisement de perlite exploitable sur la région de COMESA. De cette évidence, on peut supposer que l'on ne réalisera pas de construction de chaîne de production de perlite expansée dans cette région. C'est pourquoi on peut penser à une prospection, pour remplir l'espace de marché par de la perlite expansée de Djibouti.

Dans les marchés des pays COMESA, la perlite expansée est une matière première non traditionnelle, que l'on utilise seulement sporadiquement en particulier comme isolation à basse température ou bien comme agent de filtration. Le transport et les droits pénalisent les ventes de perlite expansée d'Europe (en Afrique du Sud, on n'utilise de la perlite pour des usages particuliers car elle est chère et de ce fait incapable de concurrencer le polystyrène (tableau 6 - 12) dans les pays du COMESA.

Tableau 6 - 13. Consommation de polystyrène dans les pays du COMESA hors République Sud Africaine (en millier d'USD)

Pays	1988	1989	1990	1991	1992
ZIMBABWE	1802	713	681	589	397
KENYA	1558	1315	755	634	640
MADAGASCAR	700	891	549	30	146
ANGOLA	696	372	144	113	733
MAURITIUS	427	135	328	103	147
MOZAMBIQUE	401	180	77	223	45
ETHIOPIE	386	339	183	259	335
ZAIRE	355	1046	457	323	157
TANZANIE	148	320	115	230	74
SOUDAN	142	136	22	294	337
BURUNDI	78	10	60	8	14
MALAWI	49	16	45	113	87
RWANDA	32	29	23	25	0
SEYCHELLES	31	24	11	42	39
ZAMBIE	28	145	5	21	14
DJIBOUTI	23	9	14	27	31
OUGANDA	13	2	36	72	666
COMORES	6	0	0	0	0
SOMALIE	1	13	22	0	0
<b>TOTAUX</b>	<b>6876</b>	<b>5695</b>	<b>3527</b>	<b>3106</b>	<b>3862</b>

Référence: Commercial statistics of COMESA



Le prix moyen du polystyrène est d'environ 90 USD/ m<sup>3</sup>. Le volume total de polystyrène consommé dans les pays de COMESA, hors République Sud Africaine, est d'environ 40.000 m<sup>3</sup>/an. Le prix actuel de la perlite expansée est 100 USD/ m<sup>3</sup> dans la région n'est pas compétitif du fait du transport La perlite expansée à Djibouti aura un prix de vente variant de 10 à 20 USD / m<sup>3</sup>. La progression de la consommation de perlite dans les pays du COMESA peut être estimée entre 5 et 10 %.

Les pays du COMESA, hors République Sud Africaine, constituent donc un marché potentiel important pour la perlite expansée. En effet, leurs besoins individuels sont inférieurs à la capacité d'une ligne d'expansion (4.000 tonnes/an). La progression de la consommation de perlite dans la RSA peut être estimée entre 10 et 15 %.

#### **6.3.4. Le marché des Indes.**

D'après STATE TRADING CORPORATION OF INDIA, en 1990 une première usine de perlite expansée a été installée avec une capacité annuelle de production de 5.000 t. La demande étant continuellement croissance, d'autres installations de traitement ont été installées en 1996 et la production a atteint la limite de 15.000 tonnes de perlite expansée. Cette production n'a pas satisfait la demande qui croît très rapidement. La demande a atteint 20.000 tonnes en 1996. La différence (entre la demande et la production) a été couverte par l'importation de 3.700 tonnes de perlite expansée de Chine. Dans les années 1998 - 2000, on peut estimer que la consommation atteindra 30.000 tonnes/an de perlite expansée et pour les années suivantes avec une croissance annuelle d'environ 5 %.

La plus grande partie de perlite brute traitée est importée de Turquie (1993 - 6.566 t, 1994 - 7.317 t, 1995 - 12.967 t). La progression de la consommation de perlite dans les Indes peut être estimée entre 5 et 10%.

### **6.4. DETERMINATION DES PARTS DE CES MARCHES POTENTIELS PRENABLES PAR LA PERLITE D'EGERALAYTA**

Les qualités propres de la perlite d'EGERALAYTA permettent son utilisation dans certains domaines. La comparaison des tableaux 6 - 6 Résultats des tests sur les prélèvements effectués sur les futures zones d'extraction et 6 - 9 Exigences technologiques des différents domaines d'utilisation industrielle montrent que la perlite brute d'EGERALAYTA est utilisable dans les domaines suivants :

Tableau 6 -14. Utilisations de la perlite d'EGERALAYTA.

<b>Classification des applications</b>		<b>Utilisable</b>
Filtration		50%
Cryogénie		oui
Bâtiment	Panneaux isolants	oui
	Carreaux de plâtre et enduits	oui
	Granulats pour béton léger	non
Charge		non
Horticulture		non

Remarque. La perlite d'EGERALAYTA n'est pas utilisable pour la filtration des produits alimentaires mais elle peut être utilisée à d'autres usages tels que filtration des eaux usées, gaz, etc.

#### **6.4.1. Part de marché potentiel sur le marché européen.**

Pour déterminer les ventes actuelles possibles sur le marché européen de perlite brute traitée deux hypothèses ont été retenues :

- Une hypothèse haute qui prévoit de prendre 7%,
- Une hypothèse basse qui prévoit de prendre 4%

Tableau 6 -15. Estimation du marché européen actuel et du marché potentiel de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA. (millier de tonnes)

Usage	Estimation du marché européen libre	Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypot. haute.	Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypot. basse
Matériaux de construction	300	21,00	12,00
Filtration	20	1,4	0,8
Agriculture	40	2,8	1,6
Cryogénie	20	1,4	0
Autres	20	1,4	0,8
<b>Total actuel</b>	<b>400</b>	<b>26,6</b>	<b>15,2</b>
<b>Total estimé pour l'an 2000</b>	<b>440</b>	<b>29</b>	<b>16,8</b>

#### **6.4.2. Part de marché potentiel sur le marché du Golfe Persique.**

Pour tenir compte des besoins spécifiques auxquels la perlite d'EGERALAYTA ne pourrait pas répondre, les chiffres retenus pour le marché potentiel actuel du Golfe Persique se situe actuellement entre 4.000 tonnes et 5.500 tonnes. De fait de l'augmentation annuelle du marché de 10%, il se situera au démarrage prévu de l'exploitation en 2000 à:

Marché potentiel de perlite brute traitée Hypothèse haute	Marché potentiel de perlite brute traitée Hypothèse basse
6.700 t	4.800 t

Remarque. Il existe en Arabie saoudite une société transformatrice de perlite prospère. Il n'a donc pas été prévu dans cette première approche de ventes de perlite expansée sur ce marché.

#### **6.4.3. Part de marché potentiel sur le marché de l'Afrique de l'Est.**

La perlite a, en comparaison avec le polystyrène, de sérieux avantages au niveau de la conductivité processus de vieillissement ne change pas ses propriétés ; ce qui est différent pour le polystyrène dont les propriétés d'isolation thermique se dégradent (diminution de la qualité d'isolation) suite au vieillissement.

##### **6.4.3.1. Marché de DJIBOUTI.**

La consommation actuelle de perlite expansée est estimée à 4 t/a. Les principaux consommateurs sont l'armée française pour 3 t/a (30 m<sup>3</sup>) et l'entreprise CGMR pour 1 t/an (10 m<sup>3</sup>). Cette perlite expansée est surtout utilisée pour l'isolation des dépôts de gaz liquéfié. Les utilisateurs locaux potentiels de perlite expansée sont surtout les sociétés travaillant dans les domaines de la construction et de l'agriculture telles que : CONCORDE, C.S.E.C., E.G.E.R., VERGI, CAPELINI, COLAS, AUBELEC.

Le développement des ventes de perlite expansée se fera surtout dans le secteur du bâtiment en substitution du polystyrène dont les ventes annuelles se sont situées à 300 m<sup>3</sup> entre 1992 et 1996. Avec une estimation d'une substitution de 50%, il est possible d'estimer les ventes de perlite expansée sur ce marché à 15 t/a (150 m<sup>3</sup>) dès la première année de commercialisation et la réduction significative des prix de vente permise par la production sur place permet de prévoir une croissance des ventes rapide pouvant atteindre 200 m<sup>3</sup> après 5 ans d'exploitation.

#### 6.4.3.2. Marché des Pays du COMESA.

L'installation d'une mine et d'une unité d'expansion devrait permettre de prendre une partie importante de ce marché. Pour tenir compte des besoins spécifiques auxquels la perlite d'EGERALAYTA ne pourrait pas répondre, les chiffres retenus pour le marché potentiel actuel du COMESA et de DJIBOUTI, hors République Sud Africaine, se situent entre 2.000 tonnes et 4.000 tonnes. De fait de l'augmentation annuelle du marché de 7%, il se situera au démarrage de l'exploitation prévu en 2000 à :

Marché potentiel De la perlite expansée (hors République sud africaine) Hypothèse haute.	Marché potentiel de la perlite expansée (hors République sud africaine) Hypothèse basse
4.600 t	2.300 t

#### 6.4.3.3. République Sud Africaine

Le marché potentiel actuel en perlite brute traitée de la République Sud Africaine peut être estimé entre 2.000 et 4.000 tonnes. De fait de l'augmentation annuelle du marché de 10%, il se situera au démarrage de l'exploitation prévu en 2000 à :

Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypothèse haute.	Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypothèse basse
4.800 t	2.400 t

Remarque. Il existe en République Sud Africaine une société transformatrice de perlite prospère. Il n'a donc pas été prévu dans cette première approche de ventes de perlite expansée sur ce marché.

#### 6.4.4. Le marché des Indes.

Le marché indien est, en 1996, de 20.000 tonnes par an et en pleine expansion. Il constitue un marché potentiel important pour de la perlite brute traitée, toutefois la Chine est déjà présente sur ce marché qu'elle approvisionne à 20 % de ses besoins.

La possibilité de vendre de la perlite brute traitée à partir de Djibouti est donc aléatoire. De ce fait les chiffres suivants de fourniture de perlite brute traitée retenus pour la suite de l'étude sont un marché potentiel situé entre 3.000 et 6.000 tonnes et une augmentation annuelle de 5%, il se situera au démarrage de l'exploitation prévu en 2000 à :

Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypothèse haute.	Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypothèse basse
6.600 t	3.300 t

#### 6.4.5. Récapitulatif des parts de marché potentiel de l'an 2000 de la société minière d'EGERALAYTA.

On constate que, du fait des besoins de perlite spécifiques, les mines et les entreprises de transformation sont amenées à commercialiser une partie de leur production (10%) environ sur des marchés éloignés. C'est ventes potentielles ont été estimées pour l'an 2000 entre 4.200 et 6.300 tonnes avec une augmentation annuelle de 5%. Le total des marchés potentiels de la mine d'EGERALAYTA peut donc être estimé pour le démarrage prévu en 2000 de l'exploitation à :

#### Perlite brute traitée

Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypothèse Haute.	Marché potentiel De la perlite brute traitée Hypothèse basse
58.000 t	33.800 t

## Perlite expansée

<b>Marché potentiel de la perlite expansée Hypothèse haute.</b>	<b>Marché potentiel de la perlite expansée Hypothèse basse</b>
<b>5.100 t</b>	<b>2.700 t</b>

Perlite hydrophobisée : 500 kg soit 5.000 m<sup>3</sup>

### 6.5. LES HYPOTHESES DE PRODUCTION DE LA MINE ET DE L'UNITE D'EXPANSION D'EGERALAYTA.

Pour satisfaire les besoins des marchés potentiels, les programmes de production à prévoir sont selon les hypothèses retenues

#### 6.5.1. Hypothèses production de perlite brute traitée.

Tableau 6 – 16. Hypothèse haute de production de perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA (millier de tonnes).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Europe	29,0	30,5	32,0	35,6	35,3	37,1	39,0	40,9	43,0	45,0
Pays du Golfe	6,7	7,3	8,1	8,9	9,8	10,7	11,8	13,0	14,3	15,7
Afrique de l'Est	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4
Rép. Sud Africain.	4,8	5,3	5,9	6,4	7,1	7,8	8,6	9,4	10,4	11,4
Indes	6,6	7,0	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,8	10,3
Autres	6,3	6,6	7,0	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,8
<b>Total</b>	<b>58,0</b>	<b>61,6</b>	<b>65,5</b>	<b>69,5</b>	<b>74,0</b>	<b>78,6</b>	<b>83,7</b>	<b>88,9</b>	<b>94,7</b>	<b>100,5</b>

Tableau 6 - 17. Hypothèse basse de production de perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA (millier de tonnes).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Europe	16,8	17,6	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6	24,8	26,0
Pays du Golfe	4,8	5,3	5,9	6,4	7,1	7,8	8,6	9,4	10,4	11,4
Afrique de l'Est	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2
Rép. Sud Africain.	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,7
Inde	3,3	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,7	4,9	5,1
Autres	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,6	5,9	6,2	6,5
<b>Total</b>	<b>33,8</b>	<b>36,0</b>	<b>38,2</b>	<b>40,5</b>	<b>43,1</b>	<b>45,9</b>	<b>48,8</b>	<b>52,0</b>	<b>55,4</b>	<b>58,9</b>

#### 6.5.2. Hypothèses de production de perlite expansée.

Tableau 6 - 18. Hypothèse haute de production de perlite expansée de la société minière d'EGERALAYTA (millier de tonnes).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Afrique de l'Est	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4
Autres	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
<b>Total</b>	<b>5,1</b>	<b>5,5</b>	<b>5,8</b>	<b>6,2</b>	<b>6,7</b>	<b>7,1</b>	<b>7,6</b>	<b>8,2</b>	<b>8,7</b>	<b>9,2</b>

Tableau 6 - 19. Hypothèse basse de production de perlite expansée de la société minière d'EGERALAYTA (millier de tonnes).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Afrique de l'Est	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2
Autres	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7
<b>Total</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>4,0</b>	<b>4,3</b>	<b>4,5</b>	<b>4,9</b>

### 6.5.3. Production de perlite expansée hydrophobisée.

Tableau 6 - 20. Production de perlite expansée hydrophobisée de la société minière d'EGERALAYTA (millier de tonnes).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
tonnage	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95

### 6.6. ETUDE DES PRIX DU MARCHE.

Les prix de la perlite brute traitée, comme ceux de la perlite expansée, dépendent de leur qualité et du lieu de leur commercialisation. En effet les coûts de transport maritimes et terrestres sont souvent plus élevés que ceux du minerai.

Les ventes de perlite brute traitée sont, en général, traitées en prix de vente FOB. Ces prix dépendent des qualités physico-chimiques du minerai et de la qualité de son traitement (pureté, calibrage, constance de la production et sérieux du producteur). Certains minerais, tels que ceux de Turquie ou des USA, sont très appréciés pour leurs caractéristiques particulières et leur pureté en particulier pour la filtration. De ce fait leur prix est plus élevé que ceux d'origine grecque. Les minerais de perlite peuvent se commercialiser entre 45 à 100 USD CIF.

Parmi les industriels contactés, beaucoup considèrent que même avec une formule chimique et des tests d'essais en laboratoire satisfaisants la valeur industrielle d'une perlite peut être très variable et parfois ne rien valoir.

#### 6.6.1. Prix de la perlite brute traitée sur le marché européen.

Tableau 6 -21. Les prix d'achat pratiqués par les sociétés transformatrices européennes de perlite brute traitée (USD/t).

Société	Prix d'achat FOB	Prix d'achat rendu usine	Coût du transport	Echantillon de minerai demandé
WORLD MINERALS				pas intéressé
CECA	25*			2 t
PULL B. V.	45**			pas intéressé
SILVAPERL	25*	83*	58*	2 t
TILCON	28* - 45**			2 t
STAUSS	20* - 35*	65* - 95*	45* - 60*	2 - 3 t
PERLITE ITALIA	25* - 43**			10 t
OTAVI	32* - 45**	52* - 65**	20* - 20*	2 t
Deutsche Perlite GmbH	confidentiel			
SPAVIC	confidentiel			
NORDISK Perlite Aps	45**			

#### Symboles:

- \* = perlite en provenance de l'île de Milos en Grèce,
- \*\* = perlite en provenance de Turquie,

#### Remarques:

1/ Le prix moyen de vente FOB des perlites brutes traitées, compte tenu des intérêts des sociétés ayant fourni les informations, peut être estimé suivant les mines.

Tableau 6 -22. Prix FOB de la perlite brute traitée (USD/t)

Origine	Milos (Grèce)	Turquie
Prix FOB	28	45

- 2/ Les coûts de transport depuis Milos sont fonction de l'implantation géographique de l'usine et des solutions adoptées pour le transport :
- Rotterdam 20 USD/t
  - Vienne 45 à 60 USD/t suivant le regroupement de ses commandes avec celles des autres sociétés utilisatrices autrichiennes,
  - Liverpool 49 USD/t Dans ce cas le coût élevé est dû à la situation géographique de ce port ne permettant pas de regroupement. Le dédouanement et le transport terrestre du port à l'usine coûtent au total 9 USD/t pour environ 40 km.
- 3/ Les coûts des transports maritimes et terrestres se calculent sur la même base à la tonne pour les pondéreux ou au mètre cube pour les volumineux. Cela explique pourquoi l'importation de perlite expansée, dont le volume est dix fois plus important que celui du minerai, ne puisse pas concurrencer l'expansion sur les lieux de commercialisation.
- 4/ Le supplément du coût du transport maritime Djibouti à Rotterdam (25 USD/t) par rapport à celui de Milos à Rotterdam (18 à 19 USD/t) est de 6 à 7 USD/t (voir la proposition de la société CECHOFRACHT du 14/11/97). Ce surcoût de transport imposera, à qualité égale, un prix de vente FOB Djibouti inférieur de cette somme pour que la perlite rendue usine soit compétitive avec les perlites grecques et turques.

#### Conclusions:

Si la qualité de la perlite d'EGERALAYTA est similaire à celle de la perlite grecque son prix FOB DJIBOUTI ne pourra pas être supérieur à 20-22USD/t. Il ne sera possible de la vendre à un prix supérieur que si sa qualité est sensiblement supérieure à celle de la perlite grecque. Ceci confirme la nécessité de répondre positivement aux demandes de tests industriels préalables faits par les acheteurs européens contactés.

#### 6.6.2. Prix de la perlite brute traitée sur les pays du Golfe persique, d'Afrique de l'Est, la République Sud Africaine et les autres pays.

Le coût du transport maritime lié à la traversée du canal de Suez et de la Mer Rouge jouent commercialement sur ces marchés en faveur de la mine d'EGERALAYTA. Il est donc possible d'offrir la perlite brute traitée à un prix FOB Djibouti compétitif de 45 USD/t pour ces pays.

#### 6.6.3. Prix de la perlite expansée.

Le prix d'une perlite expansée est fonction de sa qualité et du lieu de commercialisation.

Tableau 6 - 23 : Prix de la perlite expansée dans le monde (USD/t)

Pays fournisseur /Année	1991	1992	1993	1994	1995	1996	Remarque
USA					200 <sup>1)</sup>		FOB usine
Turquie					217 <sup>6)</sup>		FOB Izmir
Allemagne					194 <sup>7)</sup>		FOB usine
Slovaquie <sup>7)</sup>	190 - 235				207 - 250		FOB usine
France						1.077	CIF Djibouti

Sources : 1) BRGM France, 2) Industrial Minerals, Novembre 1991, 3) Mineral Commodity Summaries, January 1996

4) Métaux & Minéraux Annual Review, 1996, 5) Djibouti consommateur facture, 6) IGEME Turquie

7) KERKO Slovaquie

La perlite expansée à Djibouti pourra être vendue dans les pays voisins du COMESA. Le prix actuel de la perlite expansée importée de France à Djibouti est de 1.077 USD/t. La concurrence existante se situe en RSA. Il est donc raisonnable de prévoir les prix de vente FOB suivants :

Produit	Prix FOB Djibouti en USD/t
Perlite expansée standard	400
Perlite expansée hydrophobe	1.000

## **6.7. POLITIQUE ET STRATEGIES DE COMMERCIALISATION.**

La politique générale de la société des mines d'EGERLAYTA proposée sera de fournir à sa clientèle des perlites brutes traitées et expansées de qualité constante et un service complet à un prix compétitif.

- Une perlite brute traitée de très bonne qualité dans le cadre des spécifications de son minerai c'est à dire :
  - \* des granulations rigoureuses dans les fourchettes garanties,
  - \* une perlite exempte d'impuretés telles que sable, poussières, etc.,
  - \* un taux d'humidité contractuel assuré,
  - \* des quantités conformes aux commandes.
- Des perlites expansées strictement conformes aux cahiers des charges.
- Un service de distribution performant en :
  - \* coût,
  - \* délais,
  - \* régularité.
- Un service commercial apportant les informations et la formation nécessaires à l'utilisation normale des produits.
- Des produits et des services toujours identiques dans le temps.

En effet, ce qui intéresse les clients c'est de recevoir toujours dans les délais contractuels le produit qu'ils ont commandé au moindre coût rendu usine. Y parvenir c'est la fidélisation assurée des clients acquis.

### **6.7.1. Le marché européen.**

#### *Assistance pour la logistique.*

Le transport est le point délicat de l'activité de la mine d'EGERLAYTA. Il pèse fortement sur les prix rendus usine. Par ailleurs l'organisation de ce transport à partir de Djibouti est inconnue de la clientèle européenne.

Il faut connaître la capacité des bateaux minéraliers pouvant utiliser le port de Djibouti ( 20 - 30.000 tonnes) et avoir l'assurance écrite du port et du Gouvernement que le chargement en vrac, qui dégage beaucoup de poussières, sera autorisé pendant dix ans. Nous recommandons que la société minière prenne en charge toute la logistique du transport et la distribution seule ou en association avec une ou deux entreprises spécialisées. Elle apportera ainsi un service indispensable à ses clients et abaissera autant que possible le prix rendu usine.

#### *Une garantie de la qualité.*

Une fois l'intérêt de la perlite d'EGERLAYTA prouvé, il sera intéressant de faire agréer la société minière à la norme ISO 9000 et de se conformer aux critères d'obtention de cet agrément dès le démarrage du projet. C'est le moment le plus favorable dans la vie d'une entreprise.

#### *Développement de l'activité commerciale.*

Pour limiter au maximum les coûts de transport de distribution et étaler la fourniture de lots pour les essais industriels, le développement de la promotion commerciale devra se concentrer sur un pays avant de prospecter un autre en commençant par les pays où seront les actionnaires de la société des mines d'EGERLAYTA. L'ordre chronologique suivant pourrait être adopté pour le démarrage de l'action commerciale en Europe :

- |               |             |
|---------------|-------------|
| - Autriche,   | - Italie,   |
| - Espagne,    | - Belgique, |
| - Hollande    | - Danemark, |
| - Angleterre, | - Etc.      |

Les promotions commerciales en Allemagne et en France où les marchés sont dominés par les grands Groupes seront effectuées en dernier sauf si l'un d'entre eux participe au capital social.

#### **6.7.2. Le marché du Golfe persique.**

La stratégie commerciale proposée est de créer une association ou mieux une participation au capital social de la société minière d'EGERALAYTA dans la société SAUDI PERLITE IND. prévoyant la fourniture de perlite brute traitée qui sera expansée dans un port puis revendue dans les pays les plus proches :

#### **6.7.3. Le marché de l'Afrique de l'Est.**

Sur ce marché où la perlite est actuellement une matière première non traditionnelle (Afrique), il est nécessaire de présenter aux consommateurs et aux professionnels du bâtiment, un matériel publicitaire convaincant. Celui-ci montrera sans ambiguïté les possibilités et les avantages techniques et financiers de l'utilisation de la perlite.

La collaboration du Laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics de Djibouti sera utilisée pour effectuer les tests et obtenir les certificats de qualité, les recommandations techniques et une assistance à la promotion commerciale.

Une équipe de promotion sera constituée et formée. Elle se déplacera dans les différents pays du COMESA pour faire la promotion et la formation des professionnels.

#### **6.7.4. Le marché des Indes.**

Un contact commercial direct sera établi avec la société KARNATAKA EXPLOSIVES Ltd qui expanse de la perlite et avec CAPEXIL, MMTC et STATE TRADING CORPORATION OF INDIA LTD qui sont des sociétés spécialisées dans le commerce des minerais en vue de vendre la perlite brute traitée.

### **6.8. PROGRAMMES DES VENTES.**

#### **6.8.1. Prévisions des ventes sur l'Europe.**

La rentabilité des ventes de la perlite brute d'EGERALAYTA sur l'Europe est handicapée par le surcoût du transport maritime. Ce surcoût ne pourrait être compensé que par une supériorité de la qualité de la perlite d'EGERALAYTA par rapport aux perlites de MILOS et des perlites en provenance de Turquie. Il est donc nécessaire dès que possible de déterminer la qualité précise de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA pour savoir à quel prix elle peut être commercialisée sur le marché européen. Celle-ci ne pourra être déterminée que si des tests industriels reconnus de tous sont réalisés.

Tableau 6 - 24. Ventes sur l'Europe de la perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA pour l'hypothèse haute (millier de tonnes et millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Europe	29,0	30,5	32,0	33,6	35,3	37,1	39,0	40,9	43,0	45,0
Ventes	580	610	640	672	706	742	780	818	860	900

Prix unitaire FOB : 20 USD/t

Tableau 6 - 25. Ventes sur l'Europe de la perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA pour l'hypothèse basse (millier de tonnes et millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Europe	16,8	17,6	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6	24,8	26,0
Ventes	336	352	370	388	408	428	450	472	496	520

Prix unitaire FOB : 20 US\$/t



**6.8.2. Prévisions des ventes dans les pays du Golfe Persique, d'Afrique de l'Est et en République Sud Africaine et les autres pays.**

Tableau 6 - 26. Ventes de perlite brute traitée pour l'hypothèse haute (millier de tonnes et millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pays du Golfe	6,7	7,3	8,1	8,9	9,8	10,7	11,8	13,0	14,3	15,7
Rép. Sud. Africaine	4,8	5,3	5,9	6,4	7,1	7,8	8,6	9,4	10,4	11,4
Indes	6,6	7,0	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,8	10,3
Autres	6,3	6,6	7,0	7,3	7,7	8,1	8,5	8,9	9,3	9,8
<b>Total</b>	<b>24,4</b>	<b>26,2</b>	<b>28,3</b>	<b>30,3</b>	<b>32,7</b>	<b>35,1</b>	<b>37,8</b>	<b>40,6</b>	<b>43,8</b>	<b>47,1</b>
<b>Ventes</b>	<b>1098</b>	<b>1179</b>	<b>1273</b>	<b>1364</b>	<b>1471</b>	<b>1580</b>	<b>1701</b>	<b>1827</b>	<b>1971</b>	<b>2120</b>

Prix unitaire FOB= 45 USD/t

Tableau 6 - 27. Ventes de la perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA pour l'hypothèse basse (millier de tonnes et millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pays du Golfe	4,8	5,3	5,9	6,4	7,1	7,8	8,6	9,4	10,4	11,4
Rép. Sud. Africaine	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,7
Indes	3,3	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,7	4,9	5,1
Autres	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,4	5,6	5,9	6,2	6,5
<b>Total</b>	<b>14,7</b>	<b>15,9</b>	<b>17,1</b>	<b>18,3</b>	<b>19,7</b>	<b>21,3</b>	<b>22,9</b>	<b>24,7</b>	<b>26,7</b>	<b>28,7</b>
<b>Ventes</b>	<b>661</b>	<b>716</b>	<b>770</b>	<b>823</b>	<b>887</b>	<b>959</b>	<b>1030</b>	<b>1112</b>	<b>1201</b>	<b>1291</b>

Prix unitaire FOB= 45 USD/t

Tableau 6 - 28. Ventes de la perlite expansée de la société minière d'EGERALAYTA pour l'hypothèse haute (millier de tonnes et millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Afrique de l Est	4,6	4,9	5,2	5,6	6,0	6,4	6,9	7,4	7,9	8,4
Autres	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
<b>Total</b>	<b>5,1</b>	<b>5,5</b>	<b>5,8</b>	<b>6,2</b>	<b>6,7</b>	<b>7,1</b>	<b>7,6</b>	<b>8,2</b>	<b>8,7</b>	<b>9,2</b>
<b>Ventes</b>	<b>2040</b>	<b>2200</b>	<b>2320</b>	<b>2480</b>	<b>2680</b>	<b>2840</b>	<b>3040</b>	<b>3280</b>	<b>3480</b>	<b>3680</b>

Prix unitaire FOB= 400 USD/t

Tableau 6 - 29. Ventes de la perlite expansée de la société minière d'EGERALAYTA pour l'hypothèse basse (millier de tonnes et millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Afrique de l Est	2,3	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2
Autres	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7
<b>Total</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	<b>4,0</b>	<b>4,3</b>	<b>4,5</b>	<b>4,9</b>
<b>Ventes</b>	<b>1080</b>	<b>1150</b>	<b>1240</b>	<b>1320</b>	<b>1400</b>	<b>1480</b>	<b>1600</b>	<b>1720</b>	<b>1800</b>	<b>1960</b>

Prix unitaire FOB= 400 USD/t

Tableau 6 - 30. Ventes de perlite expansée hydrophobisée de la société minière d'EGERALAYTA (millier de tonnes et millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Tonnage	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
<b>Ventes</b>	<b>500</b>	<b>550</b>	<b>600</b>	<b>650</b>	<b>700</b>	<b>750</b>	<b>800</b>	<b>850</b>	<b>900</b>	<b>950</b>

Remarque. Prix unitaire = 1000 USD/t

### 6.8.3. Total récapitulatif des prévisions de ventes.

Tableau 6 - 31. Total des ventes avec l'hypothèse haute. (millier d'USD)

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ventes PBTE	580	610	640	672	706	742	780	818	860	900
Ventes PBT	1098	1179	1273	1364	1471	1580	1701	1827	1971	2120
Ventes PE	2040	2200	2320	2480	2680	2840	3040	3280	3480	3680
Ventes PEH	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
<b>Total</b>	<b>4218</b>	<b>4539</b>	<b>4833</b>	<b>5166</b>	<b>5557</b>	<b>5912</b>	<b>6321</b>	<b>6775</b>	<b>7211</b>	<b>7650</b>

Tableau 6 - 32. Total des ventes avec l'hypothèse basse. (millier d'USD)

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ventes PBTE	336	352	370	388	408	428	450	472	496	520
Ventes PBT	661	716	770	823	887	959	1030	1112	1201	1291
Ventes PE	1080	1150	1240	1320	1400	1480	1600	1720	1800	1960
Ventes PEH	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
<b>Total</b>	<b>2577</b>	<b>2768</b>	<b>2980</b>	<b>3181</b>	<b>3395</b>	<b>3617</b>	<b>3880</b>	<b>4154</b>	<b>4397</b>	<b>4721</b>

#### Symboles:

PBTE : perlite brute traitée vendue en Europe

PBT : perlite brute traitée

PE : perlite expansée

PEH : perlite expansée hydrophobisée

### 6.8.4. Conclusions et recommandations pour le programme des ventes et l'action commerciale.

#### 6.8.4.1. Conclusions.

La compétitivité de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA sur le marché européen n'est pas assurée tant que les résultats des tests industriels n'auront pas montré que sa qualité commerciale est supérieure à celles des perlites grecques ce qui permettrait de les vendre, malgré des coûts de transport maritime supérieurs, à un prix rentable. Par contre, ces coûts favorisent la compétitivité des perlites brutes traitées, expansées et hydrophobisées d'EGERALAYTA dans les pays du Golfe Persique, de l'Afrique de l'Est et des Indes vis à vis des perlites et du polystyrène. L'hypothèse haute d'une prise de 7% de ces marchés est, de ce fait, pessimiste.

Dans la suite de l'étude, en fonction des résultats de l'étude commerciale et dans l'attente des résultats des tests industriels sur la qualité commerciale de la perlite d'EGERALAYTA, les ventes correspondant à l'hypothèse basse sur l'Europe et celles correspondant à l'hypothèse haute pour les autres marchés visés ont été retenues comme marché potentiel pour la suite de l'étude. Les tableaux suivants présentent l'évolution des ventes demandées commercialement et les productions nécessaires pour les satisfaire.

Tableau 6 - 32. Tableau de ventes des marchés potentiels retenus (millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ventes PBTE	336	352	370	388	408	428	450	472	496	520
Ventes PBT	1098	1179	1273	1364	1471	1580	1701	1827	1971	2120
Ventes PE	2040	2200	2320	2480	2680	2840	3040	3280	3480	3680
Ventes PEH	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
<b>Total</b>	<b>3974</b>	<b>4281</b>	<b>4563</b>	<b>4882</b>	<b>5259</b>	<b>5598</b>	<b>5991</b>	<b>6429</b>	<b>6847</b>	<b>7270</b>

Tableau 6 - 33. Tableau des productions correspondant aux ventes des marchés potentiels retenus (millier de tonnes).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
P.B.T.E	16,8	17,6	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6	24,8	26,0
P.B.T.	24,4	26,2	28,3	30,3	32,7	35,1	37,8	40,6	43,8	47,1
P.E.	5,1	5,5	5,8	6,2	6,7	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2

#### 6.8.4.2. *Recommandations commerciales.*

Il est donc recommandé de réaliser les opérations suivantes dans l'ordre chronologique indiqué :

##### *Dès que possible.*

- 1/ Lever les incertitudes sur la qualité et la valeur commerciale de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA en effectuant les tests industriels.
- 2/ Rechercher les partenaires financiers intéressés avec les résultats chiffrés et les échantillons obtenus lors des tests.

##### *Après constitution de la société.*

- 1/ Définir, en fonction de la qualité et de la valeur commerciale confirmée par les tests industriels, la politique commerciale adaptée à chaque marché ciblé et y rechercher des partenaires commerciaux.
- 2/ Constituer dès que possible l'équipe et les outils de promotion de l'emploi de la perlite expansée dans les pays du COMESA, du Golfe persique et des Indes pour prendre des parts de marché en concurrençant le polystyrène auprès des professionnels du bâtiment.
- 3/ Étudier, pour chaque marché ciblé, la logistique des transports maritimes et terrestres pour offrir aux acheteurs les solutions de transport les plus économiques et leur apporter une assistance efficace dans ce domaine.
- 4/ Mettre en place des installations et une organisation permettant d'obtenir la norme ISO 9000 et répondre ainsi à une demande de qualité des acheteurs européens.

Deux politiques très différentes sont recommandées en fonction de la qualité commerciale de la perlite d'EGERALAYTA :

- Si la qualité de la perlite d'EGERALAYTA est voisine de celle de la perlite grecque, la meilleure stratégie commerciale recommandée est de développer au maximum les ventes sur les pays du Golfe persique, de l'Afrique de l'Est et des Indes pour atteindre les ventes correspondant aux hypothèses hautes. Par contre, il ne faudra développer le marché européen qu'en portant une attention toute particulière aux prix de vente qui devront toujours rester supérieurs au prix de revient.
- Si au contraire les tests montrent que la qualité de la perlite d'EGERALAYTA est supérieure à celle produite en Grèce, la politique pourra être différente. Avec un prix FOB de la perlite brute traitée supérieur à 40 USD/t, il sera possible de développer de manière rentable le marché européen et de prévoir rapidement une augmentation de la capacité de la production minière.

## CHAPITRE 7. LOCALISATION ET EVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.

Le complexe d'extraction et de traitement de perlite projeté est constitué de deux unités :

- a) La carrière d'extraction de la perlite brute
- b) L'usine de transformation de perlite qui inclut :
  - \* un atelier de production de perlite brute traitée
  - \* un atelier de production de perlites expansées et hydrophobisées

### 7.1. EMPLACEMENT - ALTERNATIVES.

L'étude a considéré deux alternatives possibles pour le site de l'usine de transformation. Elles sont présentées dans l'Annexe 2, Dessin No.1 :

**Alternative 1 :** a) La carrière de la perlite brute sur le gisement d'EGERALAYTA  
b) L'usine de transformation de perlite : à proximité du gisement d'EGERALAYTA

**Alternative 2 :** a) La carrière à ciel - extraction de la perlite brute : gisement d'EGERALAYTA  
b) L'usine de transformation de perlite à proximité de DJIBOUTI

#### 7.1.1. Etude de l'Alternative 1.

L'usine de transformation de la perlite serait installée à proximité du gisement d'EGERALAYTA dans le district de DIRHIL sur un massif montagneux EGUER ALEITA, à côté de la route goudronnée reliant DJIBOUTI à TADJOURAH. L'emplacement est situé plus précisément au sud-est du Lac ASSAL entre la plaine Sida et la baie GHOUBBET EL KHARAB. La distance du chantier à la ville d'ARTA est de 36 km et relié à cette ville par une route goudronnée.

Le terrain sélectionné pour la construction de l'usine est adapté au traitement de la perlite, en raison de la faible altitude du site de chantier (terrain peu incliné vers le sud et approprié pour les fondations des constructions des bâtiments). Des blocs de basalte se trouvent sur le terrain. Le désavantage du projet est, qu'en dehors de la route goudronnée, rien n'est construit, aucune infrastructure n'existe (électricité, eau, gaz port, téléphone etc.) et qu'il n'y a aucun village, ni ville jusqu'à une distance de dix km. La plus proche ville est ARTA. En plus des installations industrielles, il sera nécessaire de construire des immeubles d'habitation pour le personnel.

Par ailleurs, l'emplacement de l'usine de transformation sera à TADJOURAH distant de 78 km de DJIBOUTI. Sur le côté ouest du golfe GHOUBBET EL KHARAB se trouve un port abandonné distant de 11 km qu'il serait peut être possible d'utiliser pour le transport maritime de la perlite brute. La liaison entre ce port et le gisement de perlite est possible par une route goudronnée. Si l'utilisation du port abandonné est envisagée, il sera nécessaire de vérifier les fonds, puis s'ils sont suffisants en profondeur pour recevoir des minéraliers de 20.000 t, de reconstruire partiellement le port et d'y installer un stockage pour une perlite transformée et les engins de manutention et de chargement des bateaux. La reconstruction du port, y compris la construction des grues, exigera un investissement de 1,5 millions de USD.

**Remarque :** Le Ministère de l'Industrie, des Mines et Energie réfléchit sur la construction d'une usine pilote d'électricité thermique d'une puissance installée de 5 MW qui serait située à 80 km nord/ouest du gisement D'EGERALAYTA. Il s'agit d'une usine d'électricité de faible capacité. Après sa mise en service, il sera nécessaire d'effectuer des modifications des équipements électriques qui produiraient des interruptions de production d'électricité. Pour toutes ces raisons, il n'est pas judicieux d'envisager, dans les premières années, de connecter l'alimentation électrique de l'usine électrique thermique à l'usine de transformation de la perlite.

### 7.1.2. Etude de l'Alternative 2.

Dans ce cas, l'usine de transformation de perlite est implantée près de la capitale de DJIBOUTI, à l'Ouest du quartier de BALBALA dans une zone industrielle prévue au nord de la route goudronnée reliant Djibouti à TADJOURAH.

La distance de la carrière de perlite d'EGERALAYTA à l'usine de transformation de perlite est de 70 km. La distance entre l'usine de perlite et le port de Djibouti (où se trouve la gare ferroviaire la plus proche) est d'environ 12 km. Les infrastructures existent dans la zone (électricité, eau, téléphone, routes). Il ne reste à réaliser que les branchements aux réseaux existants. L'approvisionnement en gaz butane est facile..

### 7.1.3 Choix de la localisation.

Les critères d'appréciation sont présentés dans le tableau suivant établis en utilisant l'analyse de la valeur où chaque critère est établi d'après un nombre de points. Les critères sélectionnés prennent en considération la valeur des conditions géologiques et géographiques, la distance du gisement, les liaisons routières, le réseau énergétique, les frais d'investissements, l'utilisation de l'infrastructure existante et les ressources humaines.

Les critères sont évalués de la manière suivante :

non convenable	- 0 point
moyennement convenable	- 1 point
convenable	- 2 points
très convenable	- 3 points

Tableau 7 - 1 : Evaluation comparative des 2 alternatives.

Critères de site	Alternative N° 1	Points	Alternative N° 2	Points
Conditions géographiques	très bonne	3	très bonne	3
Conditions géologiques	très bonne	3	très bonne	3
Liaison routière	1 km	3	1 km	3
Liaison ferroviaire	88 km	0	10 km	3
Liaison maritime	40 km	0	12 km	2
Branchement de l'énergie électrique	36 km	1	0.5 km	3
Branchement de l'eau	puits foré	1	puits foré	1
Distance du gisement	1 km	3	70 km	2
Superficie	suffisante, possibilité d'élargissement	3	suffisante, possibilité d'élargissement	3
Sol	inerte	3	inerte	3
Main d'œuvre	il n'y a pas	0	aux environs du site	3
Construction de l'habitation	nouvelle	0	existant	3
Frais d'investissement (estimation.)	*150 %	1	100 %	3
Total		21		34
Rang		2.		1.

\*Il faut prévoir la construction d'une nouvelle infrastructure et d'un ensemble d'habitations.

### 7.1.4. Conclusions.

L'examen des deux alternatives concernant le site de l'usine de transformation montre que l'implantation de l'usine près de DJIBOUTI est plus économique au niveau des investissements et des coûts de transport des produits finis, en particulier des perlites expansées et hydrophobisées. Par ailleurs ce site proche de DJIBOUTI présente de nombreux avantages au niveau du recrutement et du logement du personnel. Cette alternative 2, sans conteste la plus

avantageuse techniquement, financièrement et humainement, a été retenue pour l'étude du projet dans les chapitres suivants.

## **7.2. DESCRIPTION DE L'ALTERNATIVE RETENUE.**

### **7.2.1. Emplacements.**

Dans cette alternative le complexe sera réalisé aux deux sites de la façon suivante :

#### ***a/ La carrière d'extraction du gisement d'EGERALAYTA.***

Le gisement de la perlite se trouve dans le district de DIKHIL sur le massif montagneux D'EGERALAYTA, à une distance de 100 m de la route goudronnée reliant la capitale DJIBOUTI à la ville TADJOURA. La distance du transport du gisement à la capitale au est de 78 km et celle du gisement au site de l'usine de transformation de perlite de 70 km. Les réserves de la perlite sont estimées à 23 millions de tonnes. La superficie du gisement est d'environ un million de m<sup>2</sup>. Des données plus détaillées sur le gisement de la perlite sont mentionnées au Chapitre 3.

Dans un voisinage proche du gisement (à côté de la route goudronnée) il est prévu de construire ou d'acheter un petit bâtiment ou local (mobile que l'on peut déplacer par grue) pour le personnel d'exploitation de la carrière; il sera utilisé comme salle de repos, d'office, d'atelier pour l'entretien des véhicules (engins) et sera situé à côté un dépôt de diesel (carburant des engins). Une réserve d'eau (bâche ou citerne), ainsi qu'un groupe électrogène seront installés à proximité de ce local pour les besoins du personnel.

#### ***b/ L'usine de transformation de perlite.***

L'usine de production de perlite brute traitée d'une capacité de 50.000 t/an et de perlite expansée d'une capacité annuelle de 50.000 m<sup>3</sup>/an sera située à 2 km à l'ouest du quartier BALBALA et à côté de la route goudronnée reliant DJIBOUTI à TADJOURA près de la capitale de DJIBOUTI et à 2 km en direction septentrionale du golfe de TADJOURA.

Le site mentionné a été choisi par le Ministère des travaux publics, département de l'Urbanisme. Il se trouve dans une zone prévue pour la construction industrielle. Le terrain proposé pour l'usine de perlite comprend un emplacement adapté pour la construction des bâtiments dans de bonnes conditions. Le site d'implantation sélectionné pour l'usine est favorisé par les réseaux de communication et d'électricité ainsi que par la localisation du port et de la voie ferrée.

#### Conditions de construction.

Sur le terrain prévu, les conditions pour la construction, le montage et l'exploitation, sont les suivantes :

Superficie du lieu d'implantation	250 x 150 m (3,75 ha)
Altitude	87,5 m au-dessus du niveau de la mer
Puissance portante pour les fondations des bâtiments	0,5 MPa
Niveau de l'eau souterraine	environ 80 cm au-dessous du terrain

#### Conditions de transport et localisation.

Le terrain de l'usine de transformation de perlite est situé dans la partie ouest de la ville DJIBOUTI à une distance de 10 km du centre de la ville. Sa distance de la route principale DJIBOUTI - TADJOURA est de 0,5 km. La distance du gisement de la perlite d'EGERALAYTA est de 70 km. La distance du port maritime DJIBOUTI est de 12 km. La distance de la station de chemin de fer à Djibouti est de 10 km. La distance du golf de TADJOURA est de 2 km.

Les combustibles technologiques le butane, le pétrole, les sacs en papiers, etc. seront amenés du port éloigné de 12 km. Le terrain sélectionné a de très bonnes possibilités de branchements aux réseaux routiers et ferroviaires.

En conclusion, il apparaît que :

- l'emplacement est suffisant pour les extensions futures,
- la réalisation des sections de production et auxiliaires ne pose pas problème,
- il n'est pas nécessaire de construire des logements,
- les branchements aux utilités sont proches,
- les voies de communication existent.

### **7.3. CONDITIONS GEOGRAPHIQUES ET CLIMATIQUES.**

#### **7.3.1. Cadre géographique.**

Essentiellement d'origine volcanique, le cadre géomorphologique de la République de DJIBOUTI est constitué pour l'essentiel par des plateaux peu élevés (500 - 1.000 m) entrecoupés de dépressions d'origine tectonique à sédimentation alluvionnaire ou lacustre. Les variations d'altitude sont comprises entre 2021 m (Mont MOUSSA ALI à l'Extrême Nord) et -155 m (Lac Assal).

Ces ensembles de la géomorphologie du pays se composent comme suit.

Le site de l'usine prévue est situé sur un plateau basaltique recouvert par les sédiments quaternaires et son altitude est d'environ 90 m.

Le site du gisement de perlite d'Egeralayta est placé sur le massif montagneux d'Egeralayta, dont l'altitude est comprise entre 480 et 588 m.

#### **7.3.2. Données climatiques.**

Le climat est de nature tropical aride sur l'ensemble de la République de DJIBOUTI. Des différences climatiques existent en fonction de l'altitude et de la distance de la mer.

##### **Températures**

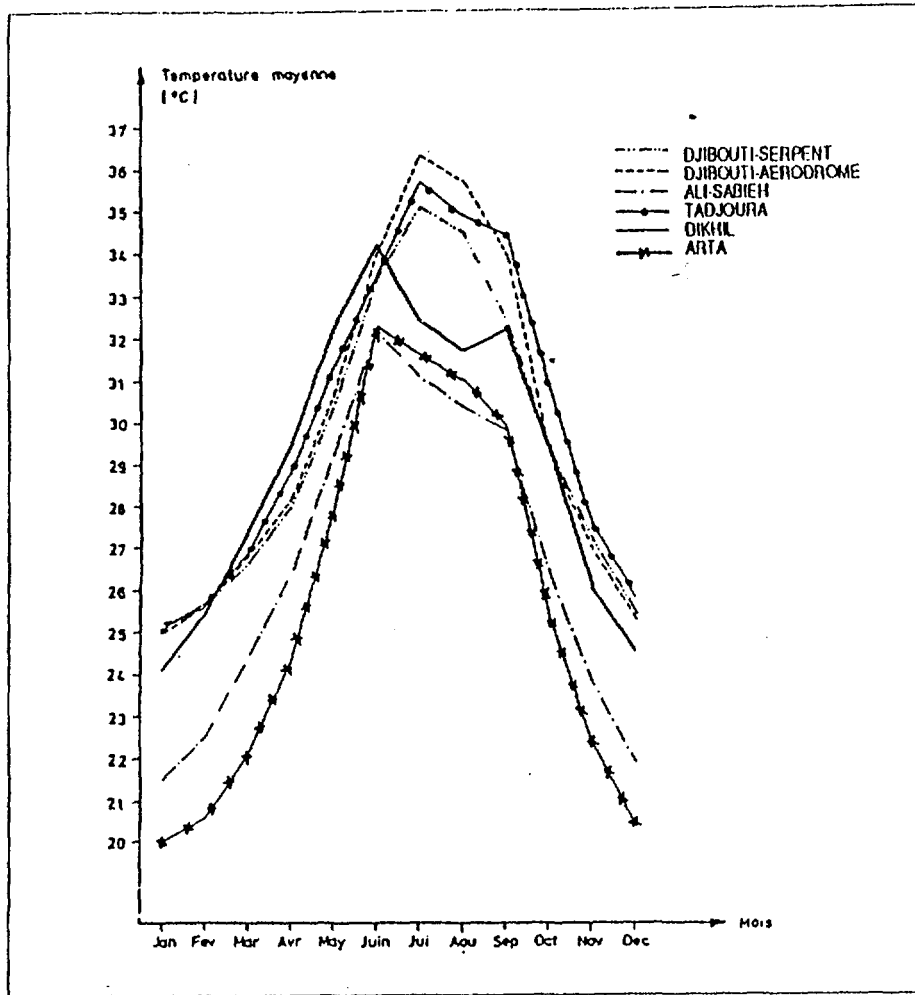
Les températures diurnes moyennes varient de 17 à 42 degrés, avec des moyennes annuelles comprises entre 25 et 30 degrés. Le document 5 - 1 représente les températures moyennes mensuelles relevées dans 6 stations météorologiques et le document 5 - 2 établit le diagramme climatologique d'après les données de la station météorologique de Djibouti - Serpent. Trois faits essentiels caractérisent les régimes thermiques:

- \* Les régions montagneuses sont les plus fraîches d'octobre à avril avec des températures restant en moyenne inférieures à 25,5°C et janvier est le mois le plus frais (19°C /22°C).
- \* Dans tout le reste du pays, d'octobre à avril, les températures oscillent entre 22°C et 30°C avec janvier comme mois le plus frais (22°C/26°C).
- \* Les températures les plus élevées sont relevées dans les régions littorales, un mois plus tard par rapport à l'intérieur du pays (respectivement juin et juillet). Globalement, les températures les plus élevées sont relevées sur le littoral et à l'ouest d'une ligne BALHO/ ASEYLA où elles dépassent 35°C. L'amplitude thermique annuelle oscille entre 10 °C et 10,7 °C. Elle est la plus faible dans les régions littorales et la plus forte au niveau des reliefs.

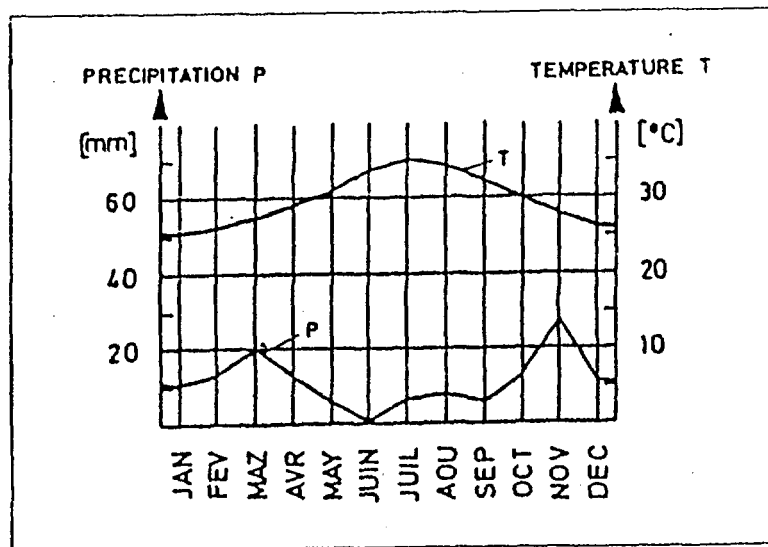
##### **Précipitations**

De façon générale, les précipitations sont faibles et irrégulières sur l'ensemble du territoire. De 1901 à 1989, les données enregistrées à DJIBOUTI-VILLE donnent une moyenne annuelle de 130,6 mm et un écart type de 106,9 mm . Les différences dans le temps et dans l'espace caractérisent les précipitations du pays : la carte des isohyètes et la ligne de partage des pluies, figurées sur le document 5 - 3, le montre clairement.

DOCUMENT 7 - 1 : TEMPERATURE MOYENNE RELEVÉE A 6 STATIONS METEOROLOGIQUES

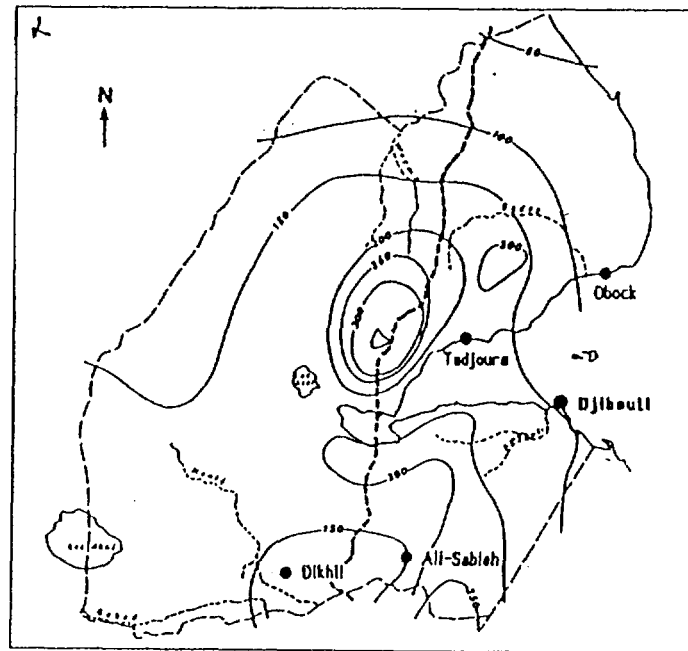


DOCUMENT 7 - 2 : CLASSIFICATION CLIMATOLOGIQUE (DJIBOUTI - SERPENT)

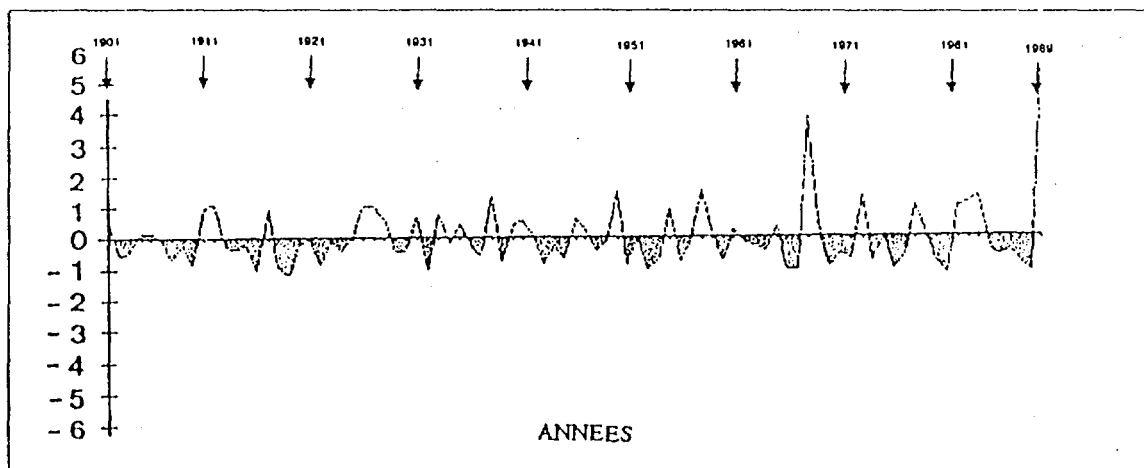




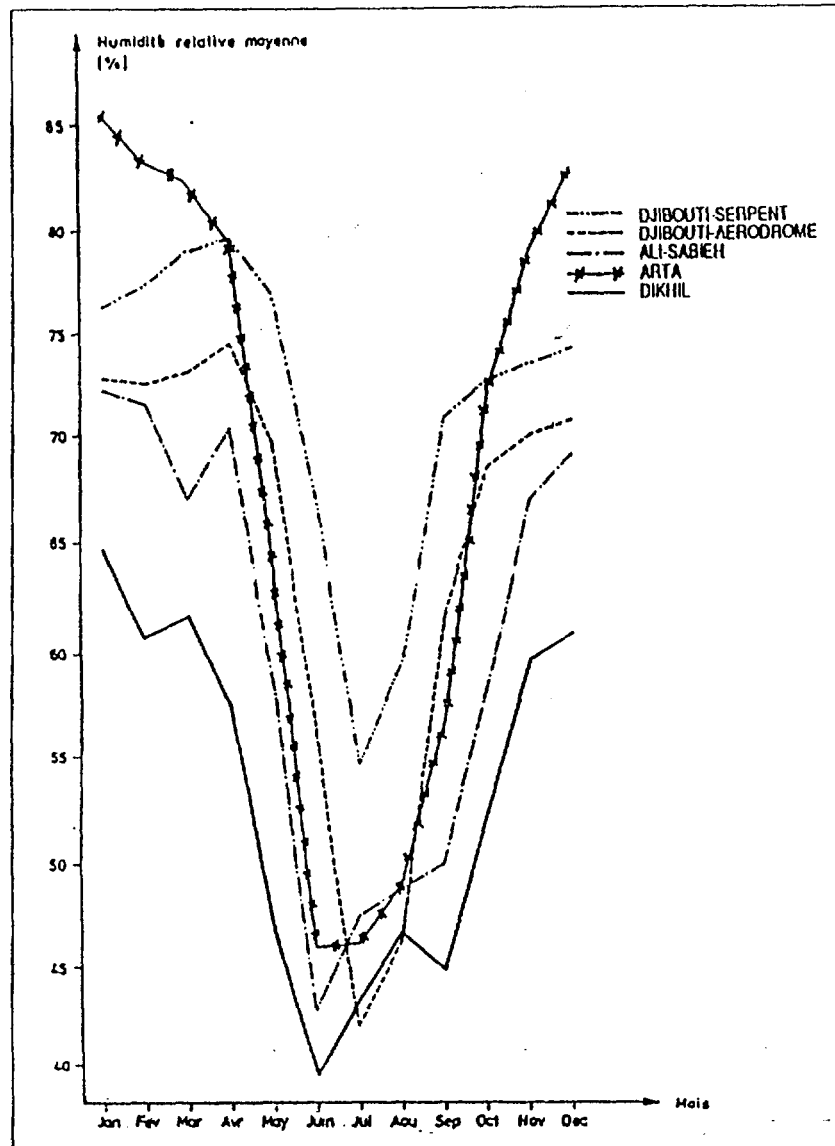
DOCUMENT 7 - 3 : CARTE DES ISOHYETES ET LIGNE DE PARTAGE DES PLUIES DE SAISON FRAICHE ET DE SAISON CHAUDE



DOCUMENT 7 - 4 : GRAPHIQUE DES VALEURS CENTREES REDUITES DES PRECIPITATIONS ANNUELLES DE DJIBOUTI - SERPENT



## DOCUMENT 7 - 5 : HUMIDITE RELATIVE MOYENNE RELEVÉE A CINQ STATIONS METEOROLOGIQUES



Il faut noter que les enregistrements, d'une durée de 1 à 3 ans, sont compensés le plus souvent par des excédents les années suivantes. La dernière période de sécheresse (1986 à 1988) a été suivie d'un record de précipitations avec 692,9 mm dans l'année et 543,6 mm pour le mois d'avril. Le même document indique le partage régional théorique des précipitations maximales selon les saisons et le document 5 - 4 représente, sous forme graphique, les variations inter-annuelles des pluies à DJIBOUTI-VILLE depuis 1901. Les extrêmes enregistrés depuis 1901 sont : 9,5 mm pour l'année 1980 et 692,9 mm pour l'année 1989.

L'altitude joue un grand rôle dans l'intensité des précipitations, notamment au niveau des reliefs de la bordure nord du golfe de TADJOURA, soumis aux vents humides d'origine maritime.

En résumé, le pays est caractérisé par deux régimes pluviométriques:

- \*un régime méditerranéen sur les versants maritimes (d'octobre, mai, les pluies sont liées au passage sur le pays de fronts froids dus aux phénomènes polaires directs ou dérivés provenant de la Méditerranée);

- \* Un régime tropical sur le versant continental (de juin à septembre, les précipitations sont consécutives au passage du FIT-Front Inter-Tropical- au nord du pays et donc à l'affrontement entre les moussons atlantiques et indiennes).

Au niveau de l'évolution générale des précipitations, deux tendances se dégagent :

- \* Les pluies des stations littorales ont pratiquement les mêmes caractéristiques que celles de DJIBOUTI-SERPENT, c'est-à-dire essentiellement un caractère oscillatoire marqué sans tendance nette.
- \* Les pluies des stations de l'intérieur sont „au contraire“ caractérisées par une tendance à la baisse des précipitations annuelles.

### Humidité relative

L'humidité relative de l'air est généralement importante avec des maxima hivernaux de l'ordre de 90 % et des minima en été de l'ordre de 40 % (3) (voir le document 7 - 5 représentant les taux d'humidité relative relevés dans 5 stations météorologiques). Elle est forte dans les régions littorales et montagneuses d'octobre à mai (60 % à 85 %). Dans les régions basses à l'intérieur, elle fluctue de 50 % à 65 % de novembre à avril. De juin à septembre, elle varie de 40 % à 60 % dans les régions littorales et de 35 % à 50 % dans l'intérieur.

### Régime des vents

Au-dessus de la mer Rouge, un col isobarique partage deux cellules anticycloniques, dont l'une, la cellule anticyclonique asiatique, se prolonge sur l'Arabie et la corne de l'Afrique. Elle est à l'origine des alizés est/nord-est. Ces vents parviennent à Djibouti après s'être humidifiés lors de leur trajet maritime dans le golfe d'Aden. En été, les vents dominants sont d'orientation ouest/nord-ouest. Ils sont secs, chauds, violents et turbulents. Ceci correspond à une inversion des pressions, avec une zone de basse pression couvrant l'ensemble afro-asiatique.

LE FIT, représentant l'axe des basses pressions intertropicales, se situe alors entre 15 °C et 20 °C de latitude nord. A ces vents s'ajoutent des vents locaux dont les plus importants sont les brises de la mer et de terre. D'octobre/novembre à avril/mai, les brises de mer sont fréquentes l'après-midi dans les régions côtières. En fin de soirée, la brise de terre s'établit : elle est de direction sud à DJIBOUTI et ouest dans la région de TADJOURA. On distingue 3 régimes de vents :

- \* des vents de secteur Est pendant la saison fraîche (octobre/novembre à avril/mai): les alizés
- \* des vents variables de secteurs Ouest, Nord-Ouest (le sabo) pendant la saison de transition (mai et septembre/octobre)
- \* des vents de secteur Ouest dominant pendant la saison chaude : le khamsin.
- \* De juin à septembre : une saison chaude, de température moyenne très élevée (30 °C à 36 °C) caractérisée par la fréquence du khamsin et du vent d'Ouest, avec une faible humidité relative.
  - \* mai, juin, septembre et octobre: Une saison de transition où le FIT se situe à la latitude de la République de Djibouti, les vents sont très faibles, l'humidité relative forte et les températures assez élevées.

### Insolation

Dans l'ensemble, les régions littorales sont plus ensoleillées que les régions à l'intérieur. De même, les régions du golfe de TADJOURA ont un ensoleillement supérieur à celles du Nord. Quel que soit les stations, on remarque deux maxima, en mai et octobre, avec une moyenne supérieure à 9,5 h/j et deux minima, en janvier/février et en juillet.

La nébulosité particulière sur les reliefs, réduit l'évaporation et la durée moyenne de l'ensoleillement. Ainsi, à Djibouti, on note une forte variation annuelle de la durée moyenne d'insolation journalière: les maxima (10 h) sont obtenus en avril/mai et en octobre tandis que les minima s'observent en janvier/février (8 h) et en juillet, phénomène dû aux poussières en suspension. A ARTA, 757 m d'altitude, les maxima sont à 9 h 30 et les minima à 6 h.

### Sismicité

De part sa situation géologique et géographique, Djibouti fait partie des pays où les séismes sont assez fréquents. La majeure partie des épicentres séismes déterminés est groupée sur une bande d'une dizaine de km de large, le long des fossés du Golfe de TADJOURA et du rift d'ASSAL et des failles transformantes qui les décalent. Les sites qui nous intéressent (gisement d'EGERALAYTA et usine de transformation) sont éloignés de la ligne des épicentres des séismes d'une dizaine à une vingtaine de kilomètres.

La magnitude des séismes enregistrés à DJIBOUTI, est souvent de 2,0 à 4,0 sur l'échelle de Richter. La liste des tremblements de terre localisés dans la République de Djibouti établie depuis les 93 dernières années à l'aide du réseau mondial (FAIRHEAD J.D. ET GIRDLER R.W., 1970) et GOUIN P. (1979), permet de constater que, statistiquement, la région est affectée par un séisme important environ tous les dix ans dont la magnitude n'excède pas 6,0 sur l'échelle de Richter.

Le gisement d'EGERALAYTA se trouve à une trentaine de km de la zone volcanique active (rift d'ASSAL). Il faut noter que dans les 20 dernières années, il a été enregistré quatre séismes locaux de magnitude supérieure à 5,0. Dans l'étude du projet de construction de l'usine, il sera indispensable de tenir compte de la présence des séismes.

### 7.4. TRANSPORTS.

Le transport de la perlite à l'usine du gisement de la perlite sera assuré avec des camions, via la route DJIBOUTI - TADJOURA. L'usine de transformation de perlite est proche du réseau routier branché sur le port maritime international de DJIBOUTI, et du chemin de fer DJIBOUTI - ADDIS ABEBA (Ethiopie) à travers lesquels sera transportée une grande partie de la perlite brute traitée et de la perlite expansée. L'équipement technologique, les matériaux de construction, les constructions métalliques du bâtiment, les combustibles (gaz butane) et divers matériels nécessaires au fonctionnement de l'usine, seront amenés du port via le réseau routier existant.

#### *Remarque :*

Si l'on veut prendre aussi en considération la possibilité d'un transport naval de la perlite exploitée du gisement d'EGERALAYTA par le port abandonné dans le golf GHoubet EL KHARAB. Il serait nécessaire de prévoir:

- la reconstruction du port abandonné comprenant une grue à grappin pour le chargement de la perlite sur bateau,
- la construction d'un nouveau port dans le golf TADJOURA pour le débarquement de la perlite du bateau aux camions. L'emplacement du port se situerait du côté sud du golf en face de l'usine de la perlite prévue.
- la construction de la route entre le port et l'usine d'une longueur d'environ 2 km.

Le transport par voie maritime du minerai de perlite extrait du gisement à l'usine comporterait les opérations suivantes:

- Chargement de la perlite sur un camion à la carrière. Le transport est d'environ 4 km jusqu'au port abandonné et ensuite le déchargement.
- Chargement de la perlite par la grue à grappin sur bateau.
- Transport par bateau jusqu'au nouveau port à côté de l'usine de perlite.
- Débarquement de la perlite du bateau par la grue à grappin et chargement sur les camions.
- Transport d'environ 2 km par camions jusqu'à l'usine et déchargement à la trémie de concassage.

Au vu des investissements lourds, des coûts importants liés à plusieurs transbordements de la perlite et les désagréments causés par la poussière, le transport maritime de la perlite du gisement à l'usine n'est pas économiquement réalisable.

Il faut envisager pour ce projet un mode de transport économique et simple. Le chargement de la perlite exploitée se fera sur des camions directement au gisement et son transport se fera par la route goudronnée. Le minerai sera vidé directement dans la trémie de la salle de concassage à l'usine. La distance est d'environ 70 km.

#### **7.5. APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE ELECTRIQUE ET EN EAU.**

L'approvisionnement de l'usine en énergie électrique sera réalisé par un branchement de 20 kV sur la ligne existante de 60 kV par l'intermédiaire d'un transformateur. Le transformateur 60/20 kV comprenant les 20 kV du branchement de l'usine sera fourni par la société d'Electricité de DJIBOUTI. La ligne aérienne de 60 kV est présente à côté de la route goudronnée DJIBOUTI - TADJOURA. La longueur du branchement est de 0,5 km.

L'eau potable sera obtenue par un puits foré. La carrière sera approvisionnée par citerne mobile.

#### **7.6. MAIN D'OEUVRE.**

La main d'œuvre pour la construction et l'exploitation de l'usine de perlite sera assurée dans la capitale et aux alentours, par de la main-d'œuvre habitant la capitale de DJIBOUTI et de ses environs.

#### **7.7. TRAVAUX DE CONSTRUCTION, DE MONTAGE ET D'ENTRETIEN.**

Il n'y a pas actuellement d'entreprise de construction, de montage, et d'entretien sur le chantier de l'usine et aux environs. Il existe depuis quelques années une usine de préparation du macadam et du béton près du site. Dans la région voisine du chantier, se trouvent quelques sociétés de construction privées et des sociétés de transport qui sont capables d'assurer la réalisation de la construction, le montage des constructions en acier et le montage technologique sous la surveillance de chefs monteurs. Elles peuvent assurer le transport des équipements.

#### **7.8. IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT.**

L'appréciation par le Gouvernement de l'impact sur l'environnement de l'usine de transformation de perlite exige une étude spécifique à réaliser avant la décision finale de réaliser le projet. Cette étude doit prendre en considération l'impact sur l'atmosphère, l'eau (souterraine et superficielle), le bruit, la formation de déchets et le paysage comme décrit ci-après.

##### **Pollution de l'atmosphère**

Les installations prévues créeront une pollution de nature gazeuse et solide qui sera dispersée dans l'atmosphère. La pollution de nature solide sera formée par une poussière fine de perlite (elle se produit pendant le broyage, le post broyage, le concassage, le triage et l'emballage de la perlite brute traitée et aussi pendant de l'expansion de la perlite) et par une poussière de roche issue de l'extraction et du transport de la perlite. Du point de vue de la

composition chimique de la pollution solide, il s'agit d'oxydes - CaO, MgO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub> etc.

Une partie de la chaîne de transformation comprend une station de dépolluissage pour les concasseurs à cylindres, les broyeurs à cylindres, les ponts convoyeurs sur les voies de transport, les cribles et les silos en acier. L'installation de dépolluissage comprend un filtre en étoffe et un ventilateur centrifuge. La poussière captée (0 - 0,3 mm) par le filtre retourne directement dans le silo.

Pendant l'expansion de la perlite, l'air et les particules fines sont séparées par la première partie d'installation et la deuxième partie de séparation, constitué par un dépolluiseur cyclonique. Le taux de séparation prévu est de 90 %. Les particules plus fines captées de la perlite expansée sont accumulées dans une trémie de stockage sous un dépolluiseur cyclonique. L'air avec les particules restantes sortent du dépolluiseur cyclonique par le filtre en tissu où sont captées les particules les plus fines de la perlite expansée. Par ce mode l'air nettoyé passe par un ventilateur et une cheminée pour être rejeté dans l'atmosphère.

La teneur en poussière à la sortie de tous les procédés de production ne dépasse pas 30 mg/m<sup>3</sup>. Suivant les normes européennes, la teneur en poussière ne doit pas dépasser 50 mg/m<sup>3</sup>.

Les polluants gazeux seront représentés surtout par les oxydes (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO). Leurs concentrations seront au-dessous des normes européennes (NO au-dessous de 1.300 mg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> au-dessous de 400 mg/m<sup>3</sup>).

#### **Pollution des eaux**

Au cours de la transformation de la perlite, il ne se formera pas de matières polluantes source de pollution des eaux superficielles et souterraines. La seule source de pollution peut être créée par les graisses, les huiles, le pétrole, les essences utilisées pour l'exploitation, le transport et le traitement de la perlite. En respectant les principes de traitement avec les moyens mentionnés on peut diminuer ce risque au minimum.

La République de DJIBOUTI fait partie des pays où l'approvisionnement en eau est défavorable. L'investissement prévu appartient aux technologies dont les exigences sont minimales pour la consommation en eau. L'eau potable et l'eau pour les besoins sociaux seront approvisionnées par un puits foré. La consommation annuelle ne dépasse pas la limite de 600 m<sup>3</sup>. Le procédé technologique n'exige pas de consommation d'eau. Les déchets des installations sociales seront évacués par des canalisations des égouts vers la station dépollution, dérivé des systèmes de canaux.

#### **Gestion des déchets**

La technologie proposée ne produira pas de déchets qui puissent compromettre l'environnement de la vie. Les déchets communaux ainsi que les déchets recyclables (papier, métal, déchets de pétrole) seront neutralisés par un mode acceptable. Il faut mettre l'accent sur une neutralisation en petites quantités des déchets dangereux tels que les restes de peintures, dissolvants, batteries, tubes fluorescents.

#### **Bruit**

Les technologies proposées pour l'exploitation et la transformation de la perlite respecteront les normes de bruit 85 dB (en vigueur en R.D.) pour les départements extérieurs, 70 dB pour les départements intérieurs, et 50 dB (40 dB de nuit) pour les zones d'habitations.

**Impact sur le paysage**

Dans ce groupe, sont compris les impacts sur le décor dans le paysage. En cas d'exploitation du gisement d'EGERALAYTA, on change le caractère du décor originel du paysage. Puisqu'il s'agit de la partie du pays inhabitée, éloignée et non fréquentée par les touristes, cet impact négatif n'a pas d'influence majeure.

**7.9. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.**

La carrière de perlite d'EGERALAYTA est située dans le district de DIKHIL à 78 km de la ville de Djibouti et à 70 km du terrain prévu pour l'installation de l'usine de transformation et est reliée à eux route goudronnée. L'usine sera située à 2 km à l'ouest du quartier BALBALA de DJIBOUTI et est éloignée de 12 km du port maritime et relié à celui-ci par une route goudronnée. Le site retenu pour l'usine facilite sa construction, son approvisionnement et son exploitation.

Les entreprises européennes ayant des participations dans des mines de perlite considèrent que la distance entre le gisement et le port maritime d'exportation de la perlite brute traitée commercialisée est un paramètre important de son coût. Cela est confirmé par l'examen des consommations en carburant (chapitre 4.4.2) qui montre que le coût de transport du minerai en carburant est identique à celui de son extraction. Il est donc recommandé de rejeter l'alternative I et le port maritime pour le transport du minerai.

L'éloignement de l'usine de transformation du port maritime doit être aussi réduit que possible. En effet le coût de transport de la perlite expansée est dix fois plus important que celui du minerai du fait de son volume.

L'usine de transformation est prévue conforme aux normes européennes concernant l'environnement. Une attention particulière devra être portée à ce problème lors de sa conception finale et de sa réalisation.

## CHAPITRE 8. INGENIERIE ET TECHNOLOGIE.

Le complexe d'extraction et de traitement de perlite retenue dans le Chapitre 7. produira trois produits finis prêts à être commercialiser :

- La perlite brute traitée,
- La perlite expansée,
- La perlite expansée hydrophobisée.

Ce complexe d'extraction et de traitement comportera deux unités de production.

**A/ Une carrière d'extraction** complétée par un parc de camions pour le transport du minerai du gisement à l'usine de transformation située près de DJIBOUTI.

**B/ Une usine de transformation** comportant deux ateliers.

- *Un atelier produisant la perlite brute traitée.*

La perlite brute traitée est obtenue à partir du minerai prébroyé à la carrière en effectuant les opérations suivantes : concassage, broyage, calibrage, stockage, emballage d'une partie de la production et expédition en vrac ou en big bag. L'étude commerciale montre que :

- 90 % de la production de perlite brute traitée sera commercialisée sur les marchés internationaux.
- 10 % sera expansée dont 10 % sera hydrophobisée.

- *Un atelier produisant de la perlite expansée et de la perlite expansée hydrophobisée.*

Cet atelier comportera :

- une chaîne d'expansion de la perlite brute traitée dans un four,
- une chaîne d'hydrophobisation de la perlite expansée,
- une chaîne d'emballage en sacs papiers de la perlite expansée et de la perlite hydrophobisée,
- un magasin de stockage et de l'expédition.

Les services administratifs, sociaux et de maintenance seront communs pour l'ensemble du complexe.

### 8.1. CAPACITES DE PRODUCTION ALTERNATIVES DU COMPLEXE.

Les capacités de production retenues pour chaque unité et chaque atelier du complexe industriel tiennent compte de différents éléments de décisions :

- Les productions demandées résultant des études de marché.
- Les différentes capacités des équipements de production industrielle disponibles sur le marché ainsi que la capacité minimale économiquement rentable.
- Le niveau des risques financiers d'un suréquipement et commerciaux résultant des ruptures de livraison.

#### 8.1.1. Productions demandées commercialement.

Le étude de marché (voir chapitre 6.8.4.) a donné, en fonction des enquêtes et des hypothèses retenues, l'évolution des ventes demandées commercialement et les productions nécessaires pour les satisfaire pour le projet de perlite retenu présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 8 – 1. Tableau de ventes des marchés potentiels retenus (millier d'USD).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Ventes PBTE	336	352	370	388	408	428	450	472	496	520
Ventes PBT	1098	1179	1273	1364	1471	1580	1701	1827	1971	2120
Ventes PE	2040	2200	2320	2480	2680	2840	3040	3280	3480	3680
Ventes PEH	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
<b>Total</b>	<b>3974</b>	<b>4281</b>	<b>4563</b>	<b>4882</b>	<b>5259</b>	<b>5598</b>	<b>5991</b>	<b>6429</b>	<b>6847</b>	<b>7270</b>



Tableau 8 – 2. Tableau des productions correspondant aux ventes des marchés potentiels retenus (millier de tonnes).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
P.B.T.E	16,8	17,6	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6	24,8	26,0
P.B.T.	24,4	26,2	28,3	30,3	32,7	35,1	37,8	40,6	43,8	47,1
P.E.	5,1	5,5	5,8	6,2	6,7	7,1	7,6	8,2	8,7	9,2
P.E.H	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
Total	46,8	49,85	53,2	56,55	60,5	64,35	68,7	73,25	78,2	83,25

**Symboles:**

- PBTE : perlite brute traitée vendue en Europe
- PBT : perlite brute traitée
- PE : perlite expansée
- PEH : perlite expansée hydrophobisée

**8.1.2. Alternatives techniques de capacité du complexe, taille économique minimum.**

L'étude des productions de différentes entreprises existant dans le monde montre que leurs capacités de production sont comprises entre les chiffres suivants :

- la production de la perlite brute traitée se situe entre 20.000 et 200.000 t/an,
- la production de la perlite expansée se situe entre 20.000 et 50.000 m<sup>3</sup>/an.

Les prévisions de vente et les capacités de productions pour le complexe d'EGÉRALAYTA se situent dans cette fourchette.

**8.1.3. Caractéristiques et techniques de production par produit.**

Le complexe étudié produira :

- du minerai de perlite brute de la carrière du gisement d'EGÉRALAYTA,
- trois produits commercialisables : la perlite brute traitée, la perlite expansée et la perlite expansée hydrophobisée à la sortie de l'usine de transformation.

**8.1.3.1. Caractéristiques et technique de production du minerai à la carrière.**

La carrière travaille à ciel ouvert. Le minerai extrait de la carrière est de la perlite prébroyée par le rippeur. Sa granulométrie varie de 0 à 400 mm. Il constituera la matière première de l'usine de transformation.

**8.1.3.2. Caractéristique et Techniques de production des perlites transformées.**

L'usine de transformation produira en fonction des demandes deux types de produits finis.

*Technique de l'atelier de perlite brute traitée.*

La transformation du minerai consiste essentiellement à le broyer et à le calibrer et si besoin à le sécher. La perlite brute traitée est obtenue en quatre gammes de granulométrie :

- catégorie G1 - perlite brute traitée de granulométrie 0 - 0,3 mm (y compris des produits de dépoussiérage)
- catégorie G2 - perlite brute traitée de granulométrie 0,3 - 0,8 mm
- catégorie G3 - perlite brute traitée de granulométrie 0,8 - 1,6 mm
- catégorie G4 - perlite brute traitée de granulométrie 1,6 - 2 mm (max. 4 mm)

Pour les gammes de granulométries mentionnées, ci-dessus, un écart maximum de 10 % est autorisé par rapport aux autres gammes de granulométrie. Cette classification est sensiblement identique aux normes CEE et américaines.

*Technique de production de l'unité de perlite expansée.*

La perlite brute traitée surtout utilisée comme matière première pour la fabrication de la perlite expansée que l'on produit par l'expansion des verres volcaniques hydratés. La perlite expansée est meuble, granulaire, poreuse et légère, sa couleur varie du blanc au blanc sale. Elle est stable dans la fourchette des températures situées de -200 à + 800 °C.

Elle est biologiquement inerte et peu hygroscopique, mais son pouvoir d'imbibition est élevé. La perlite expansée est un matériel inorganique ce qui assure la stabilité de ses propriétés pour une période illimitée.

La perlite expansée est obtenue par chauffage de la perlite brute traitée à hautes températures (jusqu'à 1300 °C) pendant un temps très court (10 secondes). Sous l'effet de la température elle s'expande et augmente son volume de 10 - 20 fois. En même temps, elle se désintègre en petits granules poreux. La perlite expansée obtenue a une faible masse volumique, elle est poreuse et granulaire.

Le principe de l'expansion réside dans un chauffage brutal des granules de la perlite brute jusqu'à leur état pyroclastique. En même temps, l'eau liée chimiquement change d'état par chauffage à la vapeur, qui s'expande et gonfle la masse de vitreux adouci. En même temps on passe de la destruction des grains compacts de perlite brute traitée à la naissance des granules poreux creuses. Les granules de la perlite expansée gardent leur forme grâce à un refroidissement rapide.

#### *Classification de la perlite expansée en fonction de la masse volumique "non tassé" et la granulométrie :*

Le cahier des charges des industriels utilisant la perlite expansée spécifie toujours deux caractéristiques portant sur la masse volumique et la granulométrie.

#### *A/ Classification d'après la masse volumique "non tassé".*

D'après les masses volumiques "non tassé" généralement demandées, on envisage la production de trois sortes de perlite expansée EP comme suit :

- EP - 100 - Perlite expansée avec la masse volumique "non tassé" jusqu'à 100 kg/m<sup>3</sup>
- EP - 150 - Perlite expansée avec la masse volumique "non tassé" jusqu'à 150 kg/m<sup>3</sup>
- EP - 200 - Perlite expansée avec la masse volumique "non tassé" jusqu'à 150 kg/m<sup>3</sup>

D'après les demandes des clients, il est possible de produire aussi d'autres qualités ayant une masse volumique au-dessous de 100 kg/m<sup>3</sup>.

#### *B/ Classification de la perlite expansée d'après la granulométrie.*

Pour satisfaire les modes d'utilisation des acheteurs, la perlite expansée sera produite dans les gammes de finesses suivantes :

- EP - 0/0,3 mm - Perlite expansée très fine
- EP - 0/0,5 mm - Perlite expansée fine
- EP - 0/1 mm - Perlite expansée moyennement grosse
- EP - 0/1,6 mm - Perlite expansée à gros grain
- EP - 0/2,0 mm - Perlite expansée - agroperlite

#### *Propriétés et utilisations :*

Tableau 8 - 3 : EP - 0/0,3 mm - Perlite expansée très fine.

Propriétés		Unité		Valeur
Masse volumique "non tassé"		kg/m <sup>3</sup>		100
Granulométrie (mm)	au-dessous de 0,315	%	max.	95
	au-dessous de 0,5			99
Humidité		%		
Conductivité thermique		W/mK		0,060

EP - 0/0,3 est utilisée surtout comme charge pour la fabrication des planchers d'isolation thermique et d'autres matériaux de construction : les isolations des réservoirs de gaz liquéfiés, pour filtration et les charges.

Tableau 8 - 4 : EP - 0/0,5 mm - Perlite expansée fine.

Propriétés		Unité		Valeur
Masse volumique "non tassé"		kg/m <sup>3</sup>	max.	130
Granulométrie (mm)	au-dessous de 0,315	%		70
	au-dessous de 0,5			95
Humidité		%		2,0
Conductivité thermique		W/mK		0,065

EP - 0/0,5 mm est utilisée surtout comme la charge pour la fabrication des planchers d'isolation thermique et d'autres matériaux légers de construction ; les isolations des réservoirs de gaz liquéfiés, la filtration et les charges.

Tableau 8 - 5 : EP - 0/0,1 mm - Perlite expansée moyennement grossière.

Propriétés		Unité		Valeur
Masse volumique "non tassé"		kg/m <sup>3</sup>	max.	150
Granulométrie(mm)	au-dessous de 0,315	%		40
	au-dessous de 0,5			65
	au-dessous de 1,0			96
Humidité		%	2,0	
Conductivité thermique		W/mK		0,075
Compressibilité à 1 MPa		%		22

EP - 0/1,0 mm est utilisée surtout comme la charge pour la production aux enduits, mortiers, bétons légers et aux bétons réfractaires avec de grandes exigences aux propriétés d'isolation thermique. On l'utilise aussi comme la matière première de base pour la fabrication des coussins d'isolation thermique.

Tableau 8 - 6 : EP - 0/1,6 mm - Perlite expansée grossière.

Propriétés		Unité		Valeur
Masse volumique "non tassé"		kg/m <sup>3</sup>	max.	200
Granulométrie(mm)	au-dessous de 0,315	%		10
	au-dessous de 0,5			25
	au-dessous de 1,0			70
	au-dessous de 1,6			95
Humidité		%	2,0	
Conductivité thermique		W/mK		0,080
Compressibilité à 0,1 MPa		%		18

EP - 0/1,6 mm est utilisée surtout dans l'industrie du bâtiment comme la charge pour la production des enduits légers, d'isolation thermique, mortiers, perlite-béton et bétons réfractaires. On l'utilise aussi comme la matière première pour la fabrication de bitume-perlite, plâtre-perlite, verre-perlite.

Tableau 8 - 7 : EP - 0/2,0 mm - Perlite expansée pour l'agriculture.

Propriétés		Unité		Valeur
Masse volumique "non tassé"		kg/m <sup>3</sup>	max.	250
Granulation (mm)	au-dessous de 0,315	%		7
	au-dessous de 0,5			12
	au-dessous de 1,0			30
	au-dessous de 1,6			75
	au-dessous de 2,0			95
Humidité		%	2,0	
Conductivité thermique		W/mK		0,085
Compressibilité à 0,1 Pa		%		15

EP - 0/0,2 mm est utilisée surtout en agriculture pour l'allègement de la terre cultivée, comme un régulateur de l'humidité de la terre qui prolonge l'effet des engrais.

Dans l'industrie du bâtiment on utilise la perlite non tassée pour les remplissages d'isolation, pour la production des bétons-perlites avec les exigences des normes sur la résistance.

Durant les premières années de production, il est recommandé de ne pas produire de produits à base de perlite expansée tels que blocs, panneaux, planches, dalles, carreaux de revêtement, éléments d'isolation thermique etc. Ceci pour des raisons de prix de revient élevé des composants nécessaires à leur production : carburants, énergie électrique, ciment, hydrate calcique, plâtre calcique, plâtre calciné etc.

Dans l'avenir, après 4 à 5 ans d'exploitation, il sera possible d'envisager la production des enduits de plâtre-perlite, dalles, planches, éléments de bâtiment de grande dimension, pièces de forme pour l'isolation thermique, pour la raison suivante. Près du gisement d'EGERALAYTA se trouve aussi le gisement de gypse, dont la prospection a été vérifiée.

Il serait judicieux d'effectuer une recherche géologique détaillée sur la qualité et la quantité des réserves. Si les résultats sont positifs, il faudrait exploiter le gisement de gypse et construire une chaîne de production pour la préparation de plâtre calciné. Le plâtre calciné peut servir comme liant des granulés de perlite expansée et ainsi de remplacer le ciment et hydrate calcique importé. L'utilisation de la perlite expansée et du plâtre calciné permettrait de produire les enduits plâtre-perlite et des produits de plâtre-perlite susceptibles d'être exportés.

\*Remarque : On peut recommander une nouvelle étude de faisabilité, concernant la production de plâtre-perlite et les produits de plâtre-perlite.

#### *Technique de production de perlite expansée hydrophobisée.*

La perlite expansée hydrophobisée est de la perlite expansée dont les grains ont la surface enrobée par une enveloppe hydrophobisée (que l'eau ne mouille pas).

Tableau 8 - 8 : Propriétés de la perlite expansée hydrophobisée.

Propriétés		Unité		Valeur
Masse volumique "non tassée"		kg/m <sup>3</sup>		250
Granulation(mm)	au-dessous de 1,0	%	Max.	50
	au-dessous de 4,0			5 (10)
Imbibition par pétrole		l/m	Min.	350

L'utilisation la plus vaste de la perlite hydrophobisée expansée se situe dans le domaine de l'élimination des hydrocarbures à la surface des eaux. Elle absorbe du pétrole, de l'essence, des huiles, des graisses, des lubrifiants, du terpène et d'autres liquides gras, sur la terre, sur le niveau de l'eau et également dispersée dans l'eau.

La capacité d'adsorption de 1 m<sup>3</sup> de perlite hydrophobisée expansée est au minimum de :

- 250 l de pétrole brut
- 130 l de pétrole
- 80 l d'essence

Le système de la classification de la perlite expansée d'après la masse volumique "non tassée" et de la granulométrie est à peu près en accord avec les normes européennes et américaines utilisées actuellement.

\*Remarque : Les modes d'utilisation de la perlite expansée sont décrits dans le Chapitre 5.

## **8.2. CAPACITES NOMINALES DE PRODUCTION DU COMPLEXE.**

### **8.2.1 Eventail des capacités de productions.**

#### *Capacités de production de la carrière.*

La capacité minimale de production de la carrière

- rendement journalier 200 t/j
- la production annuelle en minerai de perlite 50,000 t/an

Temps de travail : 1 poste/j ; (8h/j) ; 5 jours/semaine ; 250 jours/an

La capacité maximale de production de la carrière

- rendement journalier 400 t/j
- la production annuelle en minerai de perlite 100.000 t/an

Temps de travail : 2 postes/j ; (16 h/j) ; 5 jours/semaine ; 250 jours/an

La totalité de la production de perlite brute sera transportée par camions depuis la carrière du gisement d'EGERALAYTA à l'usine de traitement de perlite près de Djibouti :

#### *Capacités de production de la perlite brute traitée.*

La capacité minimale de la chaîne de production de la perlite brute traitée :

- rendement journalier 100 t/j
- la production annuelle 25,000 t/a

Temps de travail : 1 poste/ jour (8h/j) ; 5 jours/semaine ; 250 jours/an

La capacité intermédiaire de la chaîne de production de la perlite brute traitée :

- rendement journalier 200 t/j
- la production annuelle 50,000 t/j

Temps de travail 2 roulements/ jour (24h/j), 5 jours /1semaine, 250 jours/an

La capacité maximale de la chaîne de production de la perlite brute traitée :

- rendement journalier 300 t/j
- la production annuelle 75,000 t/j

Temps de travail 3 roulements/ jour (24h/j), 5 jours /1semaine, 250 jours/an

La production annuelle de perlite brute traitée sera stockée en vrac (une petite quantité sera emballée en big-bags).

#### *Capacité de production de perlite expansée.*

La capacité minimale de la chaîne de production de perlite expansée :

- rendement journalier 100 m<sup>3</sup>/j
- la production annuelle 25,000 m<sup>3</sup>/a

Temps de travail : 1 poste/j ; (8 h/j) ; 5 jours/semaine ; 250 jours/an.

La capacité intermédiaire de la chaîne de production de perlite expansée

- rendement journalier 200 m<sup>3</sup>/j
- la production annuelle 50,000 m<sup>3</sup>/an

Temps de travail : 2 postes/j (16 h/j) 5 jours/semaine ; 250 jours/an.

La capacité maximale de la chaîne de production de perlite expansée :

- rendement journalier 300 m<sup>3</sup>/j
- la production annuelle 75,000 m<sup>3</sup>/a

Temps de travail : 1 poste/jour (24 h/jour) ; 5 jours/semaine ; 250 jours/an.

La production annuelle de la perlite expansée sera ensachée par sacs de papier de 125 l (0,125m<sup>3</sup>) et en big-bags.

#### **Capacité de production de la perlite expansée hydrophobisée.**

La capacité de la chaîne de production de perlite expansée hydrophobisée est largement supérieure aux prévisions des ventes. Elle est prévue pour pouvoir répondre rapidement aux urgences de pollution. Ceci justifie son prix de vente élevé.

- rendement journalier 40 m<sup>3</sup>/j  
 - la production annuelle de la perlite hydrophobisée 10,000 m<sup>3</sup>/an  
 Temps de travail : 1 poste/j ; (8 h/j) ; 5 jours/semaine ; 250 jours/an.

La production annuelle de la perlite expansée hydrophobisée sera ensachée par sacs de papier de contenu de 125 l (0,125m<sup>3</sup>) et en big-bags.

La capacité nominale de 50.000 t/an a été choisie en fonction des capacités de la carrière et l'atelier de perlite brute traitée. Elle est proche de la demande commerciale initiale dans le produit principal et des capacités techniques du complexe

#### **8.2.2. Capacités nominales de production retenues pour le projet.**

Pour satisfaire cette demande commerciale les capacités de production retenues sont pour :

##### **Capacité nominale de la carrière d'extraction.**

La capacité nominale d'extraction installée sera de 50.000 tonnes par an sur un poste de travail de 8 heures et 250 jours de travail. Elle correspond à la capacité d'un rippeur d'extraction.

##### **Capacité nominale de l'usine de transformation.**

###### **Capacité de l'atelier de perlite brute traitée.**

La capacité nominale de cet atelier au niveau du broyage et du calibrage est de 200 t/j soit 50.000 t/an sur deux postes de travail. Lorsque la demande dépassera cette capacité la production sera augmentée par des heures supplémentaire puis par le passage à trois postes (75.000 t/an).

###### **Capacité nominale de l'atelier d'expansion et d'hydrophobisation.**

La capacité de production de la chaîne d'expansion de la perlite brute traitée est déterminée par celle du four dont la capacité nominale journalière sur un poste de 8 heures est de 10 t/j de perlite brute traitée produisant environ de 100 m<sup>3</sup>/j de perlite expansée. Avec un poste de travail de 8 h, la capacité de production de perlite expansée sera de 25.000 m<sup>3</sup>/an. Lorsque la demande dépassera cette capacité, le travail sera effectué avec deux postes (50.000 m<sup>3</sup>/an) puis trois postes (75.000 m<sup>3</sup>/an).

La capacité minimale de la chaîne d'hydrophobisation est déterminée par celle de la vis de mélange dont la capacité nominale journalière sur un poste de travail est de 4 t/j.

Tableau 8 - 9 : Tableau récapitulatif des capacités nominales de production retenues pour le projet.

Activité	Capacité nominale	Capacité annuelle de production en fonction du nombre de postes de travail		
		1	2	3
Carrière	25 t/h	50.000 t	100.000 t	x
Usine : PBT	12,5 t/h	25.000 t	50.000 t	75.000 t
PE	12,5 m <sup>3</sup> /h	25.000 m <sup>3</sup>	50.000 m <sup>3</sup>	75.000 m <sup>3</sup>
PEH	5 m <sup>3</sup> /h	10.000 m <sup>3</sup>		

Remarques : 1 poste = 2.000 h de travail  
 2 postes = 4.000 h de travail  
 3 postes = 6.000 h de travail  
 \* Travail maximal à 2 postes

### **8.3. CHIFFRES D'AFFAIRES ET PROGRAMMES DE PRODUCTION RETENUS.**

D'après la planification de mise en oeuvre (Chapitre 2, Tableau 11 - 1) la production peut être comencée en anné 2001. Les ventes du Complexe sont limitées la première année à 66% de la capacité de production par l'apprentissage du personnel. Elles est, par la suite, limitée et ensuite par la capacité maximale de l'atelier de perlite brute traitée sur 3 postes de 8 heures (75.000 t/an). Si les ventes se développent conformément aux prévisions commerciales, cette capacité maxima sera atteinte en 2008 ou 8 ans après le démarrage de l'exploitation et la production et les ventes resteront ensuite constantes.

Tableau 8 – 10. Production de perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA (millier de tonnes)

<b>Production /année</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
PBTE	3	17,6	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6	24	24
PBT	24,4	26,2	28,3	30,3	32,7	35,1	37,8	40,6	41,4	41,4
Total PBT vendue	27,4	43,8	46,8	49,7	53,1	56,5	60,3	64,2	65,4	65,4
PE	5,1	5,5	5,8	6,2	6,7	7,1	7,6	8,2	8,7	8,7
PEH	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,9
Total PBT produite	33	49,85	53,2	56,55	60,5	64,35	68,7	73,25	75	75

Remarque : La production possible de l'année 2001 est 66% de la capacité nominale soit 33.000 tonnes de perlite brute traitée, 6 tonnes de perlite expansée. La petite production de perlite hydrophobisée demandée ne sera pas réduite la première année du fait de la capacité de sa chaîne de production.

Tableau 8 – 11. Total des ventes correspondantes (millier d'USD)

<b>Ventes /année</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>
Ventes PBTE	60	352	370	388	408	428	450	472	480	480
Ventes PBT	1098	1179	1273	1364	1471	1580	1701	1827	1863	1863
Ventes PE	2040	2200	2320	2480	2680	2840	3040	3280	3480	3480
Ventes PEH	500	550	600	650	7	750	800	850	900	900
<b>Total</b>	<b>3718</b>	<b>4281</b>	<b>4563</b>	<b>4882</b>	<b>5259</b>	<b>5598</b>	<b>5991</b>	<b>6429</b>	<b>6723</b>	<b>6723</b>

Remarque : Les ventes sur l'Europe sont difficiles et peu rentables. L'essentiel de l'effort de commercialisation se fera donc la première année sur les autres régions.

### **8.4. PLAN DES INSTALLATIONS ET INGENIERIE DE BASE.**

#### **8.4.1. Unités de production du complexe.**

Les unités de production du complexe sont présentées dans l'Annexe sur les plans d'exploitation et l'ouverture de la carrière (Dessin 2) et sur le plan d'aménagement de l'usine de transformation (Dessin 3). Les différents équipements sont reclassés par section dont les références sont ci-après.

#### **Carrière et extraction.**

01 - Extraction du minerai de perlite à la carrière et transport à l'usine.

Atelier de production de la perlite brute traitée.

- 02 - Station de concassage et dépôt du minerai,
- 03 - Station de broyage et triage,
- 04 - Station de stockage vrac, emballage et expédition,
- 05 - Equipements électriques,

Atelier de production de la chaîne de production de la perlite expansée.

- 10 - Chaîne d'expansion de la perlite brute traitée et calibrage de la perlite expansée obtenue,
- 11 - Emballage, stockage et expédition
- 12 - Equipements électriques

Sections auxiliaires.

- 21 - Station de transformation principale
- 22 - Station de transformation de l'usine
- 23 - Station de compression
- 24 - Economie de gaz
- 25 - Economie de l'eau
- 26 - Laboratoire
- 27 - Stockage diesel et huiles
- 28 - Ateliers et magasins
- 29 - Bascule pour véhicules routiers

Section de service.

- 30 - Bâtiment de l'administration - social - laboratoire
- 31 - Routes dans l'usine
- 32 - Eclairages internes et externes
- 33 - Contrôle d'entrée
- 34 - Clôture

**8.4.2. Description des installations des unités et d'ingénierie de base.**Carrière et extraction.***01 - Extraction de la perlite à la carrière et transport à l'usine***

L'extraction sera réalisée dans la partie S-E du gisement à coté de la route goudronnée (Annexe 2, Dessin 2 - Le plan d'exploitation et l'ouverture de la carrière de perlite du gisement D'LEGERALAYJA). Les propriétés physico-mécaniques de la matière première permettent d'exploiter le gisement sans l'utilisation d'explosifs. On propose de dégager le minerai au moyen d'un rippeur, à la profondeur de 50 centimètres.

Le minerai dégagé sera ramassé par rippeur au dépôt provisoire. Le minerai sera chargé ensuite par un chargeur sur pneus sur un camion qui le transportera au stock de l'usine. Pour une production annuelle de minerai de 50.000 t/a, le nombre de voyages à prévoir est de 5.000 avec des camions de 10 t soit 20 voyages/jour

Atelier de production de la perlite brute traitée.

(Annexe 2, Dessin 4 - Schéma technologique : perlite brute traitée).

***02 - Station de concassage et stockage libre***

La station de concassage de la perlite brute est située dans l'enceinte de l'usine et sert pour le concassage de la perlite exploitée (Annexe 2, Dessin 7 - Plan d'aménagement, Coupe A - A).

La granulation d'entrée est au maximum de 400 x 400 x 400 mm. La granulation de sortie est de 0 - 50 mm. Le rendement de la station de concassage est de 50 t.h<sup>-1</sup>.

Pour le concassage primaire de la perlite brute il est proposé une unité mobile avec un concasseur à mâchoires aménagées.



L'unité mobile est équipée d'une trémie en acier, d'un système d'alimentation à éléments articulés, d'un transporteur à bande collectrice en dessous du système d'alimentation, un concasseur à mâchoires et d'un transporteur à bande d'évacuation.

Le minerai transporté par les camions est basculé dans une trémie puis concassé. Le minerai concassé est transporté par un transporteur à bande de la station de concassage au stock à l'air libre. Pendant ce temps, l'homogénéisation partielle de la perlite se réalise. L'unité mobile de concassage est installée sur une fondation en béton sans encrage.

L'entrée sur la trémie de la station de concassage sera réalisée au moyen d'une rampe oblique terminée par un mur de soutènement. L'unité sera commandée de la salle de commande placée sur la construction en acier de la station de concassage.

Programme de travail :

### *03 - Postconcassage, broyage et triage de la perlite*

Section de production 03 : Concassage, broyage et triage de la perlite forment la chaîne de production principale pour la production de la perlite brute traitée (Annexe 2, Dessin 8 - Plan d'aménagement, Coupe B - B, C - C). Le concassage, le broyage et triage de la perlite seront assurés sur les produits semi-finis principaux G1 - G4 de la perlite brute traitée.

La perlite brute concassée est homogénéisée partiellement à la granulométrie de 0 - 60 mm, puis prise du stock libre par une chargeuse à roues, pour ensuite être transportée à la trémie installée au-dessus d'un transporteur à bande. Par le moyen de ce transporteur à bande la perlite brute est transportée à la trémie du concasseur. Un volume de 6 m<sup>3</sup> de la trémie suffit pour une demi-heure du fonctionnement de la chaîne de production. La trémie alimente le concasseur (broyeur à cylindres) au moyen d'un système vibrant et doseur.

La perlite concassée de granulométrie 0 - 8 mm du broyeur à cylindres est transportée par un transporteur à bande, élévateur à godets, et un tuyau vibrant à la chaîne de triage. Dans la chaîne de triage on sépare en premier la fraction au-dessus de 2 mm, que l'on transporte par une glissoire vers le broyeur à cylindres.

Le broyeur à cylindres est la dernière machine de désintégration, il est placé à côté du concasseur à cylindres ce qui permet un versement direct de la perlite broyée à une voie de transport commune servant aussi pour le transport du minerai concassé du concasseur à cylindres, vers la chaîne de triage.

La chaîne de triage se compose de deux cribles. Sur le premier crible, on sépare la fraction au-dessus de 2 mm pour broyage et au second crible on sépare quatre produits semi-finis avec les granulométries suivantes (ce qui représente le final de la perlite traitée) :

- catégorie G1 - Perlite brute traitée de la granulométrie 0 - 0,3 mm (y compris le dépoussiérage)
- catégorie G2 - Perlite brute traitée de granulométrie 0,3 - 0,8 mm
- catégorie G3 - Perlite brute traitée de granulométrie 0,8 - 1,6 mm
- catégorie G4 - Perlite brute traitée de granulométrie 1,6 - 2 (max. 4) mm

Les catégories de perlite brute calibrée sont transportées par voies individuelles (tuyaux vibrants) à quatre silos en acier chacun d'un volume de 350 m<sup>3</sup> (un silo pour chacune des catégories).

La partie de la chaîne de traitement allant du concasseur à cylindres, broyeur à cylindres, des ponts convoyeurs, sur les voies de transport, cribles jusqu'aux silos en acier est équipée d'une station de dépoussiérage

L'installation de dépoussiérage consiste en un filtre en étoffe et un ventilateur centrifuge.

La poussière captée au filtre entre directement au silo de la fraction 0 - 0,3 mm.

\*Remarque : Un des principaux avantages de la perlite brute du gisement d'EGERALAYTA est son humidité superficielle inférieure à 1 % . Il n'est donc pas nécessaire d'effectuer un séchage de la perlite brute ce qui diminue les coût de production de la perlite brute traitée. Par comparaison l'humidité de la perlite brute exploitée en Europe et aux Etats Unis d'Amérique varie de 8 à 12 %.

Tableau 8 - 12 : Les productions horaire et annuelles prévues de perlite brute traitée suivant les catégories de granulométries.

Catégorie	Granulométrie (mm)	Portion (%)	t/h	t/a
G1	0 ÷ 0,3	22	3,3	11.000
G2	0,3 ÷ 0,8	36	5,4	18.000
G3	0,8 ÷ 1,6	35	5,25	17.500
G4	1,6 ÷ 2 (max.4)	7	1,05	3.500
<b>Total</b>		100	15	50.000

**Capacité et stock de la perlite brute traitée aux silos**

Nombre des silos	4
Capacité d'un silo	350 m <sup>3</sup>
Capacité totale des silos	1.400 m <sup>3</sup>
Réserves des silos	7 jours

**04 - Stockage, emballage et expédition de la perlite**

La station de stockage et d'emballage en big-bags de la perlite brute traitée est placée à côté de la chaîne de production dans le hall indépendant servant pour le stockage de la perlite (Annexe 2, Dessin 8 - Plan d'aménagement, Coupe D - D, E - E).

Quatre silos de stockage en béton (un pour chaque type de granulation) pour la perlite brute traitée en vrac, devront être installés, soit dans l'enceinte de l'usine soit au port.

**05 - Installation électrique pour la chaîne de production de la perlite brute traitée**

parties : 02 - Broyage de la perlite et transport à l'usine

03 - Dosage, mouillage et triage de la perlite

04 - Emballage, stockage et expédition de la perlite brute traitée

L'installation électrique (pour une chaîne de production de la perlite traitée) se compose d'équipement électrique complet, c'est-à-dire : branchement des forces électromotrices et la manœuvre des tractions parties 02, 03 et 04 (Annexe 2, Dessin 6 - Alimentation électrique). Chaque partie constitue une ligne de production qui peut être commandée de façon indépendante au tableau de commande électrique. Le branchement des forces électromotrices des tractions (chaînes 02 - 04 représentent 45 ÷ 50 du : 380 Volts AC (3 Phases + Neutre) avec la puissance installée  $P_i = 500$  kW) sera réalisé par le tableau de distribution d'électricité 01.RM1, qui sera situé dans la salle de distribution indépendante tractions de basse tension. L'équipement de la salle de distribution correspondra aux exigences et aux besoins de commande. Il sera réalisé avec des relais électriques. Le système permet une commande des moteurs centralisée sur le tableau de contrôle de salle de commande : 01.DT1, qui sera commun pour toutes les chaînes (pour la perlite brute traitée).

La salle de distribution de basse tension : 380 Volts AC (3 Phases + Neutre) sera proposée de sorte qu'il soit possible de l'installer à l'intérieur du poste de distribution électrique 01.RM1 et avec le tableau de contrôle 01.DT1.

Sur le tableau de contrôle 01.DT1, seront installés tous les éléments de manœuvres, de mesures et de signalisations, alarmes, avec les schémas technologiques, y compris l'éclairage. La hiérarchie de la manœuvre des moteurs sera à deux niveaux :

- automatique de 01.DT1

- boîtiers des commande individuelle qui seront installés près de tous les moteurs.

Le choix de niveau de manœuvre sera réalisé de 01.DT1.

Les distributions seront réalisées et raccordées avec des conducteurs électriques et câbles en cuivre, sur des chemins de câbles sur lesquels ils seront placés durablement sur la surface (sur les radiers), et la réalisation sera respectée et conforme à toutes les exigences des normes correspondantes et des règlements technologiques en vigueur dans le pays de la R.D.

**Des données techniques initiales :**

Le système de tension :	3 PLEn alternatif 50 Hz, 230/400V
La protection par la mise à la terre	
La puissance installée :	Pi = 500 kW partie auxiliaire comprise
La charge calculée :	Pp = 350 kW
La consommation annuelle d'énergie électrique :	Ac1 = 1.400.000 kWh/a
L'approvisionnement d'énergie électrique :	suyivant le niveau 3
Le nombre de traction (moteurs)	Pp = 45 ÷ 50

**Atelier de production de la perlite expansée.**

(Annexe 2, Dessin 4 - Schéma technologique : perlite expansée).

**10 - Chaîne de la perlite expansée**

Une quantité de 5.000 tonnes/an de perlite brute traitée sera utilisée directement comme matière première de l'atelier de perlite expansée. Pour cela sera installé une chaîne indépendante, produisant 10 m<sup>3</sup>/h de perlite expansée traitée (Annexe 2, Dessin 9 - Plan d'aménagement, Coupe F-F).

La perlite brute traitée, en fonction des gammes de granulométrie demandées, sera transportée depuis les silos de stockage de la perlite brute traitée à la trémie d'entrée de chaîne de production de la perlite expansée, par une voie de transport indépendante. La capacité de la trémie d'entrée est de 10 m<sup>3</sup>.

A la sortie de cette trémie, la perlite est dosée par un système de pesage et envoyé au le four d'expansion.

La quantité moyenne de perlite entrant dans le four d'expansion est environ 10 tonnes/heure. Cette quantité de perlite brute traitée donne par expansion 8 à 15 m<sup>3</sup>/heure (moyenne 12,5 m<sup>3</sup>/heure) de perlite expansée.

L'expansion de la perlite se réalise à une température voisine de 1.150 °C.

Le four d'expansion travaille en dépression. Il est construit d'un acier réfractaire de haute qualité. La perlite expansée obtenue est entraînée par les produits de combustion à travers des tuyauteries réfractaires et antiattrition (anti-usure et anticorrosion) au premier degré de séparation (chambre de sédimentation). Dans la chambre de sédimentation on réalise la sédimentation gravitationnelle des gros grains de perlite expansée. Le refroidissement de la température de combustion et de la perlite expansée est réalisé par de l'air froid insufflé à l'entrée de la chambre de sédimentation.

Pour un refroidissement plus efficace de la perlite expansée en chambre de sédimentation constituée de deux enveloppes, de l'air froid dans l'espace est insufflé entre les deux enveloppes au moyen d'un ventilateur. Dans cette partie on sépare les particules grosses de la perlite expansée. La séparation prévue est d'environ 80 %. La perlite expansée captée dans une chambre de sédimentation est accumulée dans deux trémies de stockage installées sous la chambre.

Dans la première trémie de stockage sont captées les grains de perlite expansée les plus gros, dans la deuxième trémie de stockage sont captées les grains moyens. L'air mélangé aux particules fines non séparées dans cette première chambre de sédimentation entre dans la deuxième partie de la séparation. Cette dernière est équipée d'un dépoussiéreur cyclonique et d'une trémie de stockage dans laquelle on accumule. Les particules les plus fines de la perlite expansée restant en suspension sont captées par un filtre en tissu. La séparation prévue est de 90 %. Après ce traitement, l'air nettoyé passe par le ventilateur et est évacué par la cheminée vers l'atmosphère. Le résidu de poussières de sortie du filtre est au-dessus de 30 mg/m.

Pour la fabrication de la perlite expansée le choix des combustibles pour le four est très vaste. Néanmoins l'utilisation des combustibles gazeux (par exemple gaz naturel, propane, butane) est le mieux adapté. En République de DJIBOUTI, on utilise particulièrement le gaz butane. Pour cette raison et aussi pour une plus grande facilité locale (système de tanks, transport etc.), le combustible technologique du four de perlite expansée sera le butane.

La consommation horaire de la chaleur pour le four d'expansion est de 1.360.000 kcal/heure (5.694.000 kJ/heure) ce qui converti au gaz butane représente (puissance calorifique de butane 123,760 kJ/m<sup>3</sup>) 46 m<sup>3</sup>/heure (exactement 46,0084 m<sup>3</sup>/heure). La consommation annuelle de butane sera de 230.042 m<sup>3</sup>. Le butane sera importé par une société privée dans des citernes (tanks) directement livrées à l'usine. Le volume net d'un tank de 20 t de butane, est de 7.692 m<sup>3</sup> de gaz liquéfié (densité du butane 2,6 kg/ m<sup>3</sup>). La consommation annuelle devra être de 30 tanks.

Programme de travail : 8 heures/poste; 2 postes/jour; 5 jours/semaine; 250 jours/an.	
Besoin horaire en gaz du four d'expansion	1,2 t/heure
Pour une production annuelle de perlite brute traitée de	5.000 t/an
Consommation annuelle de butane	230.042 m <sup>3</sup> /an
Consommation annuelle de butane en tank (1 tank = 7.692 m <sup>3</sup> )	30 tanks

#### **Réserve de la perlite expansée dans les trémies de stockage située sous les dépoussiéreurs.**

Le rendement de la chaîne est de 12,5 m<sup>3</sup>/heure de perlite expansée dans le dépoussiéreur, on sépare les quantités suivantes de produit :

- chambre de sédimentation	10 m <sup>3</sup> /heure
- dépoussiéreur cyclonique	2,25 m <sup>3</sup> /heure
- filtre en étoffe	0,25 m <sup>3</sup> /heure

Les trémies de stockage placées en dessous de la chambre de sédimentation ont une contenance de 120 m<sup>3</sup> cela correspond à 12 heures de production. La trémie de stockage en dessous du dépoussiéreur cyclonique a un contenu de 20 m<sup>3</sup> ce qui correspond à 9 heures d'exploitation. La trémie en dessous du filtre en étoffe a un contenu de 10 m<sup>3</sup> ce qui suffit pour 40 heures d'exploitation.

#### **11 - Emballage, stockage et expédition de la perlite expansée**

La perlite expansée séparée dans les dépoussiéreurs est stockée dans les trémies de stockage situées sous les dépoussiéreurs (Annexe 2, Dessin 9-Plan d'aménagement, Coupe F - F). Pendant la séparation, la perlite expansée est triée partiellement d'après la granulométrie.

Cela signifie que les grains les plus grands et lourds tombent dans la première trémie de stockage, les plus petits et légers tombent progressivement dans les autres trémies de stockage en direction de la chambre de sédimentation à travers le dépoussiéreur cyclonique jusqu'au filtre en étoffe.

Les silos de stockage de produits finis sont vidés par l'intermédiaire des ensacheuses qui remplissent des sacs en papier. Il existe quatre têtes de remplissage de sacs. Le rendement de chaque tête est d'environ 15 m<sup>3</sup>/heure, ce qui représente 120 sacs/h d'un volume de 0,125 m<sup>3</sup>/sac. Les sacs remplis sont attachés manuellement et déposés sur des palettes. Les palettes remplies sont transportées par l'intermédiaire d'un chariot à fourche pour manutentionner des palettes dans un magasin de stockage.

En fonction des commandes, les palettes du magasin sont chargées sur les camions et transportées au port, à la gare de chemin de fer ou directement chez les utilisateurs locaux. Les

têtes de remplissage sont munies d'aspirateur pour récupérer la poussière formée durant les remplissages de sacs.

L'équipement de dépoussiérage est composé de cyclone, de ventilateur et de tuyauteries. La poussière fine (perlite) captée au cyclone entre dans un trieur vibrant où elle est triée en trois classes de granulométrie, lesquelles sont réacheminées par l'intermédiaire des têtes de remplissage directement aux sacs.

Les sacs remplis sont remplacés par des sacs vides. Par ce mode on récupère les fractions les plus fines de perlite expansée servant à la filtration et aussi comme charges pour la fabrication de caoutchouc, enduits etc.

### **Production de la perlite hydrophobisée.**

La perlite hydrophobisée est une perlite expansée dont la surface est recouverte par une pellicule du matériel hydrophobe non mouillé par de l'eau traitée (Annexe 2, Dessin 5 - Schéma technologique : perlite expansée).

Le procédé de production de la perlite hydrophobisée est le suivant : L'installation pour la préparation de la perlite hydrophobisée fait partie de la chaîne de production de la perlite expansée. La perlite expansée captée dans la première trémie de stockage en dessous de la chambre de sédimentation à la température de 300 à 400 °C, on règle par l'intermédiaire de la fermeture du couloir vers la chambre de mélange. Dans cette chambre on dose également en même temps, l'huile de silicone ou l'émulsion de l'huile de la trémie indépendante de stockage. Par l'influence de la chaleur de la perlite expansée, l'huile est désagrégée et se mélange aux composants gazeux pour se fixer ensuite automatiquement à la surface des grains de la perlite formant la pellicule hydrophobe. C'est-à-dire l'enrobage de la perlite hydrophobisée. Ce processus continue dans un réacteur à vis sans fin avec une embouchure de tuyauterie de transport, dont on insuffle de l'air froid au moyen d'un ventilateur pour refroidir la perlite, et en même temps la transporter vers le cyclone.

La perlite captée au cyclone est accumulée dans une trémie de stockage de laquelle elle est acheminée au moyen d'un équipement de remplissage où l'on remplit les sacs en papier de contenu de 0,125 m<sup>3</sup>. Les sacs remplis sont transportés sur les palettes dans un magasin, et sont expédiés aux consommateurs.

Programme de travail du poste d'ensachage: 8 heures/poste ; 2 postes/jour ; 5 jours/semaine ; 250 jours/an

Expédition annuelle de la perlite expansée emballée	50,000 (m <sup>3</sup> /an)
Rendement horaire des têtes de remplissage	4 têtes x 15 m <sup>3</sup> /h ou 120 sacs/h
Consommation des sacs en papier	400.000 (pièces/an)
Capacité de dépôt de la perlite expansée conditionnée	400 (m <sup>3</sup> )

### **12 - Installation électrique pour la chaîne de production de la perlite expansée**

parties : 10 - Chaîne pour la perlite expansée

11 - Emballage, stockage et expédition de la perlite expansée.

L'installation électrique (pour une chaîne de production de la perlite expansée) se compose d'équipement électrique complet c'est-à-dire : branchement forces électromotrices et la manœuvre des tractions, parties 10 et 11 (Annexe 2, Dessin 6 - Alimentation électrique).

Les deux chaînes distinctes de production constituent un ensemble unique au niveau des commandes et du contrôle. Le branchement des forces électromotrices des tractions (chaînes 10 et 11 représentent 30 à 35 des tractions de basse tension : 380 Volts AC (3 Phases + Neutre) avec la puissance installée  $P_i = 110$  kW) sera réalisé par le tableau de distribution d'électricité

02.RM1, qui sera situé dans la salle de distribution indépendante basse tension : 380 V (3 Phases + Neutre). L'équipement de la salle de distribution correspondra aux besoins techniques. Il sera réalisé par des systèmes de relais. Le système permet la manœuvre des tractions (moteurs), concentré dans une salle de commande électrique : le tableau de contrôle : 02.DT1, qui sera commun pour les deux chaînes (pour la perlite expansée).

La salle de distribution basse tension : 380 Volts AC (3 Phases + Neutre) sera proposée de sorte qu'il soit possible d'être installé à l'intérieur du distributeur d'électricité 02.RM1 et ainsi que le tableau de contrôle 02.DT1. Sur le tableau de contrôle 02.DT1 seront installés tous les éléments de manœuvres, de mesures et de signalisations, alarmes, avec les schémas technologiques, y compris l'éclairage. Au point de vue de la commande, une précision des mesures thermiques sera prévue pour maîtriser le processus d'expansion. L'évaluation des données mesurées et des circuits de réglage est concentrée dans 02.DT1.

La hiérarchie de la manœuvre des tractions est la même que la manœuvre des tractions de la chaîne de production de la perlite brute traitée (deux niveaux de manœuvre). Le choix du niveau de manœuvre sera réalisé de 02.DT2. Les distributions seront réalisées avec des conducteurs électriques et câbles cuivres, sur des chemins de câbles sur lesquels ils seront placés durablement sur la surface (sur les radiers), et la réalisation sera respectée et conforme à toutes les exigences des normes et des règlements en vigueur dans le pays de la R.D.

#### **Des données techniques initiales :**

Le système de tension :	3 PEN alternatif 50 Hz, 230/400V
La protection :	par la mise à la terre
La puissance installée :	$P_i = 110 \text{ kW}$
La charge calculée :	$P_p = 85 \div 90 \text{ kW}$
La consommation annuelle d'énergie électrique :	$Ac_2 = 350\,000 \text{ kWha}^{-1}$
L'approvisionnement d'énergie électrique :	suivant le niveau 3
Le nombre de traction (moteurs) :	30 à 35

#### Sections auxiliaires.

##### **23 - Station de compression**

L'air comprimé sert au nettoyage des filtres en tissu, des silos, pour la perlite brute traitée de granulométrie de 0 - 0.3 mm et pour l'emballuse à deux têtes. Il est produit par un compresseur à vis muni d'équipements de filtration et séparation. Le rendement du compresseur est d'environ de 200 m<sup>3</sup>/heure à une pression 0.8 MPa.

##### **24 - Approvisionnement en gaz**

Un combustible technologique : butane sera utilisé seulement pour une chaîne de production de la perlite expansée. Le gaz butane sera transporté à l'usine par tanks (citernes) par une société privée locale.

La capacité de chaque tank est de 20 t ce qui représente 7,692 m<sup>3</sup> pour une masse volumique du butane 2.6 kg/m<sup>3</sup>.

La consommation horaire du butane sera environ de 46 m<sup>3</sup>/heure. Un tank représente un volume de gaz butane pour 8 jours d'exploitation d'une chaîne de production de la perlite expansée. Un stock du butane est placé à coté de la chaîne de perlite expansée. Il s'agit d'une superficie en béton pour recevoir deux tanks pour une capacité totale de 2 x 20 tonnes de butane.

Approvisionnement du butane depuis le tank vers le four d'expansion est réalisé par tuyauteries équipées des appareillages de mesures, de régulations et de sécurités conformement aux normes en vigueur en R.D.

La société privée est chargée de remplacer le tank vidé par l'exploitation, par un tank plein de butane liquéfié.

La consommation annuelle du butane	230,042 m <sup>3</sup> /an
La consommation des tanks de 20 t	30 tanks/an

### 25 - Approvisionnement en eau

L'eau potable sera pompée depuis un puits foré, placé à l'intérieur de l'usine. Le puits sera foré à une profondeur d'environ 100 m. La consommation annuelle de l'eau potable :

- pour la chaîne de production de la perlite brute	300 m <sup>3</sup> /an
- pour la chaîne de production de la perlite expansée	250 m <sup>3</sup> /an
- total de la consommation annuel nécessaire	550 m <sup>3</sup> /an

### 26 - Laboratoire

Le laboratoire sera placé dans les locaux du bâtiment administratif et sera équipé par les appareils de laboratoire nécessaires pour un contrôle de la production de la perlite brute et expansée.

### 27 - Stockage des huiles et gasoil

A l'intérieur de l'usine sera installé un stockage de gasoil de capacité de 30.000 l, ce qui représente une réserve de 14 jours.

Consommation du gasoil :

Extraction de la perlite	240.000 l/an
Transport à l'usine	240.000 l/an
Pelleteuse à l'usine	10.000 l/an
Total huile et gasoil nécessaire	490.000 l/an

Stockage du gasoil en citerne de volume de 30.000 litres.

Transport du gasoil à l'usine par camions-citernes.

Le chargement du gasoil dans les engins sera effectué depuis une pompe de distribution.

Le transport du gasoil pour la carrière d'EGERALAYTA se fera en tonneaux de 200 l.

A côté du stockage de gasoil est placé un stockage couvert par les huiles et lubrifiants de capacité d'environ de 1.000 l ce qui représente une réserve de 60 jours (tableau 8 - 13).

Tableau 8 - 13 : Consommation des huiles et lubrifiants.

Chaîne	Huiles (l/an)	Graisses (kg/an)
Chaîne de la perlite brute traitée	1,900	500
Chaîne de la perlite expansée	400	200

Les huiles seront emmagasinées en tonneaux et récipients, les graisses seront emballées et rangées en casiers.

### 28 -Ateliers et magasins

L'entretien des équipements technologiques et des engins de manutention sera effectué dans les ateliers de production et d'entretien. Dans un bâtiment spécifique à cet effet : atelier de montage ; atelier des installations électriques ; l'atelier d'entretien.

Dans la partie de cet atelier il y aura un magasin de pièces détachées, du matériel consommable et du matériel auxiliaire.

### 29 - Bascule pour véhicules routiers

La réception du matériel à l'usine ainsi que l'expédition des produits seront contrôlés, par un pont bascule d'une longueur de 20 m, d'une capacité de 50 tonnes. Il est adapté pour peser un camion et sa remorque. Le pont bascule sera placé à l'entrée de l'usine à côté de l'entrée.

### 8.5. LISTE DU MATERIEL DE PRODUCTION.

Les schémas technologiques retenus pour la production de la perlite brute traitée et expansée sont présentés à Annexe 2, Dessins 4 et 5.

#### Carrière et exploitation.

Tableau 8 - 14 : Liste du matériel.

Poste - article	Pièces	Titre	kW	Poids kg
1	2	3	4	5
		<b>01 - Exploitation de la perlite et le transport à l'usine</b>		
01-1	1	excavateur à chenilles	-	38.700
01-2	1	chargeuse sur pneus	-	19.600
01-3-7	5	camion basculant en arrière capacité portante 20 t	-	75.000

#### Atelier de production de la perlite brute traitée.

Tableau 8 - 15 : Liste du matériel.

Poste - article	Pièces	Titre	kW	Poids
i	2	3	4	5
		<b>02 - Station de concassage de la perlite et dépôt du minerai</b>		
02-1	1	trémie en acier de la perlite brute	1,1	12.000
02-2	1	alimentation aux éléments articulés	7,5	6.500
02-3	1	transporteur de groupage à gravitation	1,5	1.200
02-4	1	concasseur à mâchoires	60	7.400
02-5	1	construction portante d'appui du concasseur et trémie	-	6.500
02-6	1	bande à transport	11	9.300
02-7	1	passerelle d'appui de la bande de transport	-	18.000
02-8	1	chargeuse sur pneus universelle 1,6 m <sup>3</sup>	-	10.800
02-9	1	jeu de pièces de rechange	-	3.500
		<b>03 - Concassage, broyage et triage de la perlite</b>		
03-1	1	trémie en acier de contenu 2,5 m <sup>3</sup>	-	2.350
03-2	1	bande de transport inclinée	11	8.700
03-3	1	passerelle d'appui de la bande de transport	-	15.000
03-4	1	séparateur magnétique des particules métalliques	2,2	810
03-5	1	réservoir en acier 10 m <sup>3</sup>	-	1.500
03-6	1	pesage du réservoir	0+03	65
03-7	1	fermeture de la trémie par tiroir	-	102
03-8	1	alimentation électromagnétique vibratoire	1,6	480
03-9	1	concasseur à deux cylindres avec régulation hydraulique de largeur de la fente	2x45	20.500
03-10	1	moulin à deux cylindres avec la régulation hydraulique de largeur de la fente	2x45	20.500
03-11	1	bande de transport	4	2.800
03-12	1	chaîne à godets	11	6.670
03-13	1	couloir à secousses vibratoires	2x2,5	1.270
03-14	1	crible - classeur vibrant à un tamis	2x2,2	1.350
03-15	1	station d'échantillonnage de la perlite brute	0,2	20
03-16	1	crible - classeur vibrant à trois tamis	2x2,2	1.500
03-17	1	tube vibrant	2x1,1	720
03-18,19	2	tube vibrant	4,4	1.440
03-20	1	tube vibrant	2x1,1	720



Poste - article	Pièces	Titre	kW	Poids
03-21-24	4	réservoir en acier circulaire 350 m <sup>3</sup> poids :		
		- construction d'appui 9 410 kg	-	37.640
		- enveloppe de réservoir 34 850 kg	-	139.400
03-25	1	filtre à tubes (toiles) pour dépoussiérage des voies de transport d'emballeuse	6	3.200
03-26	1	ventilateur radial	22	1.200
03-27	1	jeu de tuyauteries pneumatiques		3.800
03-28	1	jeu d'installations auxiliaires (glissoires, et constructions d'appui)		4.500
03-29,30	2	palan électrique	6/1	1.080
		<b>04 - Stockage, emballage et expédition de la perlite</b>		
04-1	1	chargement des big-bags	-	1.200

\*Remarque : Les engins cités ci-dessus - No. 01 - 1, 01 - 2, 03 - 9, 03 - 10, 04 - 22, peuvent être remplacés par du matériel équivalent loué auprès d'une société locale durant le temps d'arrêt consécutif à des incidents mécaniques nécessitant une réparation.

### Atelier de production de la perlite expansée.

Tableau 8 - 16 : Liste du matériel.

Poste - article	Pièces	Titre	kW	Poids
1	2	3	4	5
10-1	1	bande transporteuse		
10-2	1	passerelle d'appui de la bande de transport	-	-
10-3	1	trémie en acier 10 m <sup>3</sup>	-	1.500
10-4	1	pesage de la trémie	0,03	65
10-5	1	fermeture de la trémie par tiroir	-	41
10-6	1	doseur de la perlite brute 1,5 tonnes/ heure	1,5	85
10-7	1	four d'expansion avec un brûleur principal et auxiliaire à gaz, rendement : 12,5 m <sup>3</sup> /heure de perlite expansée	2,5	1.450
10-8	1	chambre de sédimentation de perlite 90 m <sup>3</sup>	-	13.800
10-9	1	ventilateur de refroidissement	15	520
10-10	1	séparateur de tourbillon sec 12 000 m <sup>3</sup> /heure	-	3.700
10-11	1	filtre de tubes	2,95	7.400
10-12	1	ventilateur de cheminée	55	800
10-13	1	jeu de tuyauterie pneumatique y compris la cheminée		2.800
10-14	1	jeu d'installation auxiliaire	-	3.200
		<b>11 - Emballage stockage et expédition de la PE</b>		
11-1	4	transporteur - ensacher à vis	0,75x4	1.440
		<b>12 - Production de la perlite hydrophobe</b>		
11-2	6	transporteur à vis	2,2x3	696
11-3	6	tête de remplissage	-	252
11-4	1	séparateur de poussière vibrant	1,1	840
11-5	1	tourniquet rotatif d'alimentation	0,75	232
11-6	1	séparateur cyclonique	-	235
11-7	1	ventilateur de dépoussiérage	15	520
11-8	1	jeu de tuyauteries pneumatiques	-	2.200
11-9	1	jeu d'installations auxiliaires	-	1.200
		<b>12 - Production de la perlite hydrophobe</b>		
11-10	1	doseur rotatif de la perlite expansée	1,5	430
11-11	1	chambre de mélange	-	150
11-12	1	réservoir d'agent d'hydrophobes (huile)	-	60

Poste - article	Pièces	Titre	kW	Poids : kg
11-13	1	doseur d'agent d'hydrophobes	0,25	25
11-14	1	réacteur - mélangeur à vis	0,75	250
11-15	1	ventilateur de transport	1,1	56
11-16	1	chambre de séparation	-	573
11-17	1	transporteur à vis	0,75	360
11-18	1	chariot 1,2 t	-	2.400

### 8.6. LISTE DES FABRICANTS DE MATERIEL.

D'une façon générale, les équipements de la carrière et de l'usine (voir tableaux 8 - 17, 8 - 18 et 8 - 19) sont ceux utilisés dans le monde entier pour les exploitations minières. Le four et son brûleur sont spécifiques à la technologie d'expansion de certains minerais (perlite, vermiculite). Les fournisseurs les performants au niveau des équipements sont listés ci-après :

Tableau 8 - 17 : La liste des fabricants d'équipements de fabrication de perlite

VOEST - ALPINE Postfach 2 A - 4010 Linz Autriche	HAZEMAG Rösnerstrasse 6/8 D - 4400 Münster Allemagne	Krupp Polysius AG Graf - Galen Strasse 17 59269 Beckum Allemagne	BABCOCK - BSH P.O.Box 6 D - 47811 Krefeld Allemagne
FCB - Groupe Fives - Lille F 59015 Lille Cedex France	F.L. SMIDTH Vigerslev Alle 77 DL 2500 Valby Copenhagen Danemarque	Fuller Company 2040 Avenue C Bethlehem PA 18017 - 2188 Pensylvania U.S.A.	PSP Engineering a.s. Kejetínska ul 750 53 Paeerov Tchéque
Silbrico Corporation <sup>1)</sup> 6300 River Road Hodgkins, IL 60525 - 4257 U.S.A.	Wyant Machinery Company <sup>1)</sup> P.O.Box 1255 Route 4, Box 359 Seminole, OK 74818 U.S.A.	Incon Corporation <sup>1)</sup> 111 South Olive Street, Suite 529 Media, PA 19063 U.S.A.	KERKO a.s. <sup>1)</sup> Tomášikova 35 043 22 Slovaquie
KOMATSU Ltd. <sup>2)</sup> No. 3 - 6 Aksaka 2 Tokyo Japon	CATERPILLAR Inc. <sup>2)</sup> Peoria, Illinois U.S.A.		

Remarques : <sup>1)</sup> Equipement spécifique pour le traitement de la perlite

<sup>2)</sup> Engins de manutention de minerai

Sociétés de fabrication d'équipements recommandés :

- Engins de manutention le minerai : CATERPILLAR Inc., U.S.A.
- Equipement nécessaire pour le traitement de la perlite : VOEST - ALPINE, Autriche; éventuellement PSP Engineering a.s., Tchéque.
- Four d'expansion : VOEST ALPINE, éventuellement KERKO a.s., Slovaquie.

Les raisons de ces recommandations sont en priorité un prix compétitif pour une qualité de fabrication conforme au projet, suivant les règles de l'art (prix/qualité).

### 8.7. OUVRAGES DE GENIE CIVIL.

Les dimensions du chantier sont d'environ 150 x 250 m. Le chantier de l'usine est branché au réseau électrique existant. Un réseau de transport existant sera nouvellement formé (un réseau routier de l'usine). Un puits sera foré à la profondeur d'environ 100 m. La

canalisation des égouts n'est pas prévue. Le drainage sera réalisé localement par l'intermédiaire de la fosse d'aisances.

L'implantation des équipements de l'usine est proposée pour une adaptation technologique la plus appropriée. Les équipements auxiliaires et de services (ateliers, magasins, station électrique : transformateur de l'usine, approvisionnement en eau) sont placées à proximité de l'unité de production.

Le bâtiment d'administration et le laboratoire sont situés à côté de l'entrée de l'usine. L'espace de l'entrée de l'usine est destinée pour l'entrée des travailleurs à l'usine qui sera contrôlée, ainsi que pour le poids des véhicules à l'entrée et à la sortie. Les bâtiments de production, de services auxiliaires sont reliés au réseau routier. La réalisation technique du point de vue du système de construction est réalisée par des charpentes en acier - constructions en cadre - réalisation en hall.

La construction portante des bâtiments auxiliaires d'exploitation est réalisée par des fondations en béton armé en carrés antisismiques. Les maçonneries de remplissage sont en briques de puissance 300 mm jointes avec du mortier de ciment. Les autres éléments sont proposés en quantité suffisante pour les travaux et les bâtiments concernés.

### *01 - Carrière et exploitation.*

Tous les équipements de la carrière sont mobiles.

### *02 - Station de concassage de la perlite et dépôt du minéral.*

Sommaire de la construction :

L'objet de la construction est composé par une fosse de béton armé de dimension 11,5 x 4 m avec des murs en béton armé d'épaisseur de 500 mm avec un fond en béton armé dans lequel est placé un concasseur mobile. Cette fosse contient aussi une rampe d'accès pour les véhicules. Le comblement est en partie réalisé par du matériel fouillé ainsi que par du gravier sabieux.

Sur la station de concassage est installée au-dessus de la trémie du concasseur une station de commande équipée d'une construction en acier - murs, plafond et chapiteau (charpente) en tôles ondulées et équipées de passerelles et d'escaliers.

Les constructions citées, sont supportées par des fondations carrées au-dessus de la bande transporteuse et du pont. Ils forment la partie de l'installation technologique. Des fondations carrées soutiennent la station tenseuse de bande à côté de la sortie du matériel du stock libre de la perlite.

Tableau 8 - 18 : Liste des travaux de construction et des matériaux - station de concassage de la perlite et dépôt du minéral.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	120
2	Comblement du matériel excavé (fouille)	m <sup>3</sup>	3.200
3	Comblement du graviillon	m <sup>3</sup>	1.600
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	20
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	160
6	Acier d'armature	kg	12.500
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	-
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	-
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	-
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	7,5
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	2.850
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	-
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, passerelles, etc.	kg	4.200
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	50

### 03 - Broyage, moulage et triage de la perlite

#### 05 - Installation électrique

##### Sommaire de la construction

L'objet de la construction est composé d'armatures de construction en acier avec un système d'appui des trémies de la perlite (4 pièces de trémies de contenue de 350 m<sup>3</sup> - chacune - fourniture technologique). Cette construction est assemblée par un système de passerelles et de plates-formes, à un escalier en acier.

Le transport de la perlite du dépôt du minerai est réalisé par une bande de transporteuse de la passerelle de transport (fourniture technologique). Dans cette installation se trouve également un équipement de distribution de dimension de 10 x 13 m, hauteur 4 m, qui est placé dans un élément de maçonnerie et qui forme la partie d'une structure de construction autour des 4 trémies, sans revêtement de protection, mais équipé d'un chapiteau supportant un toit couvert de tôles ondulées.

Les paliers sont formés par des poutres en acier et tôles. La limitation et la protection des étages, passerelles, plates-formes sont assurées par des balustrades en tubes d'acier soudés entre eux. L'ensemble de la construction repose sur sa base, sur des fondations carrées fortifiées par des filets métalliques. Le plancher du niveau ± 0,0 est en béton armé fortifié par des filets métalliques également. Les étages supérieurs sont équipés de planchers formés par des grilles (caillebotis).

Tableau 8 - 19 : Liste des travaux de construction et des matériaux - broyage, moulage et triage de la perlite et installation électrique.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	520
2	Comblement du matériel excavé (fouillé)	m <sup>3</sup>	150
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	40
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	90
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	365
6	Acier d'armature	kg	18.250
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	55
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	120
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	250
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	180
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	20
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	2.750
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	85
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, passerelles, etc.	kg	275.000
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	310

#### 04 - Emballage et expédition de la perlite

##### Sommaire de la construction.

L'objet de la construction est composé par une armature de construction en acier et une partie de celle-ci sera un hall-magasin d'expédition.

Cette structure en acier a un système d'étages formé par des poutres en acier et par des tôles ondulées et des grilles (caillebotis). Elle est revêtue sur les côtés ainsi que sur le chapiteau-charpente de tôles ondulées (toit).

Dans une partie de l'étage il y a un escalier de communication.

Au niveau  $\pm 0,0$  est installé un magasin de sacs vides : superficie de 3,0 x 10,5 m, dont le plancher est réalisé en béton avec une grille. L'ensemble de cette construction s'appuie sur des fondations carrées fortifiées par des filets métalliques.

Le matériel de l'excavation sera utilisé pour la formation du remblai de la piste de roulage à côté de la 02 - Salle de concassage de la perlite.

Tableau 8 - 20 : Liste des travaux de construction et des matériaux - emballage et expédition de la perlite.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	280
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	85
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	60
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	25
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	220
6	Acier d'armature	kg	11.500
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	-
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	-
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	-
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	15
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	1.500
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	35
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, escaliers, etc	kg	137.500
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	1.230

10 - Chaîne de la perlite expansée (emballage inclus)

11 - Stockage et expédition de la perlite expansée

12 - Equipement électrique

Sommaire de la construction :

L'objet de la construction en acier - réalisation de hall - est de dimensions de 30,0 m x 12,0 m, hauteur 13,5 m. Ce hall est installé sur des fondations carrées, renforcées par un filet métallique. L'étage est en mortier de béton avec un filet métallique. On accède à cet étage par un escalier. Dans ce hall se trouve aussi un centre de distribution de dimensions 6,0 x 9,0 m, hauteur 4,2 m. Il forme une partie de la maçonnerie de la construction en acier du bâtiment. Ce dernier est revêtu sur les côtés par des tôles ondulées. Le toit est formé par la construction portante de poutres en acier (chapiteau - charpente) et couvert par des tôles ondulées (toit) également. Ces plafonds sont aux côtes de + 4.200 m et + 7.500m. Les constructions de fondation sont envisagées comme les fondations carrées renforcées par un filet. L'étage est de mortier en béton avec un filet.

Tableau 8 - 21 : Liste des travaux de construction et des matériaux - chaîne de la perlite expansée ; emballage, stockage et expédition de la perlite expansée et équipement électrique.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	320
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	110
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	50
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	65
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	350
6	Acier d'armature	kg	16.200
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	32
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	60
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	180
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	110

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries : fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	15
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	2.500
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	30
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, passerelles, etc.	kg	120.500
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	1.490

### 21, 22 - Postes électriques : transformateurs

### 23 - Station de compression

### 28 - Ateliers

Sommaire de la construction :

L'objet de bâtiment est prévu pour une construction d'un hall en acier avec des piliers et un chapiteau - charpente, qui s'appuie sur des fondations carrées de béton armé et fondation sur semelle. Le revêtement de protection est réalisé par des tôles ondulées, et le chapiteau est couvert (toit) par une double isolation thermique.

Les postes électriques des transformateurs et la station de compression sont construites et séparées par une enceinte de muraille en acier dans le hall. Les dimensions de ce hall sont de 12,0 x 18,0 m, hauteur 6,0 m. Des lavabos, douches et WC sont agencés dans cette surface.

L'eau des égouts est amenée au dépotoir de béton armé imperméable (hydro-isolation), de surface 6,0 x 6,0 m, hauteur 3,0 m.

Tableau 8 - 22 : Liste des travaux de construction et des matériaux - postes électriques : transformateurs, station de compression et ateliers.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	520
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	120
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	60
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	120
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	290
6	Acier d'armature	kg	12.600
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	65
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	220
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	350
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	80
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	30
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	1.950
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	60
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	30
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	32.500
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	1.100
18	Isolation thermique - planchers	m <sup>2</sup>	430
19	Revêtements de murs - carreaux	m <sup>2</sup>	25
20	Planchers - carreaux de céramique	m <sup>2</sup>	40
21	Equipements des installations sanitaires	pcs	4
22	Lavabos, douches	pcs	6

**24 - Gestion de gaz**

Sommaire de la construction :

L'objet de la construction est composé d'une surface en béton d'aire 12,0 x 6,0 m sur laquelle sera placé un réservoir en acier sous pression.

La surface sera formée par du béton armé avec une couche de base de gravier, hauteur 150 mm. Le renforcement de béton sera fait par un filet de métallique.

Tableau 8 - 23 : Liste des travaux de construction et des matériaux - gestion de gaz.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	20
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	-
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	15
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	-
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	20
6	Acier d'armature	kg	1.050
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	-
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	-
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	-
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	-
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	-
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, passerelles, etc.	kg	-
17	Equipements extérieurs : charpente - toiture - tôles ondulées	m <sup>3</sup>	-

**25 - Aménagement et approvisionnement des eaux.**

Sommaire de la construction :

L'objet de la construction est composé d'un puits d'une profondeur nécessaire (environ 100 m), d'une station de pompage et d'un réservoir souterrain de dimension 6,0 x 6,0 m, hauteur 3,0 m, volume net 90 m<sup>3</sup>. Le réservoir est placé au-dessous de la station de pompage.

La partie souterraine de la construction est composée par une armature, qui est formée par des piliers, linteaux et bandeaux. La partie qui est au-dessus est à la hauteur de 3,3 m. La construction de l'ossature - armature d'appui est remplie par une muraille de hauteur de 300 mm de briques en ciment. Le plafond est formé par une plaque en béton armé. L'adduction et la distribution des eaux du puits et du réservoir sont connectées par des tubes de PVC de diamètre nécessaire.

Tableau 8 - 24 : Liste des travaux de construction et des matériaux - aménagement des eaux.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	650
2	Ensevelissement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	110
3	Ensevelissement du gravillon	m <sup>3</sup>	80
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	30
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	80
6	Acier d'armature	kg	12.500
7	Construction de maçonnerie (puissance 300 mm)	m <sup>3</sup>	10
8	Maçonnerie de cloisons (puissance 150 mm)	m <sup>2</sup>	35
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	250
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	120
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	110
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	15

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	520
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	10
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	2.200
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	50
18	Isolations thermiques	m <sup>2</sup>	70
23	Station de pompage automatique	pcs	1
24	Tuyauterie de PVC	m	310

### 27 - Stockage du diesel et des huiles.

Sommaire de la construction : L'objet de bâtiment est composé d'une surface en béton spécial pour produits pétrolier (imperméable) avec des murs en béton armé d'une hauteur de 2,0 m. La surface a les dimensions de 12,0 x 12,0 m. Le plancher est réalisé par un panneau (chape) de béton armé fortifié par réseau métallique. Le plancher et les murs sont équipés et protégés par une isolation imperméable (hydro - isolation).

Tableau 8 - 25 : Liste des travaux de construction et des matériaux - stockage du diesel et des huiles.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	70
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	-
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	15
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	15
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	60
6	Acier d'armature	kg	2.500
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	-
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	-
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	-
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	250
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	10
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	250
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	-
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	-
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	-

### 29 - Bascule pour véhicules routiers.

Sommaire de la construction :

Les travaux de ce bâtiment pour l'installation de la balance, sont composés de travaux d'excavation, de panneaux de béton armé (type Schenk), qui font partie de la fourniture technologique. La tranchée de fondation a les dimensions 3,0 x 18,0 m et une profondeur de 2,0 m. La balance sera placée sur trois fondations carrées de dimension de 2,4 x 2,4 m, hauteur 0,6 m. Les fondations carrées seront de béton armé.

La partie électronique de la balance sera installée dans le local de contrôle de l'entrée et sortie de l'usine. Les câbles entre les pesons (sensor) de la bascule et la partie électronique dans le local d'entrée chemineront dans des tubes de protection en acier d'un diamètre de Ø 100 mm. Le vide sous la bascule sera rempli par du matériel excavé et des gravillons.

L'entrée frontale sera en béton.



Tableau 8 - 26 : Liste des travaux de construction et des matériaux - bascule pour véhicules routiers.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	120
2	Ensevelissement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	30
3	Ensevelissement du gravillon	m <sup>3</sup>	20
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	25
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	15
6	Acier d'armature	kg	500
7	Construction de maçonnerie (puissance 300 mm)	m <sup>3</sup>	-
8	Maçonnerie de cloisons (puissance 150 mm)	m <sup>2</sup>	-
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	-
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	150
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	-
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	-
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	-

**26 - Laboratoire****30 - Bâtiment administratif - social****Sommaire de la construction :**

Le bâtiment assure le fonctionnement administratif de l'usine et du laboratoire. La structure administrative de l'usine est la suivante : service de direction de l'usine, secrétariat, service de compatibilité, service de laboratoire. L'écoulement des égouts sanitaires est raccordé à la fosse d'aisances - septique imperméable, de dimension de 4,0 x 5,0 m, hauteur 3,0 m, construite en béton armé avec une hydro-isolation. La surface du bâtiment est de dimension de 18,0 x 18,0 m, hauteur 3,3 m, composée d'une ossature en béton armé, qui s'appuie sur des fondations carrées et sur semelles. Les murs de cet ensemble sont bâtis avec des briques de ciments.

La construction du plafond est réalisée par une charpente - chapiteau - couverte par un toit de tôle ondulée, protégé par une isolation thermique. Les enduits intérieurs et extérieurs sont en ciment. Les planchers sont recouverts de céramiques. Le bâtiment est équipé de locaux sanitaires (21 - 22).

Tableau 8 - 27 : Liste des travaux de construction et des matériaux - bâtiment administratif - social et laboratoire.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	45
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	120
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	35
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	110
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	60
6	Acier d'armature	kg	6.100
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	80
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	210
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	650
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	180
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	60
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	110
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	650
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	55
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	60
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	3.500

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	350
18	Isolations thermiques - planchers	m <sup>2</sup>	650
19	Revêtements de murs - carreaux de revêtement glacé	m <sup>2</sup>	110
20	Planchers - carreaux de céramiques	m <sup>2</sup>	210
21	Equipements pour les installations sanitaires	pcs	4
22	Lavabos, douches	pcs	2

### 31 - Routes de l'usine

Sommaire de la construction :

L'usine est aménagée par des routes d'expédition, de service, d'accès et de routes de transport intérieur et de surfaces renforcées. Les routes sont prévues en deux voies. Les surfaces des routes sont en béton goudronné. L'aire de circulation fait au total 4.240, m<sup>2</sup>.

Tableau 8 - 28 : Liste des travaux de construction et des matériaux - routes de l'usine.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	10.450
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	-
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	-
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	-
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	-
6	Acier d'armature	kg	-
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	-
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	-
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	-
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	-
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	-
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	-
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	-
23	Béton goudronné	m <sup>3</sup>	1.500
24	Couche de base de béton	m <sup>3</sup>	950
25	Gravillon fortifié par ciment	m <sup>3</sup>	3.200
26	Gravillon enrobé	m <sup>3</sup>	1.300

### 33 - Entrée de l'usine

Sommaire de la construction :

Le bâtiment de l'entrée de l'usine a les dimensions de 6,0 x 4,0 m, hauteur 3,3 m. L'ossature de béton est conçue par un chemisage en maçonnerie, hauteur 300 mm - briques en ciment. Le chapiteau - charpente est revêtu par deux protections (toiture et faux plafond) avec une isolation thermique. Le plancher en béton est recouvert par des dalles de céramiques, sur des fondations carrées et semelles.

Tableau 8 - 29 : Liste des travaux de construction et des matériaux - entrée de l'usine.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	35
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	10
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	5
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	20
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	30
6	Acier d'armature	kg	600
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	10

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	10
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	100
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	60
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	200
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	10
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	20
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	1.200
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	30
18	Isolation thermique - faux plafond (toiture)	m <sup>2</sup>	50

### 34 - Clôtures

Description sommaire de la construction :

Il est prévu une clôture de murs encrés sur piliers et sur fondations carrées espacées d'une distance de 3,0 m. Les clôtures sont formées par des plaques de béton d'une hauteur de 1,8 m. Deux portes d'entrées forment une partie des clôtures. Elles ont une hauteur de 1,8 m et une largeur de 6,0 m (pour les camions) et deux portillons d'une largeur de 1,2 m (personnel).

Récapitulatif des clôtures :

- clôture en béton lisse d'une longueur de 640,0 m,
- clôture en béton décoratif d'une longueur de 88,0 m,
- 2 pièces de portes en acier d'une largeur de 2,0 x 6,0 m,
- 2 pièces de portillons en acier de dimensions : 2,0 x 1,2 m.

Tableau 8 - 30 : Liste des travaux de construction et des matériaux - clôtures.

Article	Travaux de construction - matériaux	Unité	Quantité
1	Travaux d'excavation	m <sup>3</sup>	130
2	Comblement du matériel excavé	m <sup>3</sup>	-
3	Comblement du gravillon	m <sup>3</sup>	-
4	Travaux de bétonnage - béton	m <sup>3</sup>	150
5	Travaux de bétonnage - béton armé	m <sup>3</sup>	130
6	Acier d'armature	kg	12.500
7	Maçonnerie de murs (épaisseur 300 mm)	m <sup>3</sup>	-
8	Maçonnerie de cloisons (épaisseur 150 mm)	m <sup>2</sup>	-
9	Enduits intérieurs	m <sup>2</sup>	-
10	Enduits extérieurs	m <sup>2</sup>	-
11	Equipements d'hydro-isolation	m <sup>2</sup>	-
12	Equipements de serrureries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
13	Equipements de petites serrureries - encrages, escaliers	kg	7.500
14	Equipements de ferblanteries - toits, chéneaux	m <sup>2</sup>	-
15	Equipements de menuiseries - fenêtres, portes	m <sup>2</sup>	-
16	Equipements de matériel en acier : supports, etc.	kg	-
17	Equipements extérieurs : charpente- toiture - tôles ondulées	m <sup>2</sup>	-

### 8.8. ESTIMATION DES COUTS D'INVESTISSEMENT EN MATERIEL, EQUIPEMENTS ET GENIE CIVIL.

Les engins mobiles, les machines et les installations de production seront importées de l'étranger. Les pris et les frais pour les engins mobiles, les machines et les installations sont

calculés sur la base des prix moyens des installations identiques existant sur le marché européen (FOB port européen).

Une vue d'ensemble des coûts d'investissement des équipements est présentée dans le tableau 8 -31 : Evaluation de coût d'investissement dans les machines et l'équipement.

Une vue d'ensemble des coûts d'investissement des travaux de génie civil est présentée au tableau 8 - 32 : Evaluation des coûts d'investissement dans les travaux de génie civil et aménagement du site.

Tableau 8 - 31 : Evaluation des coûts des investissements en machines et équipements.

1.	2.	3.	4.	5.
Article	Titre	COUTS en USD		
	1. Machines et équipements de production	Devises	Mon. locale	Total
<i>a)</i>	<i>Chaîne de production de la perlite brute traitée</i>			
01	Exploitation de la perlite	850.000	--	850.000
	- transport à l'usine	680.000	--	680.000
02	Station de concassage de la perlite et stock libre	580.000	--	580.000
03	Concassage, broyage et triage de la perlite	1.200.000	--	1.200.000
04	Stockage ; emballage, et expédition de la perlite	350.000	--	350.000
05	Installation électrique	260.000	--	3.920.000
	<b>Total a</b>	<b>3.920.000</b>	--	<b>3.920.000</b>
<i>b)</i>	<i>Chaîne de production de la perlite expansée</i>			
10	Chaîne de production de la perlite expansée	630.000	--	630.000
11	Emballage, stockage et expédition de la perlite	260.000	--	260.000
12	Installation électrique	110.000	--	110.000
	<b>Total b</b>	<b>1.000.000</b>	--	<b>1.000.000</b>
	<b>Total prix FOB (a + b) 1</b>	<b>4.920.000</b>		<b>4.920.000</b>
	Montage et transport (23,47%)	1.155.000		1.155.000
	<b>Total des Machines et équipements de production montés (A°)</b>	<b>6.075.000</b>	--	<b>6.075.000</b>
	<b>2. Equipements auxiliaires</b>			
21	Station de transformation principale	70.000	100.000	170.000
22	Station de transformation de l'usine	20.000	-	20.000
33	Station de compression	60.000	-	60.000
24	Approvisionnement en gaz	15.000	-	15.000
25	Approvisionnement en eau	20.000	-	20.000
26	Laboratoire	40.000	-	40.000
27	Dépôt de pétrole et huiles	80.000	-	80.000
28	Ateliers et magasins	35.000	-	35.000
29	Balance			
	<b>Total 2</b>	<b>340.000</b>	<b>100.000</b>	<b>440.000</b>
	Montage et transport (23,47%)	103.000		103.000
	<b>Total des Equipements auxiliaires montés (B)</b>	<b>443.000</b>	<b>100.000</b>	<b>543.000</b>
	<b>Total (A+B)</b>	<b>6.518.000</b>	<b>100.000</b>	<b>6.618.000</b>
	<b>Pièces de rechanges rendu site(3)</b>	<b>300.000</b>	<b>5.000</b>	<b>305.000</b>
	<b>Total (1+2+3)</b>	<b>6.818.000</b>	<b>105.000</b>	<b>6.923.000</b>

Remarques.

Les frais de transport CIF DJIBOUTI sont estimés à 10%

Les frais de transport du port au site sont estimés à 5,5%

Le montage est estimé à 8%  
 Les pièces de rechange sont estimées à 5% du coût des machines et équipements  
 FOB +15,5% de frais de transport

Tableau 8 - 32 : Evaluation des coûts d'investissement des travaux de génie civil.

Article	Titre	COUTS (en USD)		
		Devises	Mon. locale	Total
1.	Préparation du chantier		250.000	250.000
2.	Bâtiments et travaux de génie civil de chaîne de la perlite brute traitée	1.450.000	400.000	1.850.000
3.	Bâtiments et travaux de génie civil de chaîne, de la perlite brute expansée	700.000	200.000	90.000
4.	Travaux de génie civil des installations auxiliaires	350.000	300.000	650.000
5.	Travaux de génie civil des installations de services	100.000	50.000	150.000
	<b>Total</b>	<b>2.600.000</b>	<b>1.200.000</b>	<b>3.800.000</b>

Remarque : Les coûts d'investissement et les matériaux pour les travaux de génie civil sont calculés avec le transport compris.

Tableau 8 – 33. Dépenses de préproduction. (en millier de USD)

Désignation	Année 1999	Année 2000
Etudes de préinvestissement	200	
Recherches préparatoires (tests)	300	
Constitution de société	43	
Gestion du projet et organisation	40	
Acquisition de technologie,		50
Etudes techniques et passation des marchés	200	
Fourniture/marketing de préproduction		60
Autres frais		
Provisions pour imprévus		74
Intérêts		313
Total des dépenses de préproduction	783	497

### 8.9. CONCLUSIONS.

Le complexe d'extraction et de traitement comportera deux unités de production.

A/ Une carrière d'extraction complétée par un parc de transport du minerai.

B/ Une usine de transformation avec deux ateliers.

- Un atelier de perlite brute traitée.

- Un atelier d'expansion et d'hydrophobisation.

D'une façon générale les équipements de la carrière et de l'usine sont ceux utilisés dans le monde entier pour les exploitations minières. Le four d'expansion et son brûleur sont spécifiques à la technologie d'expansion de certains minerais (perlite, vermiculite).

Ces coûts englobent les fournitures et services suivants:

- Fourniture complète des machines et équipements de production et de manutention y compris leur montage.
- Fourniture complète des équipements et installations des services généraux y compris leur montage.
- Fourniture des matériaux de construction nécessaires à la réalisation des bâtiments et des VRD y compris les travaux de construction.
- Fourniture des charpentes métalliques, fenêtres, portes, tôles, etc.
- Etudes de sol nécessaires pour l'ingénierie des bâtiments et des VRD de l'usine de transformation.
- Approvisionnement en énergie électrique et en eau.
- Formation du personnel.
- Assistance à la mise en route de la carrière et de l'usine ainsi qu'aux épreuves de garantie.

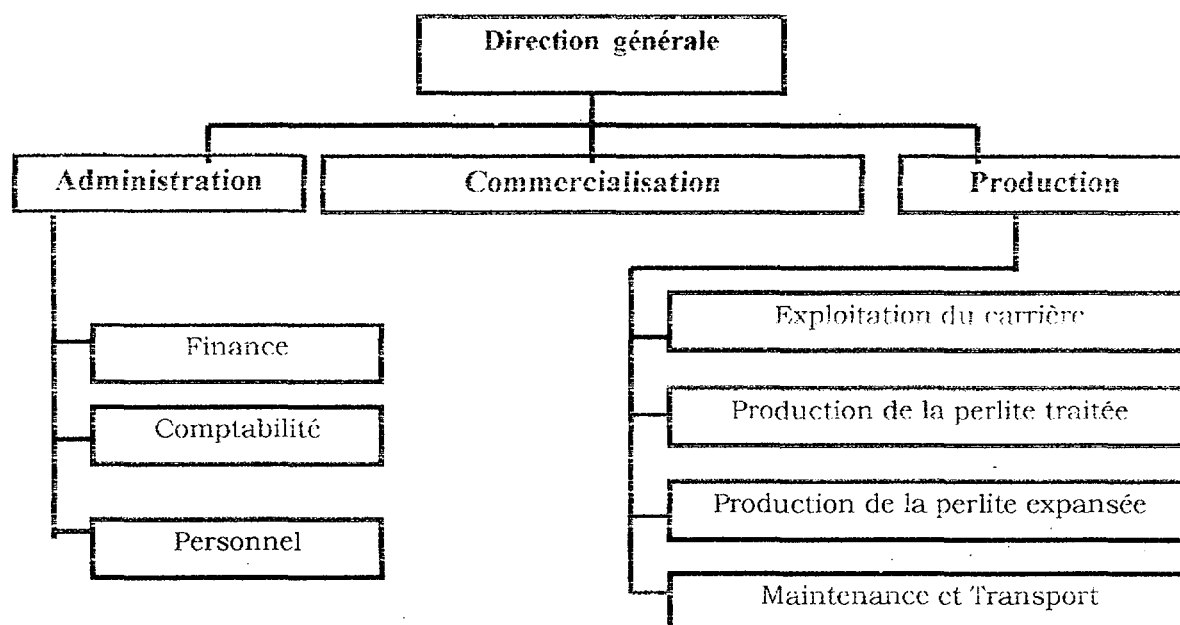
## CHAPITRE 9. ORGANISATION ET FRAIS GENERAUX.

### 9.1. ORGANISATION ET GESTION.

L'organisation a pour but de réaliser les objectifs industriels et commerciaux, de coordonner et de contrôler les résultats obtenus. La structure prévue doit assumer, au moindre coût, les différentes fonctions de l'entreprise et définir la répartition des responsabilités entre les personnes.

La période de démarrage des travaux préparatoires et de l'exploitation, exige des experts et des consultants étrangers comme, par exemple, des ingénieurs des mines, de production, d'expansion, un responsable commercial, et une formation des cadres, maîtrises et des personnels locaux recrutés pour ces postes.

L'organisation peut être schématisée par l'organigramme suivant :



Dans les petites sociétés, chaque cadre doit occuper des fonctions multiples si la société veut avoir une exploitation rentable. C'est le cas de la société minière d'EGERALAYTA.

#### 9.1.1. Direction générale.

Le directeur général exercera les fonctions de direction vitales pour la bonne marche de l'entreprise, la représentation, la gestion des ressources humaines et des finances. Par ailleurs, il effectuera les opérations nécessaires aux approvisionnements.

#### 9.1.2. Comptabilité et gestion personnel.

Le comptable fera les feuilles de paie, le contrôle des factures, la facturation. Il tiendra la comptabilité générale et analytique nécessaires à l'exploitation rationnelle et rentable de l'entreprise. Les législations commerciales et les réglementations fiscales nationales exigent en outre que la situation financière de l'entreprise soit régulièrement rendue publique conformément aux dispositions arrêtées par les pouvoirs publics.

### **9.1.3. Commercialisation et approvisionnements.**

Le directeur commercial est responsable de la réalisation du programme commercial et dirige l'équipe des ventes de 3 personnes. La préparation des outils commerciaux, de la prospection et de la formation des clients utilisateurs de la perlite qui constitue un produit nouveau pour les pays de l'Afrique de l'Est sous sa responsabilité. Il propose les politiques de vente, les stratégies, les moyens et les budgets adaptés à chaque marché au directeur général et lui rend compte des résultats obtenus et de sa gestion.

### **9.1.4. Production.**

Le complexe est composé de deux unités :

- La carrière
- L'usine de transformation avec ses deux ateliers :
  - atelier de perlite brute traitée
  - atelier de perlite expansée et hydrophobisée

Chaque unité ou atelier doit assurer sa productivité et la qualité exigée de ses produits.

L'extraction sur le gisement est dirigée par un ingénieur des mines, responsable de la qualité du minerai. La production de la perlite brute traitée et expansée est dirigée par un ingénieur et un contremaître. La maintenance, le transport du gisement à l'usine et de l'usine au port sont rattachés au département de production et dirigés par un ingénieur mécanicien.

## **9.2. FRAIS GÉNÉRAUX.**

Les principales catégories de frais généraux du projet sont les suivantes:

- Traitements, salaires et charges sociales des cadres, employés et ouvriers ne participant pas directement à la production
- Services publics négligeables en tant que frais généraux.
- Communications
- Assurances
- Impôts
- Amortissements
- Frais financiers
- Maintenance et réparations.

### ***Traitement salaire et charges sociales non liées directement la production***

Tableau 9 – 1. Frais généraux de main d'œuvre. (en USD):

Désignation (traitement + charges sociales )	Coût annuel	Variabilité
Frais généraux d'exploitation (Directeur général et du Secrétaire de direction)	27.696	0%
Frais généraux administration (Comptable)	6.624	0%
Frais généraux marketing (Responsable des ventes et 3 agents commerciaux)	31.860	0%
Total frais généraux en main d'œuvre	61.180	0%

### ***Frais directs de commercialisation et de distribution hors main d'œuvre. (en milliers de USD):***

Les frais de commercialisation concernent le marketing, la publicité, la promotion, les commissions sur ventes. Ces frais sont estimés à 5% du chiffre d'affaires annuel. La distribution consiste au transport de l'usine au port ou à la gare ferroviaire. Ils sont estimés à 5% du chiffre d'affaires. Le tableau suivant présente ces données.



Tableau 9 – 2. Taux de frais directs de marketing

Désignation / année	2001 à 2011
Taux de frais de commercialisation	5%
Taux de frais de distribution	5%
Total des taux de frais de commerciaux et distribution hors main d'œuvre	10%

*Communications et fournitures de bureau.*

Frais généraux d'exploitation hors main d'œuvre. (en milliers de USD):

Désignation	Coût annuel	Variabilité
Téléphone	20	0%
Fournitures de bureau	5	0%
<b>Total des frais généraux d'exploitation hors main d'œuvre</b>	<b>25</b>	

Frais généraux de marketing hors main d'œuvre. (en milliers de dollars)

Désignation	Coût annuel	Variabilité
Frais de séjour et de déplacement	45	0%
<b>Total des frais généraux de marketing hors main d'œuvre</b>		

*Impôts.*

La société bénéficiant du régime B n'est soumise aux impôts et taxes qu'à partir de la 11<sup>ème</sup> année (voir chapitre 12)

*Assurances*

Les primes d'assurance prévoient d'une façon très générale deux taux différents pour les bâtiments et les équipements. (en milliers de USD):

Désignation	Coût annuel	Variabilité
- Bâtiments et VRD: coût 0,2% de 3.550 mille USD	7	0%
- Matériels et équipement: coût 2% de 6.818 mille USD	136	50%
<b>Coût annuel des assurances</b>	<b>143</b>	

*Maintenance et réparations.*

Les coûts annuels de la maintenance sont estimés à (en milliers de USD):

Désignation	Coût annuel	Variabilité
- Bâtiments et VRD: coût 0,15% de 3.550 mille USD	5	0%
- Matériels et équipements: coût 1,5% de 6.818 mille USD	102	50%
<b>Coût annuel de la maintenance</b>	<b>107</b>	

*Pièces de rechange.*

L'utilisation annuelle de pièces de rechange a été estimée à 20% du stock de celles-ci, soit(en milliers de USD):

Désignation	Coût annuel	Variabilité
- Consommation de 20% de 305 mille USD	60	50%

**9.3. CONCLUSIONS.**

L'organisation et la gestion prévues dans ce chapitre correspondent aux fonctions de l'entreprise et devront permettre d'assurer son bon fonctionnement.

## **CHAPITRE 10. RESSOURCES HUMAINES.**

### **10.1. CATEGORIES ET FONCTIONS.**

A partir du programme et de la capacité de production, l'étude a défini et décrit le besoin en effectifs par catégorie et par fonction suivant le schéma d'organisation et les objectifs de la direction pour l'exploitation de l'usine ainsi que le niveau de formation et de qualification nécessaire de la main d'œuvre. Le barème des salaires des sociétés privées locales a été utilisé pour calculer les coûts annuels de main-d'œuvre :

### **10.2. PHASE PREPARATOIRE.**

Il est recommandé de recruter dans un premier temps les cadres et le personnel technique pendant la phase de construction pour assurer leur formation. Ceci concerne le directeur, les ingénieurs, les contremaîtres, les ouvriers spécialisés, l'électromécanicien, le mécanicien, l'électricien et le plombier. Ils participeront à la construction et au montage des équipements qu'ils utiliseront plus tard.

La formation des conducteurs de machines sera déterminée ultérieurement avec les fournisseurs. Le recours à des spécialistes étrangers est compris dans les prix d'achat et dans les contrats de maintenance/démarrage. Le montage et les essais sont également inclus dans l'investissement.

<b>Le nombre effectif des jours ouvrables par an</b>	<b>jours</b>
Nombre de jours par an	365
Déduction des jours non payés (vendredi, samedi)	104
Nombre de jours payés par an	261
Déduction des jours ouvrables payés non productifs :	
- jours fériés officiels et fêtes religieuses	8
- maladies (d'après la statistique)	3
Total des jours ouvrables payés non productifs	11
Nombre effectif des jours ouvrables par an	<b>250</b>

#### **Les normes de travail retenues sont :**

- durée normale d'un poste de travail	8 h/jour
- carrière	1 poste/jour
- conditionnement	2 équipes/jour
- nombre de jours de travail	250 j/an
- charges patronales	15,7 %

### **10.3. DISPONIBILITE ET RECRUTEMENT.**

Le recrutement du personnel de l'entreprise doit être effectué avant le démarrage de la phase d'exploitation. Les ouvriers qualifiés et non qualifiés, seront recrutés dans les environs de la ville DJIBOUTI. Les ouvriers très qualifiés et les techniciens pourront être recrutés dans la ville de DJIBOUTI. Le personnel choisi est défini dans le paragraphe suivant.

### **10.4. EFFECTIFS ET COUTS DE LA MAIN D'OEUVRE.**

Le tableau d'effectifs représente les besoins en personnel en fonction du nombre de postes de travail prévu pour l'exploitation au cours des différentes années. Pour les quatre premières années

l'effectif prévu est de 51 et pour les années suivantes de 64. La production se fera sur un poste à la carrière et sur deux postes dans l'usine de l'exploitation. Le transport et l'administration travailleront sur un poste. A partir de la cinquième année l'augmentation de la production nécessitera une troisième équipe de roulement dans l'usine. L'effectif sera alors de 64 personnes.

Les besoins en effectifs pour chaque service par fonction et par catégorie ainsi que les coûts de la main sont détaillés dans les tableaux suivants:

Tableau 10 - 1 : Tableau des effectifs.

Tableau 10 - 2 : Tableau d'effectifs suivant le barème des salaires.

Tableau 10 - 3 : Tableau d'estimation des coûts de la main d'œuvre.

Une partie du personnel sera recruté pendant la période de réalisation du complexe/

- directeur général (10 mois)
- responsable commercial (8 mois)
- personnel de promotion commerciale (6mois)
- ouvriers à former (période variable)

### **10.5. CONCLUSIONS.**

Dans le cas de la réalisation du projet près de la capitale (alternative No. 2), qui est la solution recommandée, le recrutement du personnel nécessaire au projet ne devrait pas présenter de difficultés. Ce projet créera des emplois pour 51 puis 64 personnes et une masse salariale mensuelle totale de 20.521 / 25.201 USD. Le salaire moyen mensuel de la main d'œuvre est estimé à 306 USD. Le salaire moyen mensuel des fonctionnaires est estimé à 796 USD.

Tableau 10 - 1 : Tableau des effectifs.

Départements et fonctions:	Temps du travail	Postes			Total	Femme	Class e	Code
		I	II	III				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>DIRECTION, ressources humaines et finance</b>	-	2	-	-	2	1	-	-
- directeur	5/1/1	1	-	-	1	-	10	17
- secrétaire de direction	5/1/1	1	-	-	1	1	7-1	11
<b>ADMINISTRATION</b>	-	1	-	-	1	1	-	-
<b>Comptabilité et gestion du personnel</b>	-	1	-	-	1	1	-	-
- comptable	5/1/1	1	-	-	1	1	7-2	12
<b>COMMERCIALISATION</b>	-	4	-	-	4	2	-	-
- responsable de commercialisation	5/1/1	1	-	-	1	1	9-2	16
- agents commerciaux		3			3			
<b>PRODUCTION</b>	-	29	15	15	44/57	3	-	-
<b>Exploitation de la carrière</b>	-	3	1	1	5	-	-	-
- ingénieur minier	5/1/1	1	-	-	1	-	9-1	15
- conducteur du ripper	5/1/1	1	-	-	1	-	6-1	9
- conducteur du chargeur	5/1/1	1	-	-	1	-	6-1	9
- gardien	7/2/2	-	1	1	2	-	2	2
<b>Atelier de la perlite brute traitée</b>	-	5	4	4	9/13	1	-	-
- ingénieur de production	5/1/1	1	-	-	1	-	8-2	14
- chef d'équipe	5/2/3	1	1	1	2/3	-	7-1	11
- ouvrier spécialisé	5/2/3	1	1	1	3/3	-	6-2	10
- conducteur du chargeur	5/2/3	1	1	1	2/3	-	6-1	9
- ouvrier non spécialisé	5/2/3	1	1	1	2/3	-	2	2
<b>Atelier de la perlite expansée</b>	-	7	6	6	13/19	1	-	-
- ingénieur de production	5/1/1	1	-	-	1	-	8-2	14
- ouvrier spécialisé	5/2/1	1	1	1	2/3	-	6-2	10
- emballer	5/2/3	2	2	2	5/6	-	6-1	9
- ouvrier non spécialisé	5/2/3	1	1	1	2/3	-	2	2
- conducteur de transporteur de palettes	5/2/3	1	1	1	2/3	-	6-1	9
- ouvrier de l'entretien	5/2/3	1	1	1	2/3	-	5-2	8
<b>Transport</b>	-	5	-	-	5	-	-	-
- chauffeur de camion	5/1/1	5	-	-	5	-	4-1	5
<b>Maintenance</b>	-	9	3	3	12/15	1	-	-
- électromécanicien	5/2/3	2	1	1	3/4	-	6-2	10
- électricien	5/2/3	1	1	1	2/3	-	7-1	11
- mécanicien	5/2/3	1	1	1	2/3	-	5-2	8
- magasinier	5/1/1	1	-	-	1	1	5-1	7
- chauffeur de véhicules	5/1/1	1	-	-	1	-	3-1	3
- gardien	7/3/3	3	-	-	3	-	1	1
<b>EFFECTIF TOTAL</b>	-	36	15	15	51/64	7	-	-

**Signification des colonnes du tableau des effectifs du tableau 10 - 1**

- 1 - Description des départements et fonctions.
- 2 - Nombre de jours ouvrables par semaine / Nombre de postes de travail par jour de la 1ère à la 4e année et de la 5e à la 10e année.
- 3-5 - Effectif du personnel par poste (I, II, III) par fonction.
- 6 - Effectif du personnel total par fonction de la 1ère à la 4e année / de la 5e à la 10e année.
- 7 - Effectif de femmes possible par fonction.
- 8 - Classe de qualification suivant des conditions générales d'emploi, catégorie - échelon.
- 9 - Code de classification (qualification de personnel).

Tableau 10 - 2 : Tableau d'effectifs suivant le barème des salaires charges comprises.

Code	Catégorie -échelon	Description de Catégorie	Département				Total
			Direction	Administration	Commercial.	Production	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	Manœuvre spécialisée catégorie 1	-	-	-	3	3
2	2	Manœuvre spécialisée catégorie 2	-	-	-	6/8	6/8
3	3-1	Ouvriers spécialisés (O.S.1) échelon 1	-	-	-	1	1
4	3-2	Ouvriers spécialisés (O.S.1) échelon 2	-	-	-	-	-
5	4-1	Ouvriers spécialisés (O.S.2) échelon 1	-	-	-	5	5
6	4-2	Ouvriers spécialisés (O.S.2) échelon 2	-	-	-	-	-
7	5-1	Ouvriers et employés qualifiés (O.P.1) échelon 1	-	-	-	1	1
8	5-2	Ouvriers et employés qualifiés (O.P.1) échelon 2	-	-	-	4/6	4/6
9	6-1	Ouvriers et employés très qualifiés (O.P.2) échelon 1	-	-	-	10/14	10/14
10	6-2	Ouvriers et employés très qualifiés (O.P.2) échelon 2	-	-	-	7/10	7/10
11	7-1	Agents de maîtrise et assimilés échelon 1	1	-	-	4/6	5/7
12	7-2	Agents de maîtrise et assimilés échelon 2	-	1	3	-	4
13	8-1	Techniciens ou assimilés échelon 1	-	-	-	-	-
14	8-2	Techniciens ou assimilés échelon 2	-	-	-	2	2
15	9-1	Cadres et techniciens supérieurs échelon 1	-	-	-	1	1
16	9-2	Cadres et techniciens supérieurs échelon 2	-	-	1	-	1
17	10	Agents de direction	1	-	-	-	1
Total			2	1	4	44/57	51/64

Colonne 1 - Code de classe.

2 - Nombre de catégorie - échelon.

3 - Description de catégorie.

4 - Effectif du personnel de direction par catégorie.

5 - Effectif du personnel de l'administration par catégorie.

6 - Effectif du personnel de la commercialisation et approvisionnement par catégorie.

7 - Effectif du personnel de production par catégorie de la 1ère à la 4e année / de la 5e à la 10e année.

8 - Effectif du personnel total par catégorie de la 1ère à la 4e année / de la 5e à la 10e année.

Tableau 10 - 3 : Tableau d'estimation des coûts de la main d'œuvre charges comprises.

Code	Catégorie - échelon	Salaire mensuel		Département								Total	
				Direction		Administration		Commercialisation		Production		Employés nombre	Salaires Charges comprises
		d'état	privé	nombre	total	nombre	total	nombre	total	nombre	total		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1	90	99	-	-	-	-	-	-	3	297	3	297
2	2	93	102	-	-	-	-	-	-	6/3	612/816	6/8	612/816
3	3-1	121	132	-	-	-	-	-	-	1	132	1	132
4	3-2	147	162	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	4-1	203	223	-	-	-	-	-	-	5	1115	5	1115
6	4-2	233	256	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	5-1	241	263	-	-	-	-	-	-	1	263	1	263
8	5-2	302	332	-	-	-	-	-	-	4/6	1328/1992	4/6	1328/1992
9	6-1	339	390	-	-	-	-	-	-	10/14	3900/5460	10/14	3900/5460
10	6-2	359	412	-	-	-	-	-	-	7/10	2884/4120	7/10	2884/4120
11	7-1	406	508	1	508	-	-	-	-	4/5	2032/3048	5/7	2540/3556
12	7-2	442	552	-	-	1	552	3	1656	-	-	4	2208
13	8-1	508	686	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	8-2	559	755	-	-	-	-	-	-	2	1510	2	1510
15	9-1	622	933	-	-	-	-	-	-	1	933	1	933
16	9-2	666	999	-	-	-	-	1	999	-	-	1	999
17	10	1200	1800	1	1800	-	-	-	-	-	-	1	1800
<b>Total</b>				<b>2</b>	<b>2308</b>	<b>1</b>	<b>552</b>	<b>4</b>	<b>2655</b>	<b>44/57</b>	<b>15006/19686</b>	<b>51/64</b>	<b>20521/25201</b>

Colonne

- |  |  |
|--|--|
| 1 - Code de classification.                                  | 8 - Coût du personnel de l'administration par catégorie.   |
| 2 - Numéro de catégorie - échelon.                           | 9 - Effectif du personnel de commercialisation par catégorie.  |
| 3 - Salaire mensuel d'état par catégorie.                    | 10 - Coût du personnel de commercialisation par catégorie.   |
| 4 - Salaire mensuel du secteur privé par catégorie.          | 11 - Effectif du personnel de production par catégorie de la 1ère à la 4e année / de la 5e à la 10e année. |
| 5 - Effectif du personnel de direction par catégorie.        | 12 - Coût du personnel de production par catégorie de la 1ère à la 4e année / de la 5e à la 10e année.     |
| 6 - Coût du personnel de direction par catégorie.            | 13 - Effectif du personnel total par catégorie de la 1ère à la 4e année / de la 5e à la 10e année.         |
| 7 - Effectif du personnel de l'administration par catégorie. | 14 - Coût total de la main d'œuvre par catégorie de la 1ère à la 4e année / de la 5e à la 10e année.       |

Remarque: Les salaires sont calculés sur la base de salaire mensuel du secteur privé en USD.

## **CHAPITRE 11. PLANIFICATION DE LA MISE EN OEUVRE DU PROJET.**

### **11.1. OBJECTIFS DU CALENDRIER.**

Le calendrier de mise en œuvre du projet d'extraction et de transformation de la perlite d'EGERALAYTA a pour objectif de planifier l'ensemble des opérations indispensables à sa réalisation et à sa mise en exploitation. Lui seul permet d'ordonner, de suivre la réalisation, de réagir en cas de retard, de prendre les décisions qui s'imposent et de traiter puis signer les contrats en temps voulu.

Dans le cas particulier du projet d'EGERALAYTA, il passera par deux phases successives.

- La phase préalable à la réalisation matérielle
- La phase de réalisation et de mise en exploitation

### **11.2. DESCRIPTIF DU CONTENU DU CALENDRIER.**

Sur la base de cette étude, il est recommandé au Gouvernement de Djibouti et aux promoteurs du projet de réaliser les opérations suivantes qui sont nécessaires pour la réalisation du projet :

#### **- Phase préalable.**

- 1/ Lever les incertitudes sur la qualité et la valeur commerciale de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA en effectuant les tests industriels.
- 2/ Obtenir confirmation de l'attribution du statut de Zone Franche à la société minière d'EGERALAYTA. Il lui permettra d'être plus compétitive sur le marché européen où la concurrence est très importante.
- 3/ Rechercher les partenaires financiers intéressés avec les résultats chiffrés et les échantillons obtenus lors des tests.

#### **- Phase de réalisation.**

- 4/ Créer la société, signer des contrats avec des institutions financières et des partenaires
- 5/ Réaliser les installations matérielles du projet.  
Le projet comprend deux sites d'exploitation qui seront suivis séparément :
  - Une carrière,
  - Une usine de transformation.

Pour ces deux sites les différentes opérations de réalisation du projet, qui se chevaucheront souvent, seront les suivantes.

##### **a) Réalisation de l'usine :**

- Conception de l'Avant-Projet Sommaire définissant sommairement les installations et l'enveloppe financière des investissements correspondants.
- Réalisation des études techniques de l'Avant-Projet Détaillé définissant les cahiers des charges des différents lots des entrepreneurs et fournisseurs.
- Mise en place des financements et signature des emprunts.

- Consultations négociations, et signature des différents contrats.
- Recrutement de l'encadrement et d'une partie des ouvriers qualifiés
- Planification, démarrage, suivi des travaux, réceptions provisoires et définitives des travaux par lot et paiement des factures.
- Signature des contrats de fourniture et achat des matières nécessaires a l'exploitation.
- Recrutement et formation du personnel.
- Essais, réception, mise en route et démarrage de l'exploitation.

b) Préparation et installation de la carrière

6/ Constitution de l'équipe de promotion et prospection commerciale. Le directeur commercial aura à réaliser les actions suivantes avant le démarrage de la production

- Définir, en fonction de la qualité et de la valeur commerciale confirmée par les tests industriels, la politique commerciale adaptée à chaque marché ciblé et y rechercher des partenaires commerciaux.
- Constituer dès que possible l'équipe et les outils de promotion de l'emploi de la perlite expansée dans les pays du COMESA, du Golfe persique et des Indes pour prendre des parts de marché en concurrençant le polystyrène auprès des professionnels du bâtiment.
- Etudier, pour chaque marché ciblé, la logistique des transports maritimes et terrestres pour offrir aux acheteurs les solutions de transport les plus économiques et leur apporter une assistance efficace dans ce domaine.
- Mettre en place des installations et une organisation permettant d'obtenir la norme ISO 9000 et répondre ainsi à une demande de qualité des acheteurs européens.

Le calendrier de la mise en œuvre du projet est donc un outil indispensable pour suivre sa réalisation et éviter les dérives.



Tableau 11-1 : Planification de mise en œuvre.

Symboles : \* Remise de document, # Décision, \$ Libération des fonds, □ Embauche,  
///: Réception, :::: Formation, ::::: Production.

Phase préalable	Phase de réalisation	Phase d'exploitation

Année:	1999				2000				2001	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Activités										
Acceptation du rapport d'étude de pré faisabilité	#									
<b>Phase préalable</b>										
- Recherche financement	-----									
- Tests industriels	#---	-----*								
- Création de la société		#								
- Décision d'investir		#								
<b>Phase de réalisation</b>										
- Etude Avant-Projet Sommaire			-----*							
- Décisions			#	# #				#		
- Etude Avant-Projet Détaillé			---	---*---						
- Consultation et signature de contrat du génie civil				-----	#--#					
- Travaux du génie civil				-----	-----					
- Signature des contrats de fourniture d'équipement				-----	-----	##				
- Réception du génie civil et des bâtiments							//			
- Montage des équipements						---	-----	-----	////	
- Essais et réception des installations								-----	////	
<b>Recrutement et formation du personnel</b>										
- Directeur					□					
- Ingénieurs et directeur commercial						□				
- Personnel de promotion commerciale							□::			
- Ouvrier qualifié et de maintenance					□:::	□:::	□:::	□:::		
- Personnel de production et d'administration					□:::	□:::	□:::	□:::	□:::	
- Début de la production								□::	□:::	
<b>Financements</b>										
- Demandes de prêts chiffrées	DPC		DPC		DPC					
- Mise en place des financements	\$	\$		\$	\$	\$	\$			

## CHAPITRE 12. EVALUATION FINANCIERE ET ECONOMIQUE.

### 12.1. INTRODUCTION.

L'analyse financière et économique du projet d'exploitation de la perlite d'EGERALAYTA a été réalisée selon la méthode de l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI) et élaborée à l'aide du logiciel CONFAR (Modèle Informatique pour l'analyse financière et la Rapport de faisabilité). Cette évaluation est fondée sur les résultats des analyses techniques et de l'étude de marché exposées dans les chapitres précédents.

### 12.2. DONNEES ET HYPOTHESES GENERALES.

Les éléments suivants ont été examinés lors de la mission sur place à DJIBOUTI. Elles sont fondées sur les directives prescrites du Ministère des Finances de DJIBOUTI.

#### 12.2.1. Monnaie.

Le dollar américain (USD) et le Franc de DJIBOUTI (FDJ) sont utilisés dans les calculs avec un taux de change (validité 1997) de 1 USD = 177 FDJ.

#### 12.2.2. Inflation.

Tous les calculs sont effectués avec des prix et des rémunérations constants.

#### 12.2.3. Impôts.

La société envisagée sera bénéficiaire du régime B (investissement minimum de 50.000.000 FDJ). Les entreprises du régime B sont exonérées de la contribution aux patentes pendant la construction de leurs installations et les dix années suivantes.

Les constructions d'immeubles pourront être exonérées de la contribution foncière sur les propriétés bâties pour une période minimum de dix années à compter de l'année suivant celle de l'achèvement des travaux.

Ces entreprises peuvent être exonérées de l'impôt des personnes morales.

Les actes de constitution de la société peuvent être exonérés du droit proportionnel d'enregistrement.

Les droits d'enregistrement et de conservation foncière peuvent être réduits de moitié lorsqu'ils sont établis sur l'acquisition de terrains nus.

#### 12.2.4. Taxes à l'importation ou Taxe Intérieure de Consommation (TIC).

Du fait de sa nature spécifique, le projet est exonéré des taxes à l'importation sur les matières auxiliaires, les produits semi-finis, les pièces de rechange, les machines, les équipements et autres approvisionnements nécessaires aux opérations d'investissement industrielles (article 2a du Code des Investissements)

#### 12.2.5. Echancier.

L'analyse financière portera sur 11 années d'exploitation et 18 mois de construction.

#### 12.2.6. Environnement financier.

Les conditions de financement pratiquées par les banques locales sont les suivantes:

##### *Prêts à court terme (jusqu'à 2 ans).*

Institution	Taux minimum	Taux maximum
Banque commerciale (BCI, filiale de la BNP etc.)	12,1%	14%
Banque de Développement de DJIBOUTI	8%	10%

**Prêts à long terme en monnaies étrangères (10 ans).**

Le Fond de Banque de Développement de DJIBOUTI peut, en fonction des résultats de l'analyse financière, faire un prêt de 10 ans avec 2 ans de grâce, à un taux d'intérêt annuel de 8%

**12.3. DONNEES DE CALCUL DE L'ANALYSE FINANCIERE****12.3.1. Coûts des investissements****Calendrier de réalisation du projet.*****Phase de réalisation des installations.***

Préparation du site et début de construction des bâtiments	Juillet 1999
Fin de la construction des bâtiments	Avril 2000
Début des commandes des équipements et des machines	Janvier 2000
Début d'installation des machines	Juillet 2000
Fin d'installation des machines	Novembre 2000
Démarrage de la production	Janvier 2001

***Phase de production.***

Démarrage et augmentation de la production (moyenne 33.000 t/an)	2001
Activité normale de production (50.000 t/an)	2001 à 2007
Extension de la production (75.000 t/an)	2008 à 2012

**Coût total des investissements initiaux.**

Les coûts totaux des investissements initiaux se composent des coûts des investissements fixes initiaux, des dépenses de pré-investissement et du fond de roulement initial.

***Investissements fixes initiaux.***

Les investissements fixes initiaux comprennent les dépenses de préparation des sites, les travaux de génie civil, les bâtiments, les principaux équipements et machines industrielles, les pièces de rechange mais aussi les équipements et les installations auxiliaires et de service. Les investissements initiaux envisagés se composent des éléments suivants : (voir tableau des tableaux 8-31 à 8-33 des pages 97 et 98

Tableau 12 – 1. Investissements fixes initiaux (en millier de dollars US)

Désignation	En devises	En monnaie locale	Total
Immobiliers			
Terrain		10	10
Préparation et aménagement, amortis sur 20 ans			
- de la carrière		50	50
- du terrain de l'usine		200	200
Voirie et réseaux divers, amortis sur 20 ans	450	350	800
Bâtiments, amortis sur 20 ans	2.150	600	2.750
Sous-total des investissements immobiliers	2.600	1.210	3.810
Matériels et équipements			
Engins et véhicules, amortis sur 5 ans	2.005		2.005
Matériels de production et équipements, amortis sur 7 ans	4070		4.070
Installations auxiliaires amorties sur 10 ans	443	100	543
Sous-total des investissements en matériels et équipements	6.518	100	6.618
Pièces de rechange	300	5	305
Total des investissements fixes initiaux	9.418	1.315	10.733

**Dépenses de pré-production.**

Ce sont les coûts des dépenses indispensables du début du projet. Elles comprennent les études de faisabilité, des études préparatoires aux décisions, de création de la société, de la prospection commerciale, de la gestion du projet, de la formation, de l'assistance technique, des essais, de la mise en route mais aussi des intérêts intercalaires et des frais bancaires.

Tableau 12 – 2. Dépenses de pré-production (en millier de dollars US).

Désignation	Année 1999	Année 2000
Etudes de pré-investissement	200	
Recherches préparatoires (tests)	300	
Constitution de société	43	
Gestion du projet et organisation	40	
Acquisition de technologie,		50
Etudes techniques et passation des marchés	200	
Fourniture/marketing de pré-production		60
Autres frais		
Provisions pour imprévus		74
Intérêts		313
Total des dépenses de pré-production	783	497
	1.280	

Une partie des dépenses de premier établissement est constituée par les intérêts intercalaires. Ils seront calculés automatiquement par le logiciel CONFAR et ajoutés à ce poste. Les dépenses de premier établissement seront amorties sur une période de 5 ans.

**Fond de roulement initial.**

Pour assurer le démarrage du fonctionnement du complexe, il est indispensable d'acheter les matières auxiliaires, les emballages, les utilités, les matières énergies, de payer les cautions, les locations, les assurances, les salaires, les charges salariales etc. A ces achats correspondent des besoins en fonds de Roulement qui évoluent en fonction du niveau d'activité du complexe. Ces besoins en fond de roulement durant la phase de production sont calculés par COMFAR en fonction du nombre minimal jours de couverture nécessaire pour satisfaire les besoins de l'exploitation en fonction de l'activité.

Tableau 12 – 3. Fond de roulement nécessaire

Désignation	Nombre minimal de jours de couverture	Coefficient de rotation
<b>Stocks</b>		
- Perlite brute traité en cours	1	360
- perlite brute traitée finie	30	12
- perlite expansée en cours	1	360
- perlite expansée finie	30	12
- perlite hydrophobisée en cours	1	360
- perlite hydrophobisée finie	30	12
- Emballages (fournitures)	120	3
- Eau et électricité	1	360
- Energie(gaz et gasoil)	15	24

Désignation	Nombre minimal de jours de couverture	Coefficient de rotation
<i>Sommes dues :</i>		
- salaires et charges	15	24
- emballages (fournitures)	30	12
- maintenance et réparations	30	12
- assurances	15	24
- frais généraux d'exploitation	15	24
- frais généraux d'administration	15	24
- frais généraux commerciaux	15	24
- services publics	15	24
- pièces détachées consommées	30	12
- énergie	30	12
<i>Créances des clients</i>	60	6
Avance sur commandes	30	12
<i>Disponibilité de Trésorerie</i>	30	12

### ***Coût des investissements en cours de production.***

Les engins mobiles, les équipements et les matériels seront remplacés en fin d'amortissement.

Désignation	Année d'investissement	Montant en millier de dollars US
Engins mobiles et véhicules	2006	2.005
Machines et équipements	2008	4.070
Equipements auxiliaires	2011	543
<b>Total</b>		<b>6.618</b>

### **12.3.2. Coût des produits vendus.**

Tableau 12 – 4. Programme de production de perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA (en millier de tonnes).

Production /année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
PBTE	3	17,6	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6	24	24	24
PBT	24,4	26,2	28,3	30,3	32,7	35,1	37,8	40,6	41,4	41,4	41,4
Total PBT vendue	27,4	43,8	46,8	49,7	53,1	56,5	60,3	64,2	65,4	65,4	65,4
PE	5,1	5,65	5,8	6,2	6,7	7,1	7,6	8,2	8,7	8,7	8,7
PEH	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,9	0,9
Total PBT produite	33	50,00	53,2	56,55	60,5	64,35	68,7	73,25	75	75	75

#### **Symboles:**

- PBTE : perlite brute traitée vendue en Europe
- PBT : perlite brute traitée
- PE : perlite expansée
- PEH : perlite expansée hydrophobisée

### **Coûts des produits en année normale.**

La production prévue en année normale retenue pour les calculs est celle 2002 soit 50.000 t/an de perlite brute traitée avec 44.500 t/an vendues en l'état, dont 19.500 t/an en Europe, 5.000 t/an vendues sous forme de perlite expansée et 500 t/an sous forme de perlite expansée hydrophobisée.

Tous les coûts indiqués ci-après sont ceux d'une année d'activité normale (voir le tableau 4-1 page 26). Les coûts des autres années seront calculés automatiquement par le logiciel COMFAR. Ces coûts d'exploitation se scindent en deux types :

- Les coûts fixes indépendants de l'activité de l'entreprise,

- Les coûts proportionnels aux quantités de produits finis fabriqués.

Le facteur de variabilité (%) se réfère au pourcentage des coûts proportionnels par rapport aux coûts totaux indiqués.

**Coûts directs pour l'année d'activité normale (50.000 t)**

Tableau 12 – 5. Matières premières et auxiliaires; (en dollars US)

Désignation	Coût annuel		Variabilité	
Huile	7.590		100%	
Graisse	3.570		100%	
Huile de silicone	10.155		100%	
Total des matières premières et auxiliaires	21.315		100%	
Soit par type de production	PBT	PBTE	PE	PEH
Matières premières et auxiliaires utilisées	5160	4000	2000	10.155

Tableau 12 – 6. Emballages. (en dollars US)

Désignation	Coût annuel		Variabilité	
Sacs papiers de 125 litres	120.000		100%	
Palettes	3.000		100%	
Big bag	12.500		100%	
Total des emballages	135.500		100%	
Soit par type de production	PBT	PBTE	PE	PEH
Emballages utilisés	7.000	5.500	110.500	12.500

Tableau 12 - 7. Utilités (en dollars US).

Désignation	Coût annuel		Variabilité	
Eau	468		50%	
Location et entretien compteur	1.328		0%	
Total du coût des utilités	1.796			
Soit par type de production	PBT	PBTE	PE	PEH
Utilités utilisées			1.500	296

Tableau 12 – 8. Energie. (en dollars US)

Désignation	Coût annuel		Variabilité	
Gasoil	196.000		100%	
Gaz	432.000		100%	
Electricité	316.000		100%	
Location et entretien du compteur	5.000		0%	
Coûts additionnels	20.000		0%	
Total du coût des énergies	969.000			
Soit par type de production	PBT	PBTE	PE	PEH
Energies utilisées	264.000	210000	450.000	45.000

**Main d'œuvre de production.**

Le tableau 10 –1 montre que l'effectif du personnel de production varie en fonction de l'activité du complexe et que 55% de celui participe à l'extraction au transport du minerai et à la préparation de la PBT

Tableau 12 – 9. Main d'œuvre de production. (en dollars US)

Main d'œuvre	180.072			
Soit par type de production	PBT	PBTE	PE	PEH
Main d'œuvre de production employée	55.000	44.000	74.000	7.072

Remarques: Les charges sociales sont incluses dans les salaires pour 15,7%

**Coûts directs de commercialisation et de distribution hors main d'œuvre. (en dollars US) :**

Les frais de commercialisation concernent le marketing, la publicité, la promotion, les commissions sur ventes. Ces frais sont estimés à 3,5% du chiffre d'affaires annuel. La distribution consiste au transport de l'usine au port ou à la gare ferroviaire et à la mise à FOB. Son coût est estimé à 1,5% du chiffre d'affaires. Le tableau suivant présente ces données.

Tableau 12 – 10 Coûts directs de commercialisation en pourcentage du chiffre d'affaires. (en % et en USD)

Désignation / année		2001 à 2011		
Total des taux de frais de commerciaux et distribution hors main d'œuvre		5%		
		200.750		
Soit par type de production	PBT	PBTE	PE	PEH
Répartition des frais de commerciaux et distribution hors main d'œuvre (en USD)	56.250	19.500	100.000	25.000

**Coûts indirects****Traitements, salaires et charges sociales non liés directement la production**

Tableau 12 – 11. Traitements, salaires et charges sociales. Frais généraux. (en dollars US) :

Désignation (traitement + charges sociales)	Coût annuel	Variabilité
Frais généraux d'exploitation (Directeur général et du Secrétaire de direction)	27.696	0%
Frais généraux d'administration (Comptable)	6.624	0%
Frais généraux de marketing (Responsable des ventes et 3 agents commerciaux)	31.860	0%
Total Traitements, salaires et charges sociales. (frais généraux)	61.180	0%

**Matériel et services (frais généraux d'exploitation).**

Tableau 12 – 12. Matériel et services (frais généraux d'exploitation)

Les coûts annuels de la maintenance sont estimés à (en USD) :

Désignation	Coût annuel	Variabilité
- Bâtiments et VRD : coût 0,15% de 3.550 mille USD	5.000	0%
- Matériels et équipements : coût 1,5% de 6.818 mille USD	102.000	50%

**Assurances**

Les primes d'assurance prévoient deux taux différents pour les bâtiments et les équipements. :

Tableau 12 – 13. Assurances (en USD)

Désignation	Coût annuel	Variabilité
- Bâtiments et VRD : coût 0,2% de 3.550 mille USD	7.000	0%
- Matériels et équipement : coût 2% de 6.818 mille USD	136.000	50%
Coût annuel des assurances	143.000	

**Matériel et services. Frais généraux d'administration**

Tableau 12 – 14. Matériel et services (Frais généraux d'administration) (en USD) :

Désignation	Coût annuel	Variabilité
Téléphone	20.000	0%
Fournitures de bureau	5.000	0%
Total des frais généraux d'exploitation hors main d'œuvre	25.000	

**Autres coûts indirects**

Tableau 12 – 15. Autres coûts indirects. (Frais généraux de marketing). (en dollars)

Désignation	Coût annuel	Variabilité
Frais de séjour et de déplacement	45.000	0%

**Pièces de rechange.**

L'utilisation annuelle de pièces de rechange a été estimée à 20% du stock de celles-ci :

Tableau 12 – 16. Pièces de rechanges. (en USD)

Désignation	Coût annuel	Variabilité
- Consommation de 20% de 305.000 USD	61.000	50%

**12.3.3. Prix de vente et Programme des ventes.****Prix de vente.**

Les prix de vente FOB retenus après étude des marchés (voir chapitre 6, pages 25 à 55) sont les suivants :

PBTE :	perlite brute traitée vendue en Europe	20 USD/t
PBT :	perlite brute traitée	45 USD/t
PE :	perlite expansée	400 USD/t
PEH :	perlite expansée hydrophobisée	1.000 USD/t

**Programme des ventes**

Le Tableau 12 – 4. Données de production retenue (en millier de tonnes) donne le programme de production retenu pour le complexe. Il en résulte le programme des ventes suivant.

Tableau 12 – 17. Programme des ventes du complexe (en milliers d'USD)

Ventes /année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ventes PBTE	60	352	370	388	408	428	450	472	480	480	480
Ventes PBT	1098	1179	1273	1364	1471	1580	1701	1827	1863	1863	1863
Ventes PE	2040	2200	2320	2480	2680	2840	3040	3280	3480	3480	3480
Ventes PEH	500	550	600	650	7	750	800	850	900	900	900
Total	3698	4341	4563	4882	5259	5598	5991	6429	6723	6723	6723

**12.3.4. Sources de financement.**

Les besoins de financement seront couverts par les fonds propres et un emprunt en devises.

**Fonds propres.**

Pour les fonds propres, il est supposé que 6 millions d'USD seront mis à la disposition du projet par les actionnaires. Ils seront investis au fur et à mesure des besoins de financement en 1999 et 2000.

**Déblocages prévus:**

En 1999 :	1,203 millions d'USD
En 2000 :	4,797 millions d'USD

**Emprunt en devises à long terme.**

Pour le financement des équipements, un emprunt en devises sera contracté pour un montant de 6,103 millions de dollars US. Il sera libéré en deux tranches:

**Déblocage prévu :**

En 07/2000	3,816 millions d'USD
En 01/2001	2,287 millions d'USD.



**Conditions du prêt à long terme en devises :**

Taux d'intérêt	8%
Période de remboursement	10 ans
Type de remboursement	principal constant
Mode de remboursement	annuel
Début des remboursements	31/12/2002

**Emprunt en devises à court terme.**

Trois emprunts d'un an sont prévus pour un total de 95.300 USD

**Débloquages prévus.**

En 01/2001	26.000 USD
En 01/2005	6.300 USD
En 01/2006	63.000 USD

**Conditions de prêt à court terme.**

Taux d'intérêt	9%
Période de remboursement	1 an
Type de remboursement	en une fois
Début des remboursements	31/12/2002

**12.3.5. Impôts et taxes.**

La société bénéficiera du régime B du code des investissements qui donne les avantages suivants :

- Exonération de la patente,
- Exonération des impôts sur les bénéfices pendant 10 ans,
- Exonération de la Taxe Intérieure de Consommation sur les produits importés,
- Exonération des droits d'enregistrement.

**12.4. ANALYSE FINANCIERE PROPREMENT DITE.**

Basée sur les données regroupées dans les chapitres 12.1 - 12.3 l'analyse financière du projet a été effectuée à l'aide du logiciel COMFAR de l'ONUDI avec pour base de temps :

- 18 mois de construction de juillet 1999 au décembre 2000,
- 11 années de production étudiées de janvier 2001 au décembre 2012,
- Prix constants, valeur 1997

Les tableaux et graphiques fournis par COMFAR se trouvent en Annexe I. Ces résultats seront discutés les uns après les autres dans le texte suivant.

**12.4.1. Coûts d'investissement total.**

Le total des investissements calculé par COMFAR avec les coûts de financement (intérêts) dans l'étude financière du projet se répartit comme suit :

Coûts d'investissement	Total construction	Total production	Total investissement
Total des coûts des investissements	10.428.000	6.618.000	17.046.000
Total des dépenses de pré-production	1.478.380	504.110	1.982.480
Augmentation du fond de roulement net	391.674	680.335	1.072.009
Total des coûts d'investissement	12.298.054	7.802.445	20.100.499

**12.4.2. Coûts de production.**

Les coûts de production sont essentiellement constitués par :

- Les dépenses d'énergies qui représentent 59% des frais de fabrication et 28% des coûts des produits. La rentabilité du projet est donc très sensible à ces coûts énergétiques.
- Les amortissements et charges financières qui représentent, en 2002, 44% des coûts des produits. Le projet est donc du type industrie lourde.
- La part des frais commerciaux dans le coût des produits représente 8% du coût des produits.

**12.4.3. Fond de roulement.**

Le fond de roulement net s'élève à 700.000 USD en 2002 et représente 40% de la valeur des dépenses d'exploitation. C'est à dire qu'il couvre plus de quatre mois d'exploitation. Les deux éléments les plus importants de ce fond de roulement sont les comptes clients et les avances à la commande.

**12.4.4. Sources de financement construction et production.*****Fonds propres.***

Le capital social retenu est de 6.000.000 USD. Il représente plus du tiers des fonds nécessaires aux investissements initiaux. Il est souhaitable de ne pas les réduire pour ne pas augmenter le service de la dette.

***Emprunts à long terme.***

Les taux d'intérêt sont à la baisse et il devrait être possible avec les résultats positifs de cette étude financière et des garanties sur la qualité commerciale de la perlite d'EGERALAYTA d'obtenir un taux inférieur à 8% pour un emprunt de 6.805.490 USD sur 10 ans au moment de la réalisation du projet.

***Emprunt à court terme.***

Les 3 emprunts à un an pour une valeur totale de 190.252 USD ne doivent pas poser de problème et leur taux d'intérêt de 9% est un maximum au vu de la tendance à la baisse des taux d'intérêts.

**12.4.5. Cash Flow réalisation et production.**

En 1999 et 2000 les dépenses de réalisation sont équilibrées par les apports en capitaux propres et l'emprunt à long terme. Dès le démarrage de la production et tout au long de la période étudiée, si l'on l'année 2008 de réinvestissement, le cash flow reste positif. Ceci permet la récupération du capital investi en 2006, soit une période de sept années.

**12.4.6. Taux de rentabilité interne.**

Le taux de rentabilité interne de l'investissement est de 15,15%. Cela montre que le projet est viable sous les conditions indiquées, mais aussi que la marge de sécurité est significative. Ce taux indique que la liquidité du projet est satisfaisante.

**12.4.7. Déclaration de revenu net.**

Les ventes totales sont indiquées hors taxes. L'impôt sur les Bénéfices Industriels et Commerciaux des sociétés sera dû à partir de l'année 2011 et s'élèvera à 348.538 USD en 2011 et 401.279 USD ET 2012.

**12.5. INTERPRETATION DES GRAPHIQUES ET TESTS DE SENSIBILITE.**

Les graphiques et courbes de cette évaluation financière se trouvent en annexe. Ils s'expliquent d'eux même. A l'aide de ces éléments, quelques "tests de sensibilité" ont été élaborés et sont discutés dans ce chapitre et le suivant.

Les "tests de sensibilité" ont été élaborés pour étudier l'influences des paramètres suivants :

- Variation des coûts d'investissement,
- Variation des coûts d'exploitation,
- Variation des prix de vente.

### **TRI**

Les influences de la variation de ces paramètres sur le Taux de Rentabilité Interne (TRI) sont montées par le graphique "Sensibilité du TRI" qui montre que la variation du prix de vente est le paramètre qui influe le plus sur la rentabilité du projet. Une baisse de 10% des prix de vente induit une baisse de 5% du TRI alors qu'une augmentation de 10% des coûts d'exploitation ou des investissements induit une baisse du TRI d'environ 2,5%.

### **VAN**

Les courbes individuelles de la Valeur Actualisée Nette du projet (VAN) en fonction de chacun de ces paramètres confirment cette influence prédominante des prix de ventes.

### **Seuil de rentabilité**

Le seuil de rentabilité en pourcentage du chiffre d'affaires diminue de 58,49% au début de la production (2001) jusqu'à 33,59% en fin de la période étudiée (2012). Les graphiques du seuil de rentabilité, coûts de financement inclus, confirment l'influence dominante des prix de vente dont une diminution de 10% porte le seuil de rentabilité à plus de 75% pendant les quatre premières années de l'exploitation avec un maximum supérieur à 90% en 2002.

## **12.6. ANALYSE DES RISQUES.**

Le plus grand risque inhérent au projet est celui que les ventes ne puissent pas être réalisées, tant au niveau des prix qu'à celui des quantités, comme prévue. Les conséquences de ce risque ont été analysées au chapitre précédent.

Ce risque est très important dans ce projet où la qualité commerciale des futurs produits n'est pas démontrée et où leurs prix de vente peuvent varier fortement en fonction de celle-ci.

A part ce risque dominant, d'autres risques existent dont le plus important est le risque concernant la qualité constante de la perlite du gisement.

## **12.7. RECOMMANDATIONS.**

Si la qualité commerciale de la perlite du gisement correspond à la demande des industriels et si les ventes peuvent être conformes aux hypothèses retenues dans cette étude, il peut être recommandé de réaliser ce projet.



PROJET DU GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DE DJIBOUTI

ETUDE DE FAISABILITE POUR L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE  
DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA  
(XA/DJI/96/621/B)

## ANNEXE 1

COMFAR

établi par

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

A partir des travaux de KERAMOPROJEKT TRENCIN, A.S., SLOVAQUIE

ONUDI, Vienne  
Service des investissements, Division de la Promotion des Investissements  
et de la Technologie

Février 1998

Tableau 1

## MATRICE RECAPITULATIVE DU PROJET

Titre du Projet:	EXPLOITATION DU GISEMENT DE PERLITE D'EGERALAYTA
Description du Projet:	ETUDE DE FAISABILITE POUR L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA , XA/DJI/96/621. PROJET DU GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DE DJIBOUTI.
Date et heure:	RAPPORT FINAL etabli par l'ONUUDI ,responsable du projet Dr. V. KLYKOV. Mars 1998
Classification du Projet:	Nouveau projet
Phase de construction:	7/1999 - 12/2000
Durée:	1 ans, 6 mois
Phase de production:	1/2001 - 12/2012
Durée:	12 périodes
Monnaie de compte:	United States Dollar
Unités:	Absolu
Monnaie de référence:	US dollars
Taux de change:	1USD=1USD

## COUTS D'INVESTISSEMENT

	Total construction	Total production	Total investissement
Total des coûts d'investissement	10 428 000,00	6 618 000,00	17 046 000,00
Total dépenses de pré-production	1 478 380,00	504 110,40	1 982 490,40
Augmentation du fonds de roulement net	391 674,00	680 335,27	1 072 009,27
<b>TOTAL DES COUTS D'INVESTISSEMENT</b>	<b>12 298 054,00</b>	<b>7 802 445,67</b>	<b>20 100 499,67</b>

## SOURCES DE FINANCEMENT

	Total rentrées
Total capital social	6 000 000,00
Total emprunts à long terme	6 805 490,40
Total financement à court terme	190 251,81
<b>TOTAL SOURCES DE FINANCEMENT</b>	<b>12 995 742,21</b>

## REVENU ET COUTS, OPERATIONS

	Première année 2001	Année de référence 2002	Dernière année 2012
<b>PRODUIT DES VENTES</b>	<b>3 698 000,00</b>	<b>4 341 000,00</b>	<b>6 723 000,00</b>
Coûts de fabrication	1 437 067,62	1 735 825,62	3 620 044,05
Frais généraux d'administration	8 668,00	32 668,00	32 668,00
<b>DEPENSES D'EXPLOITATION</b>	<b>1 445 735,62</b>	<b>1 768 493,62</b>	<b>3 652 712,05</b>
Amortissement	1 018 706,67	1 119 062,44	642 306,67
Charges financières	2 340,00	546 779,23	8 577,00
<b>TOTAL DES COUTS DE PRODUCTION</b>	<b>2 466 782,29</b>	<b>3 434 335,29</b>	<b>4 303 595,72</b>

**MATRICE RECAPITULATIVE DU PROJET**

Coûts de marketing	261 760,00	293 910,00	413 010,00
<b>COUTS DES PRODUITS</b>	<b>2 728 542,29</b>	<b>3 728 245,29</b>	<b>4 716 605,72</b>
Intérêts sur dépôts à court terme	0,00	0,00	0,00
<b>BENEFICE BRUT D'EXPLOITATION</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>2 006 394,28</b>
Revenus exceptionnels	0,00	0,00	0,00
Pertes exceptionnelles	0,00	0,00	0,00
Dotations aux amortissements	0,00	0,00	0,00
<b>BENEFICE BRUT</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>2 006 394,28</b>
Investissements déductibles	0,00	0,00	0,00
<b>BENEFICE IMPOSABLE</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>2 006 394,28</b>
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	401 278,86
<b>BENEFICE NET</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>1 605 115,42</b>

**RATIOS**

Valeur actualisée nette	à 9,00 %	4 312 169,34
Taux de rentabilité interne de l'investissement (TRI)	15,15 %	
TRI modifié de l'investissement	15,15 %	
Taux de rentabilité interne du capital social (TRIC)	19,84 %	
TRI modifié du capital social	19,84 %	

Tableau 2

**COUTS D'INVESTISSEMENT - TOTAL**

United States Dollar

	Total construction	Total production	7/1999 -12/1999	2000
<b>Total des coûts d'investissement</b>	<b>10 428 000,00</b>	<b>6 618 000,00</b>	<b>460 000,00</b>	<b>9 968 000,00</b>
<b>Total dépenses de pré-production</b>	<b>1 478 380,00</b>	<b>504 110,40</b>	<b>743 000,00</b>	<b>735 380,00</b>
Dépenses de pré-prod., nettes d'intérêt	1 280 000,00	0,00	743 000,00	537 000,00
Intérêts	198 380,00	504 110,40	0,00	198 380,00
<b>Augmentation du fonds de roulement net</b>	<b>391 674,00</b>	<b>680 335,27</b>	<b>0,00</b>	<b>391 674,00</b>
<b>TOTAL DES COUTS D'INVESTISSEMENT</b>	<b>12 298 054,00</b>	<b>7 802 445,67</b>	<b>1 203 000,00</b>	<b>11 095 054,00</b>
<b>Part extérieure (%)</b>	<b>94,07</b>	<b>90,11</b>	<b>49,88</b>	<b>98,86</b>

	2001	2002	2003	2004
<b>Total des coûts d'investissement</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Total dépenses de pré-production</b>	<b>504 110,40</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Dépenses de pré-prod., nettes d'intérêt	0,00	0,00	0,00	0,00
Intérêts	504 110,40	0,00	0,00	0,00
<b>Augmentation du fonds de roulement net</b>	<b>278 446,96</b>	<b>29 439,12</b>	<b>-41 859,10</b>	<b>-32 754,26</b>
<b>TOTAL DES COUTS D'INVESTISSEMENT</b>	<b>782 557,36</b>	<b>29 439,12</b>	<b>-41 859,10</b>	<b>-32 754,26</b>
<b>Part extérieure (%)</b>	<b>70,47</b>	<b>-183,12</b>	<b>145,47</b>	<b>185,92</b>

	2005	2006	2007	2008
<b>Total des coûts d'investissement</b>	<b>200 000,00</b>	<b>1 805 000,00</b>	<b>0,00</b>	<b>4 070 000,00</b>
<b>Total dépenses de pré-production</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Dépenses de pré-prod., nettes d'intérêt	0,00	0,00	0,00	0,00
Intérêts	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Augmentation du fonds de roulement net</b>	<b>-15 975,07</b>	<b>26 071,67</b>	<b>35 384,30</b>	<b>369 704,06</b>
<b>TOTAL DES COUTS D'INVESTISSEMENT</b>	<b>184 024,93</b>	<b>1 831 071,67</b>	<b>35 384,30</b>	<b>4 439 704,06</b>
<b>Part extérieure (%)</b>	<b>81,68</b>	<b>98,36</b>	<b>0,40</b>	<b>93,60</b>

	2009	2010	2011	2012
<b>Total des coûts d'investissement</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>543 000,00</b>	<b>0,00</b>
<b>Total dépenses de pré-production</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Dépenses de pré-prod., nettes d'intérêt	0,00	0,00	0,00	0,00
Intérêts	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Augmentation du fonds de roulement net</b>	<b>31 966,12</b>	<b>-88,48</b>	<b>-0,05</b>	<b>0,00</b>
<b>TOTAL DES COUTS D'INVESTISSEMENT</b>	<b>31 966,12</b>	<b>-88,48</b>	<b>542 999,95</b>	<b>0,00</b>
<b>Part extérieure (%)</b>	<b>15,77</b>	<b>0,04</b>	<b>100,00</b>	<b>0,00</b>

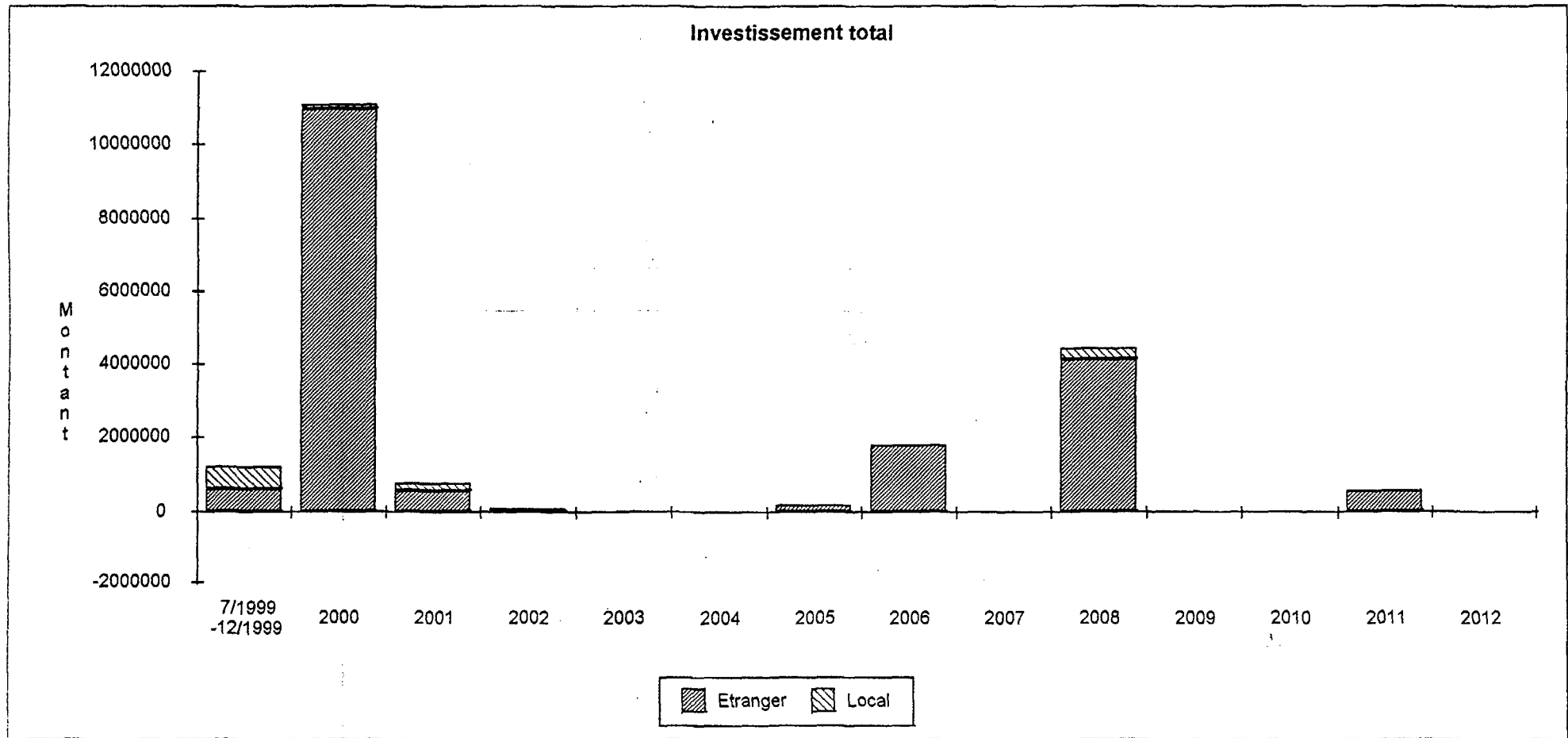


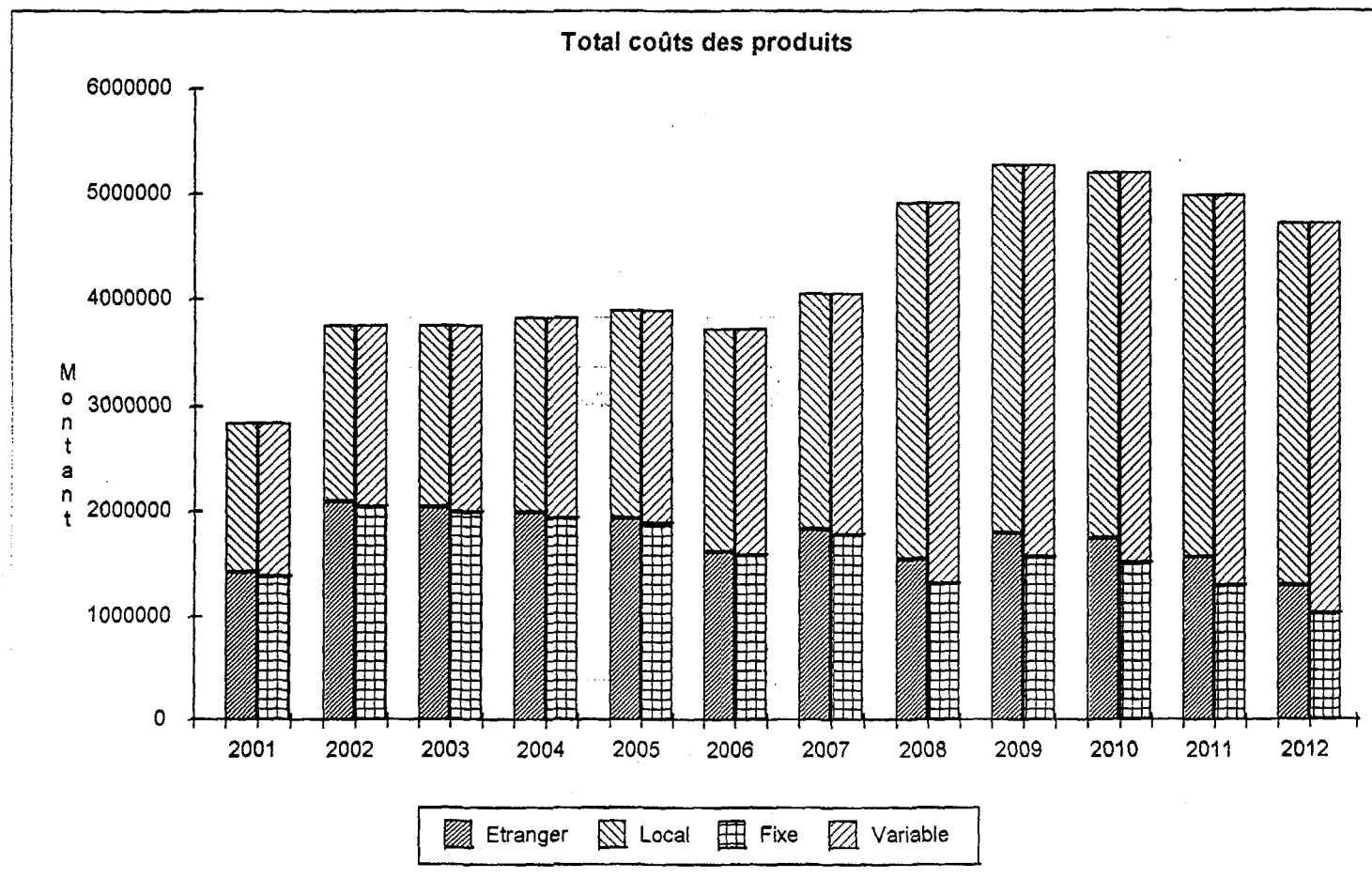


Tableau 3

<b>COUTS ANNUELS DES PRODUITS - TOTAL</b>					
United States Dollar					
	Production 2001	Production 2002	Production 2003	Production 2004	Production 2005
Matières premières	19 333,76	22 831,93	24 283,12	26 062,65	27 990,56
Fournitures industrielles	143 409,67	151 847,76	156 191,27	167 511,12	180 910,18
Services publics	1 978,17	2 036,82	2 101,42	2 257,27	2 439,37
Energie	860 136,00	1 043 397,03	1 078 234,46	1 151 333,77	1 238 138,74
Pièces détachées consommées	61 000,00	61 000,00	61 000,00	61 000,00	61 000,00
Réparations, maintenance, matériel	107 000,00	107 000,00	107 000,00	107 000,00	107 000,00
Redevances	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Main-d'oeuvre	154 918,00	192 564,59	199 128,15	212 476,12	228 335,20
Frais gén. de main d'oeuvre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frais gén. d'exploitation	180 044,00	180 044,00	180 044,00	180 044,00	180 044,00
<b>COUTS DE FABRICATION</b>	<b>1 527 819,59</b>	<b>1 760 722,12</b>	<b>1 807 982,42</b>	<b>1 907 684,92</b>	<b>2 025 858,06</b>
Frais gén. d'administration	8 668,00	32 668,00	32 668,00	32 668,00	32 668,00
<b>DEPENSES D'EXPLOITATION</b>	<b>1 536 487,59</b>	<b>1 793 390,12</b>	<b>1 840 650,42</b>	<b>1 940 352,92</b>	<b>2 058 526,06</b>
Amortissement	1 018 706,67	1 119 062,44	1 119 062,44	1 119 062,44	1 119 062,44
Charges financières	2 340,00	546 779,23	492 335,31	437 891,39	384 014,46
<b>TOTAL DES COUTS DE PRODUCTION</b>	<b>2 557 534,26</b>	<b>3 459 231,79</b>	<b>3 452 048,17</b>	<b>3 497 306,75</b>	<b>3 561 602,96</b>
Cts directs de marketing	200 308,33	219 729,17	229 102,08	245 400,00	264 550,00
Frais gén. de marketing	76 860,00	76 860,00	76 860,00	76 860,00	76 860,00
<b>COUTS DES PRODUITS</b>	<b>2 834 702,59</b>	<b>3 755 820,96</b>	<b>3 758 010,25</b>	<b>3 819 566,75</b>	<b>3 903 012,96</b>
Part extérieure (%)	49,76	55,36	53,89	51,61	49,14
Part variable (%)	51,82	45,96	47,44	49,71	52,17

<b>COUTS ANNUELS DES PRODUITS - TOTAL</b>					
United States Dollar					
	Production 2006	Production 2007	Production 2008	Production 2009	Production 2010
Matières premières	29 863,22	31 871,84	33 935,95	35 348,93	35 227,04
Fournitures industrielles	191 730,90	205 239,84	400 969,76	413 310,13	412 261,23
Services publics	2 586,47	2 768,57	977 980,67	978 157,77	978 142,80
Energie	1 314 001,97	1 404 963,87	1 505 716,03	1 564 833,51	1 559 645,54
Pièces détachées consommées	61 000,00	61 000,00	61 000,00	61 000,00	61 000,00
Réparations, maintenance, matériel	107 000,00	107 000,00	107 000,00	107 000,00	107 000,00
Redevances	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Main-d'oeuvre	242 375,48	259 101,87	277 472,79	287 620,93	286 723,45
Frais gén. de main d'oeuvre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frais gén. d'exploitation	180 044,00	180 044,00	180 044,00	180 044,00	180 044,00
<b>COUTS DE FABRICATION</b>	<b>2 128 602,04</b>	<b>2 251 989,99</b>	<b>3 544 119,20</b>	<b>3 627 315,26</b>	<b>3 620 044,05</b>
Frais gén. d'administration	32 668,00	32 668,00	32 668,00	32 668,00	32 668,00
<b>DEPENSES D'EXPLOITATION</b>	<b>2 161 270,04</b>	<b>2 284 657,99</b>	<b>3 576 787,20</b>	<b>3 659 983,26</b>	<b>3 652 712,05</b>
Amortissement	866 362,44	1 119 062,44	712 062,44	1 018 706,67	1 018 706,67
Charges financières	329 570,54	275 126,62	226 352,69	171 908,77	117 464,85
<b>TOTAL DES COUTS DE PRODUCTION</b>	<b>3 357 203,02</b>	<b>3 678 847,04</b>	<b>4 515 202,33</b>	<b>4 850 598,70</b>	<b>4 788 883,57</b>
Cts directs de marketing	281 283,33	301 189,58	323 275,00	337 375,00	336 150,00
Frais gén. de marketing	76 860,00	76 860,00	76 860,00	76 860,00	76 860,00
<b>COUTS DES PRODUITS</b>	<b>3 715 346,35</b>	<b>4 056 896,63</b>	<b>4 915 337,33</b>	<b>5 264 833,70</b>	<b>5 201 893,57</b>
Part extérieure (%)	43,37	44,62	31,23	33,95	33,31
Part variable (%)	58,02	56,66	73,51	70,47	71,16

<b>COUTS ANNUELS DES PRODUITS - TOTAL</b>		
United States Dollar		
	Production 2011	Production 2012
Matières premières	35 227,04	35 227,04
Fournitures industrielles	412 261,23	412 261,23
Services publics	978 142,80	978 142,80
Energie	1 559 645,54	1 559 645,54
Pièces détachées consommées	61 000,00	61 000,00
Réparations, maintenance, matériel	107 000,00	107 000,00
Redevances	0,00	0,00
Main-d'oeuvre	286 723,45	286 723,45
Frais gén. de main d'oeuvre	0,00	0,00
Frais gén. d'exploitation	180 044,00	180 044,00
<b>COUTS DE FABRICATION</b>	<b>3 620 044,05</b>	<b>3 620 044,05</b>
Frais gén. d'administration	32 668,00	32 668,00
<b>DEPENSES D'EXPLOITATION</b>	<b>3 652 712,05</b>	<b>3 652 712,05</b>
Amortissement	851 566,67	642 306,67
Charges financières	63 020,92	8 577,00
<b>TOTAL DES COUTS DE PRODUCTION</b>	<b>4 567 299,64</b>	<b>4 303 595,72</b>
Cts directs de marketing	336 150,00	336 150,00
Frais gén. de marketing	76 860,00	76 860,00
<b>COUTS DES PRODUITS</b>	<b>4 980 309,64</b>	<b>4 716 605,72</b>
Part extérieure (%)	31,11	27,26
Part variable (%)	74,33	78,48





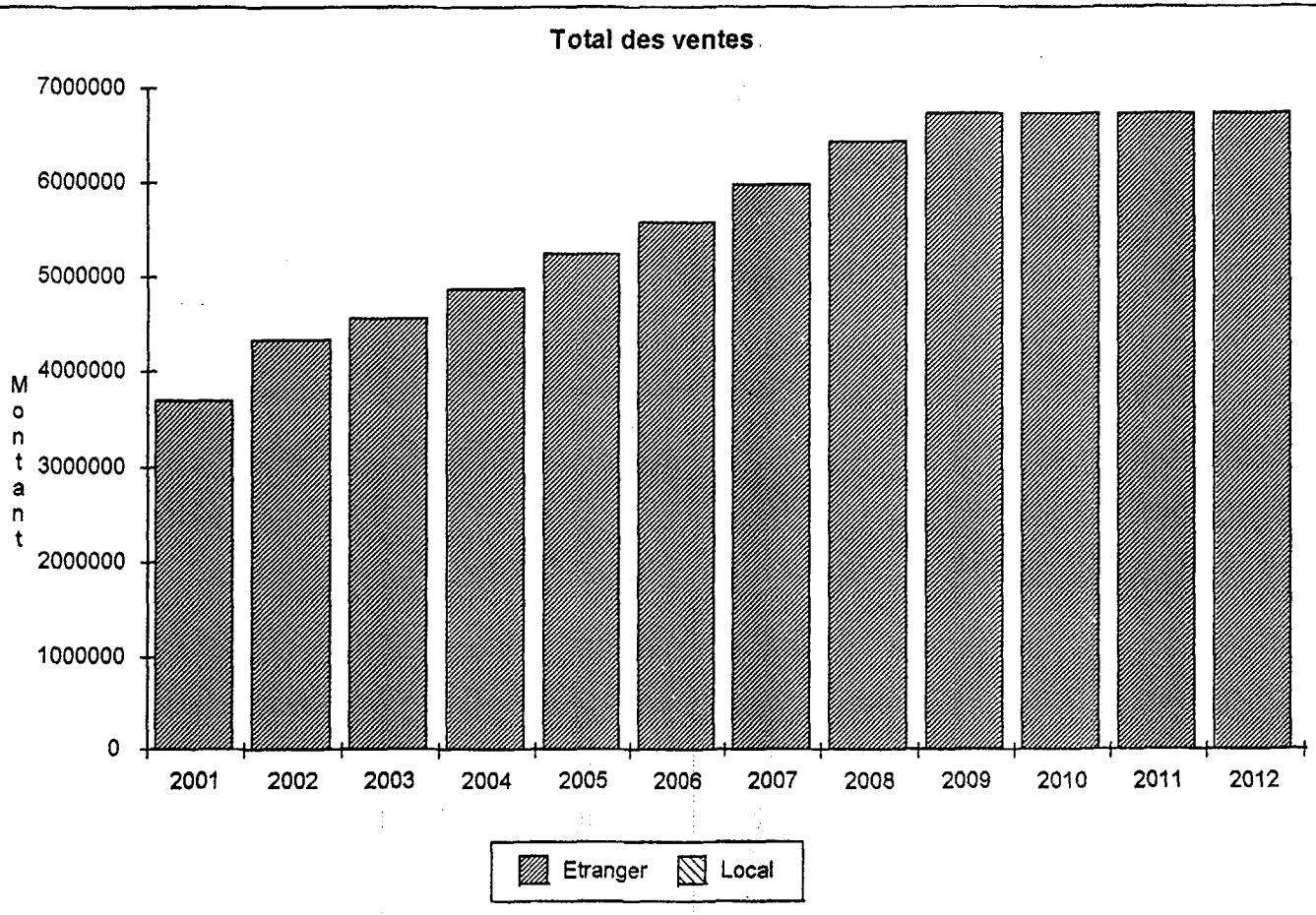


Tableau 5

<b>FLUX FINANCIER - TOTAL</b>				
United States Dollar				
	Total entrées	7/1999 -12/1999	2000	2001
Total capital social	6 000 000,00	1 203 000,00	4 797 000,00	0,00
Total emprunts à long terme	6 805 490,40	0,00	6 301 380,00	504 110,40
<b>TOTAL FINANCEMENT A LONG TERME</b>	<b>12 805 490,40</b>	<b>1 203 000,00</b>	<b>11 098 380,00</b>	<b>504 110,40</b>
Total financement à court terme	190 251,81	0,00	0,00	49 582,88
<b>TOTAL FLUX FINANCIERS</b>	<b>12 995 742,21</b>	<b>1 203 000,00</b>	<b>11 098 380,00</b>	<b>553 693,28</b>
Part extérieure (%)	99,62	100,00	100,00	99,35

<b>FLUX FINANCIER - TOTAL</b>				
United States Dollar				
	2002	2003	2004	2005
Total capital social	0,00	0,00	0,00	0,00
Total emprunts à long terme	-680 549,04	-680 549,04	-680 549,04	-680 549,04
<b>TOTAL FINANCEMENT A LONG TERME</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>-680 549,04</b>
Total financement à court terme	1 935,26	156,12	322,58	7 698,24
<b>TOTAL FLUX FINANCIERS</b>	<b>-678 613,78</b>	<b>-680 392,92</b>	<b>-680 226,46</b>	<b>-672 850,80</b>
Part extérieure (%)	100,14	100,02	100,05	100,06

<b>FLUX FINANCIER - TOTAL</b>				
United States Dollar				
	2006	2007	2008	2009
Total capital social	0,00	0,00	0,00	0,00
Total emprunts à long terme	-680 549,04	-680 549,04	-680 549,04	-680 549,04
<b>TOTAL FINANCEMENT A LONG TERME</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>-680 549,04</b>
Total financement à court terme	4 398,44	398,18	125 760,06	-6 422,79
<b>TOTAL FLUX FINANCIERS</b>	<b>-676 150,60</b>	<b>-680 150,86</b>	<b>-554 788,98</b>	<b>-686 971,83</b>
Part extérieure (%)	100,05	100,06	107,71	99,79

<b>FLUX FINANCIER - TOTAL</b>				
United States Dollar				
	2010	2011	2012	Valeur résiduelle 2013
Total capital social	0,00	0,00	0,00	0,00
Total emprunts à long terme	-680 549,04	-680 549,04	0,00	0,00
<b>TOTAL FINANCEMENT A LONG TERME</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>-680 549,04</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Total financement à court terme	-24,21	0,05	0,00	-183 804,81
<b>TOTAL FLUX FINANCIERS</b>	<b>-680 573,25</b>	<b>-680 548,99</b>	<b>0,00</b>	<b>-183 804,81</b>
Part extérieure (%)	100,00	100,00	0,00	74,20

Tableau 6

<b>CASH FLOW POUR LA PLANIFICATION FINANCIERE - TOTAL</b>				
United States Dollar				
	7/1999 -12/1999	2000	2001	2002
<b>TOTAL ENTREES DE TRESORERIE</b>	<b>1 203 000,00</b>	<b>11 098 380,00</b>	<b>4 251 693,28</b>	<b>4 342 935,26</b>
Entrées de fonds	1 203 000,00	11 098 380,00	553 693,28	1 935,26
Recettes d'exploitation	0,00	0,00	3 698 000,00	4 341 000,00
Autres revenus	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL SORTIES DE TRESORERIE</b>	<b>1 203 000,00</b>	<b>11 095 054,00</b>	<b>2 515 975,86</b>	<b>3 321 106,27</b>
Augmentation des immobilisations	1 203 000,00	10 505 000,00	0,00	0,00
Accroissement actif circulant	0,00	391 674,00	302 029,84	31 374,38
Dépenses d'exploitation	0,00	0,00	1 445 735,62	1 768 493,62
Coûts de marketing	0,00	0,00	261 760,00	293 910,00
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	0,00	0,00
Charges financières	0,00	198 380,00	506 450,40	546 779,23
Remboursements des emprunts	0,00	0,00	0,00	680 549,04
Dividendes	0,00	0,00	0,00	0,00
Remboursement du capital social	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>EXCEDENT (OU DEFICIT)</b>	<b>0,00</b>	<b>3 326,00</b>	<b>1 735 717,42</b>	<b>1 021 828,99</b>
<b>SOLDE DE TRESORERIE CUMULE</b>	<b>0,00</b>	<b>3 326,00</b>	<b>1 739 043,42</b>	<b>2 760 872,40</b>
Excédent (déficit) en devises	603 000,00	129 484,00	3 235 676,96	2 704 600,61
Excédent (déficit) en monnaie locale	-603 000,00	-126 158,00	-1 499 959,55	-1 682 771,62
Solde de devises cumulé	603 000,00	732 484,00	3 968 160,96	6 672 761,57
Solde de monnaie locale cumulé	-603 000,00	-729 158,00	-2 229 117,55	-3 911 889,17
<b>Solde de trésorerie net</b>	<b>1 203 000,00</b>	<b>10 900 000,00</b>	<b>47 242,88</b>	<b>-1 225 393,01</b>



<b>CASH FLOW POUR LA PLANIFICATION FINANCIERE - TOTAL</b>				
United States Dollar				
	2003	2004	2005	2006
<b>TOTAL ENTREES DE TRESORERIE</b>	<b>4 563 656,12</b>	<b>4 881 822,58</b>	<b>5 267 198,24</b>	<b>5 601 898,44</b>
Entrées de fonds	156,12	322,58	7 698,24	4 398,44
Recettes d'exploitation	4 563 500,00	4 881 500,00	5 259 500,00	5 597 500,00
Autres revenus	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL SORTIES DE TRESORERIE</b>	<b>3 271 316,27</b>	<b>3 339 200,28</b>	<b>3 638 634,70</b>	<b>5 354 944,19</b>
Augmentation des immobilisations	0,00	0,00	200 000,00	1 805 000,00
Accroissement actif circulant	-41 702,97	-32 431,68	-14 576,83	30 470,11
Dépenses d'exploitation	1 835 099,90	1 932 256,54	2 048 813,02	2 152 619,50
Coûts de marketing	305 035,00	320 935,00	339 835,00	356 735,00
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	0,00	0,00
Charges financières	492 335,31	437 891,39	384 014,46	329 570,54
Remboursements des emprunts	680 549,04	680 549,04	680 549,04	680 549,04
Dividendes	0,00	0,00	0,00	0,00
Remboursement du capital social	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>EXCEDENT (OU DEFICIT)</b>	<b>1 292 339,85</b>	<b>1 542 622,30</b>	<b>1 628 563,55</b>	<b>246 954,26</b>
<b>SOLDE DE TRESORERIE CUMULE</b>	<b>4 053 212,25</b>	<b>5 595 834,55</b>	<b>7 224 398,10</b>	<b>7 471 352,35</b>
Excédent (déficit) en devises	2 988 092,96	3 360 129,31	3 586 606,65	2 321 505,23
Excédent (déficit) en monnaie locale	-1 695 753,11	-1 817 507,02	-1 958 043,10	-2 074 550,98
Solde de devises cumulé	9 660 854,53	13 020 983,84	16 607 590,49	18 929 095,72
Solde de monnaie locale cumulé	-5 607 642,28	-7 425 149,29	-9 383 192,39	-11 457 743,37
Solde de trésorerie net	-1 172 728,23	-1 118 117,85	-1 056 865,26	-1 005 721,14

<b>CASH FLOW POUR LA PLANIFICATION FINANCIERE - TOTAL</b>				
United States Dollar				
	2007	2008	2009	2010
<b>TOTAL ENTREES DE TRESORERIE</b>	<b>5 991 398,18</b>	<b>6 554 760,06</b>	<b>6 723 000,00</b>	<b>6 723 000,00</b>
Entrées de fonds	398,18	125 760,06	0,00	0,00
Recettes d'exploitation	5 991 000,00	6 429 000,00	6 723 000,00	6 723 000,00
Autres revenus	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL SORTIES DE TRESORERIE</b>	<b>3 642 369,32</b>	<b>9 373 133,36</b>	<b>4 950 145,98</b>	<b>4 863 647,46</b>
Augmentation des immobilisations	0,00	4 070 000,00	0,00	0,00
Accroissement actif circulant	35 782,48	432 464,12	25 543,33	-112,69
Dépenses d'exploitation	2 274 501,18	3 565 457,50	3 652 712,05	3 652 712,05
Coûts de marketing	376 410,00	398 310,00	413 010,00	413 010,00
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	0,00	0,00
Charges financières	275 126,62	226 352,69	171 908,77	117 464,85
Remboursements des emprunts	680 549,04	680 549,04	686 971,83	680 573,25
Dividendes	0,00	0,00	0,00	0,00
Remboursement du capital social	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>EXCEDENT (OU DEFICIT)</b>	<b>2 349 028,86</b>	<b>-2 818 373,29</b>	<b>1 772 854,02</b>	<b>1 859 352,54</b>
<b>SOLDE DE TRESORERIE CUMULE</b>	<b>9 820 381,21</b>	<b>7 002 007,92</b>	<b>8 774 861,94</b>	<b>10 634 214,48</b>
Excédent (déficit) en devises	4 569 809,54	783 500,34	5 219 383,58	5 278 869,19
Excédent (déficit) en monnaie locale	-2 220 780,68	-3 601 873,63	-3 446 529,57	-3 419 516,65
Solde de devises cumulé	23 498 905,26	24 282 405,60	29 501 789,18	34 780 658,38
Solde de monnaie locale cumulé	-13 678 524,05	-17 280 397,68	-20 726 927,25	-24 146 443,90
Solde de trésorerie net	-955 277,48	-781 141,67	-858 880,60	-798 038,10

<b>CASH FLOW POUR LA PLANIFICATION FINANCIERE - TOTAL</b>			
United States Dollar			
	2011	2012	Valeur résiduelle 2013
<b>TOTAL ENTREES DE TRESORERIE</b>	<b>6 723 000,05</b>	<b>6 723 000,00</b>	<b>8 465 274,08</b>
Entrées de fonds	0,05	0,00	0,00
Recettes d'exploitation	6 723 000,00	6 723 000,00	0,00
Autres revenus	0,00	0,00	8 465 274,08
<b>TOTAL SORTIES DE TRESORERIE</b>	<b>5 700 830,09</b>	<b>4 475 577,91</b>	<b>183 804,81</b>
Augmentation des immobilisations	543 000,00	0,00	0,00
Accroissement actif circulant	0,00	0,00	0,00
Dépenses d'exploitation	3 652 712,05	3 652 712,05	0,00
Coûts de marketing	413 010,00	413 010,00	0,00
Impôt sur les sociétés	348 538,07	401 278,86	0,00
Charges financières	63 020,92	8 577,00	0,00
Remboursements des emprunts	680 549,04	0,00	183 804,81
Dividendes	0,00	0,00	0,00
Remboursement du capital social	0,00	0,00	0,00
<b>EXCEDENT (OU DEFICIT)</b>	<b>1 022 169,96</b>	<b>2 247 422,09</b>	<b>8 281 469,27</b>
<b>SOLDE DE TRESORERIE CUMULE</b>	<b>11 656 384,44</b>	<b>13 903 806,53</b>	<b>22 185 275,80</b>
Excédent (déficit) en devises	4 790 313,08	6 068 306,04	119 091,93
Excédent (déficit) en monnaie locale	-3 768 143,11	-3 820 883,95	8 162 377,34
Solde de devises cumulé	39 570 971,45	45 639 277,49	45 758 369,42
Solde de monnaie locale cumulé	-27 914 587,01	-31 735 470,96	-23 573 093,62
Solde de trésorerie net	-743 569,91	-8 577,00	-183 804,81

Cash flow pour la planification financière

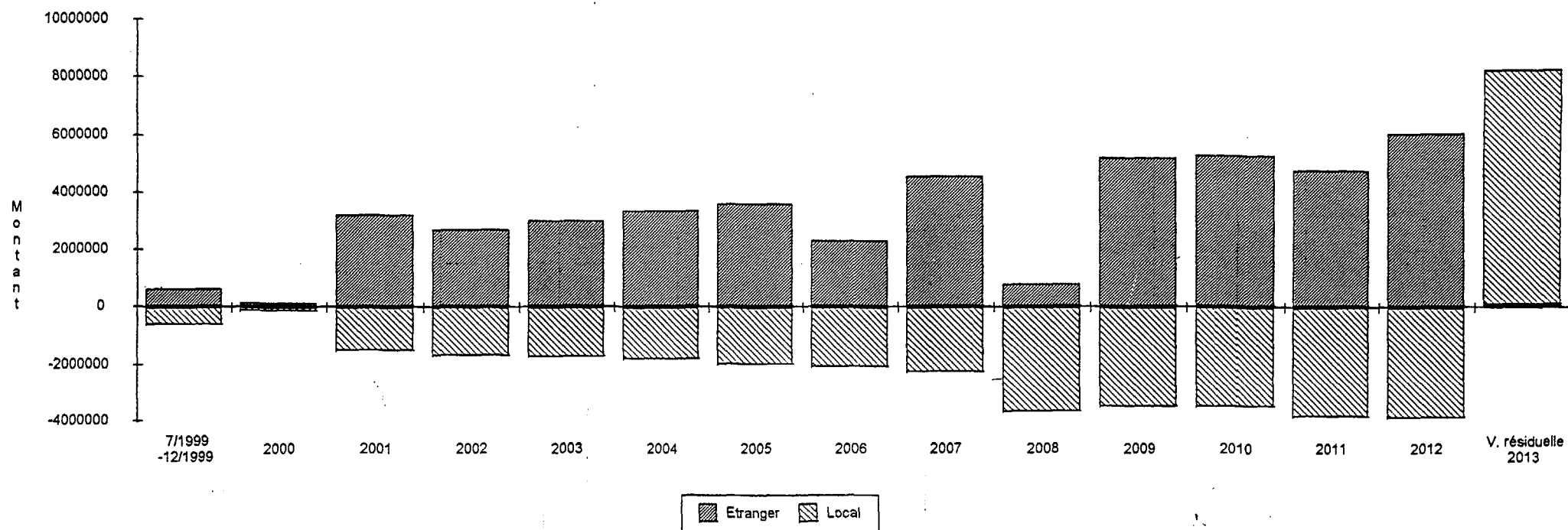
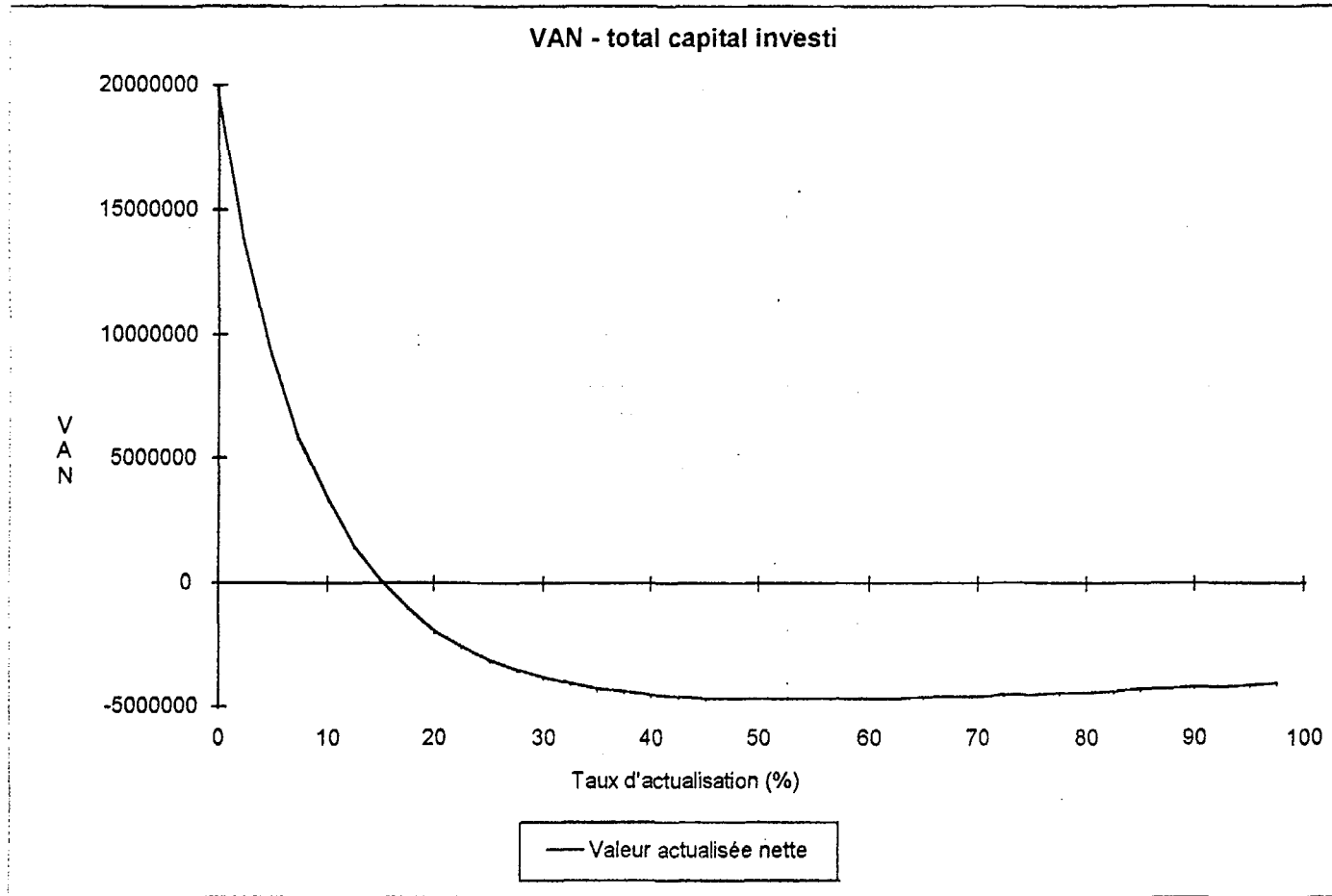


Tableau 7

<b>CASH FLOW ACTUALISE - TOTAL CAPITAL INVESTI</b>					
United States Dollar					
	7/1999 -12/1999	2000	2001	2002	2003
<b>TOTAL ENTREES DE TRESORERIE</b>	0,00	0,00	3 698 000,00	4 341 000,00	4 563 500,00
Recettes d'exploitation	0,00	0,00	3 698 000,00	4 341 000,00	4 563 500,00
Autres revenus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL SORTIES DE TRESORERIE</b>	1 203 000,00	10 896 674,00	1 985 942,58	2 091 842,74	2 098 275,80
Augmentation des immobilisations	1 203 000,00	10 505 000,00	0,00	0,00	0,00
Augmentation du fonds de roulement net	0,00	391 674,00	278 446,96	29 439,12	-41 859,10
Dépenses d'exploitation	0,00	0,00	1 445 735,62	1 768 493,62	1 835 099,90
Coûts de marketing	0,00	0,00	261 760,00	293 910,00	305 035,00
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CASH FLOW NET</b>	-1 203 000,00	-10 896 674,00	1 712 057,42	2 249 157,26	2 465 224,20
<b>CASH FLOW NET CUMULE</b>	-1 203 000,00	-12 099 674,00	-10 387 616,58	-8 138 459,32	-5 673 235,13
Valeur actualisée nette	-1 152 265,02	-9 575 340,16	1 380 231,96	1 663 516,37	1 672 773,66
Valeur actualisée nette cumulée	-1 152 265,02	-10 727 605,19	-9 347 373,22	-7 683 856,85	-6 011 083,19
<b>VALEUR ACTUALISEE NETTE</b>	à 9,00 %	4 312 169,34			
<b>TAUX DE RENTABILITE INTERNE</b>	15,15 %				
<b>TAUX DE RENT. INTERNE MODIFIE</b>	15,15 %				
<b>PERIODE DE RECUPERATION DU CAPITAL INVESTI</b>	à 0,00 %	7 années,	= 2006		
<b>PERIODE DE RECUP. DYNAMIQUE</b>	à 9,00 %	11 années,	= 2010		
<b>RATIO DE LA VALEUR ACTUALISEE NETTE</b>	0,30				

<b>CASH FLOW ACTUALISE - TOTAL CAPITAL INVESTI</b>					
United States Dollar					
	2004	2005	2006	2007	2008
<b>TOTAL ENTREES DE TRESORERIE</b>	4 881 500,00	5 259 500,00	5 597 500,00	5 991 000,00	6 429 000,00
Recettes d'exploitation	4 881 500,00	5 259 500,00	5 597 500,00	5 991 000,00	6 429 000,00
Autres revenus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL SORTIES DE TRESORERIE</b>	2 220 437,28	2 572 672,95	4 340 426,16	2 686 295,48	8 403 471,56
Augmentation des immobilisations	0,00	200 000,00	1 805 000,00	0,00	4 070 000,00
Augmentation du fonds de roulement net	-32 754,26	-15 975,07	26 071,67	35 384,30	369 704,06
Dépenses d'exploitation	1 932 256,54	2 048 813,02	2 152 619,50	2 274 501,18	3 565 457,50
Coûts de marketing	320 935,00	339 835,00	356 735,00	376 410,00	398 310,00
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>CASH FLOW NET</b>	2 661 062,72	2 686 827,05	1 257 073,84	3 304 704,52	-1 974 471,56
<b>CASH FLOW NET CUMULE</b>	-3 012 172,40	-325 345,36	931 728,48	4 236 433,00	2 261 961,44
Valeur actualisée nette	1 656 568,40	1 534 502,06	658 661,16	1 588 573,82	-870 761,37
Valeur actualisée nette cumulée	-4 354 514,79	-2 820 012,73	-2 161 351,58	-572 777,76	-1 443 539,12
<b>VALEUR ACTUALISEE NETTE</b>					
<b>TAUX DE RENTABILITE INTERNE</b>					
<b>TAUX DE RENT. INTERNE MODIFIE</b>					
<b>PERIODE DE RECUPERATION DU CAPITAL INVESTI</b>					
<b>PERIODE DE RECUP. DYNAMIQUE</b>					
<b>RATIO DE LA VALEUR ACTUALISEE NETTE</b>					

<b>CASH FLOW ACTUALISE - TOTAL CAPITAL INVESTI</b>					
United States Dollar					
	2009	2010	2011	2012	Valeur résiduelle 2013
<b>TOTAL ENTREES DE TRESORERIE</b>	6 723 000,00	6 723 000,00	6 723 000,00	6 723 000,00	8 376 769,27
Recettes d'exploitation	6 723 000,00	6 723 000,00	6 723 000,00	6 723 000,00	0,00
Autres revenus	0,00	0,00	0,00	0,00	8 376 769,27
<b>TOTAL SORTIES DE TRESORERIE</b>	4 097 688,17	4 065 633,57	4 957 260,07	4 467 000,91	0,00
Augmentation des immobilisations	0,00	0,00	543 000,00	0,00	0,00
Augmentation du fonds de roulement net	31 966,12	-88,48	-0,05	0,00	0,00
Dépenses d'exploitation	3 652 712,05	3 652 712,05	3 652 712,05	3 652 712,05	0,00
Coûts de marketing	413 010,00	413 010,00	413 010,00	413 010,00	0,00
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	348 538,07	401 278,86	0,00
<b>CASH FLOW NET</b>	2 625 311,83	2 657 366,43	1 765 739,93	2 255 999,09	8 376 769,27
<b>CASH FLOW NET CUMULE</b>	4 887 273,26	7 544 639,69	9 310 379,61	11 566 378,71	19 943 147,98
Valeur actualisée nette	1 062 191,12	986 385,59	601 305,97	704 824,83	2 401 000,96
Valeur actualisée nette cumulée	-381 348,00	605 037,58	1 206 343,55	1 911 168,39	4 312 169,34
<b>VALEUR ACTUALISEE NETTE</b>					
<b>TAUX DE RENTABILITE INTERNE</b>					
<b>TAUX DE RENT. INTERNE MODIFIE</b>					
<b>PERIODE DE RECUPERATION DU CAPITAL INVESTI</b>					
<b>PERIODE DE RECUP. DYNAMIQUE</b>					
<b>RATIO DE LA VALEUR ACTUALISEE NETTE</b>					





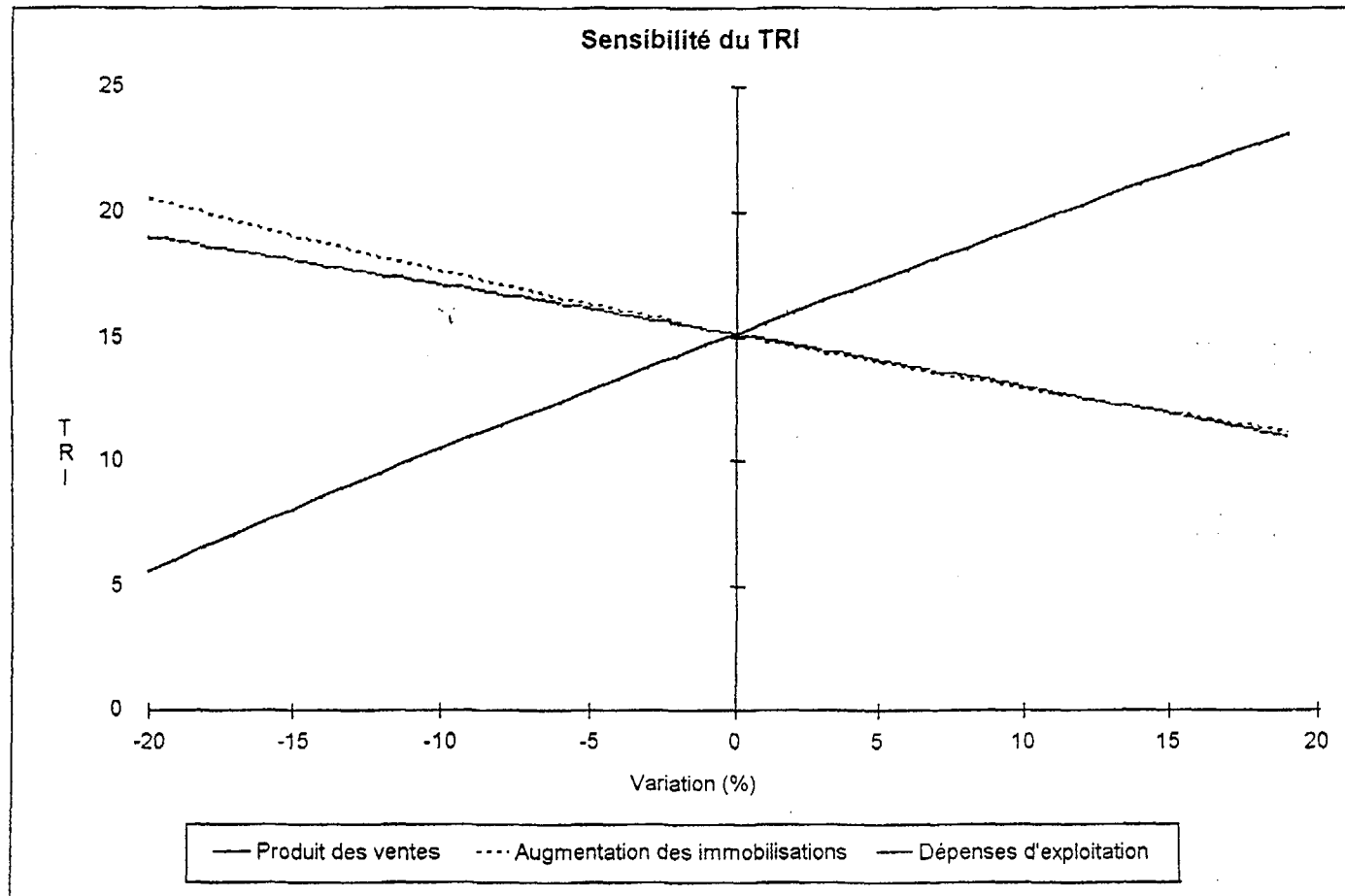


Tableau 8

**COMPTE DE RESULTAT NET**

United States Dollar

	Production 2001	Production 2002	Production 2003	Production 2004	Production 2005	Production 2006	Production 2007	Production 2008
Produit des ventes	3 698 000,00	4 341 000,00	4 563 500,00	4 881 500,00	5 259 500,00	5 597 500,00	5 991 000,00	6 429 000,00
Moins coûts variables	1 362 797,62	1 698 505,62	1 776 236,90	1 889 293,54	2 024 750,02	2 145 456,50	2 287 013,18	3 599 869,50
<b>MARGE VARIABLE</b>	<b>2 335 202,38</b>	<b>2 642 494,38</b>	<b>2 787 263,10</b>	<b>2 992 206,46</b>	<b>3 234 749,98</b>	<b>3 452 043,50</b>	<b>3 703 986,82</b>	<b>2 829 130,50</b>
en % du chiffre d'affaire	63,15	60,87	61,08	61,30	61,50	61,67	61,83	44,01
Moins coûts fixes	1 363 404,67	1 482 960,44	1 482 960,44	1 482 960,44	1 482 960,44	1 230 260,44	1 482 960,44	1 075 960,44
<b>MARGE D'EXPLOITATION</b>	<b>971 797,71</b>	<b>1 159 533,94</b>	<b>1 304 302,66</b>	<b>1 509 246,02</b>	<b>1 751 789,54</b>	<b>2 221 783,06</b>	<b>2 221 026,38</b>	<b>1 753 170,06</b>
en % du chiffre d'affaire	26,28	26,71	28,58	30,92	33,31	39,69	37,07	27,27
Intérêts sur dépôts à court terme	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Charges financières	2 340,00	546 779,23	492 335,31	437 891,39	384 014,46	329 570,54	275 126,62	226 352,69
<b>BENEFICE BRUT D'EXPLOITATION</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>811 967,35</b>	<b>1 071 354,64</b>	<b>1 367 775,08</b>	<b>1 892 212,52</b>	<b>1 945 899,76</b>	<b>1 526 817,37</b>
en % du chiffre d'affaire	26,22	14,12	17,79	21,95	26,01	33,80	32,48	23,75
Revenus exceptionnels	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pertes exceptionnelles	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dotations aux amortissements	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>BENEFICE BRUT</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>811 967,35</b>	<b>1 071 354,64</b>	<b>1 367 775,08</b>	<b>1 892 212,52</b>	<b>1 945 899,76</b>	<b>1 526 817,37</b>
Investissements déductibles	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>BENEFICE IMPOSABLE</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>811 967,35</b>	<b>1 071 354,64</b>	<b>1 367 775,08</b>	<b>1 892 212,52</b>	<b>1 945 899,76</b>	<b>1 526 817,37</b>
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>BENEFICE NET</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>811 967,35</b>	<b>1 071 354,64</b>	<b>1 367 775,08</b>	<b>1 892 212,52</b>	<b>1 945 899,76</b>	<b>1 526 817,37</b>
en % du chiffre d'affaire	26,22	14,12	17,79	21,95	26,01	33,80	32,48	23,75
Dividendes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>BENEFICES NON DISTRIBUES</b>	<b>969 457,71</b>	<b>612 754,71</b>	<b>811 967,35</b>	<b>1 071 354,64</b>	<b>1 367 775,08</b>	<b>1 892 212,52</b>	<b>1 945 899,76</b>	<b>1 526 817,37</b>
<b>Ratios (%)</b>								
Bénéfice net / capital social	16,16	10,21	13,53	17,86	22,80	31,54	32,43	25,45
Bénéfice net / valeur nette	13,91	8,08	9,67	11,32	12,63	14,87	13,26	9,43
Bénéfice net + intérêts / investissement	7,43	8,84	9,98	11,58	13,25	14,76	14,72	8,98

<b>COMPTE DE RESULTAT NET</b>					
United States Dollar					
	Production 2009	Production 2010	Production 2011	Production 2012	
Produit des ventes	6 723 000,00	6 723 000,00	6 723 000,00	6 723 000,00	
Moins coûts variables	3 701 824,05	3 701 824,05	3 701 824,05	3 701 824,05	
<b>MARGE VARIABLE</b>	<b>3 021 175,95</b>	<b>3 021 175,95</b>	<b>3 021 175,95</b>	<b>3 021 175,95</b>	
en % du chiffre d'affaire	44,94	44,94	44,94	44,94	
Moins coûts fixes	1 382 604,67	1 382 604,67	1 215 464,67	1 006 204,67	
<b>MARGE D'EXPLOITATION</b>	<b>1 638 571,28</b>	<b>1 638 571,28</b>	<b>1 805 711,28</b>	<b>2 014 971,28</b>	
en % du chiffre d'affaire	24,37	24,37	26,86	29,97	
Intérêts sur dépôts à court terme	0,00	0,00	0,00	0,00	
Charges financières	171 908,77	117 464,85	63 020,92	8 577,00	
<b>BENEFICE BRUT D'EXPLOITATION</b>	<b>1 466 662,51</b>	<b>1 521 106,43</b>	<b>1 742 690,36</b>	<b>2 006 394,28</b>	
en % du chiffre d'affaire	21,82	22,63	25,92	29,84	
Revenus exceptionnels	0,00	0,00	0,00	0,00	
Pertes exceptionnelles	0,00	0,00	0,00	0,00	
Dotations aux amortissements	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>BENEFICE BRUT</b>	<b>1 466 662,51</b>	<b>1 521 106,43</b>	<b>1 742 690,36</b>	<b>2 006 394,28</b>	
Investissements déductibles	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>BENEFICE IMPOSABLE</b>	<b>1 466 662,51</b>	<b>1 521 106,43</b>	<b>1 742 690,36</b>	<b>2 006 394,28</b>	
Impôt sur les sociétés	0,00	0,00	348 538,07	401 278,86	
<b>BENEFICE NET</b>	<b>1 466 662,51</b>	<b>1 521 106,43</b>	<b>1 394 152,29</b>	<b>1 605 115,42</b>	
en % du chiffre d'affaire	21,82	22,63	20,74	23,87	
Dividendes	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>BENEFICES NON DISTRIBUES</b>	<b>1 466 662,51</b>	<b>1 521 106,43</b>	<b>1 394 152,29</b>	<b>1 605 115,42</b>	
<b>Ratios (%)</b>					
Bénéfice net / capital social	24,44	25,35	23,24	26,75	
Bénéfice net / valeur nette	8,30	7,93	6,77	7,24	
Bénéfice net + intérêts / investissement	8,38	8,38	7,25	8,03	

Tableau 9

<b>BILAN PREVISIONNEL</b>							
United States Dollar							
	7/1999 -12/1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>TOTAL ACTIF</b>	1 203 000,00	12 301 380,00	13 824 530,99	13 758 671,92	13 890 246,35	14 281 374,53	14 976 298,81
Total actifs circulants	0,00	395 000,00	2 432 747,26	3 485 950,62	4 736 587,50	6 246 778,11	7 860 764,83
Total immobilisations, net d'amort.	1 203 000,00	11 906 380,00	11 391 783,73	10 272 721,30	9 153 658,86	8 034 596,42	7 115 533,98
Report des pertes cumulées	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pertes de l'année en cours	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL PASSIF</b>	1 203 000,00	12 301 380,00	13 824 530,99	13 758 671,92	13 890 246,35	14 281 374,53	14 976 298,81
Total passif à court terme	0,00	0,00	49 582,88	51 518,14	51 674,26	51 996,84	59 695,08
Total dette à long terme	0,00	6 301 380,00	6 805 490,40	6 124 941,36	5 444 392,32	4 763 843,28	4 083 294,24
Total capital social	1 203 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00
Réserves, bénéfiques non distribués reportés	0,00	0,00	0,00	969 457,71	1 582 212,42	2 394 179,77	3 465 534,41
Bénéfice net après impôt	0,00	0,00	969 457,71	612 754,71	811 967,35	1 071 354,64	1 367 775,08
Valeur nette comptable	1 203 000,00	6 000 000,00	6 969 457,71	7 582 212,42	8 394 179,77	9 465 534,41	10 833 309,49
<b>Ratios (%)</b>							
Capital social / total passif	100,00	48,78	43,40	43,61	43,20	42,01	40,06
Valeur nette comptable / total passif	100,00	48,78	50,41	55,11	60,43	66,28	72,34
Dettes à long terme / valeur nette comptable	0,00	1,05	0,98	0,81	0,65	0,50	0,38
Actifs circulant / passif à court terme	0,00	0,00	49,06	67,66	91,66	120,14	131,68

<b>BILAN PREVISIONNEL</b>							
United States Dollar							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>TOTAL ACTIF</b>	<b>16 192 360,74</b>	<b>17 458 109,64</b>	<b>18 430 138,03</b>	<b>19 209 828,71</b>	<b>20 050 361,89</b>	<b>20 763 965,19</b>	<b>22 369 080,61</b>
Total actifs circulants	8 138 189,20	10 523 000,54	8 137 091,36	9 935 488,71	11 794 728,56	12 816 898,52	15 064 320,61
Total immobilisations, net d'amort.	8 054 171,54	6 935 109,10	10 293 046,67	9 274 340,00	8 255 633,33	7 947 066,67	7 304 760,00
Report des pertes cumulées	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pertes de l'année en cours	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL PASSIF</b>	<b>16 192 360,74</b>	<b>17 458 109,64</b>	<b>18 430 138,03</b>	<b>19 209 828,71</b>	<b>20 050 361,89</b>	<b>20 763 965,19</b>	<b>22 369 080,61</b>
Total passif à court terme	64 093,52	64 491,70	190 251,76	183 828,97	183 804,76	183 804,81	183 804,81
Total dette à long terme	3 402 745,20	2 722 196,16	2 041 647,12	1 361 098,08	680 549,04	0,00	0,00
Total capital social	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00	6 000 000,00
Réserves, bénéfices non distribués reportés	4 833 309,49	6 725 522,02	8 671 421,78	10 198 239,15	11 664 901,66	13 186 008,09	14 580 160,38
Bénéfice net après impôt	1 892 212,52	1 945 899,76	1 526 817,37	1 466 662,51	1 521 106,43	1 394 152,29	1 605 115,42
Valeur nette comptable	12 725 522,02	14 671 421,78	16 198 239,15	17 664 901,66	19 186 008,09	20 580 160,38	22 185 275,80
<b>Ratios (%)</b>							
Capital social / total passif	37,05	34,37	32,56	31,23	29,92	28,90	26,82
Valeur nette comptable / total passif	78,59	84,04	87,89	91,96	95,69	99,11	99,18
Dettes à long terme / valeur nette comptable	0,27	0,19	0,13	0,08	0,04	0,00	0,00
Actifs circulant / passif à court terme	126,97	163,17	42,77	54,05	64,17	69,73	81,96

Tableau 10

<b>ANALYSE DU SEUIL DE RENTABILITE - TOTAL</b>									
United States Dollar									
	Production 2001	Production 2002	Production 2003	Production 2004	Production 2005	Production 2006	Production 2007	Production 2008	Production 2009
Produit des ventes	3,698,000.00	4,341,000.00	4,563,500.00	4,881,500.00	5,259,500.00	5,597,500.00	5,991,000.00	6,429,000.00	6,723,000.00
Coûts variables	1,362,797.62	1,698,505.62	1,776,236.90	1,889,293.54	2,024,750.02	2,145,456.50	2,287,013.18	3,599,869.50	3,701,824.05
Marge variable	2,335,202.38	2,642,494.38	2,787,263.10	2,992,206.46	3,234,749.98	3,452,043.50	3,703,986.82	2,829,130.50	3,021,175.95
Marge variable (%)	63.15	60.87	61.08	61.30	61.50	61.67	61.83	44.01	44.94
<b>Frais financiers inclus</b>									
Coûts fixes	1,363,404.67	1,482,960.44	1,482,960.44	1,482,960.44	1,482,960.44	1,230,260.44	1,482,960.44	1,075,960.44	1,382,604.67
Charges financières	2,340.00	546,779.23	492,335.31	437,891.39	384,014.46	329,570.54	275,126.62	226,352.69	171,908.77
Seuil de rentabilité en chiffre d'affaire	2,162,777.76	3,334,387.38	3,234,090.87	3,133,686.90	3,035,583.75	2,529,271.11	2,843,611.51	2,959,414.96	3,459,247.00
Seuil de rentabilité (%)	58.49	76.81	70.87	64.20	57.72	45.19	47.46	46.03	51.45
Couverture des coûts fixes, taux	1.71	1.30	1.41	1.56	1.73	2.21	2.11	2.17	1.94
<b>Frais financiers exclus</b>									
Coûts fixes	1,363,404.67	1,482,960.44	1,482,960.44	1,482,960.44	1,482,960.44	1,230,260.44	1,482,960.44	1,075,960.44	1,382,604.67
Seuil de rentabilité en chiffre d'affaire	2,159,072.17	2,436,157.03	2,428,005.44	2,419,308.78	2,411,200.39	1,994,871.39	2,398,608.96	2,445,044.39	3,076,699.71
Seuil de rentabilité (%)	58.38	56.12	53.20	49.56	45.84	35.64	40.04	38.03	45.76
Couverture des coûts fixes, taux	1.71	1.78	1.88	2.02	2.18	2.81	2.50	2.63	2.19

<b>ANALYSE DU SEUIL DE RENTABILITE - TOTAL</b>			
United States Dollar			
	Production 2010	Production 2011	Production 2012
Produit des ventes	6,723,000.00	6,723,000.00	6,723,000.00
Coûts variables	3,701,824.05	3,701,824.05	3,701,824.05
Marge variable	3,021,175.95	3,021,175.95	3,021,175.95
Marge variable (%)	44.94	44.94	44.94
<b>Frais financiers inclus</b>			
Coûts fixes	1,382,604.67	1,215,464.67	1,006,204.67
Charges financières	117,464.85	63,020.92	8,577.00
Seuil de rentabilité en chiffre d'affaire	3,338,093.35	2,845,004.32	2,258,185.97
Seuil de rentabilité (%)	49.65	42.32	33.59
Couverture des coûts fixes, taux	2.01	2.36	2.98
<b>Frais financiers exclus</b>			
Coûts fixes	1,382,604.67	1,215,464.67	1,006,204.67
Seuil de rentabilité en chiffre d'affaire	3,076,699.71	2,704,764.34	2,239,099.64
Seuil de rentabilité (%)	45.76	40.23	33.31
Couverture des coûts fixes, taux	2.19	2.49	3.00

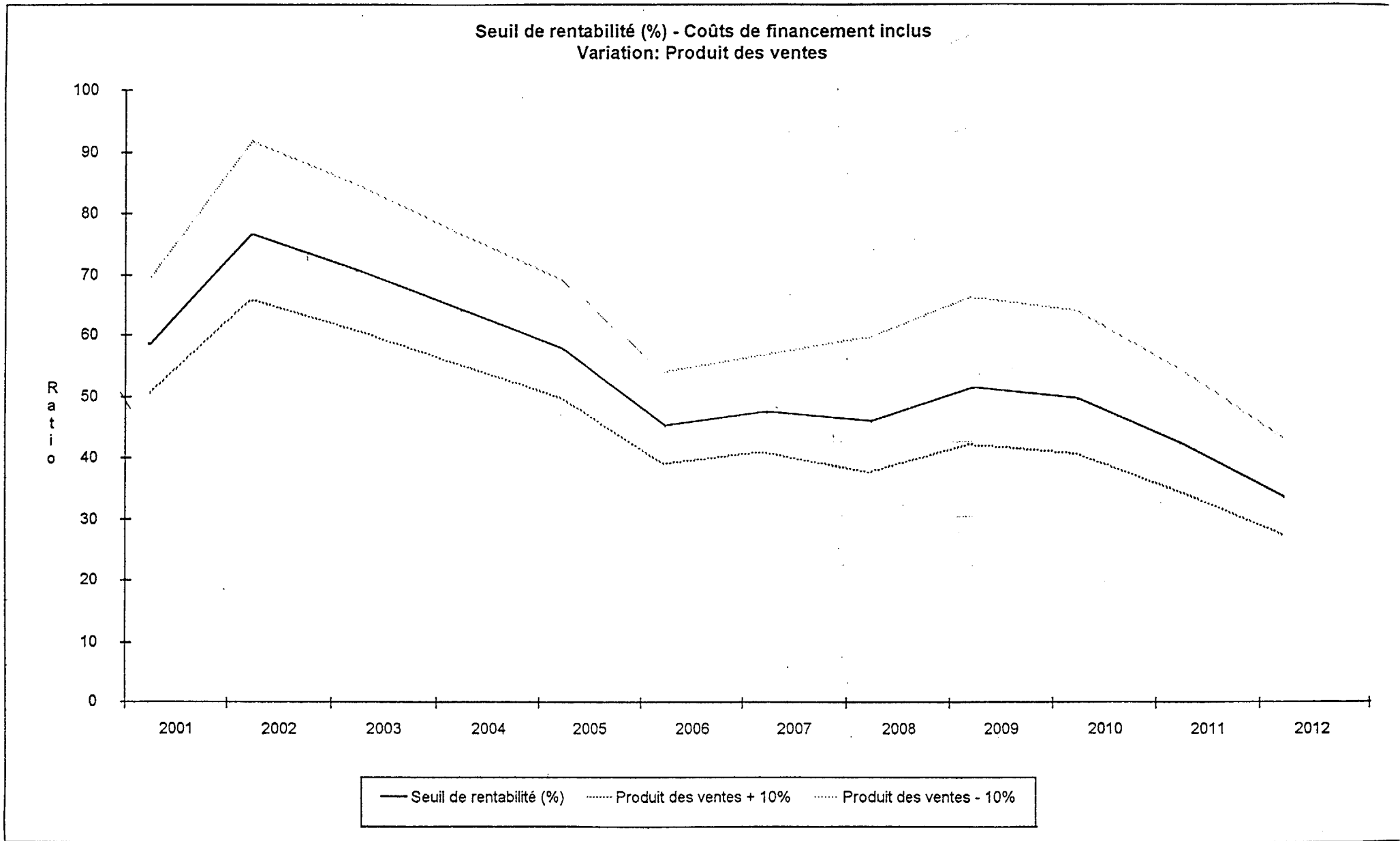
Seuil de rentabilité (%) - Coûts de financement inclus



— Seuil de rentabilité (%)



30





**PROJET DU GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DE DJIBOUTI**

**ETUDE DE FAISABILITE POUR L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE  
DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA**

**(XA/DJI/96/621/B)**

## **ANNEX 2**

### **Liste de documentation utilisée dans l'étude**

établi par

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

**A partir des travaux de KERAMOPROJEKT TRENCIN, A.S., SLOVAQUIE**

**ONUDI, Vienne  
Service des investissements, Division de la Promotion des Investissements  
et de la Technologie**

**Avril 1998**

- BEHRENS W., HAWRANEK P.M., 1993** : Manuel de préparation des études de faisabilité industrielle. Nouvelle édition revue et augmentée. ONUDI, Vienne, 1993.
- BRGM, 1987** : Mémento roches et minéraux industriels. La perlite. Rapport du Ministère de l'industrie, des postes et Télécommunications et du Commerce extérieur, 87 SGN 075 GEO, janvier 1987.
- BRITISH GEOLOGICAL SURVEY, 1995** : World Mineral Statistics, Other Mineral Commodities - Production of Perlite 1990 - 94.
- CHAMPREUX F., 1977** : Le gisement de perlite d'Egeraleyta, 1977. Rapport CECA inédit, ISERST, Djibouti.
- CHATELET H., 1985** : Le gisement de perlite d'Egeraleyta. Carte géologique, 1985. Rapport inédit, ISERST, Djibouti.
- CHESTERMAN W. CH. 1974** : Perlite. Industrial Minerals and Rocks No.36, June 1974, pp. 927 - 934.
- COOPE B., 1996** : Perlite. Metals & Minerals Annual Review - 1996, pp.91.
- FEKETE F., 1992** : Perlite and Thermoinsulation on Perlite Base, KERKO Košice.
- GASSE F., 1983** : Carte Géologique de la République de Djibouti à 1 : 100 000. Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer, Paris 1983.
- MAZET G., RECROIX F., BARBERI F., GRASSE D. & VARET J., 1986** : Carte géologique de la République de Djibouti à 1 : 100.000, feuille Ali Sabieh, avec notice. ISERST, Djibouti, 1986.
- MURDOCK J. B., 1980** : Compte rendu de résultats de tests d'expansion sur 10 échantillons de perlite du massif d'Egeralayta, Djibouti. Lettre inédite de la société „The Perlite Corporation“, Chester, Pennsylvania, USA, à l'ISERST, Djibouti, 14 juillet 1980.
- OMAR A., CARMAGNOLLE P., ABAR A., 1994** : La crise sismique du mois d'avril 1994. Observatoire Géophysique d'Arta, ISERST, No. 9 - Bi-annuelle - 1<sup>er</sup> semestre 1994 - Djibouti.
- ONUDI, 1989** : Djibouti : Economic diversification through industrialisation, Industrial Development Review Series, Vienna 1989.
- ONUDI, 1994** : Elaboration d'études d'investissement industriel. Directives succinctes pour les firmes de consultants engagées par l'ONUDI pour l'élaboration d'études de péfaisabilité et de faisabilité. Service des études de faisabilité, Division de la promotion des investissements et de la technologie, Mars 1994.
- ONUDI, 1996** : DJIBOUTI, EIU Country Profile 1995 - 96, ©The Economist Intelligence Unit Limited, pp. 74 - 99.
- ONUDI, 1996** : DJIBOUTI, EIU Country Report 4<sup>th</sup> quarter 1996, ©The Economist Intelligence Unit Limited, pp. 38 - 47.

**RANCON J. PH., 1988** : Etude géologique et minière du gisement de perlite d'Egeralayta, (République de Djibouti). Première phase : Etude géologique de surface. Rapport d'avancement. Rapport BRGM inédit No 88 GEO/RMI 017, 20 décembre 1988.

**RAPPORT NATIONAL ENVIRONNEMENT, Djibouti 1991.** COMITE NATIONAL POUR L'ENVIRONNEMENT, Secrétariat Technique du Comité National l'Environnement. Projet pour la Préparation de la Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement et de Développement CNUED 92, Rio de Janeiro.

**STIELTJES L., 1984** : Carte géologique du rift d'Asal (République de Djibouti) à 1 : 50.000; co-éditeurs : CNRS et BRGM, circa 1984.

**THIBAUT P. M., 1989/a** : Etude géologique et minière du gisement de perlite d'Egeralayta (République de Djibouti). Deuxième phase : sondages et puits. Rapport intermédiaire. Rapport BRGM inédit No. 89 GEO/RMI 011, septembre 1989.

**THIBAUT P. M., 1989/b** : Etude géologique et minière du gisement de perlite d'Egeralayta (République de Djibouti). Troisième phase : Essais de laboratoire sur échantillons de surface de sondages et de tranchées. Rapport intermédiaire. Rapport BRGM inédit No. 89 GEO/RMI 015, décembre 1989.

**THIBAUT P. M., 1990** : Etude géologique et minière du gisement de perlite d'Egeralayta (République de Djibouti). Quatrième phase : Carrère pilote, tests d'expansion et utilisations industrielles. Rapport intermédiaire. Rapport BRGM inédit No. 90 GEO/RMI 002, mars 1990.

**THIBAUT P. M., 1990** : Etude géologique et minière du gisement de perlite d'Egeralayta (République de Djibouti). Rapport final. Rapport BRGM No. R 30 813, octobre 1990.

**THIBAUT P. M., 1990** : Etude géologique et minière du gisement de perlite d'Egeralayta (République de Djibouti). Travaux complémentaires. Rapport final. Rapport BRGM No. R 31 875, décembre 1990.

**U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 1997** : Minerals Information, Publications and Data Products, February 1997.

**WHITSON D.N., 1982** : „Geology of the perlite deposit at No Agua Peaks, New Mexico“ in Proceedings, Seventeenth Forum on the Geology of Industrial Minerals, G.S. Austin, ed., New Mexico Bur. Mines & Min. Res. Circ. 182, pp.89 - 95.

RESTREINTE

Février 1998  
Original: Français

**Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel**

**ONU**  
**DI**

**REPUBLIQUE DE DJIBOUTI**

**ANNEXE 3**

**RAPPORT TECHNIQUE DE MISSION D'ETUDE**

**DE**

**LA COMMERCIALISATION DES PRODUITS DE LA PERLITE EN EUROPE**

XA/DJI/96/621

Etabli à l'attention du Gouvernement de la République de Djibouti  
par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

A partir des travaux A. AMMETER  
Consultant ONU

Officier Responsable de l'appui: M. V. KLYKOV,

\* Le présent document n'a pas fait l'objet d'une mise au point rédactionnelle.

## **1. OBJET DE LA MISSION.**

L'objet de cette partie de l'étude est la commercialisation de la perlite et de ses dérivés dans les pays européens. Cette étude de commercialisation doit compléter l'étude de marché réalisée par la Société PROGEO.

### **1.1. Le contenu de l'étude.**

L'objectif de cette étude consiste à déterminer les points suivants par des entretiens auprès des sociétés acheteuses potentielles européennes:

- une prévision de leurs besoins qualitatifs et quantitatifs ainsi que le niveau d'intérêt pour un approvisionnement en perlite de la mine d'EGERALAYTA.
- le prix d'achat des acheteurs européens
- une prévision des ventes et de la stratégie de commercialisation en Europe en fonction de la demande, de la concurrence, mais aussi de la qualité et des prix FOB DJIBOUTI et CIF Europe ou usine.
- une estimation de la possibilité et des conditions des compagnies européennes pour une participation au capital social ou aux investissements.

### **1.2. Les produits objets de l'étude.**

Cette étude porte sur deux produits:

#### ***- La perlite brute traitée.***

La perlite est un minerai d'origine volcanique. Chaque gisement de perlite est l'affleurement au niveau du sol d'une coulée volcanique et de ce fait est constitué par une veine de minerai dont la structure, la composition chimique et les propriétés industrielles sont homogènes.

La perlite minerai a une densité voisine de 1,2 tonne / mètre cube. La perlite brute traitée est un produit pulvérulent porteur de poussières.

La perlite brute traitée commercialisée est donc le produit intermédiaire obtenu par broyage et calibrage du minerai. Il est proposé commercialement sous quatre granulations standard (0 - 0,3 mm; 0,3 - 0,8 mm; 0,8 - 1,6 mm et 1,6 - 2 mm).

#### ***La perlite expansée non pressée.***

D'une façon générale, l'intérêt de la perlite expansée est fonction de sa faible densité non tassée et de sa résistance mécanique qui en font un isolant thermique et phonique. Elle présente aussi un grand intérêt comme produit filtrant. Par ailleurs, du fait de sa nature minérale, elle est stable vis à vis des influences atmosphériques, de la chaleur, du feu et des micro-organismes.

C'est un produit fini obtenu par le chauffage à 800-1200°C de la perlite brute traitée. Il est proposé commercialement sous cinq granulations:

- très fine: 0 - 0,3 mm;
- fine: 0,3 - 0,5 mm
- moyenne grosse: 0 - 1 mm;
- gros grain: 0 - 1,6 mm;
- agroperlite: 0 - 2 mm.

Les principales caractéristiques commerciales d'une perlite brute traitée sont:

- la densité non tassée (DNT),
- la densité tassée (DT),
- le coefficient d'expansion,
- la conductibilité thermique,
- le pH,
- la résistance mécanique à l'attrition (Ra),
- le fer soluble calculé pour mille,
- le pourcentage de stériles.

La densité de la perlite expansée commercialisable varie de 40 à 120 Kg/mètre cube. Ses applications sont fonction de ses caractéristiques.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques de la perlite expansée d'EGERALAYTA obtenue lors des essais en laboratoire.

Caractéristiques	Minima	Maxima
Densité non tassée (DNT),	34	88
pH,	9,4	11,5
Résistance mécanique à l'attrition(Ra),	9	62,1
Fer soluble calculé pour mille	510	1165
Pourcentage de stériles	3,1	57

Les industriels, miniers en particulier, sont interpellés par l'hétérogénéité des résultats des essais effectués sur un minerai issu d'un même site. Cette diversité peut, d'après eux, avoir deux origines : des erreurs au niveau des prélèvements et des travaux de laboratoire ou la présence de deux filons parallèles. Il est urgent et indispensable de lever cette incertitude.

Les domaines d'utilisation de la perlite expansée sont nombreux.

Tableaux 2. Classification des domaines d'utilisations de la perlite en fonction des caractéristiques physico-chimiques des minerais.

Classification des applications	Stériles %	Fer %0	DNT kg/m3	RA %
Filtration	< 10	< 1	< 30	-
Cryogénie	< 10	-	< 40	-
Bâtiment	Panneaux isolants	< 20	40 à 80	> 25
	Carreaux de plâtre et enduits	< 20	< 80	> 25
	Granulats pour béton léger	< 20	-	< 100 à 120
Charge	< 10	-	100 à 120	-
Horticulture	< 20	-	100 à 180	> 40
Qualité douteuse	20	-	> 40	< 25
Sans intérêt	>20	-	-	-

La perlite expansée est aussi utilisée dans les domaines de la dépollution, de la protection contre l'incendie, la fonderie, les plastiques et l'alimentation.

## **2. REALISATION DE LA MISSION.**

La mission a été précédée par un entretien avec l'officier de ONUDI ayant en charge le Projet, V. KLYKOF qui a précisé le cadre de la mission objet de ce rapport.

### **2.1. Opérations programmées.**

La mission du consultant, André AMMETER, a duré un mois et a comporté cinq activités conformément à la description de poste de la mission XA/DJI/96/621 (voir annexe 1) :

- 1°/ Enquête auprès des sociétés du secteur pour déterminer les prévisions de leurs besoins qualitatifs, quantitatifs et leur niveau d'intérêt pour un approvisionnement en perlite et en ses sous produits de la mine d'EGERALAYTA.
- 2°/ Estimation de la possibilité et des conditions de participation des compagnies européennes dans le financement des investissements du projet par la participation au capital social du projet.
- 3°/Préparer avec le représentant de KERAMOPROJEKT le chapitre „Etude du Marché “.
- 4°/ Participer à la finalisation du rapport de l'étude de préfaisabilité.
- 5°/ Présenter un rapport de mission.

## **3. COMPTE RENDU DES ACTIVITES.**

### **3.1. Méthodologie.**

Afin de définir les potentialités de commercialisation de la perlite d'EGERALAYTA et la structure des circuits européens d'importation, de transformation et de distribution de la perlite brute traitée et de ses sous-produits, la méthodologie suivante a été adoptée.

#### **3.1.1. Faire l'inventaire des sociétés productrices européennes de perlite brute traitée et de perlite expansée.**

Cette première démarche a été réalisée par la société PROGEO Spol.s r.o.à partir des informations disponibles auprès du PERLITE INSITUTE qui donne la liste de ses adhérents. Il est apparu en cours de mission que cette liste était incomplète. En particulier, la totalité des industriels belges, qui représente une production de 65.000 tonnes de perlite expansée, et une partie des industriels autrichiens et allemands ne sont pas indiqués dans cette liste. Par ailleurs un certain nombre de numéros de téléphone ne répondent pas.

#### **3.1.2. Contacter les industriels produisant de la perlite expansée.**

La seconde démarche a consisté à contacter et à rencontrer les industriels européens produisant de la perlite expansée. Elle a été réalisée en plusieurs étapes successives :

##### ***Etape 1.***

- Préparation du questionnaire en français et en anglais, des entretiens téléphoniques et des entretiens(voir questionnaire en annexe 2),
- Réalisation de 15 appels téléphoniques,
- Envoi de 9 questionnaires accompagnés d'informations sur la mine ou le minerai,

##### ***Etape 2.***

- Relance téléphonique de 11 sociétés,
- Envoi de trois lettres de confirmation par le siège,
- Traitement oral de questionnaire avec 4 sociétés,



- Déplacement et entretiens personnels dans les bureaux de 7 sociétés situées en France, en Allemagne, en Autriche, en Grande Bretagne et aux Pays Bas.

### **Etape 3.**

- Réunion de coordination avec les responsables de la société PROGEO sous la direction de l'officier responsable du projet au siège de l'ONUDI à VIENNE,
- Participation à la finalisation du rapport de l'étude de préfaisabilité au siège de la société PROGEO à Zilina en Slovaquie.

## **4. RESULTATS.**

La profession estime que l'utilisation européenne de perlite brute traitée, pour tous usages confondus, est d'environ 550.000 tonnes. L'Europe n'importe pas de perlite expansée dont les coûts de transport maritimes et terrestres sont trop élevés du fait de sa faible densité (50 à 150 Kg/m<sup>3</sup> au lieu de 1,2 tonnes/ m<sup>3</sup> pour la perlite brute).

### **4.1. Les Sources d'approvisionnement.**

#### **Les pays producteurs.**

En 1995, la production mondiale de perlite brute traitée se répartissait comme suit :

Tableau 5. Production des pays producteurs de minerai de perlite.

Pays	Production en milliers de tonnes
U.S.A	719
Grèce	365
Chine	300
Turquie	260
Japon	200
Hongrie	100
Slovaquie	50
Mexique	35
Philippines	20
Autres	30
Total	2079

#### Remarques.

1°/ La production après avoir diminué jusqu'à l'année 1990 s'est stabilisée.

2°/ Le Maroc a ouvert une mine de perlite en 1996 et semble peser sur le marché, au niveau des prix, pour commercialiser sa production.

3°/ La production d'une perlite expansée pour un usage déterminé nécessite l'utilisation d'une perlite brute traitée dont les caractéristiques physico-chimiques sont bien précises. Chaque mine produit un minerai homogène dont les caractéristiques sont bien définies et normalement constantes. De ce fait les industriels producteurs de perlite expansée sont obligés, même s'ils exploitent des mines, d'acheter des minerais dans d'autres mines.

4°/ Le marché potentiel d'une mine ne correspond pas à la totalité du marché mais aux strates de celui-ci correspondant à la production de perlite expansée pour laquelle son minerai est utilisable.

Les entreprises européennes utilisent principalement les minerais des pays suivants listés dans l'ordre quantitatif dégressif :

Tableau 6. Les principaux pays exportateurs de minerai de perlite sur l'Europe.

Pays	Exportations en millier de tonnes
Grèce	365
Turquie	260
Hongrie	100
Slovaquie	50

Remarques.

1°/ Les perlites brutes traitées de Hongrie et de Slovaquie sont surtout achetées par les pays voisins pour des raisons de coût de transport terrestre.

2°/ Les perlites grecques sont utilisées pour le bâtiment et l'agriculture. Celles de Turquie et des USA sont très appréciées pour la filtration et la cryogénie.

#### Les sociétés minières fournissant l'Europe.

Les principales sociétés minières productrices de perlite brutes traitées et leurs exportations sont les suivantes :

<b>- Grèce.</b>	
Silver & Baryte Ores Mining (Groupe Eliopoulos),	220.000 t/a
Otavi Minen Hellas (Groupe Cookson Mathey Ceramics du R.U).	120.000 t/a
<b>- Turquie.</b>	
Etibank Genel Mûdurlûgû,	220.000 t/a
Ege perlite (Groupe Kiska holding).	
<b>- Hongrie.</b>	
	50.000 t/a
<b>- Slovaquie.</b>	
Kerko S.A. Kosice	17.000 t/a
<b>Total</b>	<b>627.000 t/a</b>

L'ensemble de la profession considère qu'à une mine correspond une perlite brute traitée dont les caractéristiques physico-chimiques sont bien déterminées et qui correspond donc à la production de produits finis bien déterminés. A titre d'exemple, OTAVI et WORLD MINERALS bien qu'exploitant des mines leur appartenant sont obligées, pour certaines productions, d'acheter des perlites brutes chez d'autres fournisseurs.

#### 4.2. Les prix de vente FOB et CIF de la perlite brute traitée.

Les prix de vente FOB de la perlite brute traitée dépendent des qualités physico-chimiques du minerai et de la qualité de son traitement (pureté, calibrage, constance de la production et sérieux du producteur). Certains minerais, tels que ceux de Turquie ou des USA, sont très appréciés pour leurs caractéristiques et leur pureté de ce fait leur prix est plus élevé. Les minerais de perlite se commercialisent entre 25 à 100 US\$ CIF.

Parmi les industriels contactés, beaucoup considèrent que même avec une formule chimique et des tests d'essais en laboratoire satisfaisants la valeur industrielle d'une perlite peut être très variable et parfois ne rien signifier sur son intérêt industriel.

Tableau 7. Les prix d'achat pratiqués par les sociétés transformatrices de perlite brute traitée (US\$/t).

Société	Prix d'achat FOB (Milos - port turc)	Prix d'achat rendu usine	Coût du transport	Echantillon de minerai demandé (t)
WORLD MINERALS				pas intéressé
CECA	25 - 150 (Arménie)			2
PULL B.V.	45 (turc)			pas intéressé
SILVAPERL	25	83	58	2
TILCON	28 - 45			2
STAUSS	20 - 35	65 - 95	45 - 60	2 - 3
PERLITE ITALIA	25 - 43			10
OTAVI	32 - 45	52 - 65	20	2
Deutsche Perlite GmbH	confidentiel			
SPAVIC	confidentiel			
NORDISK Perlite Aps	45 (turc)			

### Conclusions.

- 1/ Le prix moyen de vente FOB de la perlite brute traitée en provenance de Milos peut être estimé à 25 US\$/t. Celle en provenance de Turquie a un prix moyen de vente FOB d'environ 45 US\$/t.
- 2/ Les coûts de transport, départ Milos, sont fonction de la situation géographique de l'usine et des solutions adoptées pour le transport :
  - Rotterdam 20 US\$/t (OTAVI) et 18-19 US\$/t (CECHOFRACHT)
  - Vienne 45 à 60 US\$/t suivant le regroupement de ses commandes avec celles des autres sociétés utilisatrices autrichiennes,
  - Liverpool 49 US\$/t Dans ce cas le coût élevé est dû à la situation géographique de ce port ne permet pas de regroupement. Le dédouanement et le transport terrestre port-usine coûtent au total 9 US\$/t pour environ 40 Km
- 3°/ Les coûts de transport, départ Djibouti, supportent un supplément lié à la distance entre Djibouti et Milos auquel s'ajoutent les droits de passage du canal de Suez. CECHOFRACH propose un prix de 25 US\$/t pour une livraison à Rotterdam soit un surcoût de 6 à 7 US\$/t qui pèsera sur le prix de vente FOB Djibouti qui devra, avec cette hypothèse, être au maximum de 20 US\$/t, si la qualité est similaire à celle des perlites de Milos, car, au niveau des approvisionnements c'est le prix rendu usine qui détermine l'achat pour une qualité déterminée.
- 4/ Le problème logistique devra donc être traité avec soin par la société minière d'EGERALAYTA.
- 5°/ Les coûts des transports maritimes et terrestres, qui se calculent sur la même base à la tonne pour les pondéreux ou au mètre cube pour les volumineux, expliquent pourquoi l'importation de perlite expansée, dont le volume est dix à vingt fois plus important que

celui du minerai, ne puisse pas concurrencer l'expansion sur les lieux de commercialisation.

#### **4.3. La structure et l'organisation de ce secteur industriel dans un certain nombre de pays européens.**

Les coûts de transport sont l'élément déterminant de la structure de ce secteur.

- Pour réduire les coûts des transports de la perlite brute traitée l'organisation de la logistique pour un regroupement des approvisionnements est importante.
- La faible densité de la perlite expansée (45 à 130 Kg/m<sup>3</sup>) entraîne la facturation d'un volume important pour le transport et de ce fait des coûts de transport maritimes et terrestres élevés. Certains industriels considèrent qu'en milieu concurrentiel leurs ventes ne sont plus rentables au-delà d'un rayon de 250 à 300 Km

##### **4.3.1. Organisation du marché.**

Les structures et l'organisation du secteur industriel des transformateurs de perlites varient suivant les pays. On trouve des solutions internationales et nationales destinées à résoudre les problèmes de transport amont et aval des usines de transformation :

Les unités industrielles d'expansion et de distribution sont donc géographiquement disséminées et leur activité ne dépasse pas en général 4.000 à 5.000 tonnes par an. Les grandes sociétés telles que : WORLD MINERALS, CECA, OTAVI, DEUTCHE PERLITE GmbH, STAUSS PERLITE, amenées à créer ou à racheter des sociétés filiales multinationales avec lesquelles ils déterminent des politiques intégrées d'approvisionnement, de production et de commercialisation.

Les petites et moyennes sociétés telles que les sociétés autrichiennes ont été amenées, pour les mêmes raisons, à constituer un groupement d'achat, de commercialisation et d'exportation „BAU - MIT“, et confient une partie de leurs approvisionnements à une société spécialisée (R.P.G.).

##### **4.3.2. Structure du marché.**

Le marché ne comporte pas d'intermédiaire, dans tous les pays sauf en Autriche, les groupes et les sociétés indépendantes achètent directement aux sociétés minières. Dans ce marché européen on trouve.

##### ***- Des sociétés multinationales avec des filiales.***

###### **World Minéraux**

257 Av. Georges Clémenceau

92754 Nanterre (France)

tél: 01 41 91 57 10

fax: 01 41 91 57 39

Pdt: Van HERTEN

Dir. Com. AUDEL

Secrétaire Mme Chevalier

Dont les filiales sont:

Euoperlite Espanola S.A.  
Calle Beethoven S/N Polino Industrial Can Jordi  
Beethoven 1/31  
08191 RUBI (Barcelona)  
tél: 00 34 3 588 4710  
fax: 00 34 3 588 3162

Euoperlite Italiana Srl  
6 Alzaia Trento  
20094 Corsico (Milano) (Italie)  
tél: 00 39 2 447 5941  
fax: 00 39 2 440 9451

Harborite Corporation (probabilité de l'information à 80%)  
Livington Road, Hessle  
HU13 OEG North Humberside ( England)  
tél: 00 44 148 264 0057  
fax: 00 44 148 148 1176

Perlite France  
7 rue du stade  
15300 MURAT (France)

Thermal Céramics ne fait pas partie du groupe mais est un fournisseur privilégié  
route de Lauterbourg  
Postale 67, F  
67100 Wissembourg (France)  
tél: 00 33 88 94 96 77  
fax: 00 33 88 54 29 20

World minéraux a une société minière en Grèce.

**CECA S.A.**  
12 place de l'Iris  
CEDEX 54-92062  
PARIS - LA DEFENSE 2 (France)  
tél: 00 33 1 47 96 90 90  
fax: 00 33 1 47 96 93 12  
Jean François MARIOTTI, Directeur,  
Bernard BUTIO, Directeur technique  
Interlocuteur: Michel KHAN, Directeur du département filtration et isolation

Qui a deux sociétés filiales.

CECA Italiana  
51/53 via G. Galilei  
20096 Pioletto (Milano) Italie  
Tél: 39 2 92 66143  
Fax: 39 2 92 69507

CECA en Grande Bretagne

**OTAVI Minen AG**

Mergenthalerallee 19-21  
D-65760 Eschborn (Germany)  
Tel 49 6196 70280  
Fax 49 6196 482980  
Hans J. Henrich, Directeur général  
Panayiotis Anasrassakos, Directeur commercial

Elle à cinq filiales:

OTAVI Minen AG  
Perlitwerk Dorfprozelten  
Industriesstr. 18  
D-97904 Dorfprozelten/Main  
Germany

OTAVI Minen AG  
Perlitwerk Bülstringen  
Hauptstr. 102  
D-39345 Bülstringen  
Germany

OTAVI  
Mineralmülhe Neuss GmbH  
Böckholstrabe 129  
D-41460 Neuss  
Germany

OTAVI Espana  
Almeria  
Espagne

OTAVI Minen Hella S.A  
14 Botsari Street  
GR-18538  
Grèce

OTAVI est par ailleurs associé contractuellement avec

**Deutsche Perlite GmbH**

Kipperstrasse 19  
D-44147 Dortmund  
Tél: 49 231 998 0159  
Fax 49 231 998 0159  
Dr. Ing Albrech Knauf Directeur Général  
Dr. Ing Stelmach Directeur commercial,

Deutsche Perlite GmbH a une structure financière différente mais dispose d'une société minière en Grèce à Milos, de cinq usines de production qui assurent la distribution.

**- Des sociétés ayant de filiales et des associés technico-commerciaux.**

**STAUSS Gmbk & Co. KG**  
Stifterstrabe 4  
A-3101 St. Polten (Autriche)  
Tel: 43 02742 74 3 68  
Fax 43 02742 73 3 68  
Andreas C Stefenelli, Directeur Général  
Jörg V Stefenelli, Directeur commercial

Elle possède trois filiales de conditionnement et de vente:

Europerl Schweiz  
Frelestrabe 217  
CH-8029 Zürich  
Suisse

Europerl Deutchland  
Grabengasse 2 “  
D-94032 Passau  
Germany

Europerl Poland

Par ailleurs STAUSS Perlite est associée dans „BAU-MIT“ à d'autres entreprises d'expansion et d'utilisation de perlite expansée dans une coopération d'approvisionnement en perlite brute traitée et de commercialisation des produits finis pour la construction.

**- Des sociétés indépendantes.**

Ce type de société est encore assez répandu. Parmi celles-ci ont trouve les sociétés suivantes.

Nordisk Perlite Aps  
Sundskrogskaj 2  
2100 Copenhagen (Pays Bas)  
Tél: 45 31 200744  
Fax: 45 31 200699  
Niels Knudsen, Président

Silvaperl  
Albion Works, Roperly Road  
Gainsborough (England)  
Tél: 44 1427 610610  
Fax: 44 1427 810837  
Barie J. Faulkner, Directeur Commercial

Spavik S.A.  
C: Del Torno, 15  
22420 Almutia de San Juan  
Huesca ( Espagne)  
Tél: 34 3 588 4710  
Fax: 34 3 588 3162  
Virgilio Marco, Directeur d'exploitation  
Enrique Albiol, Actionnaire Délégué

WINKELMANN MINERARIA Srl  
 Via XXV April 49  
 20091 Bresso (Milano)  
 tél: 39 2 66 50 0357  
 fax: 39 2 66 50 0361  
 Dr. Pierluigi Greco, Directeur général

**- Une société commerciale et logisticienne.**

**Raw Perlite Gesellschaft (RPG)**

Hardmuthgasse 88/3  
 A-1100 Wien (Autriche)  
 Tél: 43 0222 603 0843  
 Fax: 43 0222 602 2790  
 Mr. Trupis, Directeur

**4.4. Les besoins des industriels européens en perlite brute traitée.**

**4.4.1. Les achats des sociétés enquêtées.**

Tableaux 8. Production minière et achats des sociétés enquêtées (millier de tonnes).

Société	Production minière	Achat	Observations
WORLD MINERALS	200	10	usages divers
DEUTSCHE Perlite	20	30	usages divers
OTAVI	145	25	usages divers
CECA	5	55	usages divers
PULL B.V.	0	15	isolation et divers
STAUSS	0	12	construction
PERLITE ITALIA	0	8	usages divers
SILVAPERL	0	5	usages divers
TILCON	0	6	usages divers
NORDISK PerliteAps	0	5	Filtration
SPAVIC	Confidentiels	Confidentiels	Confidentiels

**Remarques.**

1°/ Toutes les Sociétés européennes du secteur n'ont pu être contactées. Les Sociétés contactées représentent de 75% des entreprises d'expansion de perlite en Europe. Un certain nombre a refusé de répondre. Le total des chiffres recueillis ne représente donc pas la totalité des besoins européens.....

2°/ Des entreprises minières transformatrices qui vendent du minerai et en achètent aussi pour transformer des minerais dont les caractéristiques sont nécessaires à certaines fabrications pour lesquelles leur propre minerai est impropre à la fabrication.

**4.4.2. Evaluation des besoins en perlite des entreprises européennes.**

La consommation européenne de perlite brute traitée est estimée à environ 500.000 tonnes.



On peut estimer, dans une première approche, que la production industrielle des deux grandes sociétés minières (WORLD MINERALS et OTAVI) approvisionnées par leurs mines échappe au marché pour 150.000 tonnes. Cela ramène le marché ouvert à 350.000 tonnes.

Les informations recueillies sur la répartition de la production européenne varient très sensiblement suivant les entreprises car leur activité s'est spécialisée en fonction de leur origine ou de leurs actionnaires. Les résultats globaux ne sont pas disponibles.

Tableau 9. Répartition des usages relevée dans deux entreprises.

Usage	Pourcentage SILVAPERL	Pourcentage STAUSS PERLITE	Pourcentage DEUTSCHE PERLITE
Matériaux de construction et enduits	35	88	80
Filtration			
Agriculture et élevage	60	12	10
Cryogénie	5		5
Autres			5

La répartition des usages de la perlite aux Etats Unis en 1990 disponible servira de base à l'estimation des usages en Europe.

Tableau 10. Estimation de la répartition des usages de la perlite expansée en Europe à partir de ceux des U.S.A. et de l'enquête.

Usage	Pourcentage aux USA*	Pourcentage estimé	Estimation du marché européen (millier de tonnes)
Matériaux de construction	58,15	75	300
Filtration	16,60	5	20
Enduits	7,55		
Agriculture	9,85	10	40
Cryogénie	0,95	5	20
Autres	6,90	5	20
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>400</b>

Référence: \* Industrial Minerals and Rocks

Remarque. La perlite d'EGERALAYTA n'est pas utilisable pour la filtration des produits alimentaires mais elle peut être utilisée à d'autres usages tels que filtration des eaux usées, gaz, etc.

#### 4.4.3. Evolution des besoins en perlite des entreprises européennes.

La majorité des personnes contactées estime que les besoins évolueront assez peu dans les années futures à quatre exceptions près.

- TILCON pense à un développement important de l'emploi des microsphères de perlite expansée ajoutées en mélange (30%) aux plastiques pour en diminuer le prix de revient. La demande actuelle est pratiquement nulle.
- SILVAPERL estime la consommation de perlite pour la filtration devrait légèrement augmenter.

- STAUSS considère que l'emploi de la perlite en agriculture devrait pouvoir augmenter de 12% par an.
- CECA indique que certaines de ses productions progressent fortement sans vouloir les citer.

Mais les trois premières espérances de développement ne concernent pas les domaines d'application de la perlite d'EGERALAYTA et la quatrième est indéterminée. Il n'est donc pas possible de prévoir actuellement une augmentation supérieure à 5% des besoins en perlite des entreprises européennes.

#### **4.5. Marché potentiel de la perlite brute traitée D'EGERLAYA en Europe.**

Les qualités propres de la perlite d'EGERALAYTA permettent son utilisation dans certains domaines.

Tableau 11 Résultats des tests sur les prélèvements effectués sur les futures zones d'extraction.

ECHANTILLON	S21					S22			S23
	a	b0	b1	b2	b3	a	b0	b1	a
Profondeur (m)	3,4-4,0		6,0 -6,5			11,5-12,0	16,5-17		2,2-2,7
Préchauffage (°C)			200	250	300			200	
<b>Sur minéral conditionné</b> ( 0,400- 0,080 )									
H <sub>2</sub> O (110° C) %	0,2	0,1	-	-	-	0	0	-	0,3
PAF 950° C sur sec	3,4	3,2	-	-	-	3,8	3,2	-	4,0
DNT kg/ m <sup>3</sup>	1140	1170	1170	1170	1170	994	1117	1117	848
DT kg/ m <sup>3</sup>	1329	1365	-	-	-	1232	1326	1320	1036
CaCO <sub>3</sub> %	0	0	-	-	-	0	0,2	0,2	0
<b>Sur minéral expansé</b>									
DNT kg/ m <sup>3</sup>	37,9	55,7	54,6	42,9	75,0	35,7	34,3	36,4	32,9
DT kg/ m <sup>3</sup>	45,9	65,9	68,2	57,0	93,5	46,8	42,7	45,4	44,2
Coefficient d' expansion	30	21,0	21,4	27,2	15,6	36,9	32,5	30,7	25,7
Stériles %	1,6	3,9	3,4	1,4	4,0	3,4	2,5	2,5	2,7
pH	10,6	8,2	-	-	-	9,6	8,8	-	9,3
Ra %	41,6	62,5	68,4	52,8	60,2	54,5	28,8	25,5	18,1
Fe ppm	660	540	-	-	-	660	676	-	760

Référence: B.R.G.M

La comparaison du tableau 11. Résultats des tests sur les prélèvements effectués sur les futures zones d'extraction et tableau 2. Classification des domaines d'utilisations de la

perlite en fonction des caractéristiques physico-chimiques des minerais montre que la perlite brute d'EGERALAYTA est utilisable dans les domaines suivants.

#### 4.5.1. Le marché européen.

Pour déterminer les ventes actuelles possibles sur le marché européen de perlite brute traitée deux hypothèses ont été retenues:

- Une hypothèse haute qui prévoit de prendre 7% du marché européen,
- Une hypothèse basse qui prévoit de prendre 4% du marché européen

La comparaison du tableau 11. Résultats des tests sur les prélèvements effectués sur les futures zones d'extraction et tableau 2. Classification des domaines d'utilisations de la perlite en fonction des caractéristiques physico-chimiques des minerais montre que la perlite brute d'EGERALAYTA est utilisable dans les domaines suivants.

Tableau 13. Estimation du marché européen potentiel actuel de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA. (millier de tonnes )

Usage	Estimation du marché européen libre	Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypot. haute.	Marché potentiel de la perlite brute traitée Hypot. basse
Matériaux de construction	300	21,00	12,00
Filtration	20	1,4	0,8
Agriculture	40	2,8	1,6
Cryogénie	20	0	0
Autres	20	1,4	0,8
<b>Total</b>	<b>400</b>	<b>26,6</b>	<b>15,2</b>
<b>Total prévisible an l'an 2000</b>		<b>29</b>	<b>16,8</b>

#### 4.6. La rentabilité des ventes sur le marché européen.

A qualité égale à la perlite grecque le prix FOB de la perlite brute traitée de la mine d'EGERALAYTA ne devra pas dépasser 20 US\$/t. Les calculs de rentabilité effectués avec ce prix de vente montrent que la rentabilité des ventes sur l'Europe est très aléatoire.

Il ne sera possible de la vendre à un prix supérieur que si sa qualité est sensiblement supérieure à celle de la perlite grecque. Ceci confirme la nécessité de répondre positivement aux demandes de tests industriels préalables faits par les acheteurs européens contactés et les sociétés européennes susceptibles de prendre des participations au capital social.

## **5. LES SOCIÉTÉS EUROPÉENNES SUSCEPTIBLES DE PRENDRE UNE PARTICIPATION DANS LA SOCIÉTÉ MINIERE D'EGERALAYTA.**

Les réponses à la demande de participation ont été les suivantes.

Tableau 12. Les possibilités de participation au capital social.

Société	possible	taux en %
WORLD MINERALS	non	
DEUTSCHE Perlite	non	
<b>OTAVI</b>	<b>oui</b>	
CECA	non	
PULL B.V.	non	
<b>STAUSS PERLITE</b>	<b>oui</b>	<b>15</b>
PERLITE ITALIA		
<b>SILVAPERL</b>	<b>oui</b>	
TILCON	non	
NORDISK PerliteAps	non	

### **Remarques.**

- 1°/ Toutes les sociétés interrogées estiment indispensable, avant de pouvoir envisager l'achat de minerai ou la participation au capital, de recevoir un échantillon de plusieurs tonnes de perlite brute traitée en provenance de la mine.
- 2°/ Les sociétés intéressées souhaitent que le secteur privé soit majoritaire dans le capital et si possible que d'autres sociétés européennes du secteur y participent.

## **6. PREVISIONS DE VENTES ET STRATEGIE COMMERCIALE.**

### **6.1 Remarques préalables.**

#### **6.1.1. Remarque sur la qualité de la perlite brute traitée.**

Les prévisions de ventes indiquées ci-après présupposent que la qualité du minerai de la mine de perlite d'EGERALAYTA correspond, dans les domaines d'utilisation retenus à la qualité dont les sociétés expansant la perlite ont besoin. Cette correspondance est la première chose à vérifier par des essais industriels. La validité du texte de cette étude est totalement liée à cette qualité.

#### **6.1.2. Remarque sur les transports.**

La qualité étant acquise, les distances importantes entre la mine et le port de Djibouti et entre celui-ci et l'Europe sont, du fait des coûts de transport qu'ils impliquent, un handicap important pour la compétitivité de la perlite brute traitée sur le marché européen. Les prix unitaires pratiqués par les compagnies maritimes varieront sensiblement en fonction des volumes de chargement et du nombre de déchargements.

#### **6.1.3. Remarque sur la concurrence marocaine.**

Deux des industriels rencontrés nous ont parlé de l'apparition d'une offre de perlite brute traitée en provenance du Maroc mais aucun n'a pu nous donner plus de détails si ce n'est qu'elle pesait sur les prix du marché. Il sera souhaitable de suivre son évolution.

## **6.2. Prévisions des ventes.**

### **6.2.1. Prévisions quantitatives.**

WORLD MINERALS et OTAVI sont des sociétés puissantes bien structurées dont la qualité des minerais et le sérieux des services sont reconnus par tous. La perlite d'EGERALAYTA expansée est pénalisée par une résistance à l'attrition faible qui limite son emploi dans le bâtiment. Il est donc prudent de limiter la part de marché que l'on peut espérer prendre à 10%.

Cette part de marché devra être rapidement prise pour réduire les coûts de transport et la progression des ventes devra être de prendre cette part de marché en cinq ans.

### **6.2.2. Programme des ventes.**

Tableau 13. Programme des ventes de la perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA pour l'hypothèse haute (millier de tonnes et millier d'US\$).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Europe	29,0	30,5	32,0	33,6	35,3	37,1	39,0	40,9	43,0	45,0
Ventes	580	610	640	672	706	742	780	818	860	900

Prix unitaire FOB: 20 US\$/t

Tableau 14. Programme des ventes de la perlite brute traitée de la société minière d'EGERALAYTA pour l'hypothèse basse (millier de tonnes et millier d'US\$).

Marché/année	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Europe	16,8	17,6	18,5	19,4	20,4	21,4	22,5	23,6	24,8	26,0
Ventes	336	352	370	388	408	428	450	472	496	520

Prix unitaire FOB: 20 US\$/t

## **7. STRATEGIE DE COMMERCIALISATION.**

La stratégie de commercialisation de la perlite brute traitée d'EGERALAYTA sera fortement dépendante de la qualité industrielle de cette dernière qu'il est indispensable de déterminer avant toute action. Dans le cas où cette qualité permet de vendre à un prix rentable les politiques et stratégies suivantes sont proposées.

### **7.1. La politique.**

La politique générale de la société des mines d'EGERALAYTA proposée sera de fournir à sa clientèle européenne une perlite brute traitée de qualité constante et un service complet à un prix compétitif. Cela consiste en la fourniture de:

- une perlite brute traitée de très bonne qualité dans le cadre des spécifications de son minerai c'est à dire:
  - \* des granulations rigoureuses dans les fourchettes garanties,
  - \* une perlite exempte d'impuretés telles que sable, poussières, etc.,
  - \* un taux d'humidité contractuel assuré,
  - \* des quantités conformes aux commandes.
- un service de distribution performant en :
  - \* coût,
  - \* délais,
  - \* régularité.

- Des produits et des services toujours identiques dans le temps.

En effet, ce qui intéresse les clients c'est de recevoir toujours dans les délais contractuels le produit qu'ils ont commandé au moindre coût rendu usine. Y parvenir c'est la fidélisation assurée des clients acquis.

## **7.2. La stratégie.**

La base de la stratégie proposée pour la société d'exploitation de la perlite d'EGERALAYTA est la fourniture d'une perlite et des services, qui l'accompagnent, de très bonne qualité dans le cadre des spécifications de son minerai.

### **7.2.1. Une garantie de la qualité.**

Pour répondre à la demande d'échantillons des actionnaires potentiels et pour commencer la prospection commerciale, il apparaît nécessaire que, dans les plus brefs délais possibles et avant tout autre investissement industriel, 4 à 6 tonnes de minerai soient extraites du gisement, transportées chez un fournisseur d'équipements où elles seront concassées et calibrées. La perlite brute traitée obtenue sera expansée chez deux ou trois sociétés industrielles potentiellement intéressées par une participation au capital et leaders dans leur pays. Ceci permettra de disposer des caractéristiques physico-chimiques, des résultats de tests d'expansion industriels, d'échantillons pour la promotion commerciale et d'obtenir des références dans ces pays cibles où les tests auront de préférence été faits.

Une fois l'intérêt de la perlite d'EGERALAYTA prouvé, il sera intéressant de faire agréer la société minière à la norme ISO 9000 et de se conformer aux critères d'obtention de cet agreement dès le démarrage du projet. C'est le moment le plus favorable dans la vie d'une entreprise.

### **7.2.2. Un service de distribution performant.**

Le transport est le point délicat de l'activité de la mine d'EGERALAYTA. Il pèse fortement sur les prix rendus usine car il devrait être sensiblement plus coûteux qu'à partir de Milos ou de Turquie. Par ailleurs l'organisation de ce transport à partir de Djibouti est inconnue de la clientèle européenne.

Il faut connaître la capacité des bateaux minéraliers pouvant utiliser le port de Djibouti ( 20 - 30.000 tonnes) et avoir l'assurance écrite du port et du Gouvernement que le chargement en vrac, qui dégage beaucoup de poussières, sera autorisé pendant dix ans.

Nous recommandons que la société minière prenne en charge toute la logistique du transport et la distribution seule ou en association avec une ou deux entreprises spécialisées. Elle apportera ainsi un service indispensable à ses clients et abaissera autant que possible le prix rendu usine.

### **7.2.3. Développement de l'activité commerciale sur l'Europe.**

Pour limiter au maximum, les coûts de transport, de distribution et étaler la fourniture de lots pour les essais industriels, le développement de la promotion commerciale devra se concentrer sur un pays avant d'en prospecter un autre en commençant par les pays où seront les actionnaires de la société des mines d'EGERALAYTA. L'ordre chronologique suivant pourrait être adopté pour le démarrage de l'action commerciale en Europe:

- Autriche,
- Italie,

- Espagne,
- Belgique, Hollande et Danemark,
- Angleterre,
- Etc...

Les promotions commerciales en Allemagne et en France où les marchés sont dominés par les grands Groupes seront réalisées en dernier sauf si l'un d'entre eux participe au capital social.

## **8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.**

### **8.1. Conclusions;**

- 1°/ Les entreprises européennes sont demandeuses de fournisseurs de perlite brute expansée pouvant fournir régulièrement un produit de qualité constante à un prix compétitif.
- 2°/ Pour avoir une possibilité de développement de ventes rentables sur le marché européen la perlite brute traitée offerte doit avoir une qualité supérieure à celle de Milos et si possible à celle de la perlite turque.
- 3°/ Les entreprises européennes ne commanderont qu'après avoir fait des essais industriels. Cela est d'autant plus vrai que les résultats des analyses de laboratoire présentés dans le rapport du BRGM les interpellent par leur diversité.

En conclusion, en fonction de la qualité commerciale de la perlite d'EGERALAYTA, deux politiques très différentes seront à envisager :

- Si la qualité de la perlite d'EGERALAYTA est voisine de celle de la perlite grecque, la meilleure stratégie commerciale sera de développer au maximum les ventes sur les pays du Golfe Persique, de l'Afrique de l'Est et des Indes. Il ne faudra développer le marché européen qu'en portant une attention particulière à ce que le prix de vente reste toujours supérieur au prix de revient.
- Si au contraire les tests montrent que la qualité de la perlite d'EGERALAYTA est supérieure à celle produite en Grèce, la politique pourra être différente. Avec un prix FOB de la perlite brute traitée supérieur à 40 UD\$/t, il sera possible de développer de manière rentable le marché européen et de prévoir rapidement une augmentation de la capacité de la production minière.

### **8.2. Recommandations.**

La grande majorité des acheteurs et des partenaires financiers européens s'interroge sur la dispersion des résultats des analyses et des essais en laboratoire effectués par le BRGM. Ces réserves et doutes concernant ces résultats demandent à être levées dans les plus brefs délais possibles. Il est donc nécessaire d'effectuer des tests d'expansion industriels pour lever toute incertitude concernant la qualité de la perlite d'EGERALAYTA avant de procéder à des investissements matériels importants.

Il est donc recommandé de procéder dès que possibles aux opérations suivantes:

- 1°/ Extraire 5 à 6 tonnes de minerai dans les futures zones d'extraction ( S 21 - S 22 ou S 23 ), sous la direction d'un ingénieur des mines consultant de l'ONUDI.
- 2°/ Procéder sur cet échantillon de minerai à un broyage et à un calibrage, sous la direction de cet ingénieur, pour obtenir de la perlite brute traitée bien calibrée.
- 3°/ Faire procéder à l'expansion de cette perlite chez 3 industriels leaders dans leur pays. Ces industriels seront si possible indépendants des sociétés minières concurrentes. Ce seront de futurs acheteurs ou mieux des actionnaires potentiels. Ces opérations seront suivies par l'ingénieur consultant de l'ONUDI.

Avec les résultats chiffrés des tests industriels et les échantillons obtenus, les travaux suivants seront réalisés :

- 4/ Rechercher les partenaires financiers intéressés.
- 5/ Définir, en fonction de la qualité et de la valeur commerciale confirmée par les tests industriels, la politique commerciale adaptée à chaque pays ciblé et y rechercher des partenaires commerciaux.





**PROJET DU GOUVERNEMENT DE LA REPUBLIQUE DE DJIBOUTI**

**ETUDE DE FAISABILITE POUR L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE  
DE LA PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA**

**XA/DJI/96/621**

**ANNEXE 4**

**D E S S I N S**

établi par

**ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL**

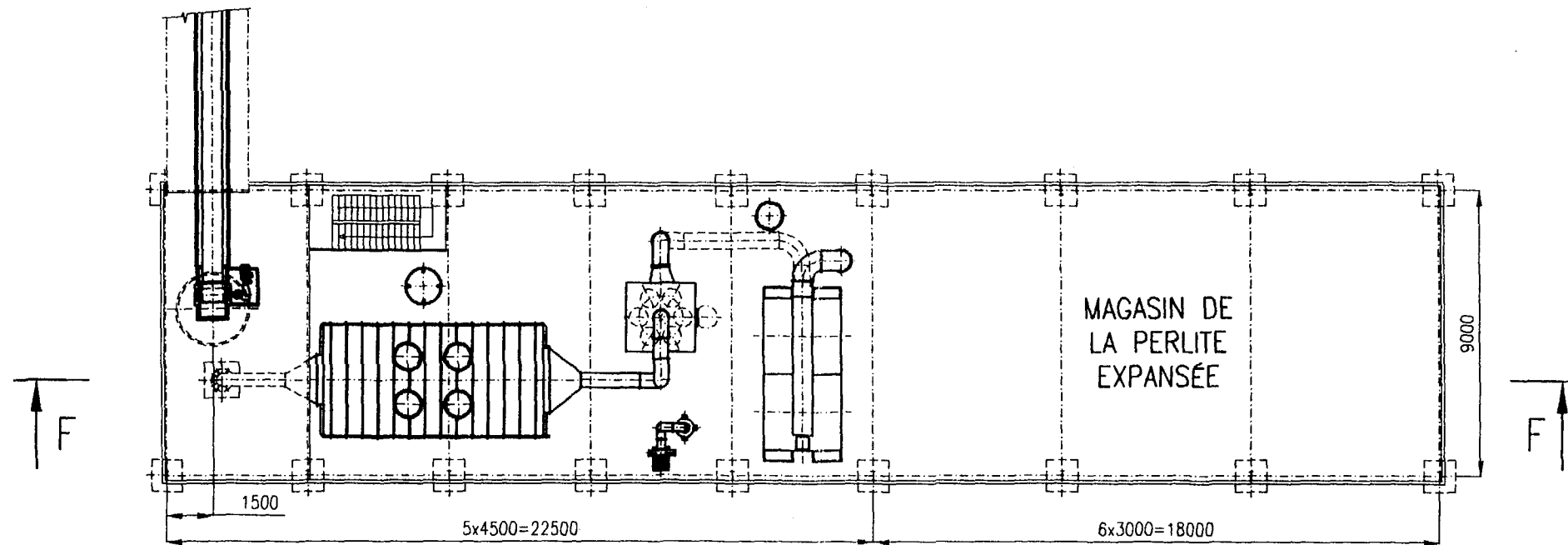
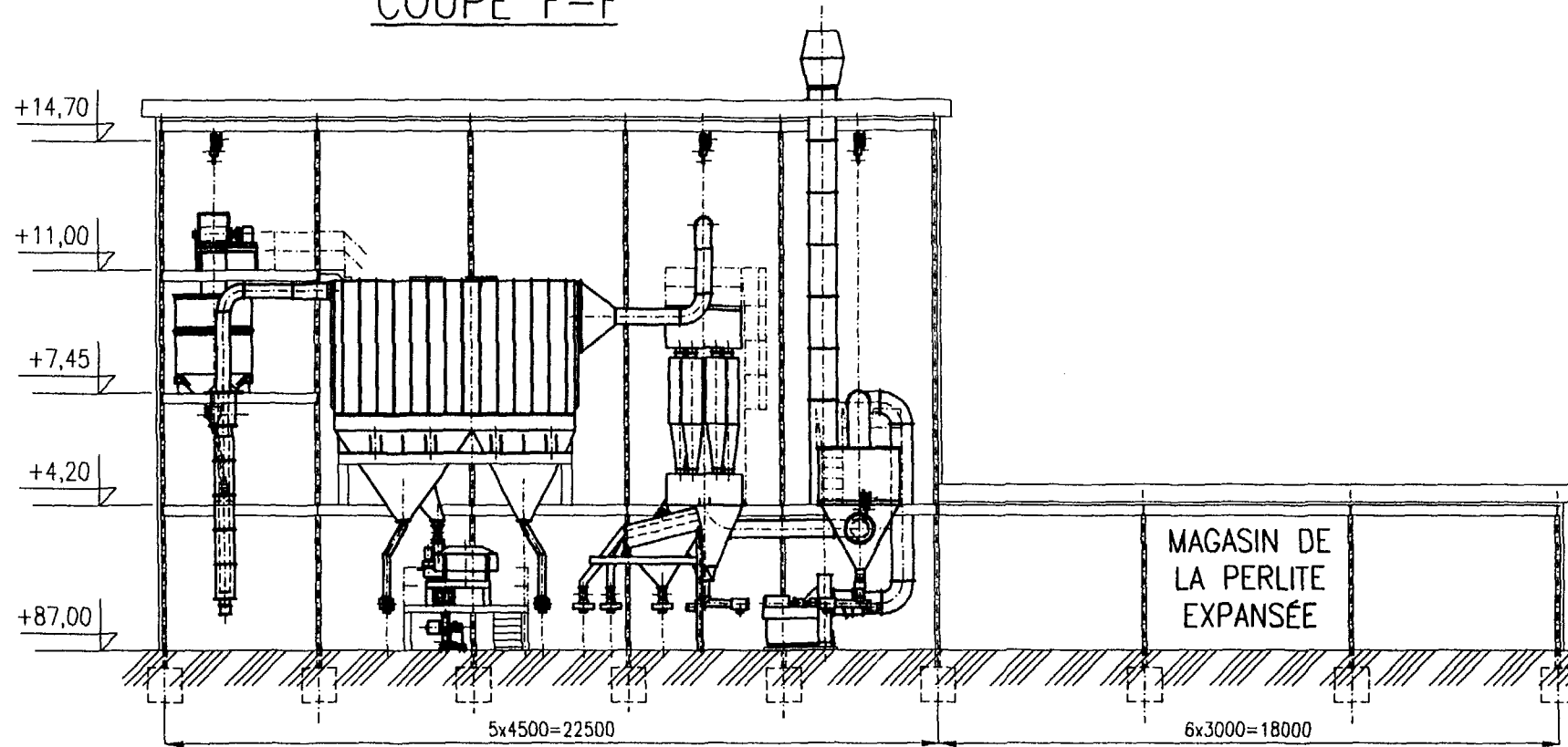
A partir des travaux de KERAMOPROJEKT TRENCIN, A.S., SLOVAQUIE

**ONUDI**

Service des investissements, Division de la Promotion des Investissements  
et de la Technologie  
VIENNE

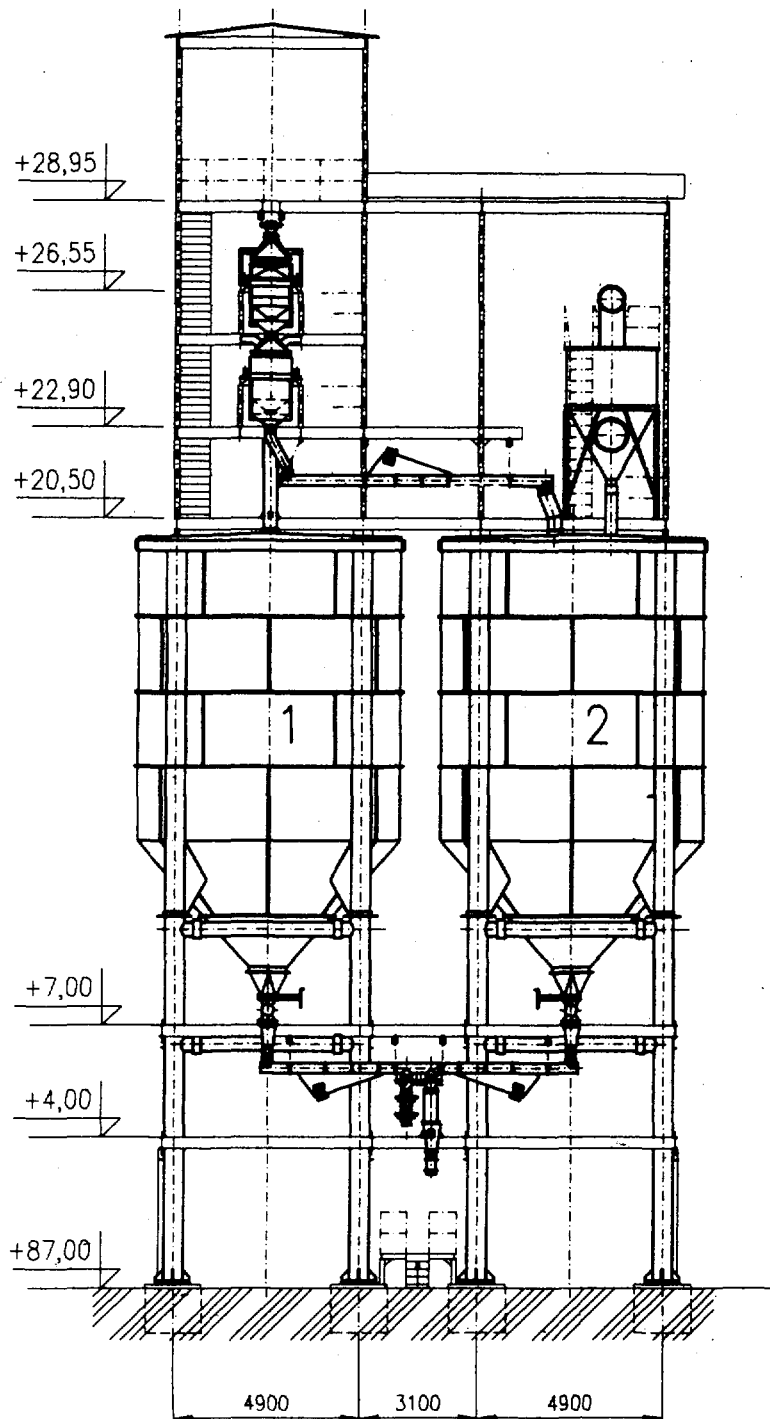
Avril 1998

COUPE F-F

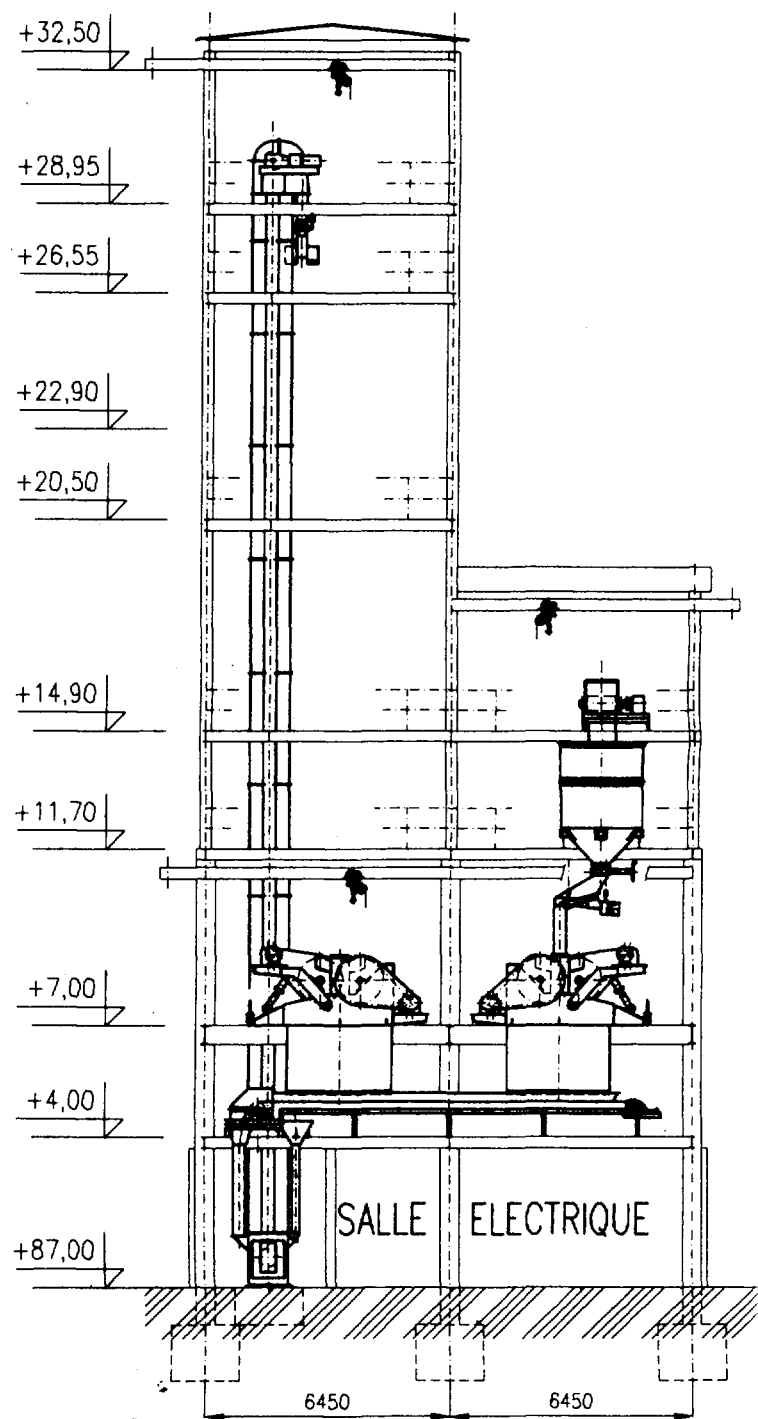


UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENČÍN	DATE: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES N°:
PLAN D'AMENAGEMENT, COUPE F-F		ECHELLE: 1:200
		DESSIN N°: 09

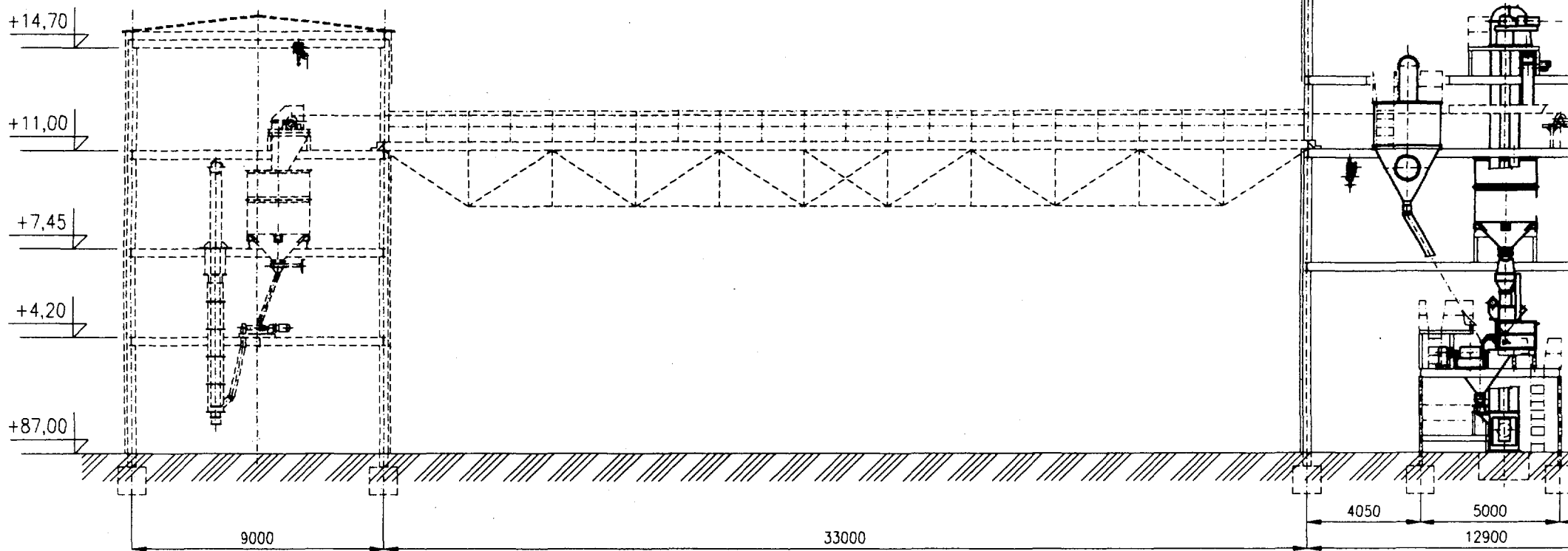
COUPE D-D



COUPE C-C

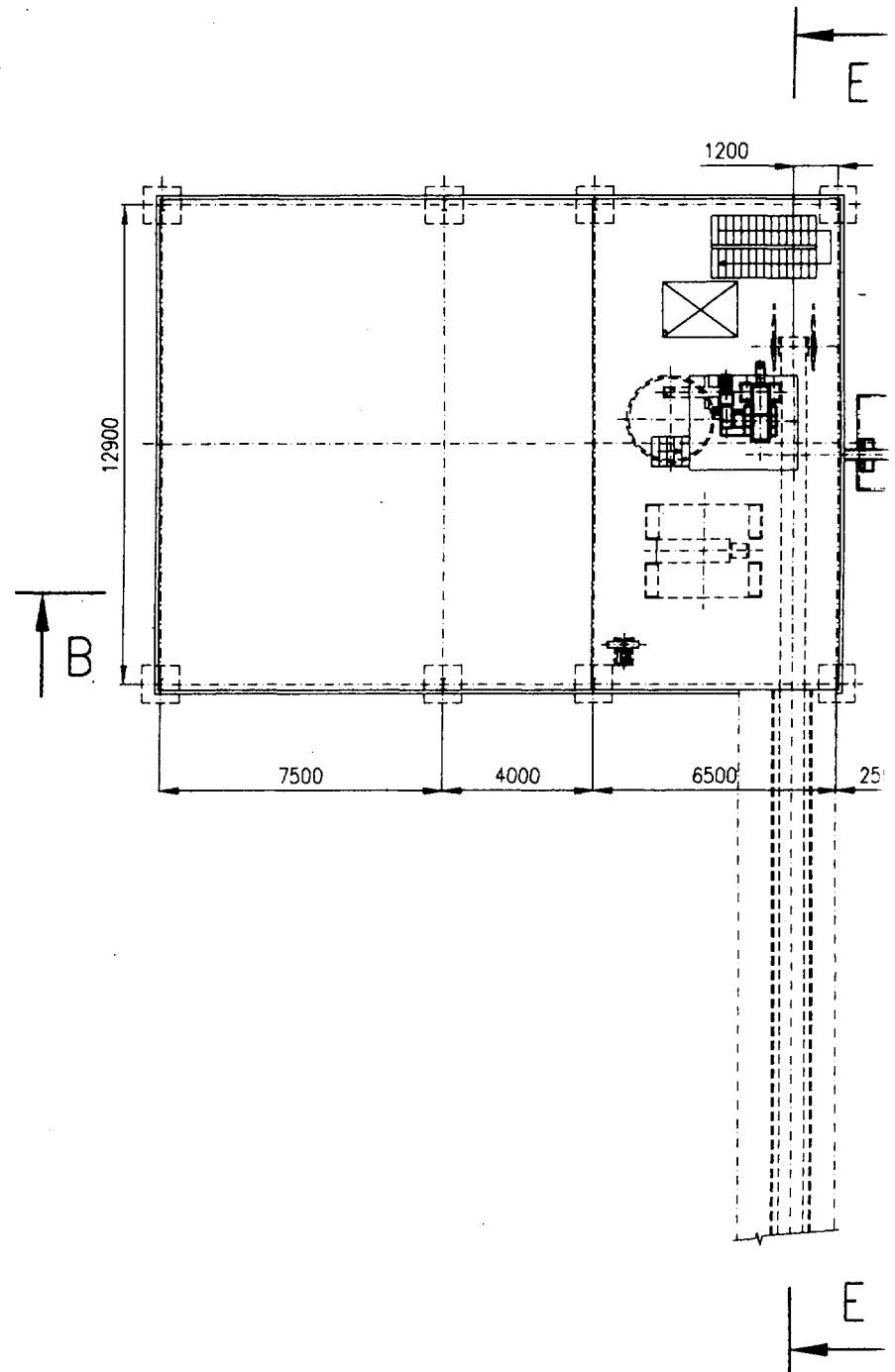
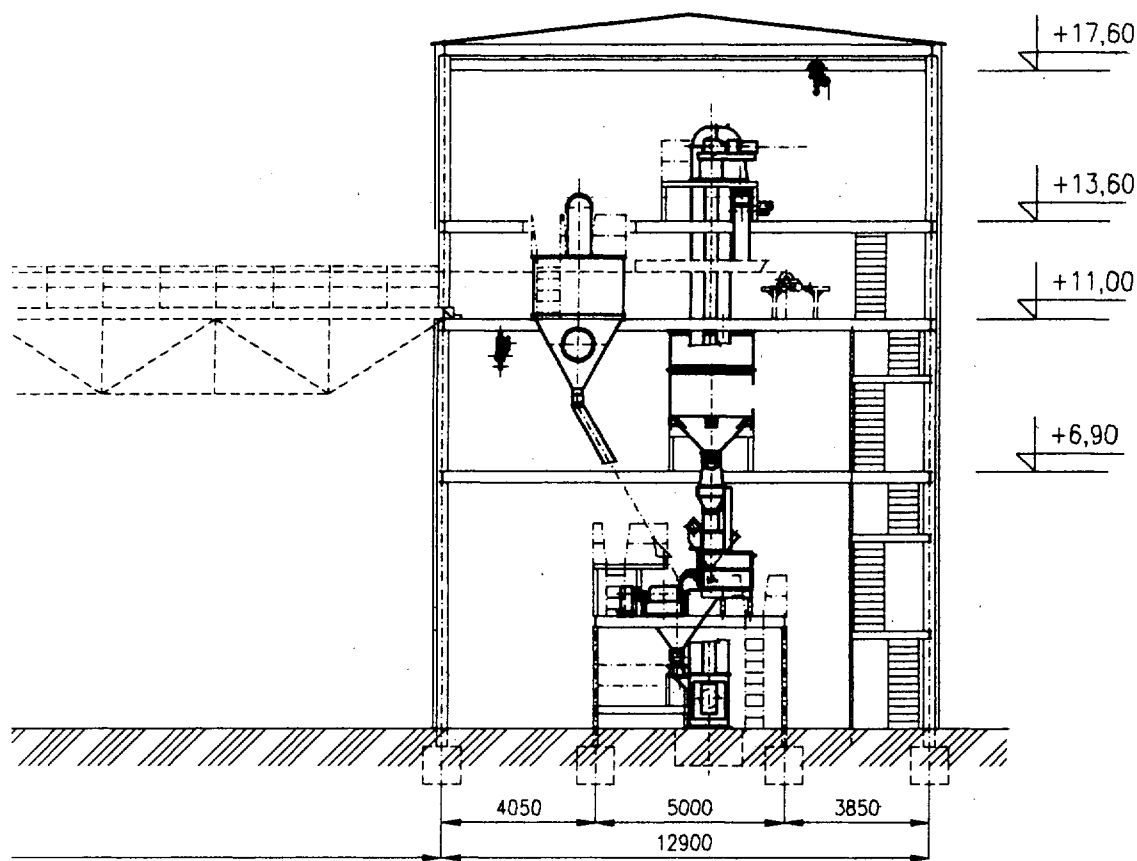
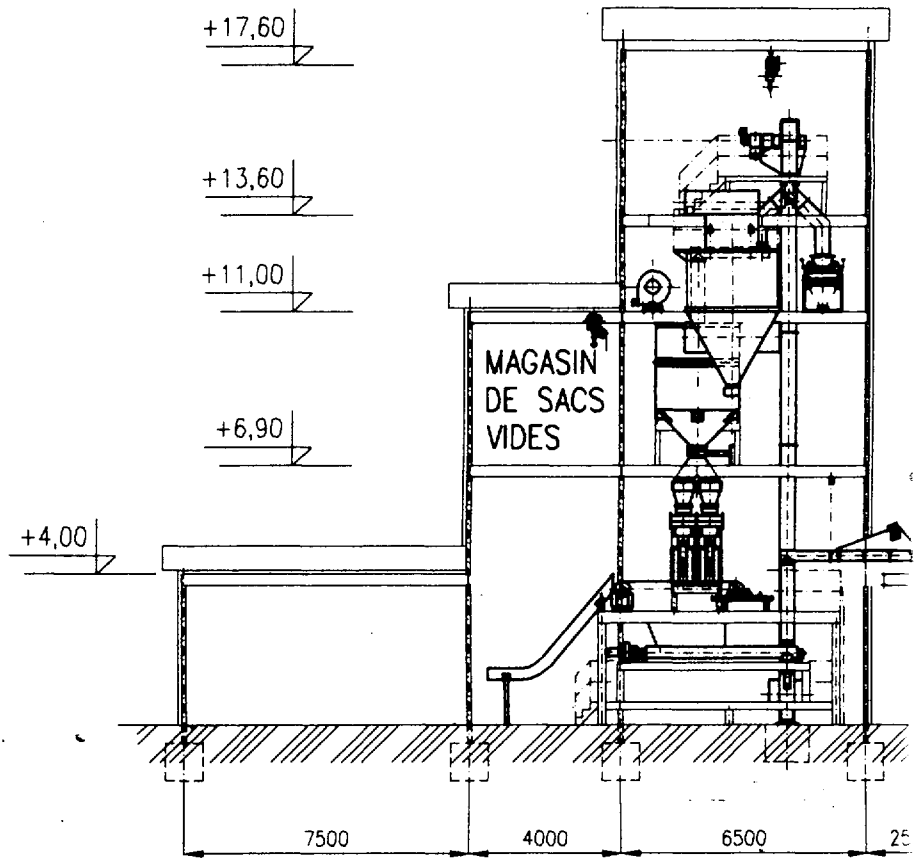
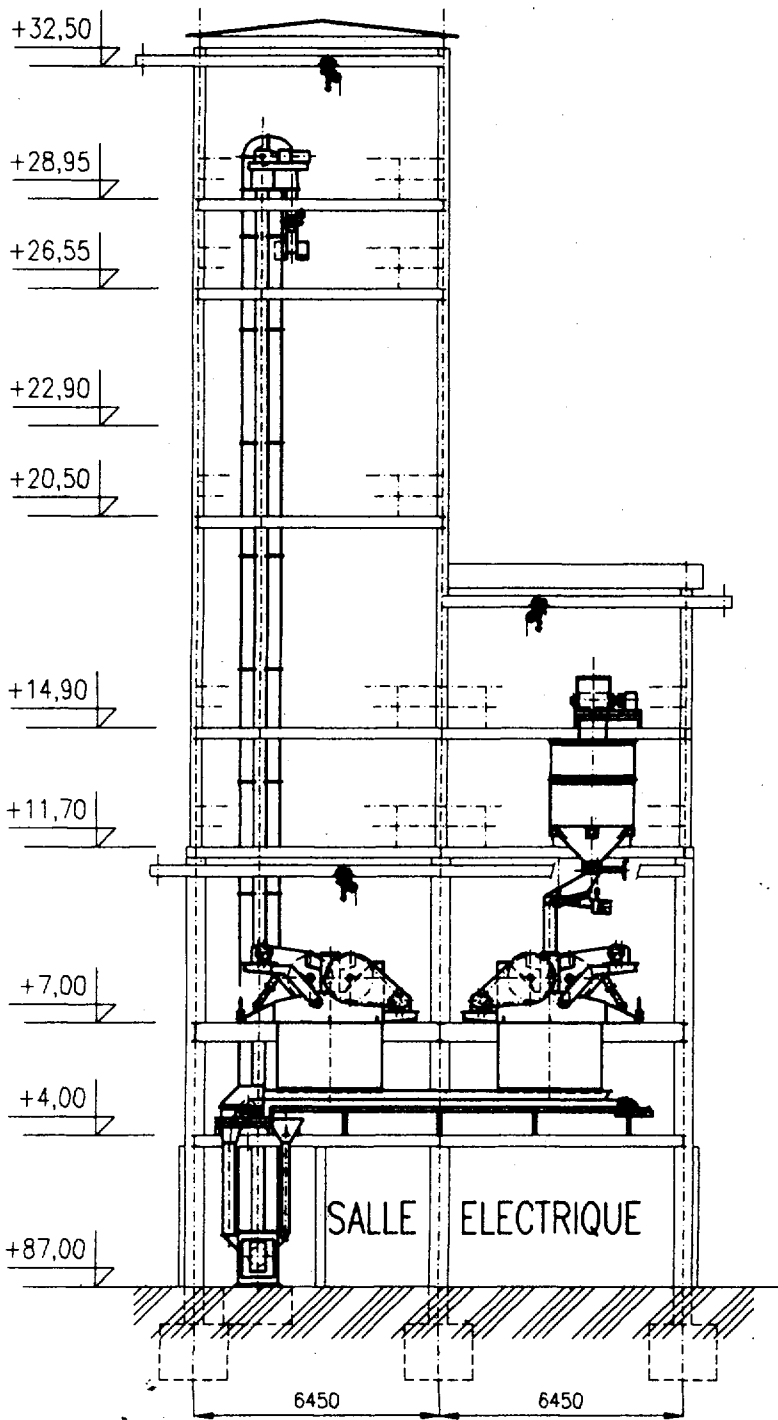


COUPE E-E



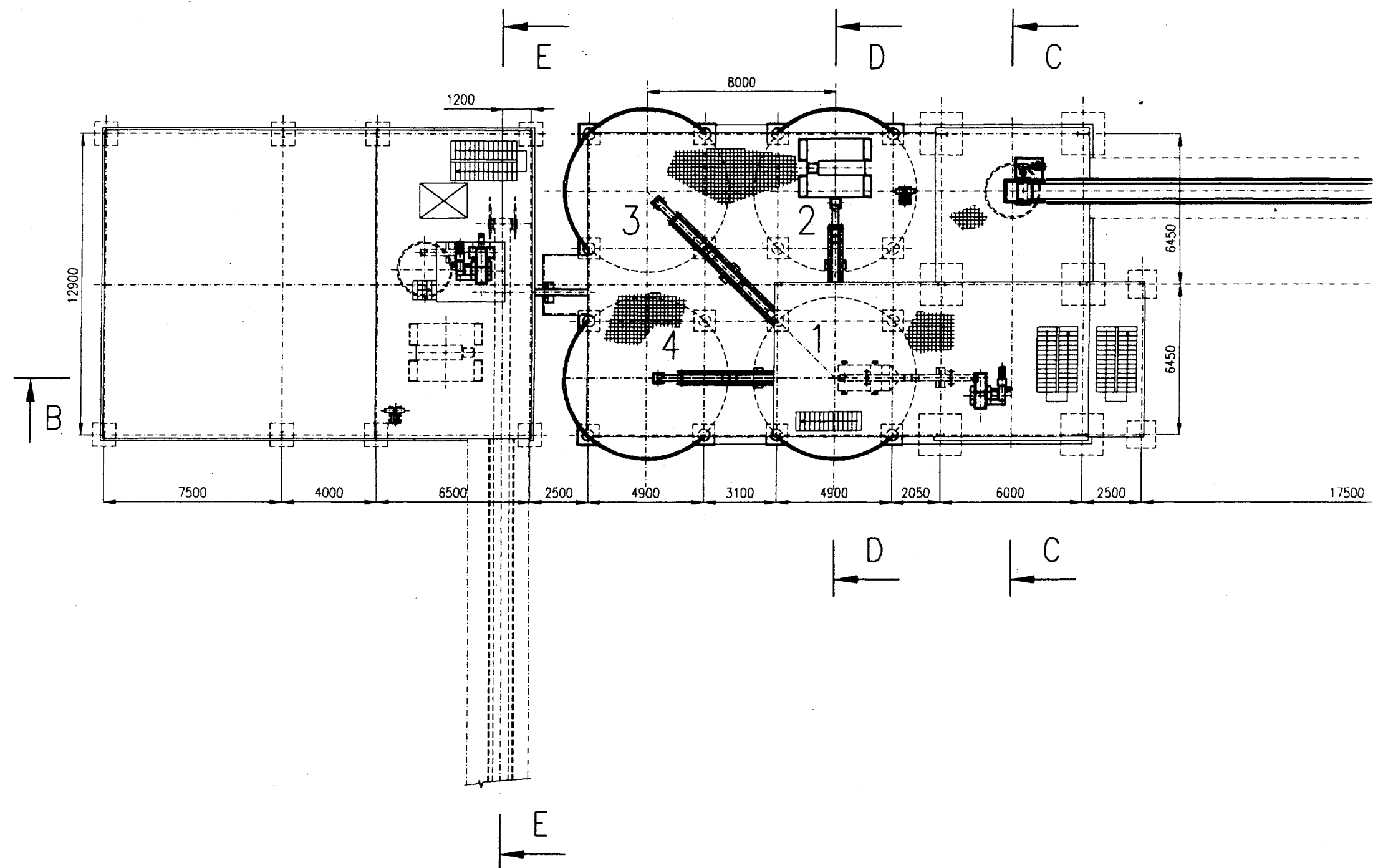
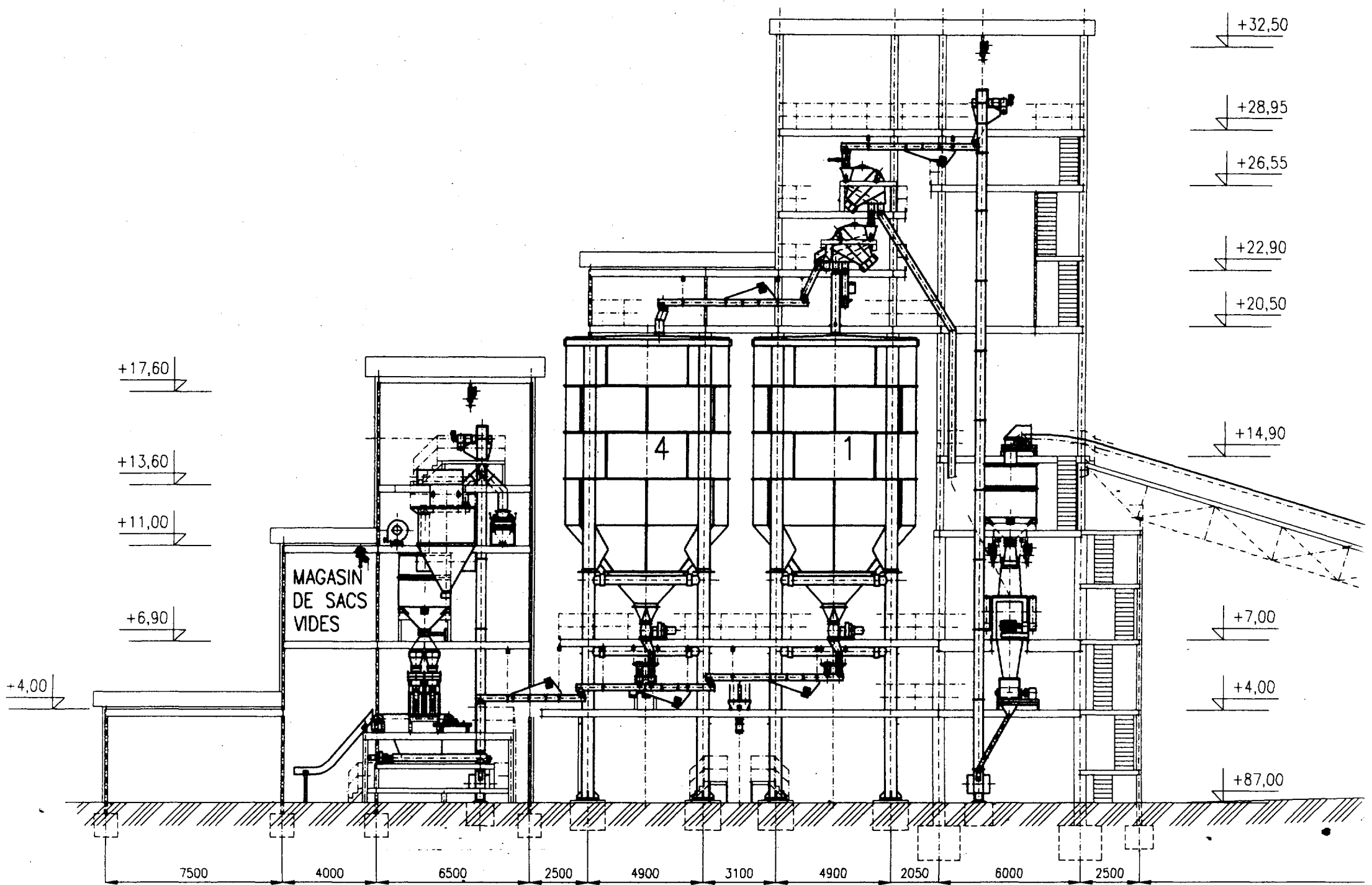
Coupes B-B, C-C, D-D, E-E / section ①

COUPE C-C



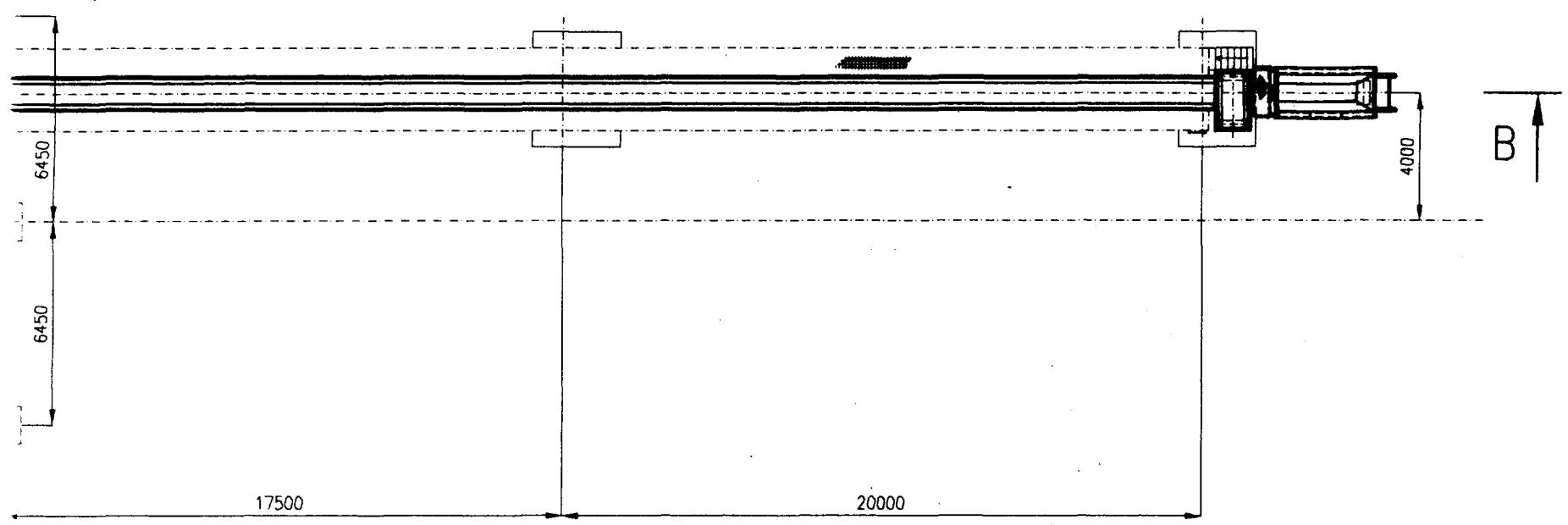
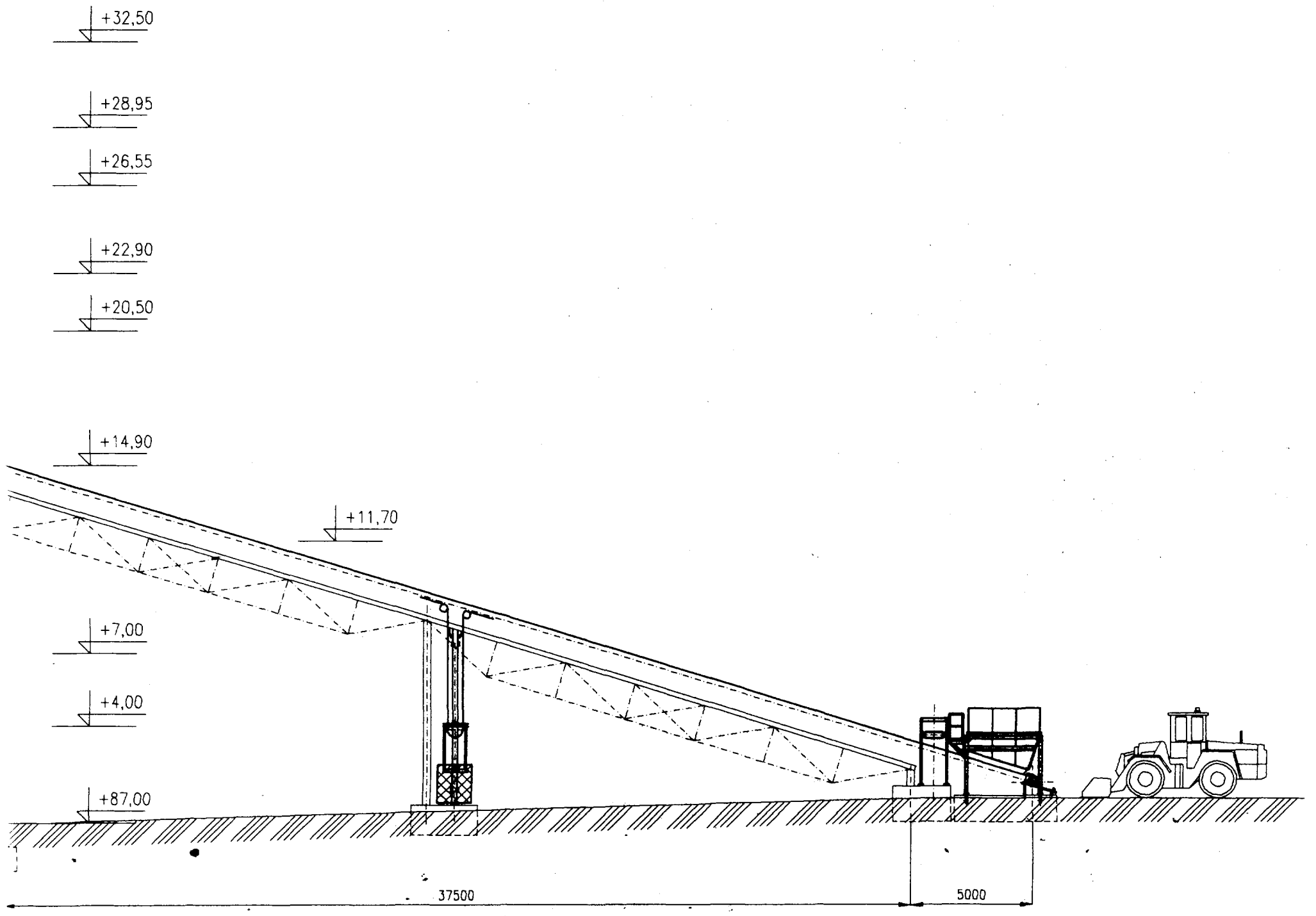
Coupes B-B, C-C, D-D, E-E / section ②

COUPE B-B



coupes B-B, C-C, D-D, E-E / section ③

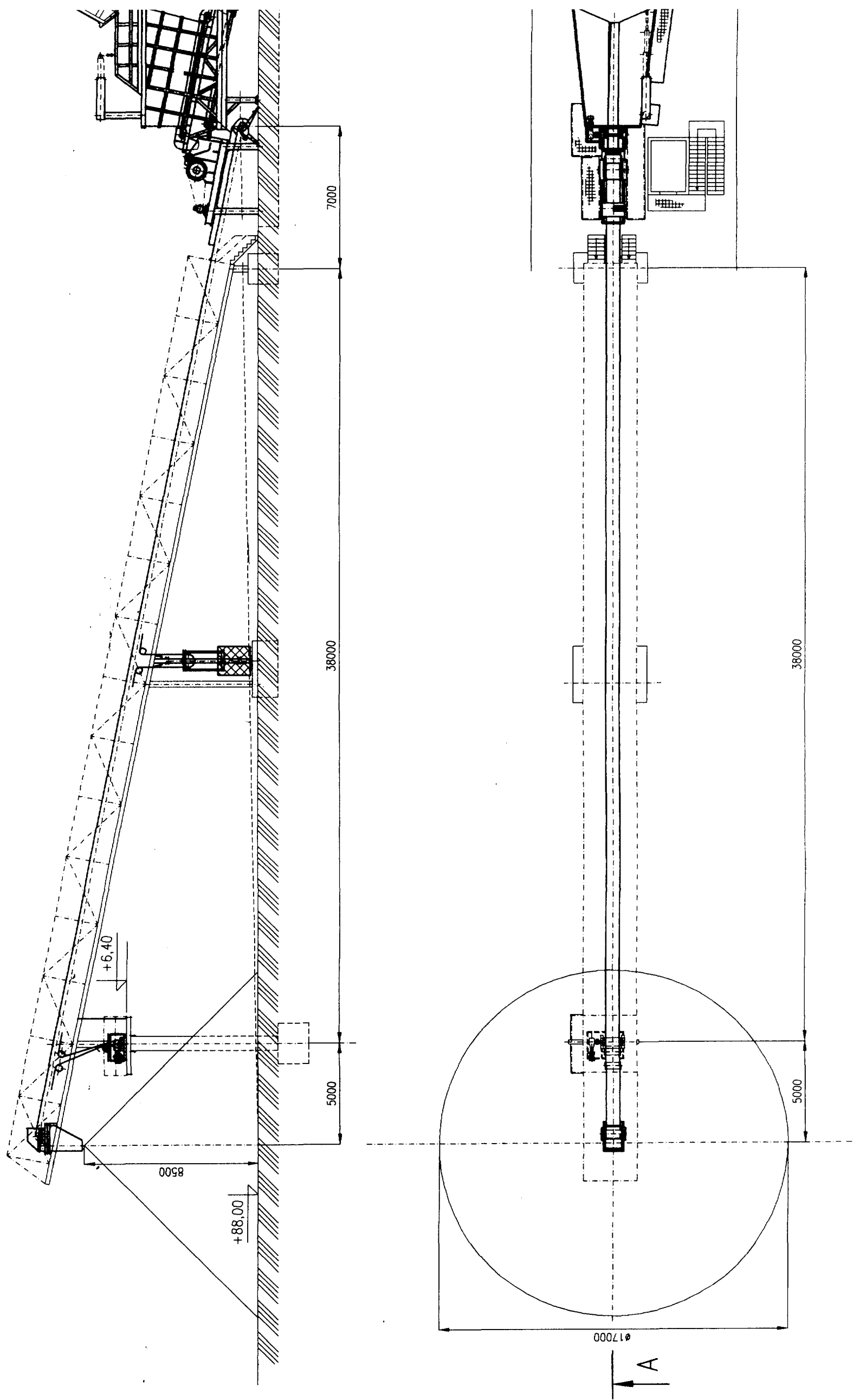
-B



section ④

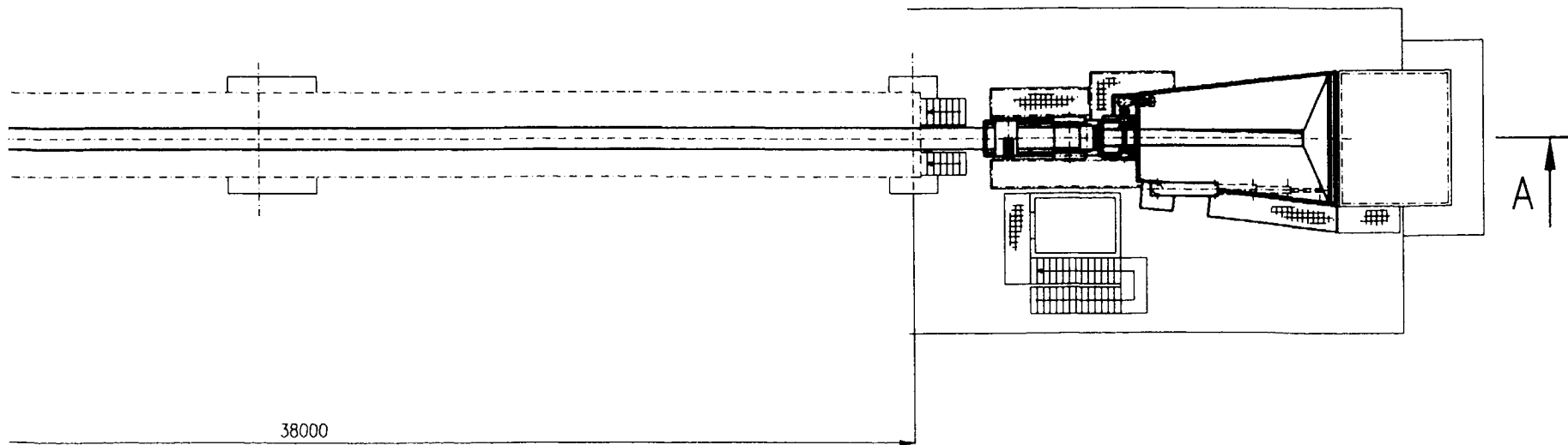
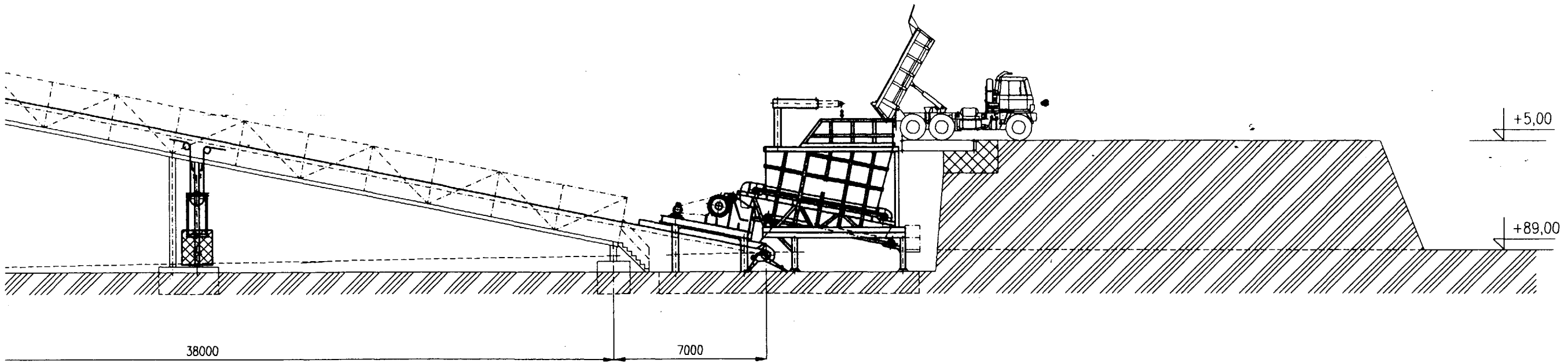
UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENČÍN	DATE: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES N°:
PLAN D'AMENAGEMENT, COUPES B-B, C-C, D-D, E-E		ECHELLE: 1:200
		DESSIN N°: 08

COUPE A-A



section ①

COUPE A-A

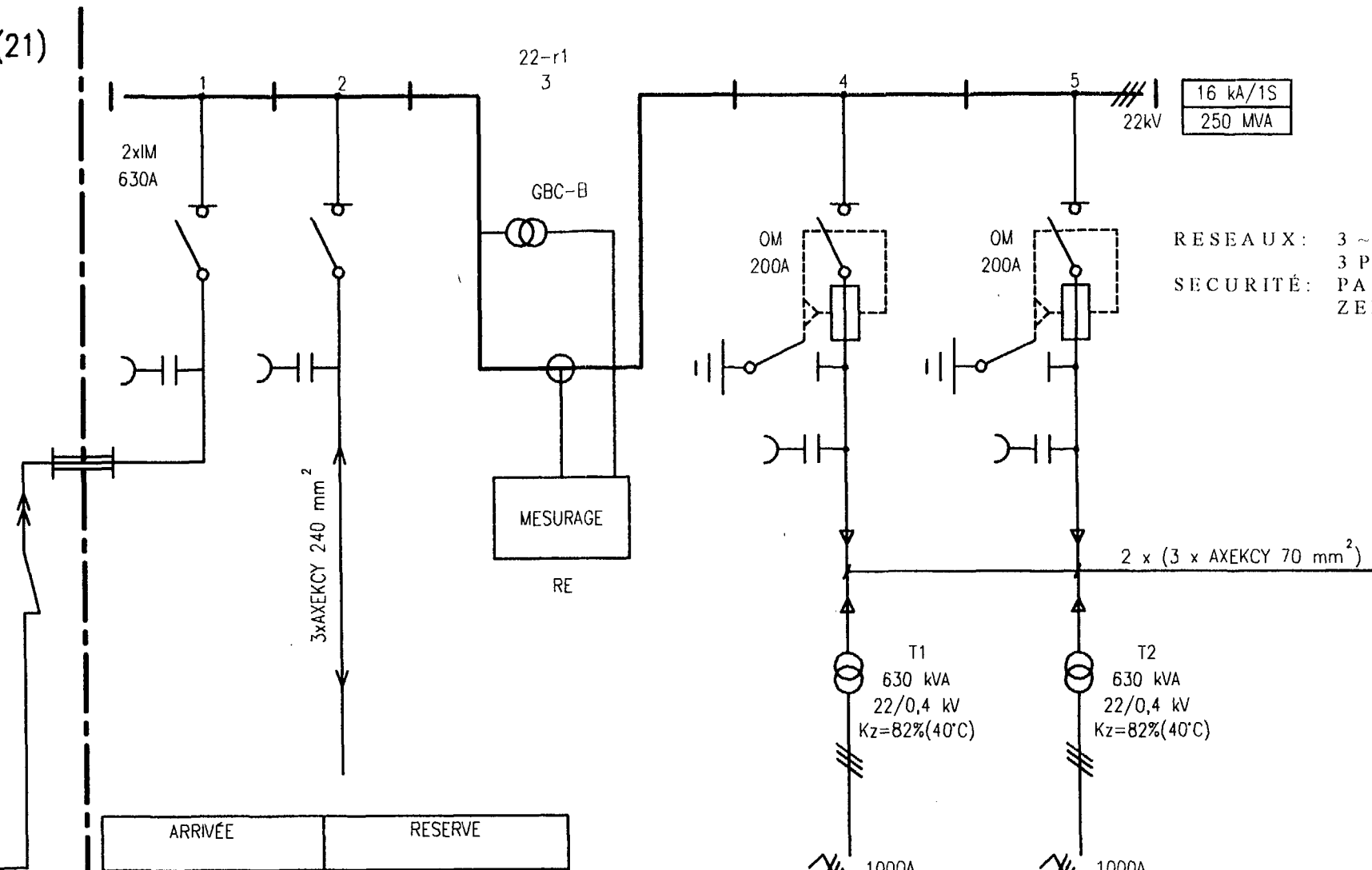
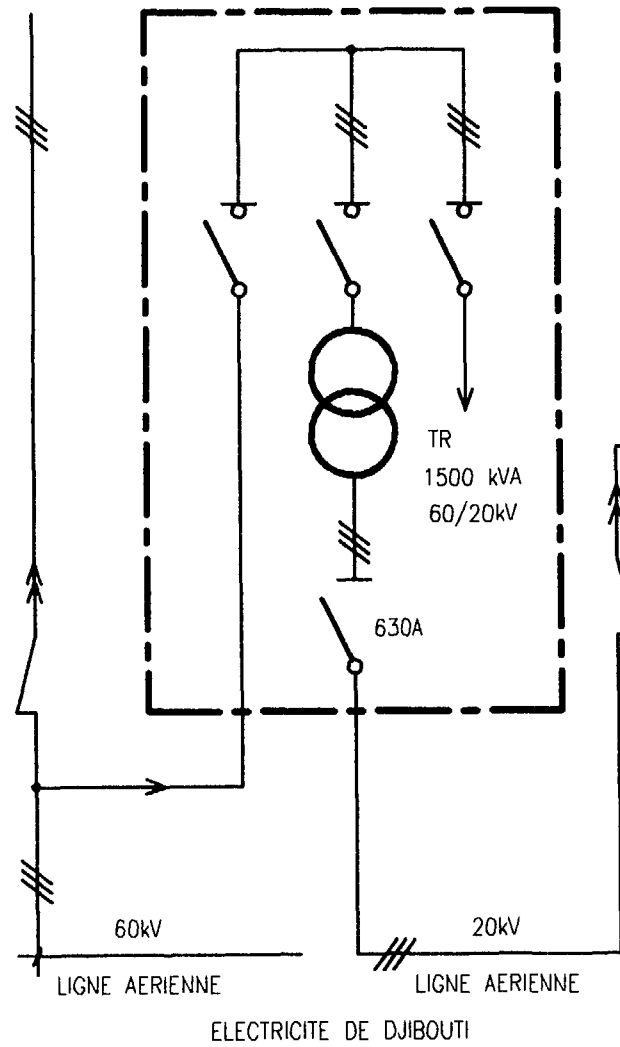


Section 2

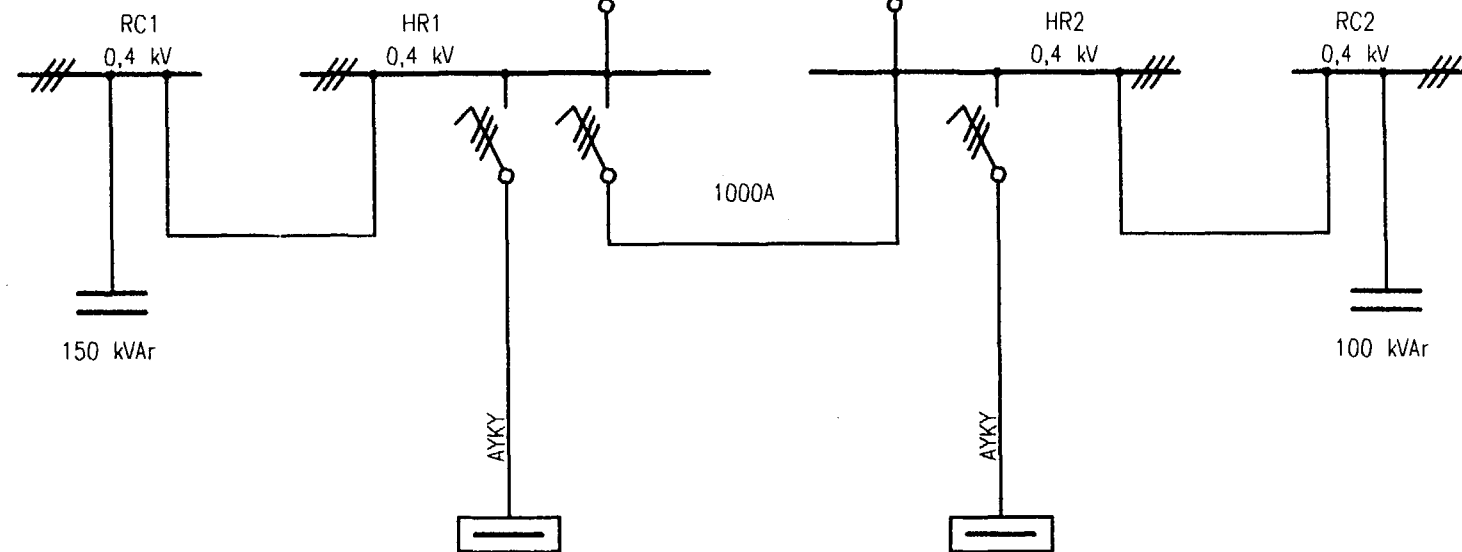
UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENČÍN	DATE: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES N°:
PLAN D'AMENAGEMENT, COUPE A-A		ECHELLE: 1:200
		DESSIN N°: 07



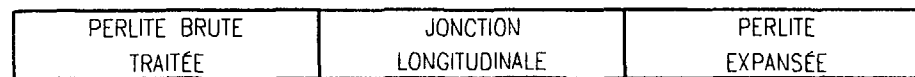
# STATION DE TRANSFORMATION (21) ELECTRICITE DE DJIBOUTI



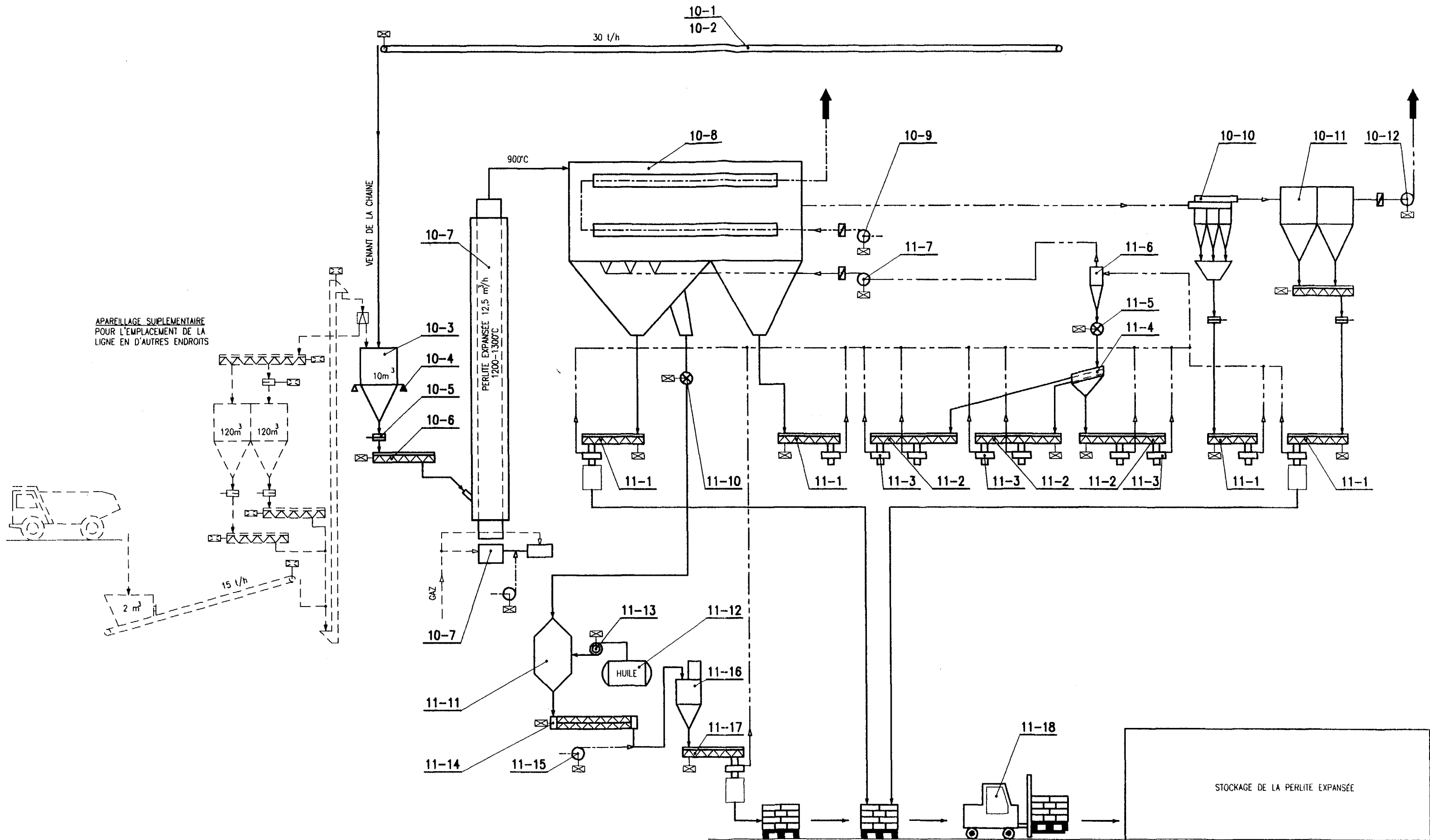
RESEAUX: 3 ~ 50 Hz; 20000 V/IT  
 3 PEN ~ 50 Hz; 400 V/TN / C  
 SECURITE: PAR PRISE DE TERRE - 20 kV  
 ZERO - 0,4 kV



1 KS = 13 kA  
 1 km = 25,7 kA  
 Pic=650 kW  
 Pp=450 kW



UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT s.s. TRENČÍN	DATE: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES N°:
ALIMENTATION ELECTRIQUE		ECHELLE: -
		DESSIN N°: 06



APAREILLAGE SUPPLEMENTAIRE  
POUR L'EMPLACEMENT DE LA  
LIGNE EN D'AUTRES ENDROITS

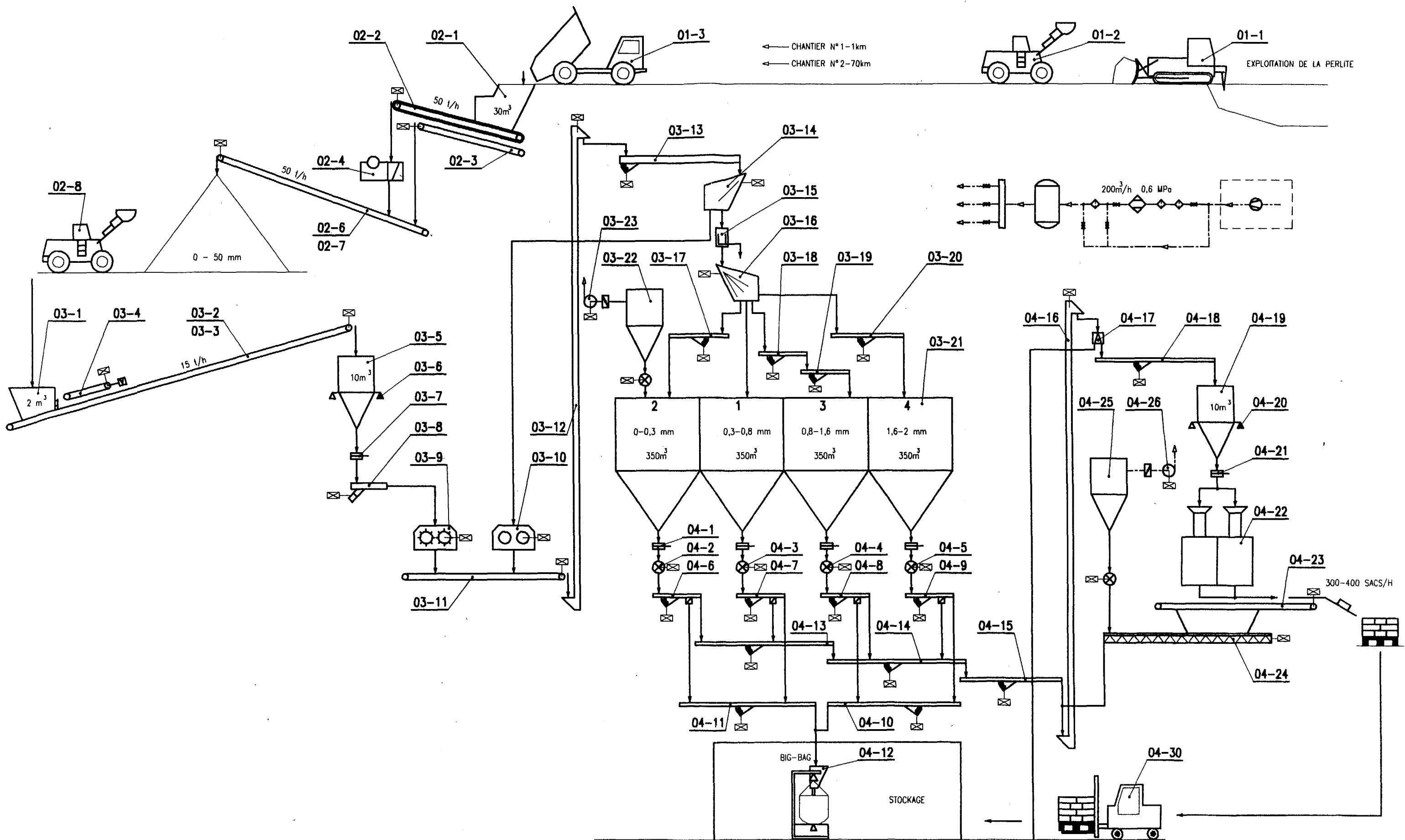
VENANT DE LA CHAINE

PERLITE EXPANSEE 12,5 m<sup>3</sup>/h  
1200-1300°C

STOCKAGE DE LA PERLITE EXPANSEE

- LEGENDE:
- MATERIEL
  - - - FUEL
  - · - · AIR COMPRIME
  - · - · DEPOUSSIERAGE

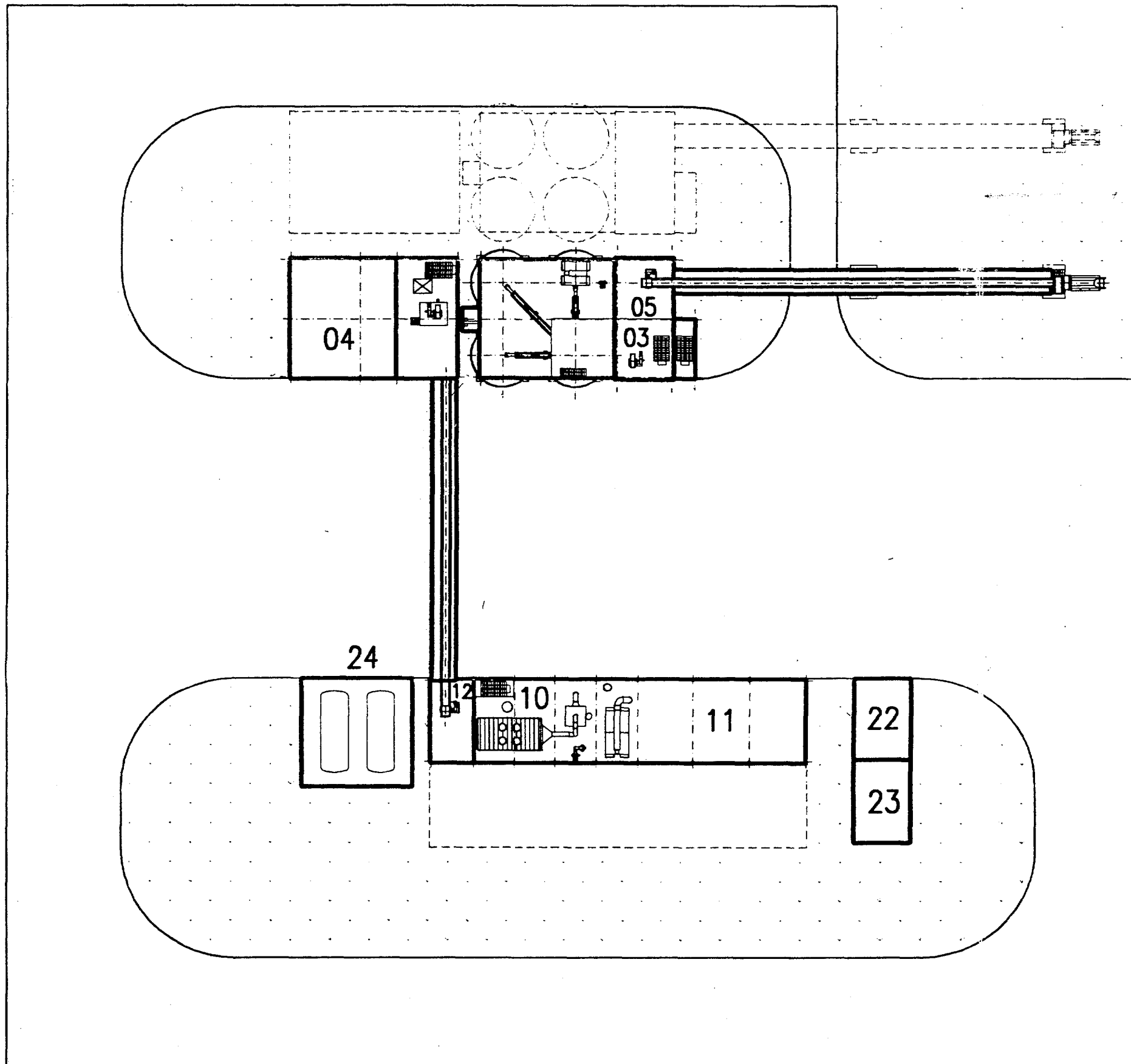
UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENČIN	DATE: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES N°:
SCHEMA TECHNOLOGIQUE: PERLITE EXPANSEE		ECHELLE: -
		DESSIN N°: 05



ERS LA CHAÎNE DE PERLITE EXPANSEE

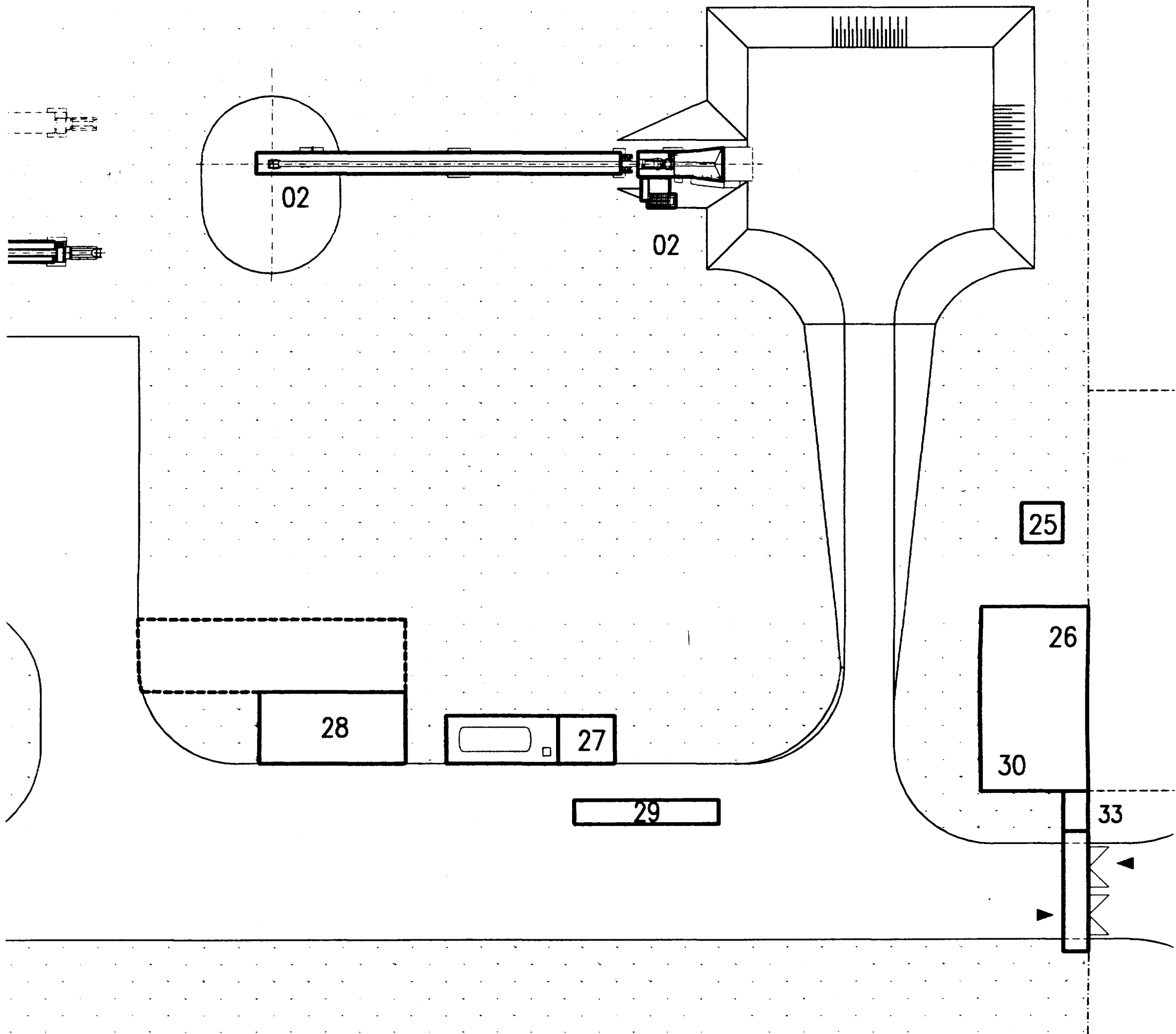
- LEGENDE:
- MATERIEL
  - - - FUEL
  - AIR COMPRISE
  - - - DEPOUSSIERAGE

UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENČÍN	DATE: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES N°:
SCHEMA TECHNOLOGIQUE: PERLITE BRUTE TRAITÉE		ECHELLE: -
		DESSIN N°: 04



- 01 - Exploitation de la perlite et transport à l'usine
- 02 - Station de concassage de la perlite et stockage libre
- 03 - Concassage supplémentaire, broyage et triage de la perlite
- 04 - Emballage, stock et d'expédition de la perlite
- 05 - Equipements électriques

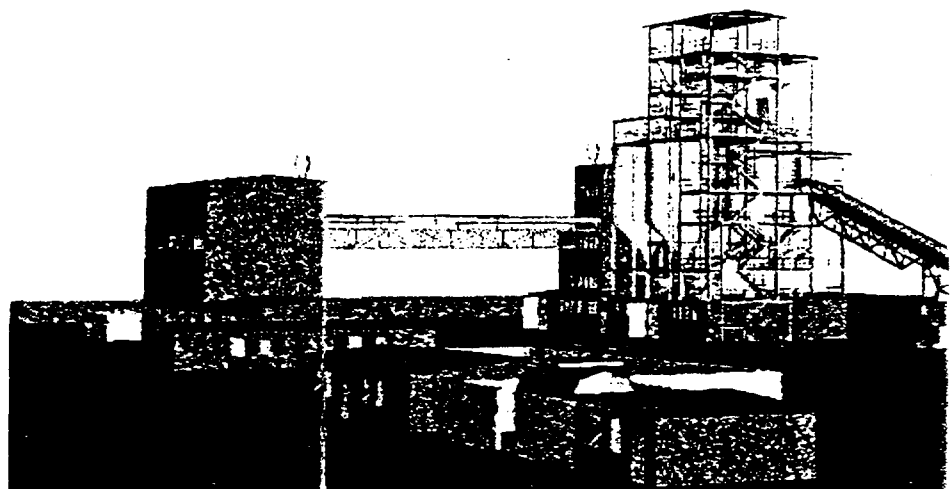
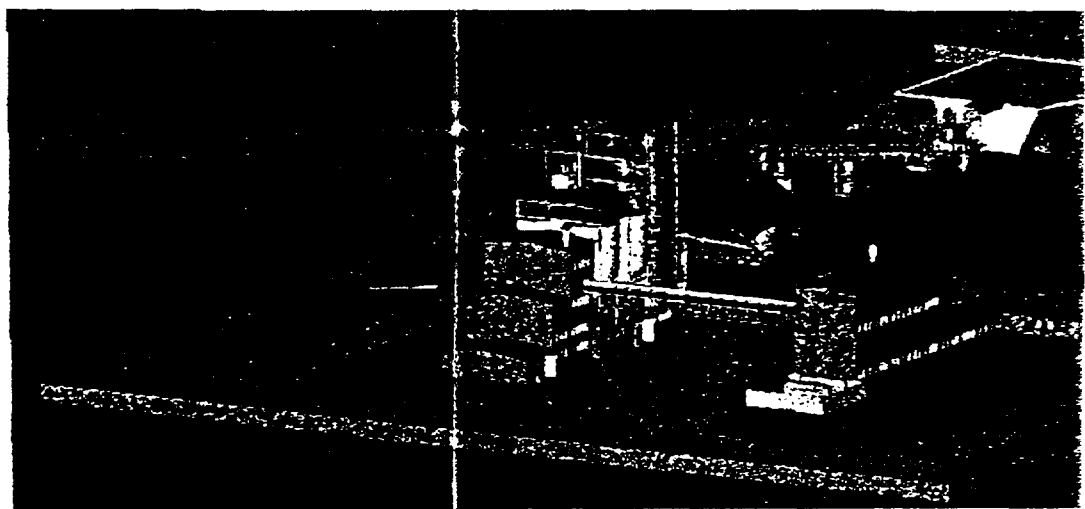
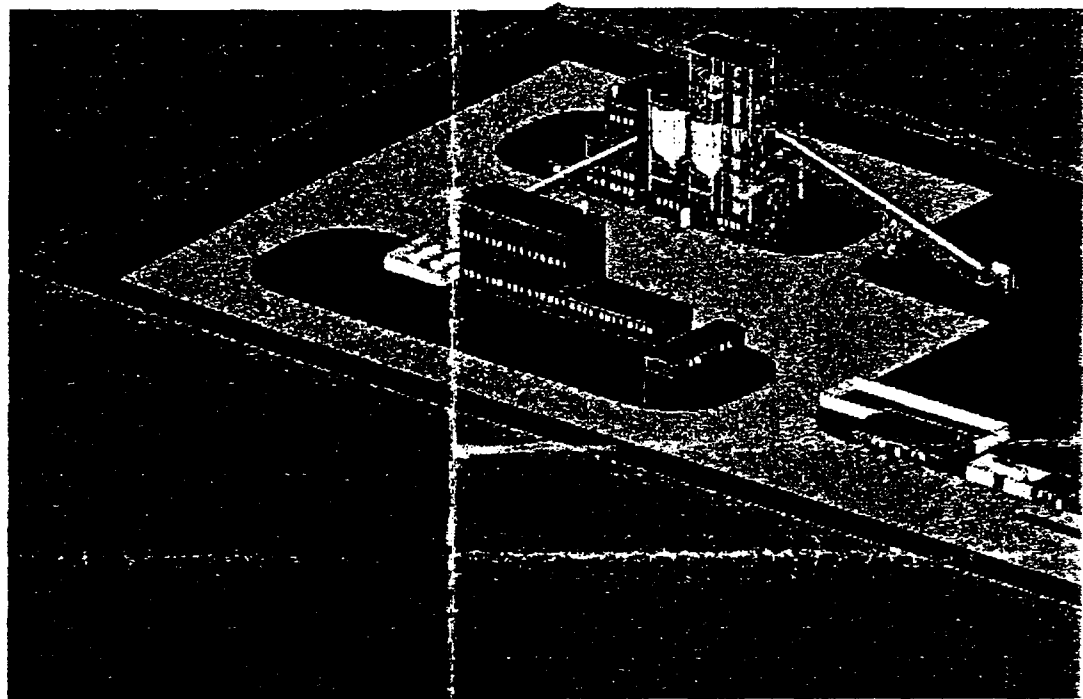
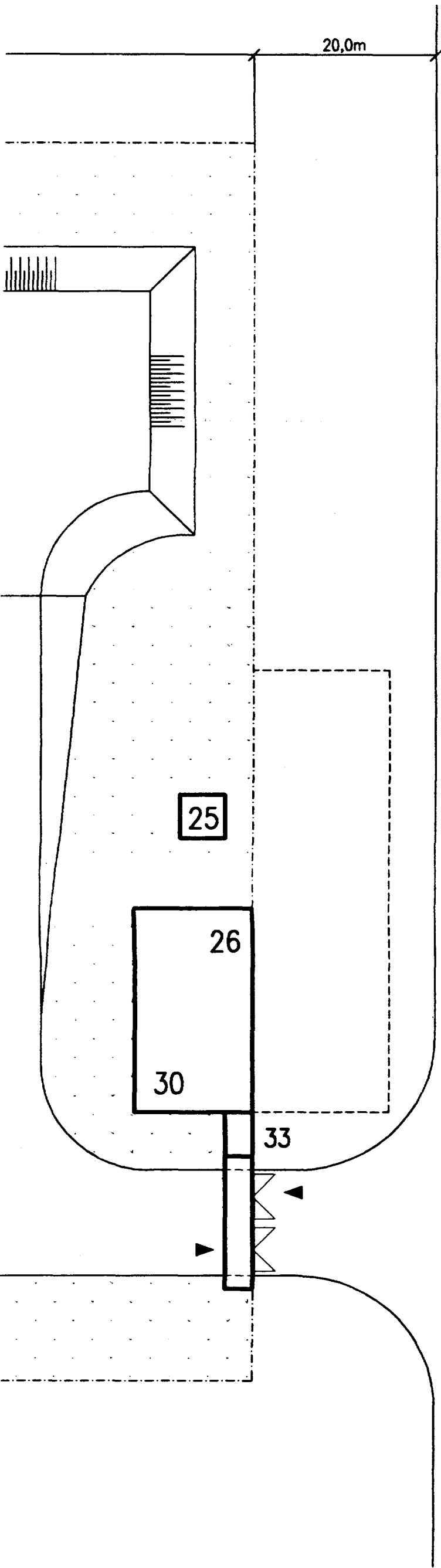
- 10 - Chaîne de la perlite expansée
- 11 - Emballage, stock et expédition de la perlite
- 12 - Equipements électriques



ée  
tion de la perlite expansée

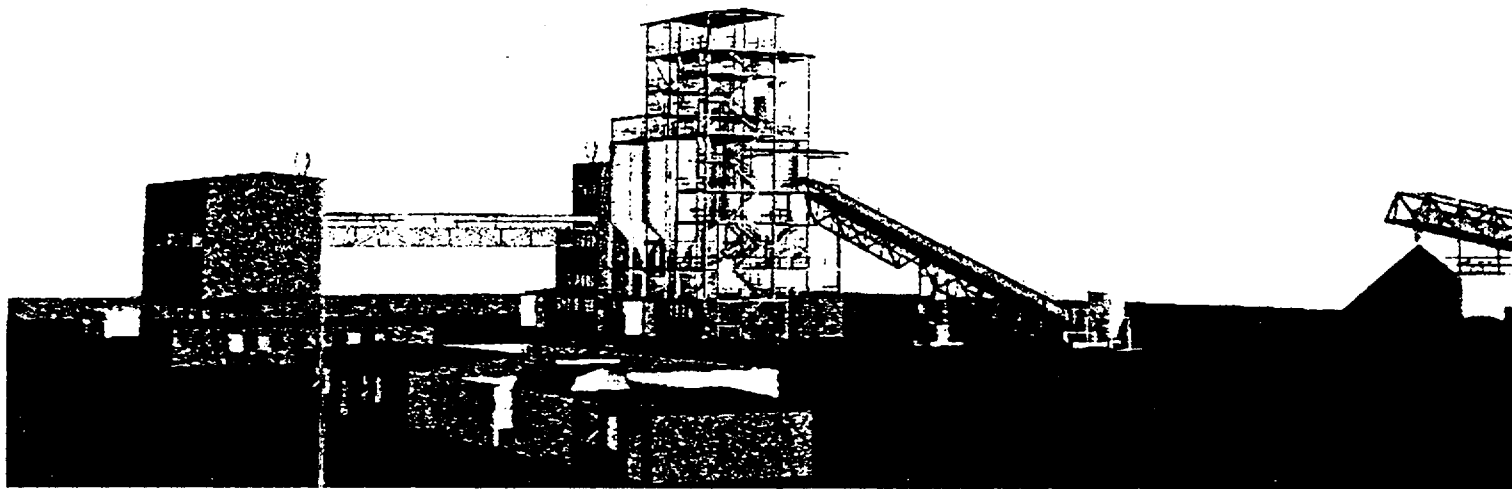
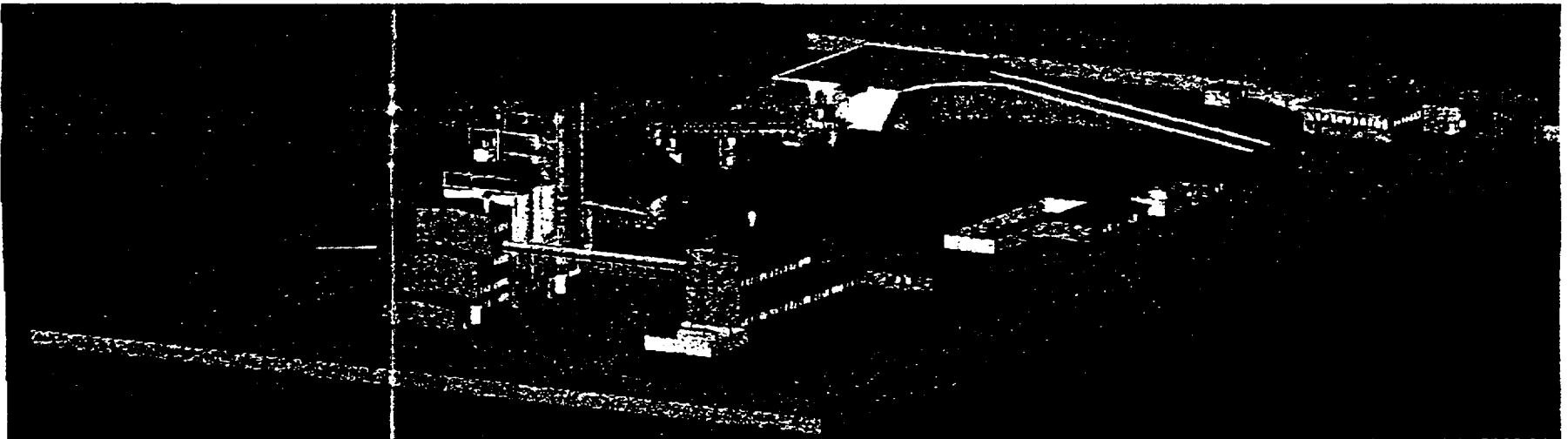
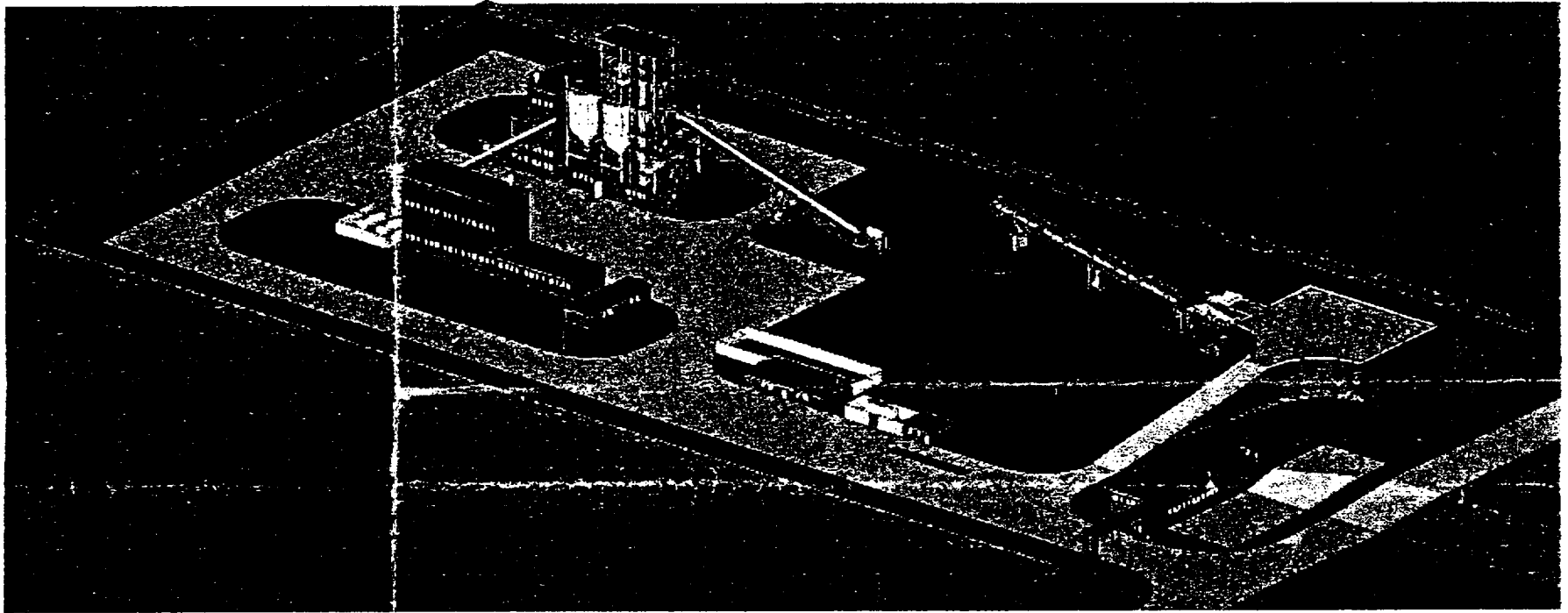
- 21 - Station de transformation principale
- 22 - Station de transformation de l'usine
- 23 - Station de compression
- 24 - Stockage du gaz
- 25 - Approvisionnement en eau
- 26 - Laboratoire
- 27 - Stock du pétrole et huiles
- 28 - Ateliers et magasins
- 29 - Pont bascule

- 30 - Bâtiment administratif
- 31 - Routes dans l'usine
- 32 - Eclairage de l'usine
- 33 - Entrée
- 34 - Clôture



PLAN D'AMENAGEMENT DE L'USINE DE PERLITE / section (3)

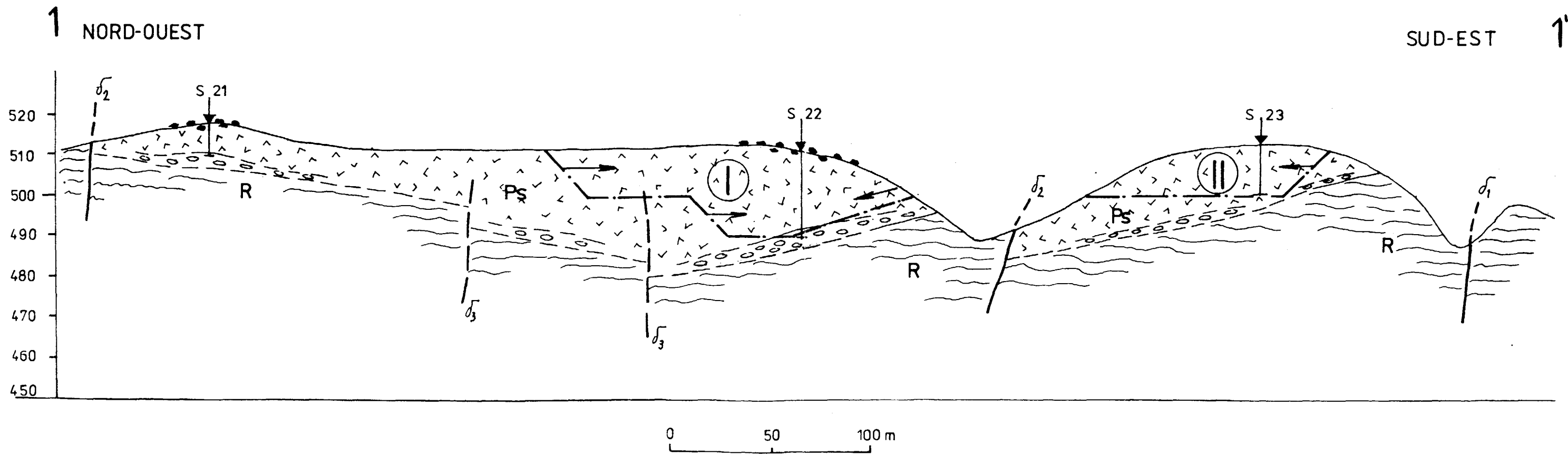
UNIDO VIENNA  
**PERLITE DJIL**  
 PLAN D'AMENAGEMENT DE L



UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENČÍN	DATE: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES N°:
PLAN D'AMENAGEMENT DE L'USINE DE PERLITE / section (4)		ECHELLE: 1:500
		DESSIN N°: 03

Section ①

LEVE GEOLOGIQUE A TRAVERS DE SONDAGES S 21, S 22, S 23


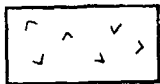
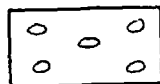
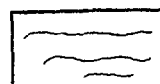
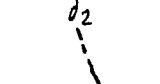

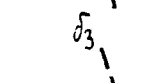




LEVE GEOLOGIQUE A TRAVERS LES SONDAGES S 21, S 22 ET S 23



SECTION 2

LEGENDE:

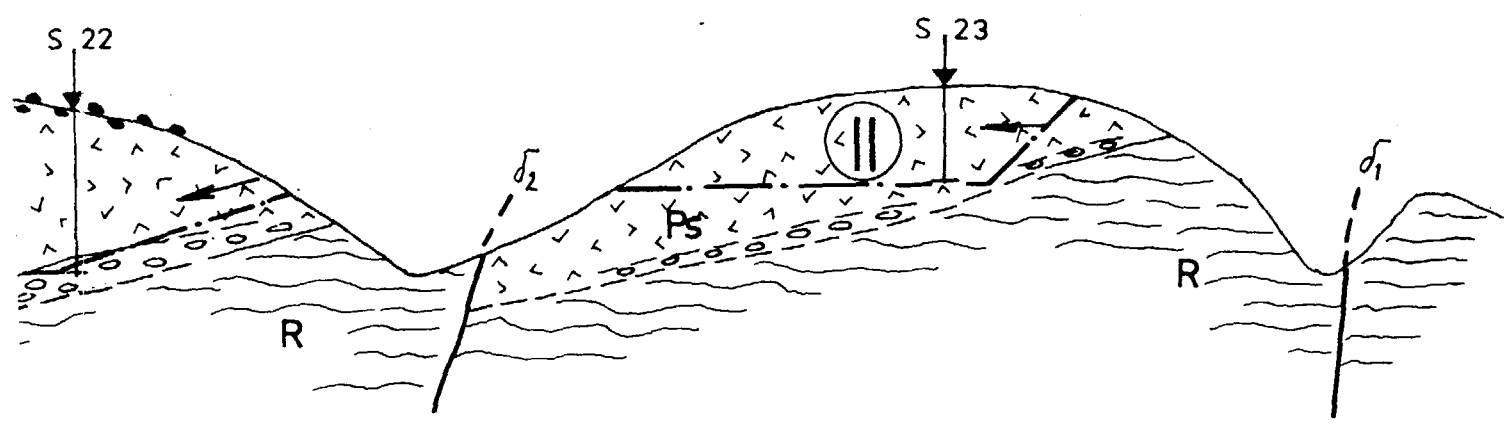
-  Éluvions de perlite a faciès ponceux, perlite a faciès ponceux
-  Perlite standard a faciès brèchique et éventuellement a grains d'obsidienne
-  Perlite a lithophyses et éventuellement a grains d'obsidienne
-  Coulées de rhyolite pseudo-stratifiés
-  Fractures a rejet faible
-  Fractures a rejet important ( liées a la tectonique régionale)
-  Fractures supposées
-  Bloc d'exploitation proposé
-  Direction de l'avancement de l'exploitation

COMPLEXE PERLITIQUE SUPERIEUR (Ps)

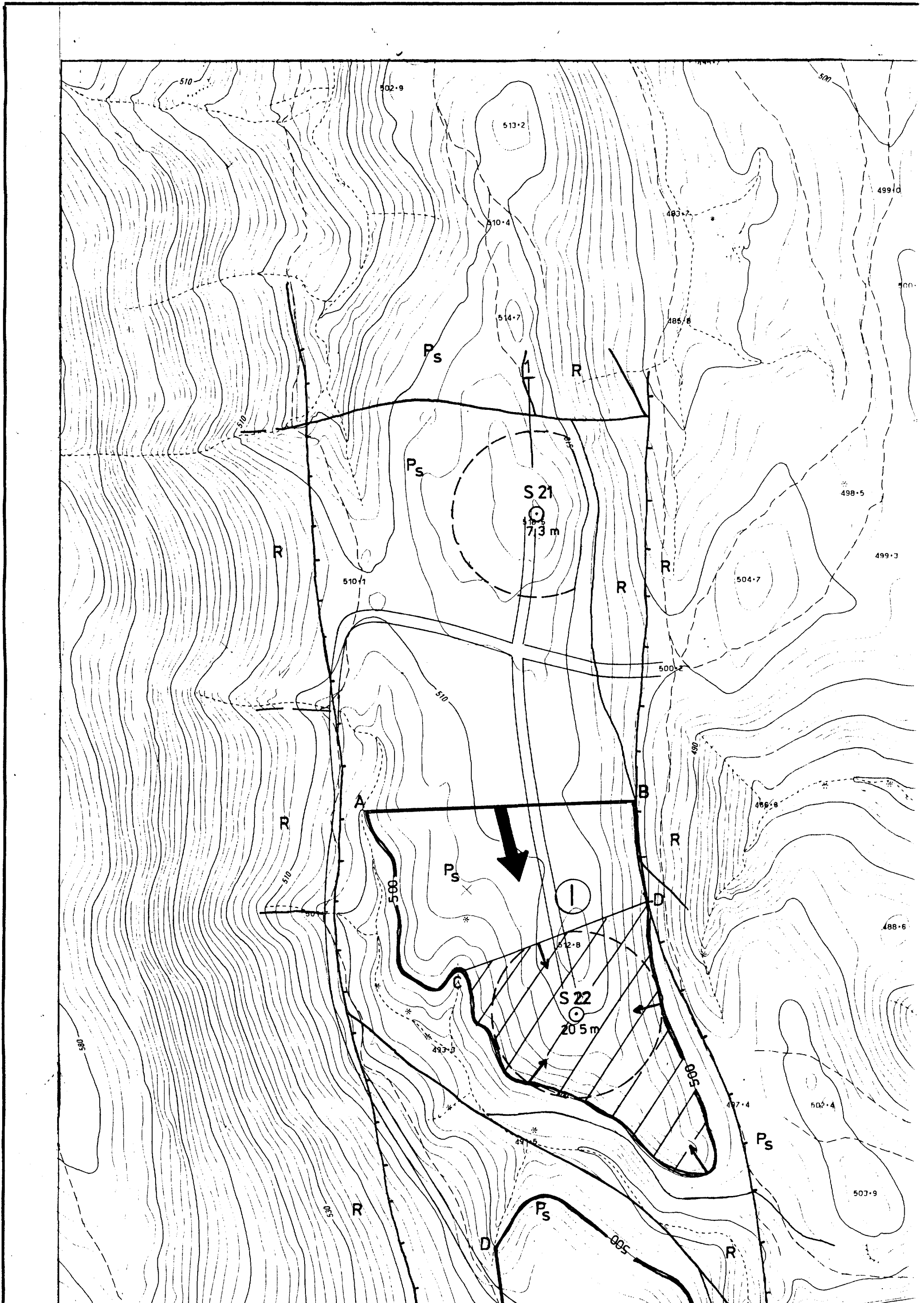
BARRE RHYOLITIQUE INTERMEDIAIRE (R)

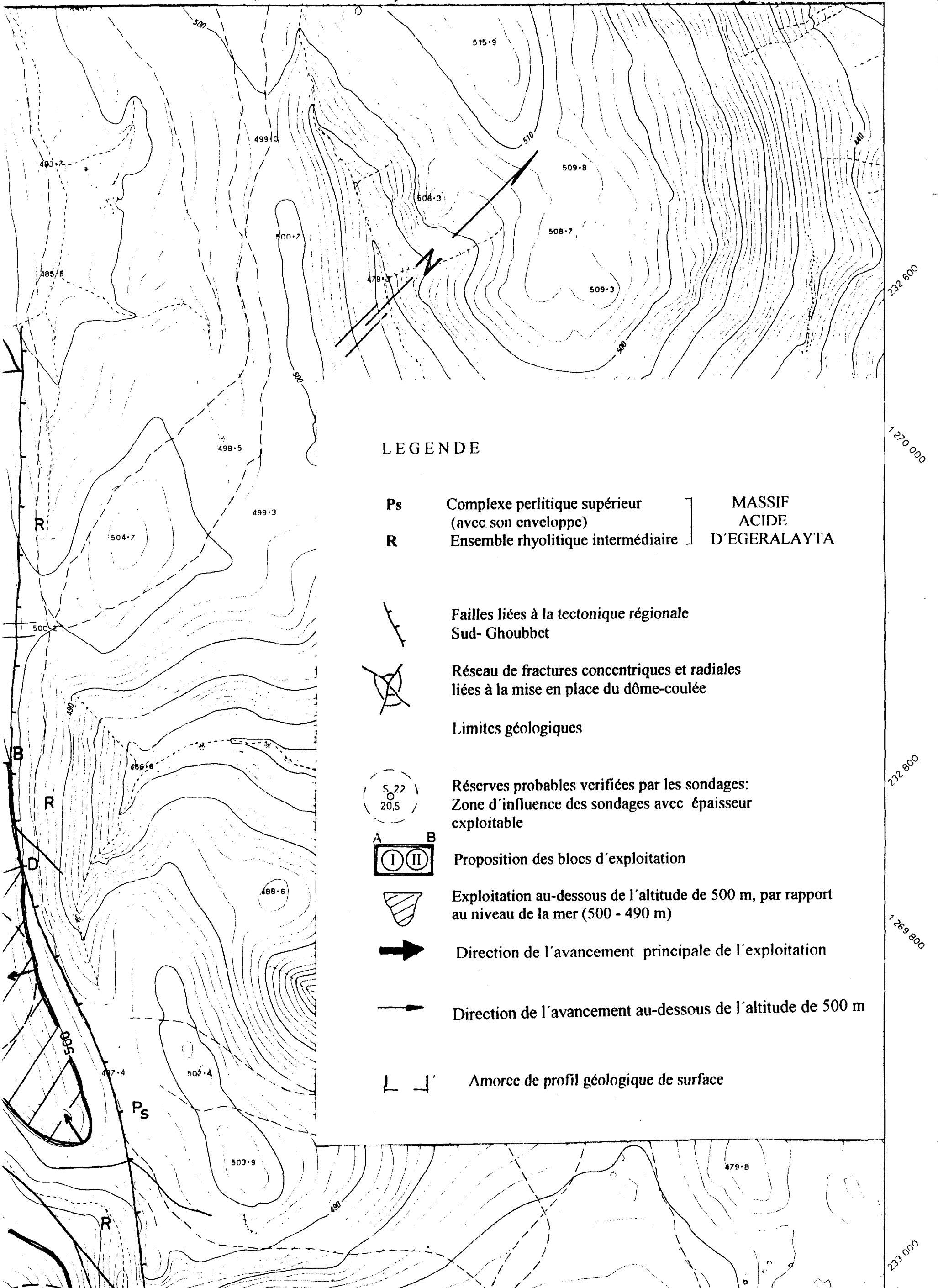
PROFILS DE SONDAGES S 21, S 22, S 23

SUD-EST ↑




UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENCIN	date: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES NO:
LEVE GEOLOGIQUE A TRAVERS LES SONDAGES S 21, S 22 ET S 23		EHELLE:
		DESSIN No : 2a






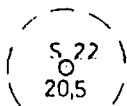
LEGENDE


Ps Complexe perlitique supérieur (avec son enveloppe)  
 R Ensemble rhyolitique intermédiaire ] MASSIF ACIDE D'EGERALAYTA


 Failles liées à la tectonique régionale Sud- Ghoubbet


 Réseau de fractures concentriques et radiales liées à la mise en place du dôme-coulée


Limites géologiques

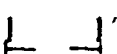
 Réserves probables vérifiées par les sondages: Zone d'influence des sondages avec épaisseur exploitable

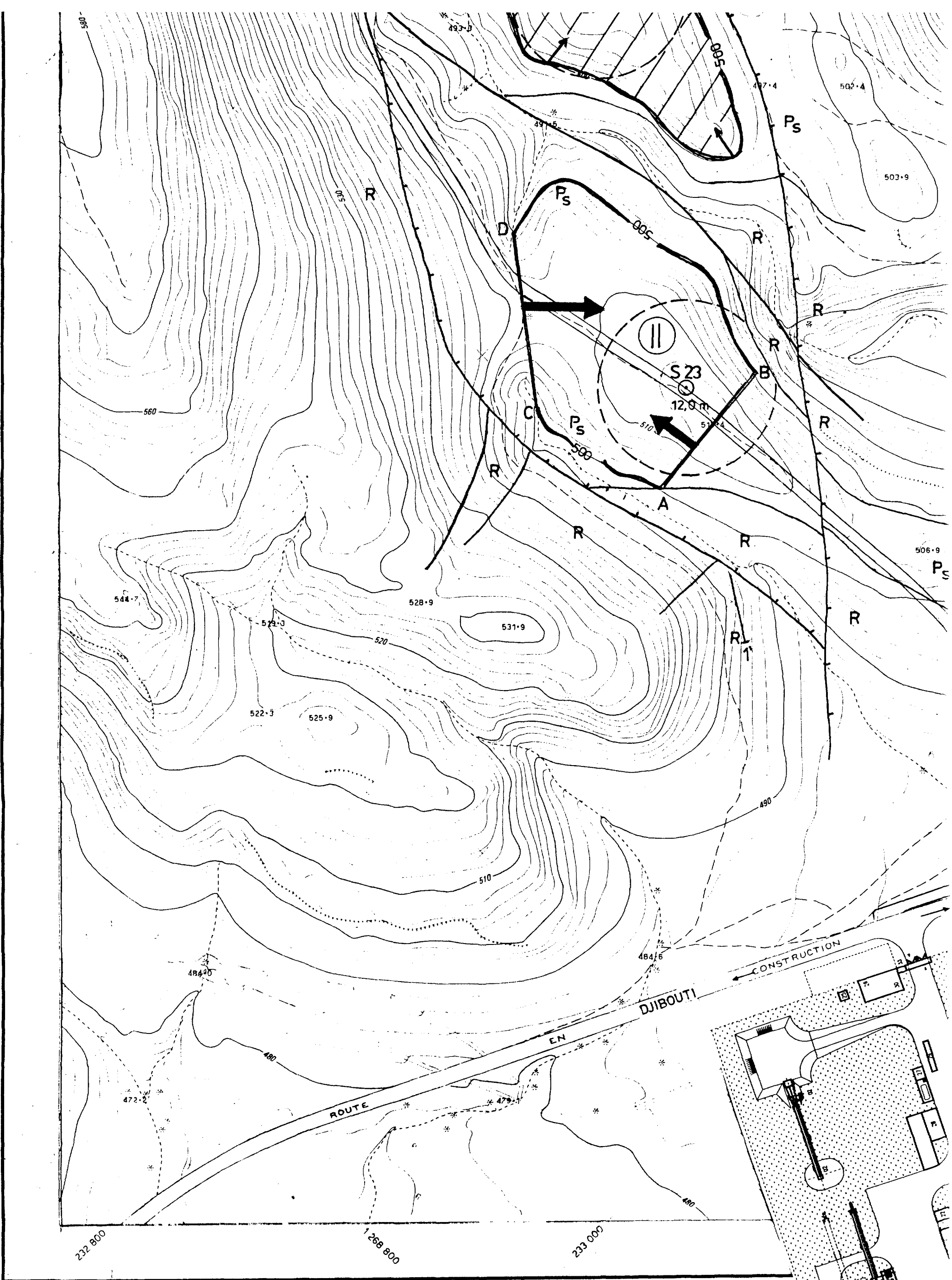
 Proposition des blocs d'exploitation

 Exploitation au-dessous de l'altitude de 500 m, par rapport au niveau de la mer (500 - 490 m)

 Direction de l'avancement principale de l'exploitation

 Direction de l'avancement au-dessous de l'altitude de 500 m

 Amorce de profil géologique de surface



ÉCHELLE 1:2000

INSTITUT GÉOGRAPHIQUE NATIONAL

17, AVENUE DE LA RÉPUBLIQUE, 26700 PARIS

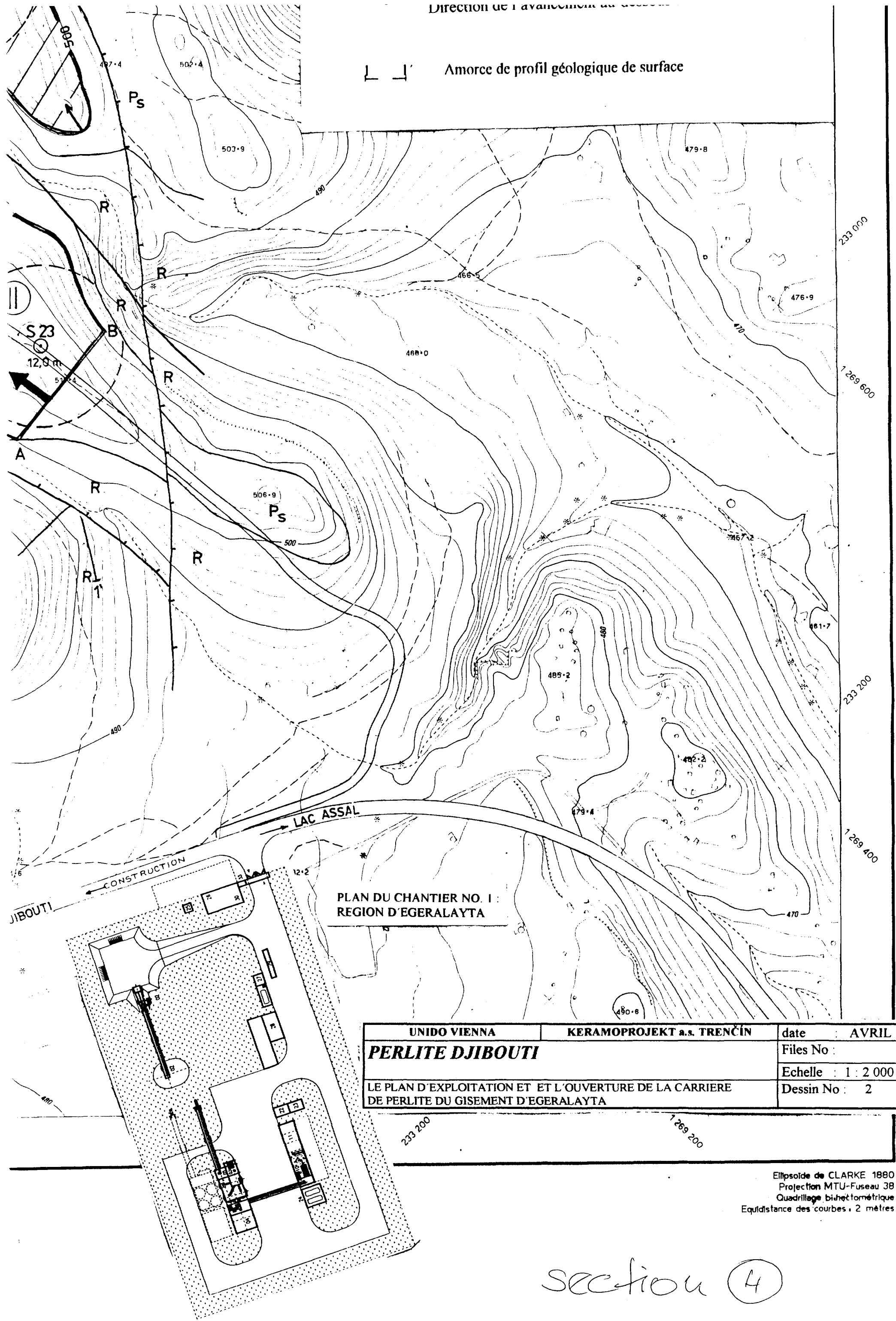
Service de la Carte Nationale à l'Échelle 1:2000

LE PLAN D'EXPLOITATION ET ET L'OUVERTURE DE LA CARRIERE  
DE PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA

section 3



Amorce de profil géologique de surface


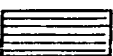


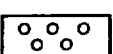


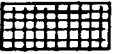


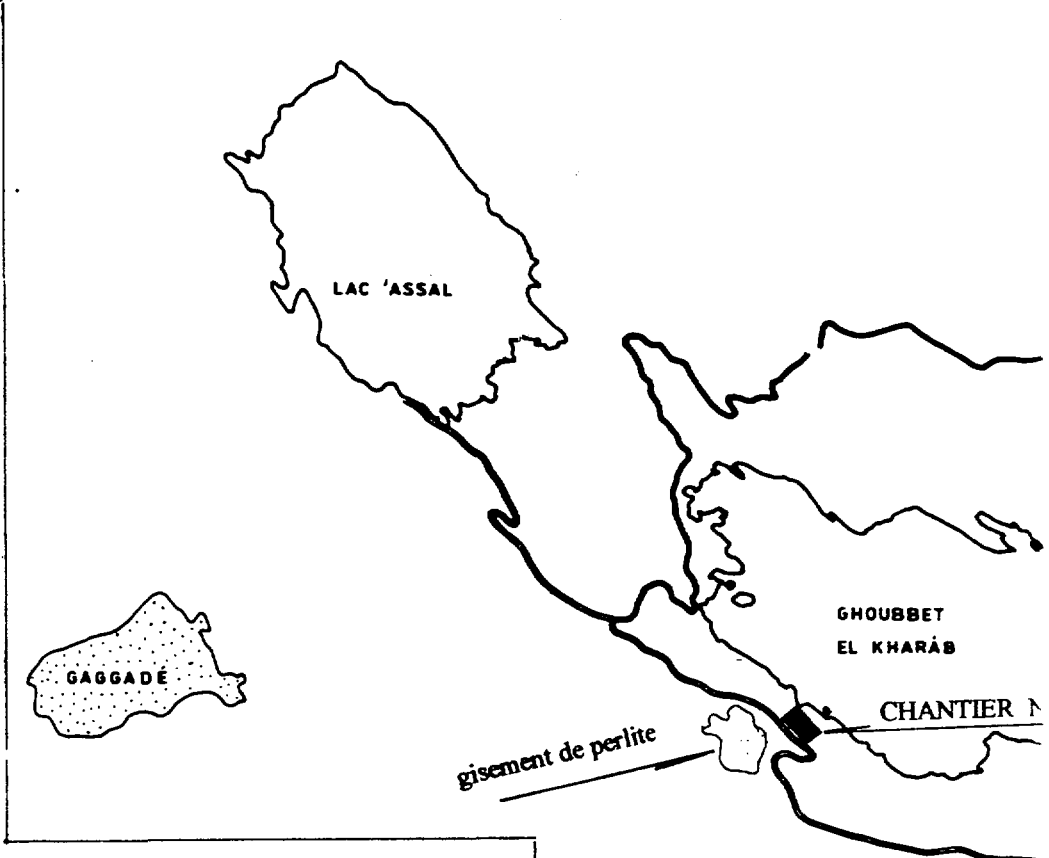
PLAN DU CHANTIER NO. 1 :  
REGION D'EGERALAYTA

UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENCIN	date : AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		Files No :
LE PLAN D'EXPLOITATION ET ET L'OUVERTURE DE LA CARRIERE DE PERLITE DU GISEMENT D'EGERALAYTA		Echelle : 1 : 2 000
		Dessin No : 2

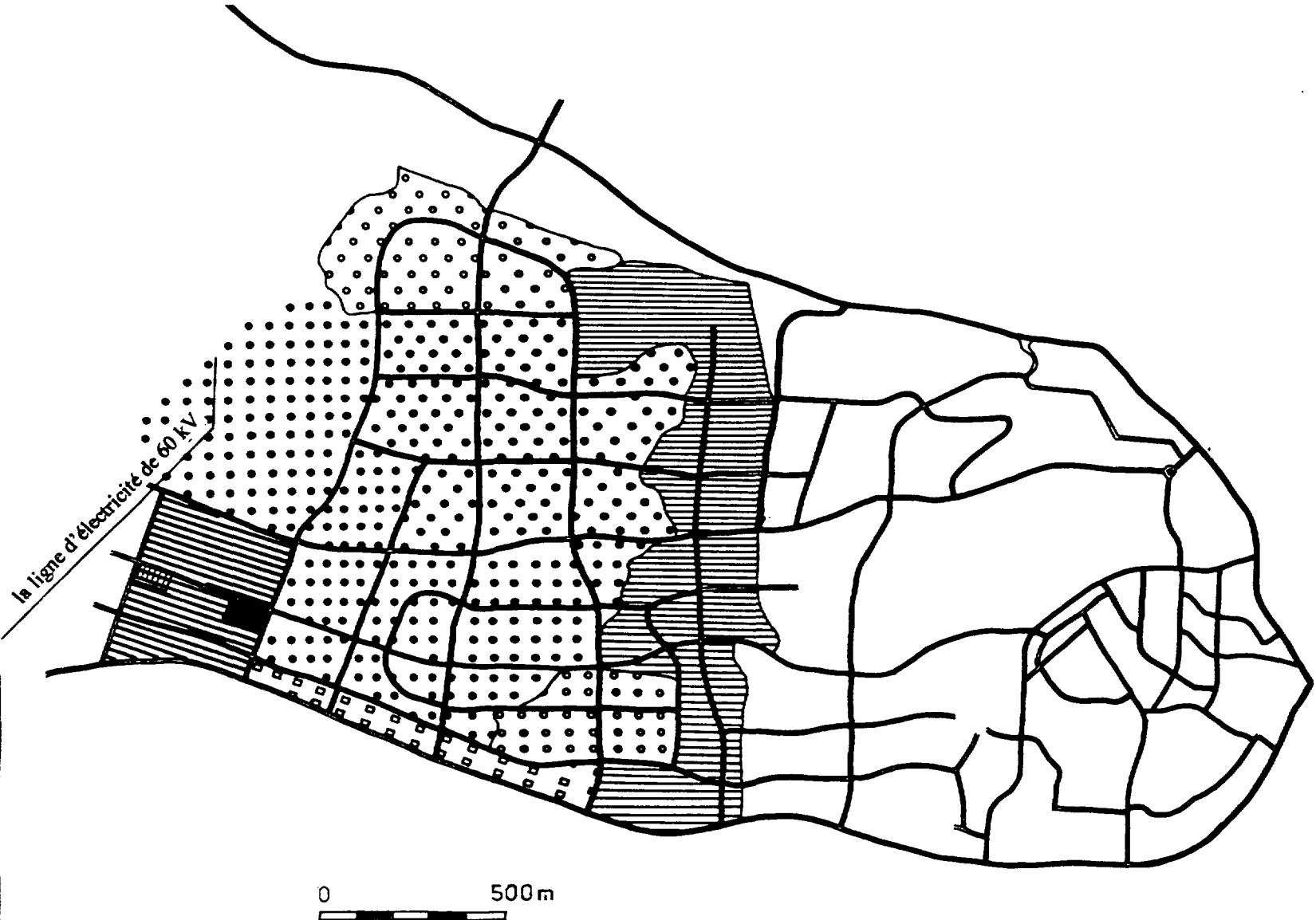
Ellipsoïde de CLARKE 1880  
Projection MTU-Fuseau 38  
Quadrillage bihémométrique  
Equidistance des courbes : 2 mètres

section (4)

-  ZONE INDUSTRIELLE
-  CENTRE PRINCIPAL (EQUIPEMENTS, BUREAUX, COMMERCES, HABITAT STANDING.)
-  HABITAT MOYEN STANDING ET SOCIAL. LOTISSEMENT ET PROJETS (AFFAIRES FONCIERES)
-  LOTISSEMENTS D'URGENCE P.O.P. ET CESSION AMIABLE
-  LOTISSEMENTS RESIDENTIEL
-  ACTIVITES INTEGREES ET HABITAT
-  CHANTIER DE L'USINE
-  USINE DE BETON



PLAN DU CHANTIER NO. 2 : QUARTIER DE BALBALA



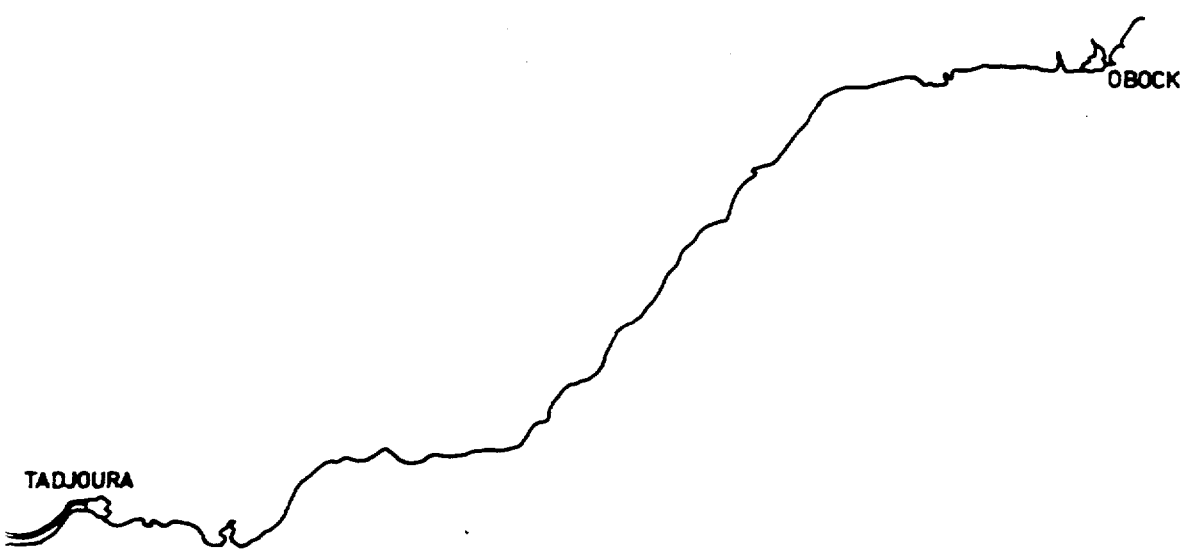
LE PLAN DU GISEMENT D'EGERLAYTA ET DE L'USINE

section ①

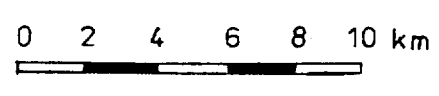
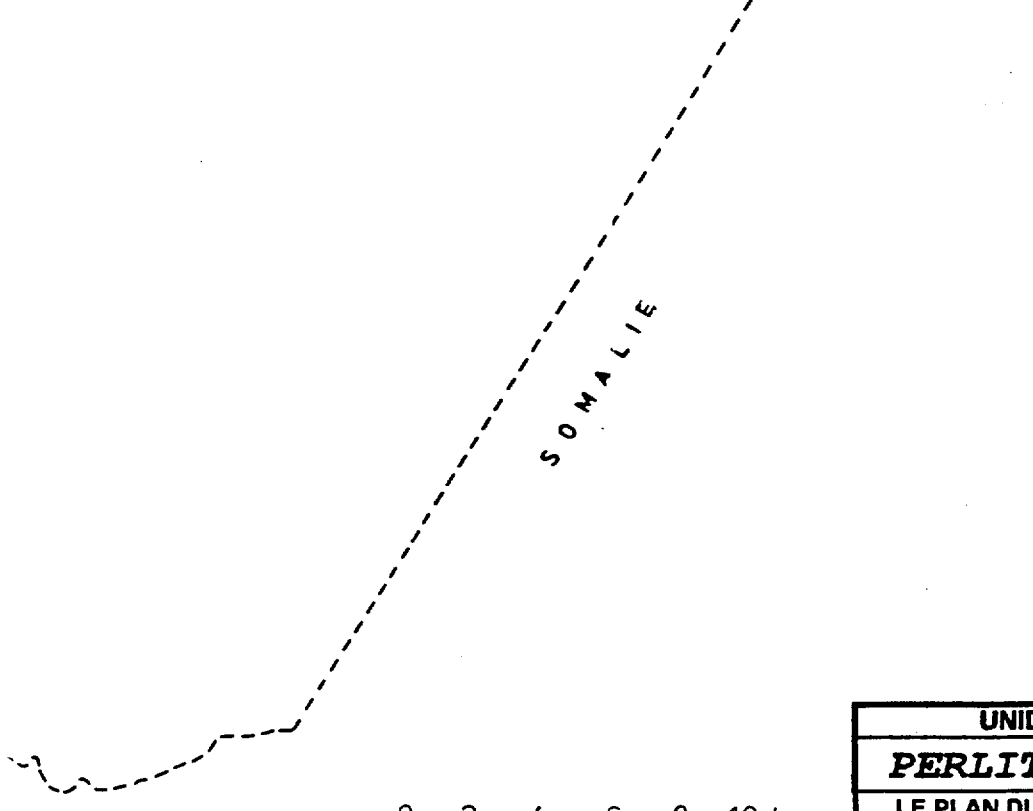
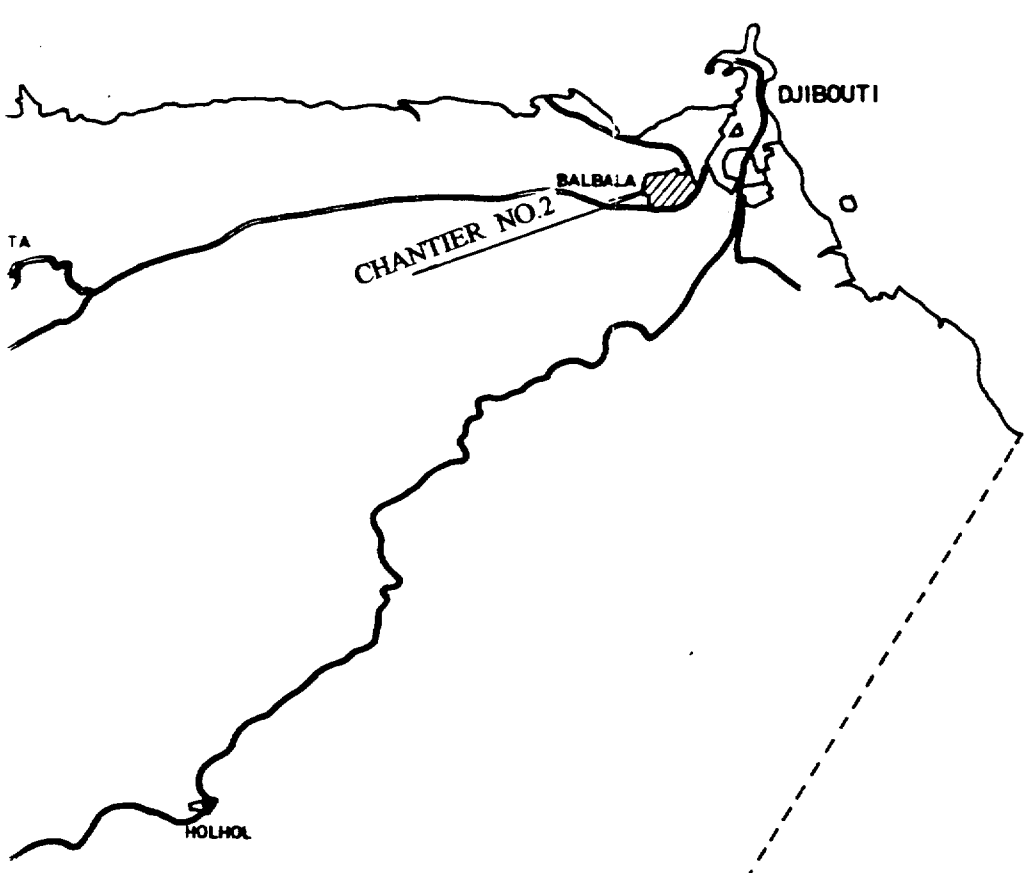


LE PLAN DU GISEMENT D'EGERLAYTA ET DE L'USINE

section 2



D E T A D J O U R A



UNIDO VIENNA	KERAMOPROJEKT a.s. TRENČIN	date: AVRIL 1998
<b>PERLITE DJIBOUTI</b>		FILES NO:
LE PLAN DU GISEMENT D'EGERLAYTA ET DE L'USINE		EHELLE:
		DESSIN No : 1

section (3)