



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

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



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

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

FAIR USE POLICY

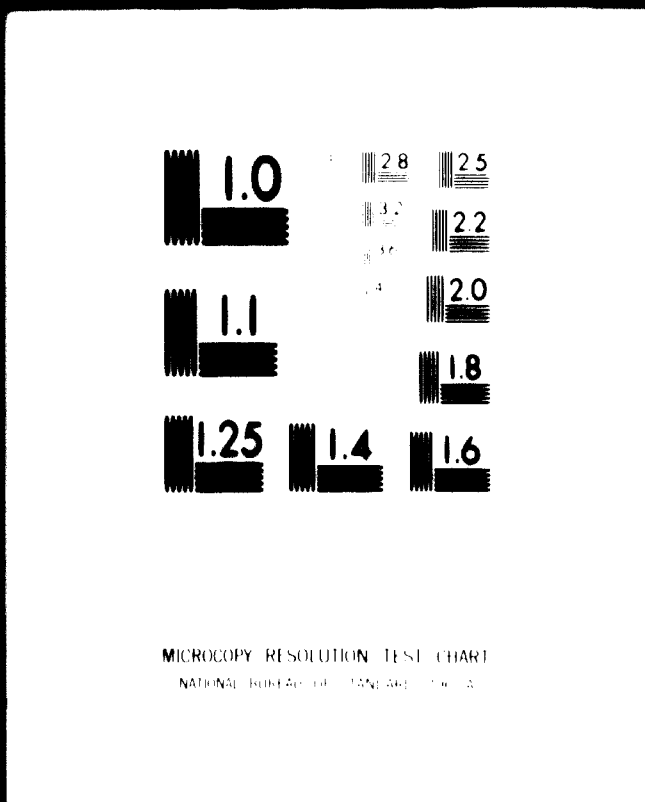
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

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

1 OF 1



24x
F

S o m m a i r e

	<u>Page</u>
1. Sommaire et annexes	1
2. Introduction	4
3. Résultats de l'inspection, conclusions, recommandations	6
4. Aspects économiques pour la production du sel	9
4.1. Population et consommation de sel	9
4.2. Importations	11
4.2.1. Quantités de sel importées	11
4.2.2. Pays fournisseurs	11
4.2.3. Prix et qualité	13
4.3. Voies de communications et frais de transport	15
4.4. Possibilités d'exportation	16
5. Choix du terrain pour l'aménagement du salin	17
6. Aspects climatiques	20
6.1. Taux d'évaporation	20
6.2. Précipitations atmosphériques	25
6.3. Humidité de l'air	30
6.4. Température de l'air et de l'eau	30
6.5. Vitesse et direction du vent	30
7. Planification antérieure de la Saline	35
7.1. Capacité de production et qualité	35
7.2. Conduite d'amenée de l'eau de mer	35
7.3. Aire d'évaporation	37
7.4. Bâtiments	39
8. Installations en cours de construction, engins et machines disponibles	41
8.1. Conduite de refoulement	41
8.2. Bâtiments	41
8.3. Engins de constructions et machines	43

9. Proposition pour la conduite d'amende de l'eau de mer	44
9.1. Aménagement des pompes	47
9.2. Pose de la conduite d'aspiration	50
9.3. Conception de la conduite de refoulement	60
10. Proposition pour l'aménagement des bassins d'évaporation	67
10.1. Dimensionnement des bassins	72
10.1.1. Bassins de préconcentration (de 3,5 à 15 ⁰ Bé)	72
10.1.2. Bassins de préconcentration (de 15 à 24 ⁰ Bé)	74
10.1.3. Cristalliseurs (de 24 à 28,5 ⁰ Bé)	74
10.2. Aménagement des bassins d'évaporation	75
10.2.1. Levé topographique et nivellement	76
10.2.2. Canaux et voies de circulation	77
10.2.3. Possibilités de transvasement de la saumure	80
10.2.4. Evacuation des eaux mères	81
10.3. Station météorologique	82
11. Récolte et stockage du sel	83
12. Traitement et emballage du sel	84
13. Estimation des frais	87
14. Bibliographie et références	89

A n n e x e s

1. Carte du Togo
2. Importations annuelles en sel du Togo (1948 - 1969)
3. Importations en sel et prix nets d'importation
4. Emplacement géographique du salin
5. Taux d'évaporation mensuels
6. Précipitations atmosphériques mensuelles (Aéroport de Lomé)
7. Précipitations atmosphériques mensuelles (côte togolaise)
8. Moyenne mensuelle des précipitations atmosphériques sur la côte togolaise en 1969
9. Humidité relative de l'air
10. Température moyenne mensuelle
11. Vitesse moyenne du vent à l'aéroport de Lomé (1955-1959)
12. Vue latérale de la conduite de pompage (esquisse de la Salinto)
13. Caractéristiques des pompes
14. Point d'aspiration de l'eau de mer sur le rivage (2 photos)
15. Caractéristiques moyennes mensuelles des vagues
16. Station de pompage (deux photos)
17. Proposition pour une conduite de pompage en acier (dessin DBS 4/71)
18. Proposition pour une conduite de pompage en polyéthylène (dessin DBS 5/71)
19. Vue de la station de pompage et de la route menant au salin (2 photos)
20. Ligne de chemin de fer et entrepôts en cours de construction (2 photos)
21. Proposition pour la conduite de refoulement (dessin DBS 6/71)
22. Proposition pour l'aire d'évaporation (dessin DBS 7/71)
23. Site de l'aire d'évaporation (2 photos)
24. Tableau indiquant le poids spécifique du sel, la densité en degrés Baumé, le volume et la précipitation des différents sels au cours de l'évaporation de l'eau de mer
25. Proposition pour une installation de traitement avec station d'ensachage (dessin DBS 8/71)

2. Introduction

Il n'existe jusqu'à présent aucune production de sel au Togo, si bien que chaque tonne de sel doit être importée.

Attendu que des gisements de sel gemme sont inconnus au Togo, le Gouvernement Togolais commença à examiner en 1962, avec l'aide technique allemande, les possibilités d'une production de sel de mer sur la côte. Une étude (1)* fut élaborée à cet effet.

Le résultat positif des investigations donna lieu à une autre étude (2)* concernant l'aménagement d'un salin pour une production annuelle de 10 000 tonnes ou, en alternative, de 20 000 tonnes de sel marin. L'accord de Bamako, aux termes duquel le Togo devait approvisionner en sel marin le Dahomey, la Haute-Volta, le Niger et la Nigeria, conduisit à une autre étude supplémentaire (3)* sur les possibilités d'une production de 100.000 tonnes de sel par an.

Lorsque l'accord de Bamako perdit ses bases de réalisation pratique, le Gouvernement Togolais fonda en 1969 avec un groupe privé, la "Saline du Togo" (Salinto). Le but de cette société était d'assurer le propre approvisionnement en sel du Togo.

La Salinto élaborera alors à cet effet une nouvelle étude (4)* qui se basait sensiblement sur les études antérieures et portait en outre sur la rentabilité d'une moins grande capacité de production. Une production annuelle initiale de 5000 tonnes de sel fut tout d'abord fixée. Dans une seconde étape de réalisation, cette production devait être accrue jusqu'à environ 10 000 tonnes par an pour satisfaire aux besoins réels.

Après la mise en route de la planification et de l'implantation du salin, la Salinto se trouve confrontée avec une série de problèmes qui devaient être tout d'abord résolus.

* Voir références

C'est pourquoi l'UNIDO charge la DBS de prêter assistance à la Salinte et d'élaborer une étude sur les thèmes suivants:

- I - Stade actuel de la planification
- II - Travaux de construction déjà exécutés
- III - Proposition pour la réalisation d'une aire d'évaporation rentable, y compris projet pour l'amenée de l'eau de mer et l'aménagement des bassins d'évaporation
- IV - Instructions pour l'exécution des travaux
- V - Choix des équipements techniques appropriés
- VI - Instructions pour la production du sel de mer

3. Résultats de l'inspection, conclusions, recommandations

Au cours du premier voyage d'inspection au Togo du 18 au 27 avril 1971, ainsi que des pourparlers qui eurent lieu à la même occasion avec les responsables de la Salinto, la DBS recueillit les informations suivantes :

La Salinto se trouve dans une situation extrêmement précaire au point de vue temps. La première récolte de sel doit avoir lieu en effet au printemps de l'année 1972. Sinon, presque toute une année sera perdue et il s'ensuivra de lourdes charges de nature financière pour la Salinto.

Les travaux d'aménagement du salin ont été déjà entrepris en propre régie par la Salinto, au début de l'année 1971.

Les documents de planification et d'exécution dressés par la Salinto sont non seulement insuffisants, mais doivent être encore revus et corrigés.

La Salinto ne dispose pas de données topographiques précises, ni pour le fond de la mer, ni en partie pour le site du salin.

La Salinto ne possède pas de plans concrets pour l'aménage de l'eau de mer jusqu'à l'aire d'évaporation. D'un autre côté, le point d'extraction de l'eau de mer est déjà fixé par l'existence d'une station de pompage qui abrite deux pompes.

La Salinto n'a pas encore de plans définitifs en ce qui concerne l'aménagement et l'étendue de l'aire d'évaporation. Selon le plan de l'avant-projet, les bassins de cristallisation sont prévus comme ouvrages de béton sur un terrain sableux en bordure de la mer.

Les questions de traitement et d'emballage du sel récolté ne sont pas encore mises au point.

Le capital disponible à l'heure actuelle suffit probablement à peine pour le financement de la première étape de réalisation.

Sur la base des informations recueillies, des investigations faites sur place et de l'étude détaillée des possibilités, nous pouvons résumer comme suit nos recommandations pour la poursuite des travaux de construction et d'aménagement du salin:

Levés topographiques: au fond de la mer jusqu'à une profondeur d'eau d'environ 5 m et sur le terrain, depuis la station de pompage jusqu'à l'aire d'évaporation où débouchera la conduite d'amenée de l'eau de mer.

Pose de la conduite de pompage au fond de la mer, de telle façon qu'il soit possible de prélever la première eau de mer au plus tard au mois de novembre 1971 (annexe 18).

Installation des pompes à une hauteur qui ne dépassera pas 4,3 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

Pose de la conduite de refoulement (entre la station de pompage et l'aire d'évaporation) avec possibilité de dilatation longitudinale, c'est-à-dire avec joints compensateurs (annexe 21).

Aménagement des bassins de cristallisation dans le sol argileux.

Aménagement de l'aire d'évaporation (bassins de concentration) conformément à l'annexe 22.

Achèvement des entrepôts et du magasin/atelier, ainsi que construction d'un bâtiment administratif.

Implantation d'une petite station météorologique et aménagement d'un marais salant d'essai sur le site du salin.

Installation d'une station de lavage, d'essorage et d'ensachage (annexe 25).

Stage d'information d'un ou de deux techniciens togolais dans un salin approprié, en prévision d'une activité ultérieure comme chef d'entreprise.

Surveillance des différentes phases d'implantation du salin et assistance technique jusqu'à la production du sel.

Versement intégral du capital social de la Salinto et si possible utilisation d'un crédit contracté à des conditions favorables (banque de prêts au développement) pour la première étape de réalisation du salin.

4. Aspects économiques pour la production du sel

La République du Togo est un pays qui s'étire vers le Nord sur environ 550 km, entre le Dahomey et le Ghana. Elle n'a accès à la mer que par une côte basse de 50 km de long en bordure du golfe de Bénin (voir annexe 1).

Des gisements de sel gemme n'ont pas encore été découverts sur le territoire togolais et il n'existe également aucun salin. Tout le sel consommé au Togo doit par conséquent être importé.

Le but du salin à implanter par la Salinto est de pouvoir couvrir progressivement les propres besoins en sel du Togo. Après la première étape de réalisation prévue pour une production annuelle de 5000 tonnes, le salin pourra satisfaire approximativement à la moitié des besoins. Avec une production annuelle de 10 000 tonnes, la seconde étape de réalisation pourra suffire entièrement à la consommation en sel du Togo.

L'étude mentionnée plus haut de la Salinto (4)* indique un bénéfice net d'environ 30% après la première étape de réalisation et de presque 50% après la seconde étape. Même si l'on estime que les frais d'investissement ont été portés dans les calculs avec une valeur trop faible, on peut admettre - vu les prix de gros actuels du sel - qu'un salin produisant annuellement 5000 tonnes de sel est susceptible de travailler avec profit.

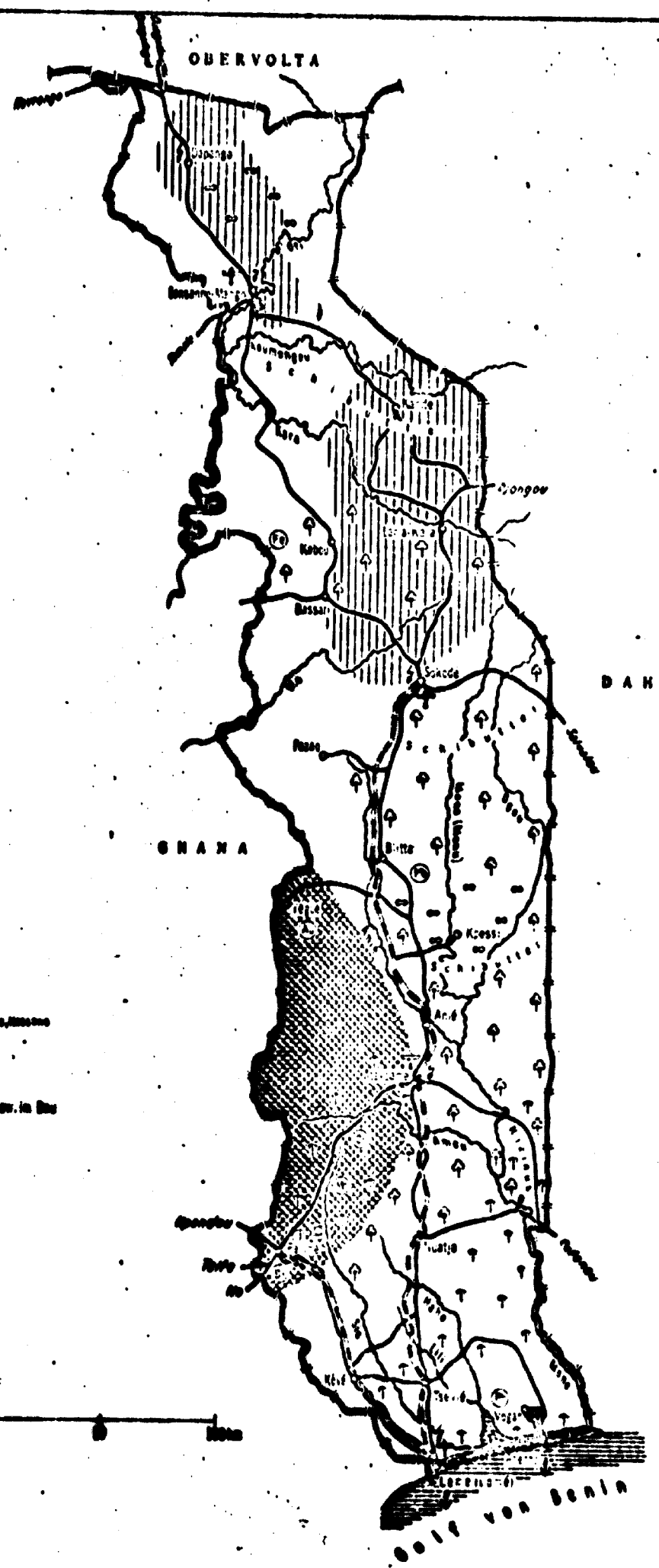
4.1. Population et consommation de sel

La population de la République du Togo qui comptait 1.290.000 habitants en 1956, se chiffrait à 1.724.000 habitants en 1967. Elle a atteint environ 1.815.000 habitants en 1970.

Avec une consommation moyenne d'environ 6 kg de sel par an et par habitant, on peut évaluer à environ 11 000 tonnes les besoins globaux annuels en sel de la Répu-

* Voir références

- Staatsgrenzen
- Hauptstadt
- Orte
- Baumit
- Blei
- Chrom
- Eisen
- Gold u. Silber
- Mangan
- Phosphat
- ▨ Kaffee u. Kakao
- ▨ Kizok
- ⬆ Baumwolle
- ⬆ Erdöl
- ⬆ Kohlenstein
- ⬆ Gipsstein
- ⬆ Zink
- in ganzen Gebiet: Holz, Honig, Vanille, Muskat
- Eisenbahnen
- Eisenbahnen, geplant in Bau
- Hauptstraßen
- ~~~~ Flüsse
- Staudamm
- ⊞ Wasserkraftwerk
- ⬆ Dieselmotorkraftwerk
- ✈ Flughafen
- ✈ Flugplatz
- ⬆ Hafen



Quelle: Statistisches Bundesamt, unter Mitarbeit des Instituts für Länderkunde

blique du Togo. Du fait que les quantités de sel importées jusqu'alors sont généralement inférieures à ce chiffre, il est probable qu'une partie de la population vivant dans les régions frontières très étendues où un contrôle efficace est pratiquement impossible, a recours à des importations illégales pour ses besoins en sel. De telles importations proviennent surtout du Ghana, où il existe une production de sel marin.

Avec l'accroissement de la population du Togo, de 2,0 à 2,5% environ par an, ainsi qu'avec la modernisation de la pêche hauturière, il est évident que les besoins en sel continueront à augmenter.

L'industrialisation générale du pays entraînera de plus des besoins plus importants en sel pour l'industrie et les salaisons.

4.2. Importations

4.2.1. Quantités de sel importées

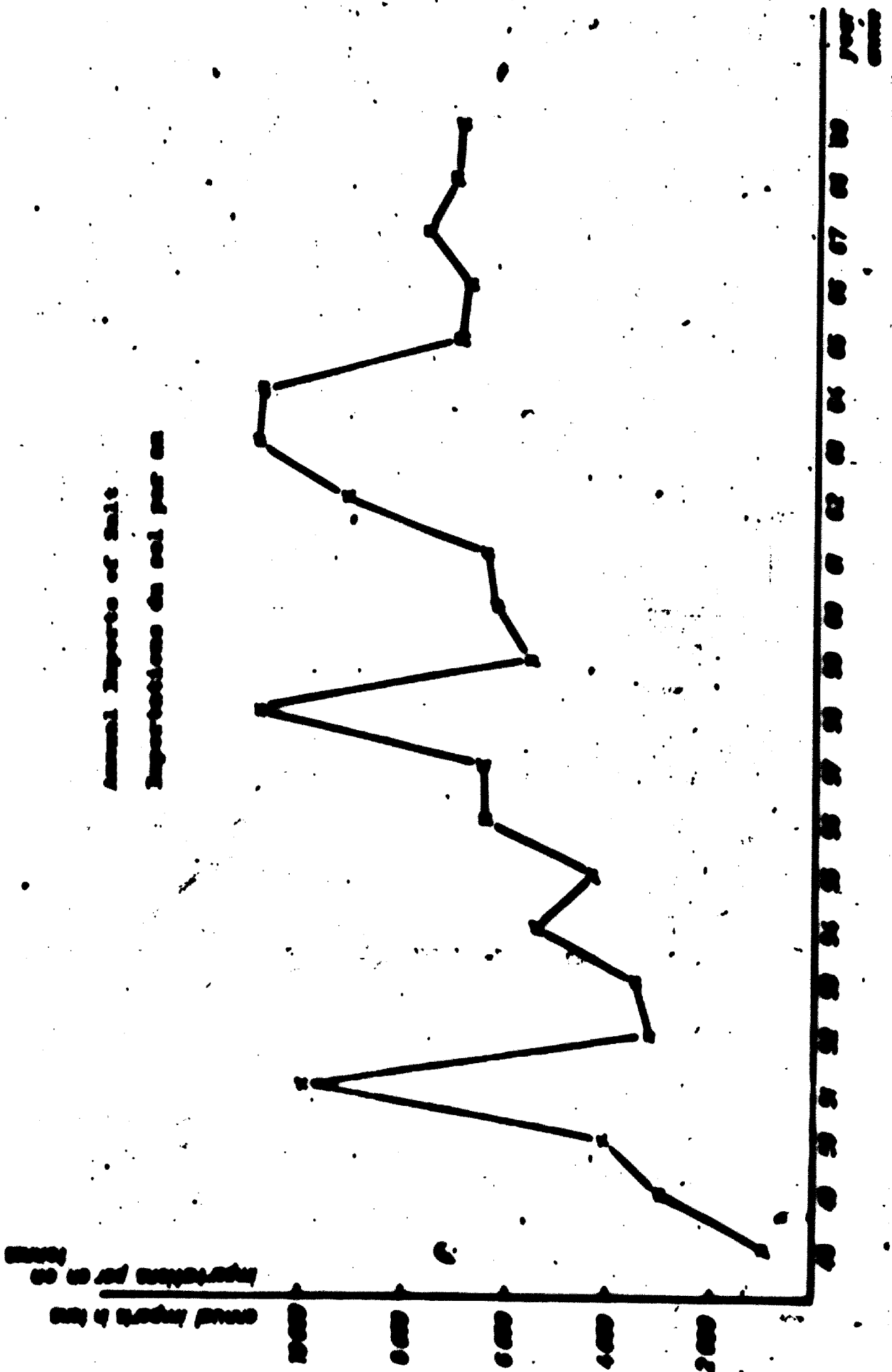
L'annexe 2 donne un aperçu des importations en sel du Togo pour les années comprises entre 1948 et 1969. Elle montre que les importations annuelles atteignaient en moyenne 7 200 tonnes environ au cours des cinq dernières années.

Les valeurs maximales de 10 000 à 11 000 tonnes pour les années 1951, 1958 et 1962 à 1964, s'expliquent sans doute en partie par des importations qui furent réexportées vers la Haute-Volta et le Niger. Les importations en sel manifestent toutefois dans leur ensemble une tendance d'accroissement.

4.2.3. Pays fournisseurs

Le principal pays fournisseur de sel est l'Espagne qui contribue pour environ 50% à l'ensemble des importations du Togo. Elle est suivie par:

Annual Imports of Salt
Importations en sel par an



le Sénégal
l'Egypte
l'Algérie
l'Italie
la République Fédérale d'Allemagne
la France
la Grande-Bretagne
les Pays-Bas

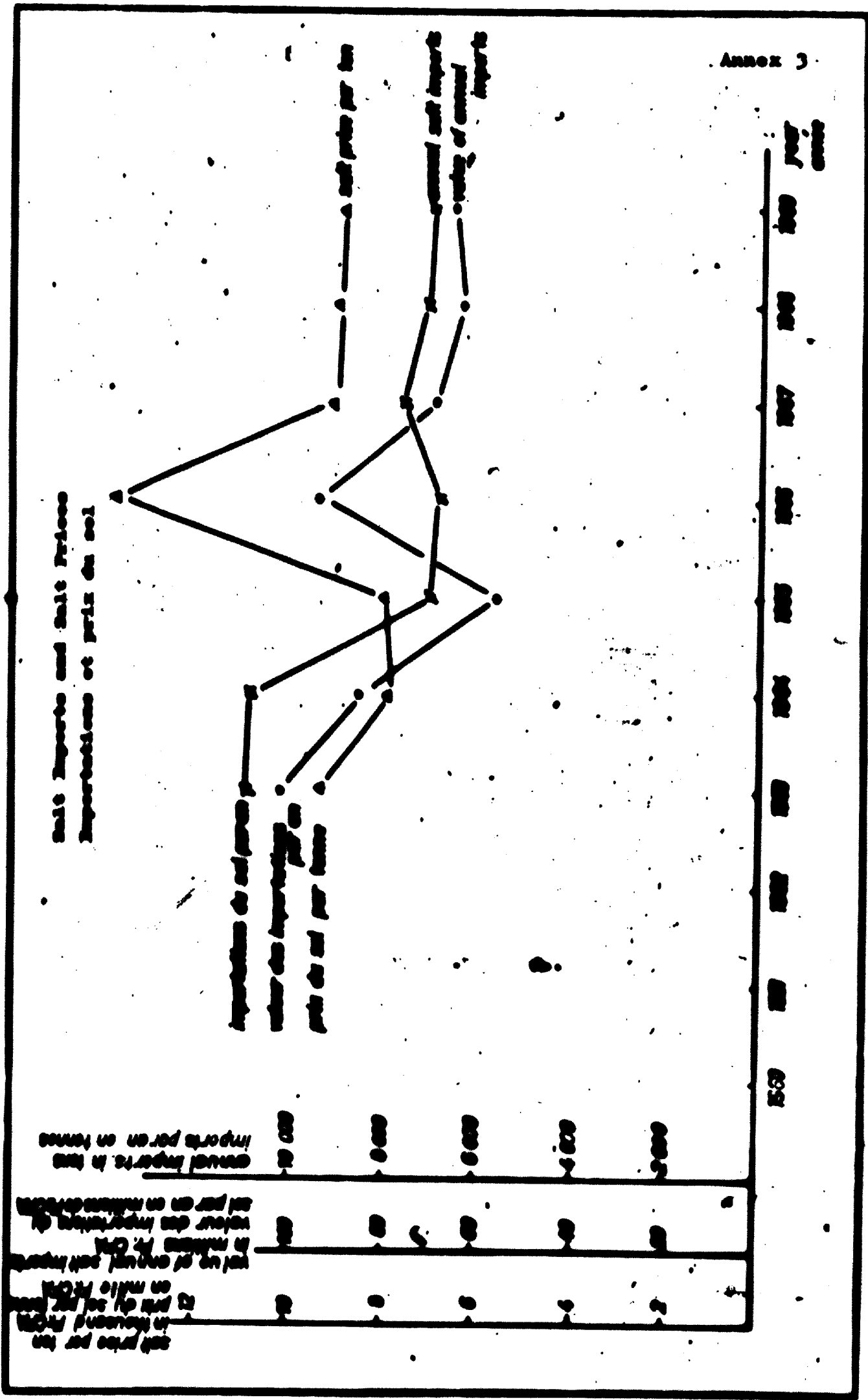
4.2.3. Prix et qualité

L'annexe 3 indique les chiffres des importations annuelles en sel, ainsi que les prix nets d'importation par tonne pour les années 1963 à 1969. Dans la période comprise entre 1967 et 1969, une somme d'environ 66 millions de Fcfa a été dépensée chaque année en devises étrangères pour les importations de sel.

Durant cette période, le prix d'importation net se monta à environ 9000 Fcfa par tonne, soit DM 120,-- par tonne (1 DM = 75 Fcfa).

Il faut encore ajouter à ce prix une majoration d'environ 25% pour les taxes à l'importation et les droits de douane. En 1970, le prix de gros de la tonne de sel à Lomé était de 13.320 Fcfa, soit DM 178,--.

Pour la plus grande partie du sel importé, il s'agit de sel marin à cristaux gros et mi-gros, de teinte gris-blanc, à haut pourcentage d'humidité. Ce sel en provenance des pays méditerranéens et du Sénégal est emballé généralement dans des sacs en toile de jute de 18 kg, remplacés depuis quelque temps par des sacs de polyéthylène. Le sac de 18 kg représente actuellement la forme d'emballage la plus courante du Togo, attendu que les charges sont presque toujours portées sur la tête par les femmes. Le sac de 25 kg commence à s'introduire lentement sur le marché, tandis que les sacs de 50 kg sont à peine demandés.



Les magasins offrent également du sel de cuisine mi-gros dans des sachets de polyéthylène de 1 kg et du sel de table fin dans des sachets de 500 g. Les quantités vendues ainsi au détail sont encore minimes, car seulement une très petite partie de la population urbaine peut se permettre d'acheter le sel au prix élevé d'environ 75 Fcfa.

4.3. Voies de communication et frais de transport

Le réseau routier du Togo a été considérablement amélioré au cours de ces dernières années. La route en bordure de la côte qui relie la frontière du Ghana à la frontière du Dahomey a été transformée en une voie à grande circulation. La route Lomé - Paliné a été en outre pourvue d'un revêtement de bitume. On a entrepris également l'aménagement de la route du nord qui passe par Blitta - Socodé - Mangé et rejoint la frontière, afin de rattacher la région nord du pays au réseau d'artères de communication déjà existant.

Le transport du sel à l'intérieur du pays s'opère principalement par chemin de fer jusqu'à la dernière gare de la ligne du nord, c'est-à-dire jusqu'à Blitta à environ 250 km de Lomé.

Le transport du sel par camion vers les régions du nord n'a lieu en général que pendant la saison sèche.

Selon l'étude (4)* de la Salinto, les frais de transport du sel à l'intérieur du pays sont les suivants:

Acheminement par chemin de fer (chargement de 10 tonnes)

Lomé - Paliné	775 Fcfa/tonne
Lomé - Atakpané	1050 Fcfa/tonne
Lomé - Blitta	1700 Fcfa/tonne

* Voir références

Pour les transports par camion vers le nord du pays, les frais additionnels suivants sont encourus :

Blitta - Socodé	90 km	1275 Fcfa/tonne
Blitta - Bassari	150 km	2250 Fcfa/tonne
Blitta - Lamakara	161 km	2415 Fcfa/tonne
Blitta - Kandé	251 km	3765 Fcfa/tonne
Blitta - Mangô	331 km	4975 Fcfa/tonne
Blitta - Dapango	400 km	6090 Fcfa/tonne

Ces frais de transport élevés renchérissent considérablement le prix du sel à l'intérieur du pays. L'extension et l'amélioration du réseau routier devraient toutefois entraîner à la longue une réduction de ces frais.

4.4. Possibilités d'exportation

Il devrait exister à l'avenir, pour la Salinto, une réelle possibilité d'exportation du sel de son salin vers le Dahomey, - pays voisin qui appartient également à la zone monétaire Cfa. En effet, le Dahomey est contraint d'importer le sel nécessaire aux besoins de sa population de 2.600.000 habitants.

La situation géographique du salin à proximité de la frontière du Dahomey et les bonnes liaisons routières offrent dans cet ordre d'idée de sérieux avantages.

Il conviendra d'examiner encore les possibilités d'exportation vers le Niger.

5. Choix du terrain pour l'aménagement du salin

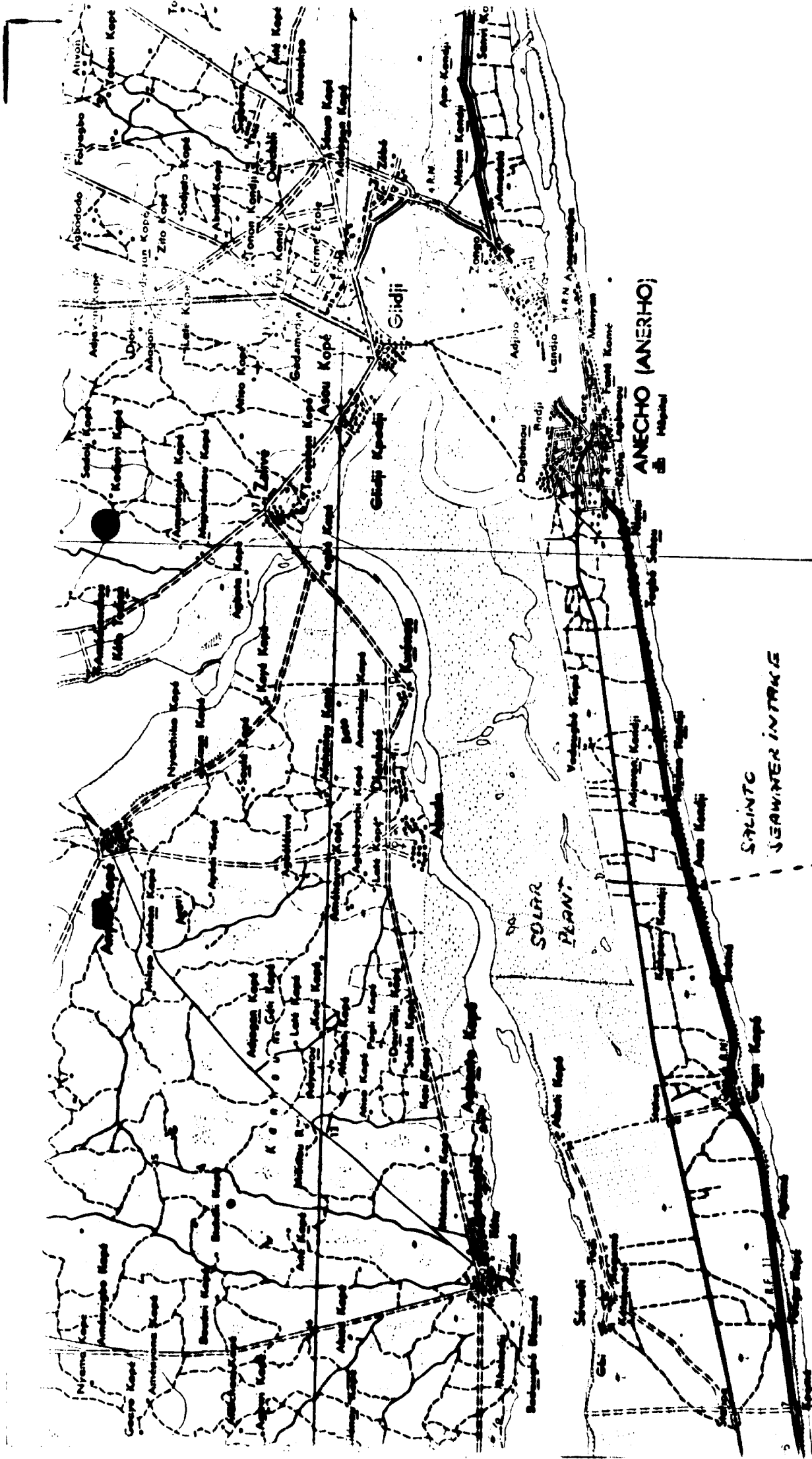
L'aménagement d'un salin requiert un terrain pratiquement plat, situé au niveau de la mer, avec un minimum de végétation. Le sol doit être autant que possible argileux, c'est-à-dire imperméable à l'eau, afin d'éviter de prime abord des travaux d'étanchement coûteux. Il importe de même que ce terrain ne soit pas occupé par des cultures agricoles.

Un tel terrain avait été découvert à l'ouest d'Anécho par le Dr. Jakubowsky et l'auteur de la présente étude, et proposé au Gouvernement Togolais comme site convenable pour l'aménagement d'un salin. Le terrain en question se trouve à environ 1000 m au nord du littoral sableux, entre Guon Kopé et Anécho. Il s'étend vers le nord en direction de la lagune sur une largeur d'environ 1,2 km à 1,5 km. De l'ouest à l'est, il a une longueur d'environ 5 km (voir annexe 4).

Le sous-sol de ce terrain est constitué par une argile ferme, de teinte bleu-gris, imperméable à l'eau, qui se raffermi pendant la saison sèche et forme une surface dure. Il est donc parfaitement approprié pour l'aménagement des bassins d'évaporation.

La partie est du terrain a fait l'objet, en 1963, de levés topographiques dans le cadre d'un programme d'assistance technique du gouvernement fédéral allemand. Le levé correspondant de la partie ouest du terrain fut exécuté par les Services Topographiques Togolais en 1968. Ces levés confirment que les dénivelées sont extrêmement faibles, ce qui facilite grandement l'aménagement des aires du salin. La Salinto a envisagé la mise en place du salin dans la partie ouest du territoire décrit ci-dessus, entre le kilomètre 41,0 et le kilomètre 42 au nord de la ligne de chemin de fer, comme proposé initialement dans l'étude (3)*.

* Voir références



4172F
C 7149

Le site du salin s'avère idéal au point de vue communication, car il est situé à environ 200 m de la gare de Keta-Akonda sur la ligne de chemin de fer Lomé - Anécho, et à 800 m environ de la nouvelle route côtière. Une piste consolidée avec des gravillons de latérite assure actuellement la liaison entre cette route et le salin.

Pour l'aménage de l'eau de mer jusqu'au salin, l'étude (3)* avait prévu l'installation d'une pompe additionnelle sur le wharf de la C.T.M.B. à Kpémé. L'eau de mer devait alors être dirigée vers le bassin-réservoir à aménager dans l'angle extrême ouest de l'aire du salin, au moyen d'une conduite de 1,3 km environ de longueur, puis d'un canal de 3 km environ creusé le long de la ligne de chemin de fer,

La Salinto n'a pas suivi cette recommandation, mais érigé une station de pompage pour l'extraction de l'eau de mer à un point du littoral proche de la gare de Keta Akonda.

Les problèmes posés par une telle décision sont traités au chapitre 9.

* Voir références

6. Aspects climatiques

Le Sud du Togo a un climat typiquement équatorial, avec deux périodes de pluie bien distinctes. Les précipitations atmosphériques annuelles se montent à plus de 1000 mm sur tout le territoire du Togo, à l'exception de la région qui s'étend en bordure de la côte sur une profondeur de 30 à 40 km.

La connaissance exacte des conditions climatiques régnant dans la région d'un salin joue un rôle extrêmement important pour la production du sel de mer.

L'ASECNA - Exploitation Météorologique entretient à l'aéroport de Lomé un centre météorologique auquel 60 stations sont rattachées. Les stations les plus proches de l'aire du salin se trouvent à

Lomé-Ville
Lomé-Aéroport
Togoville
Anécho

Les données enregistrées dans ces stations couvrent en partie une période de trente ans et fournissent par conséquent de bonnes valeurs moyennes.

Ainsi que le prouvent les tableaux suivants, les données climatiques varient fortement à des distances de seulement quelques kilomètres. Il sera donc judicieux d'implanter une propre station météorologique sur l'aire du salin (voir sous 10.3.).

6.1. Taux d'évaporation

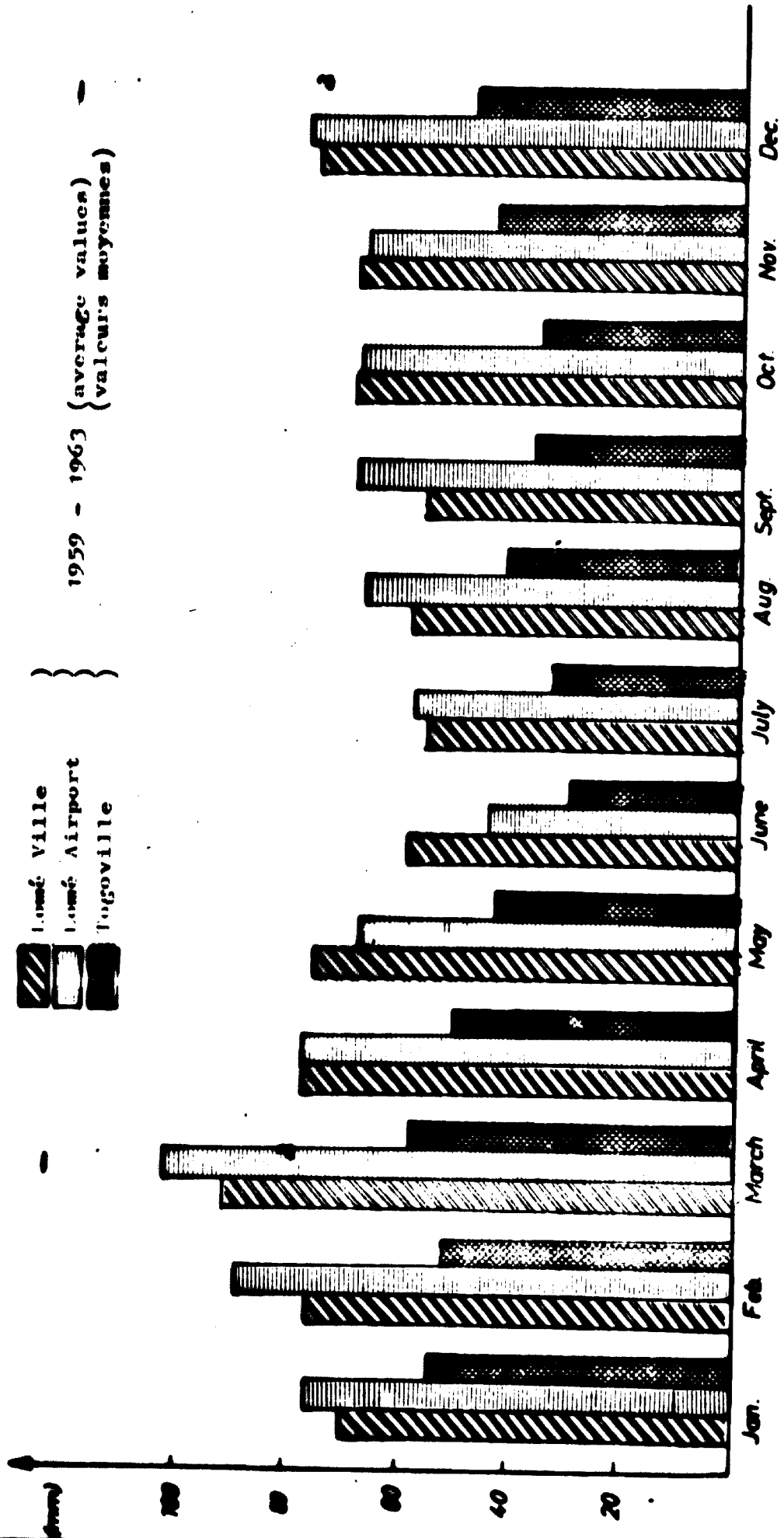
La connaissance exacte des taux d'évaporation mensuels est décisive pour l'exploitation d'un salin, surtout dans les régions avec deux périodes de pluie. L'étude (1)* du Dr. Jakubowsky signale à ce sujet que les valeurs enregistrées pour les taux d'évaporation diffèrent fortement et ne pouvaient donc être utilisées qu'avec prudence. Pour l'année 1961, l'étude (1)* indiquait un

* Voir références

Monthly Evaporation Rates at the Togolese Coast
Taux d'évaporation mensuels sur la côte togolaise

1959 - 1963 (average values)
(valeurs moyennes)

Lomé Ville
Lomé Airport
Togoville



volume total d'évaporation de 574,4 mm. Afin d'obtenir des informations plus exactes, nous avons consulté le centre météorologique de l'ASECNA à l'aéroport de Lomé et analysé les enregistrements exécutés au cours des dernières années dans les stations compétentes pour l'aire du salin.

Les valeurs moyennes se rapportant à la période comprise entre 1959 et 1963 sont indiquées par le tableau de l'annexe 5.

De ces valeurs, on peut tirer les volumes d'évaporation annuels moyens pour trois stations météorologiques:

Lomé-Ville	837,7 mm
Lomé-Aéroport	867,0 mm
Togoville	528,8 mm

Malheureusement, aucune mesure d'évaporation n'est effectuée à Anécho, la ville la plus proche de l'aire du salin.

La valeur relevée ci-dessus pour Lomé-Ville (837,7 mm) correspond à une évaporation journalière d'environ 2,3 mm. Les mesures exécutées par l'auteur de la présente étude à l'aide d'un évaporimètre Piche fournissent par contre les valeurs suivantes:

19.4.71	4,1 mm
20.4.71	5,1 mm
21.4.71	4,1 mm
22.4.71	5,7 mm
23.4.71	4,8 mm
25.4.71	6,1 mm
26.4.71	4,8 mm
27.4.71	5,2 mm

Il en résulte une évaporation moyenne de 5 mm par jour, qui est deux fois plus élevée que les valeurs officielles.

Pour élucider de telles divergences, il a été nécessaire d'examiner plus exactement les méthodes de mesure utilisées par l'ASECNA. Il a été alors constaté que les mesures d'évaporation étaient effectuées avec un évaporimètre Piche dans un poste d'observation fermé. L'influence du soleil et du vent étant de ce fait entièrement éliminée, les valeurs mesurées n'incluent pas l'évaporation solaire.

La station de l'ASECNA mesure en outre l'évaporation d'après la méthode BAC, c'est-à-dire dans un bassin ouvert de 1 m^2 de surface. Une telle méthode correspond aux conditions régnant en cas d'une évaporation solaire et peut être admise comme la plus proche de la réalité.

Des enregistrements non publiés de l'ASECNA, nous avons relevé les taux d'évaporation annuels suivants (référés à la méthode de mesure BAC) pour Lomé-Aéroport:

1969	1.844,5 mm
1970	1.835,2 mm




En comparaison, les taux d'évaporation obtenus avec la méthode de mesure Piche étaient les suivants:

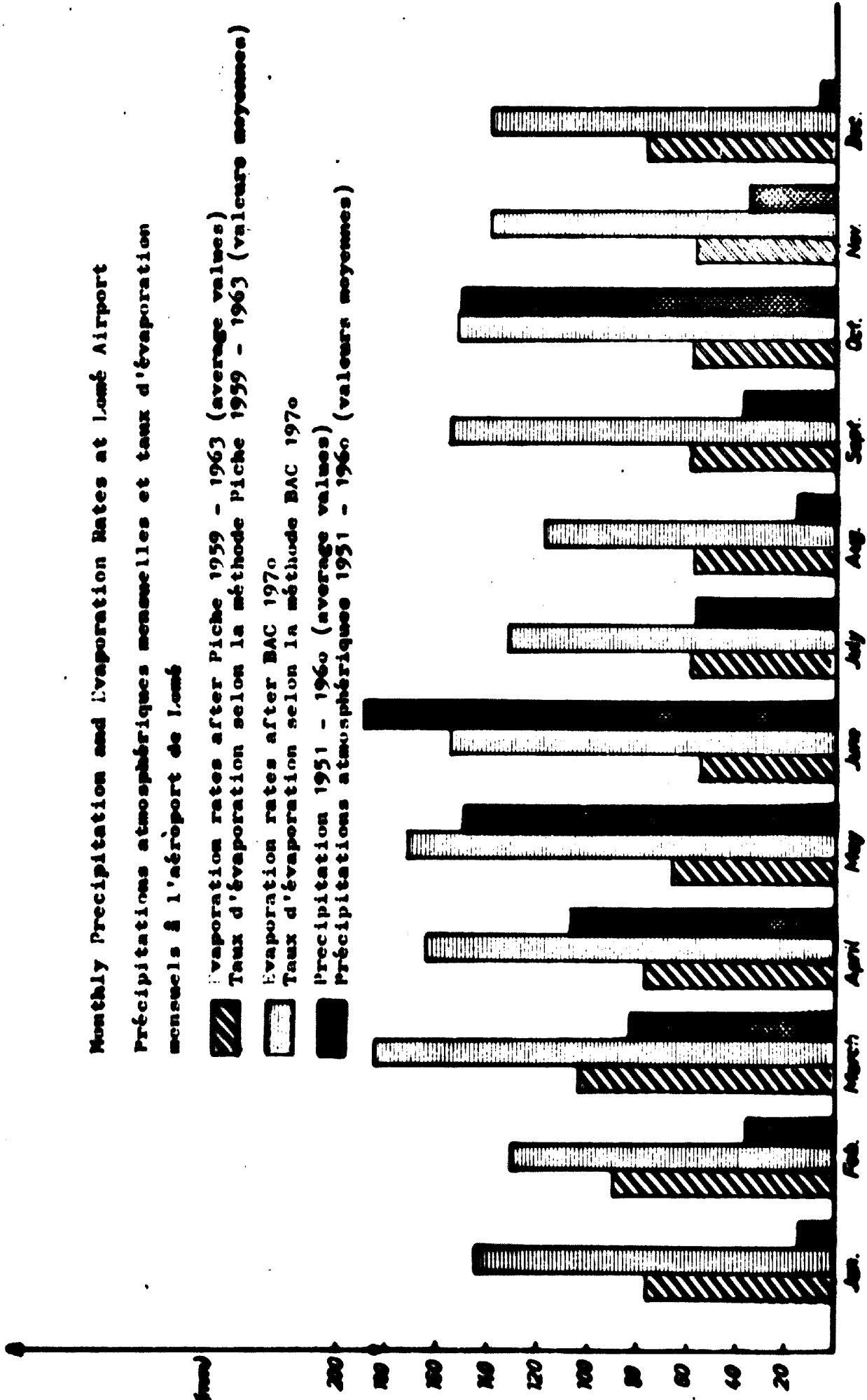
1959-63	867,0 mm
1969	783,8 mm

Les valeurs déterminées avec la méthode de mesure BAC se rapprochent donc étroitement des valeurs relevées par l'auteur de la présente étude et peuvent être considérées comme excellente base d'approximation. Le tableau de l'annexe 6 indique les taux d'évaporation fournis par les méthodes Piche et BAC, ainsi que les précipitations atmosphériques mensuelles respectives.

Monthly Precipitation and Evaporation Rates at Lamé Airport

Précipitations atmosphériques mensuelles et taux d'évaporation mensuels à l'aéroport de Lamé

-  Evaporation rates after Piche 1959 - 1963 (average values)
Taux d'évaporation selon la méthode Piche 1959 - 1963 (valeurs moyennes)
-  Evaporation rates after BAC 1970
Taux d'évaporation selon la méthode BAC 1970
-  Precipitation 1951 - 1960 (average values)
Précipitations atmosphériques 1951 - 1960 (valeurs moyennes)



Il ressort de ce tableau que, pour la station de Lomé-Aéroport, les précipitations atmosphériques n'excèdent qu'au mois de juin seulement les taux d'évaporation (mesurés d'après la méthode BAC). Au mois d'octobre, les deux grandeurs s'équilibrent. Pendant tous les autres mois, le volume d'évaporation (mesuré d'après la méthode BAC) excède par contre les précipitations atmosphériques.





L'examen du tableau des précipitations atmosphériques (annexe 7) révèle que, à Anécho, les précipitations sont légèrement plus faibles qu'à l'aéroport de Lomé, surtout au mois d'octobre. On peut donc admettre que, pour l'aire du salin, le volume net des évaporations atteint au moins celui relevé à la station Lomé-Aéroport, à savoir environ 800 - 900 mm par an.

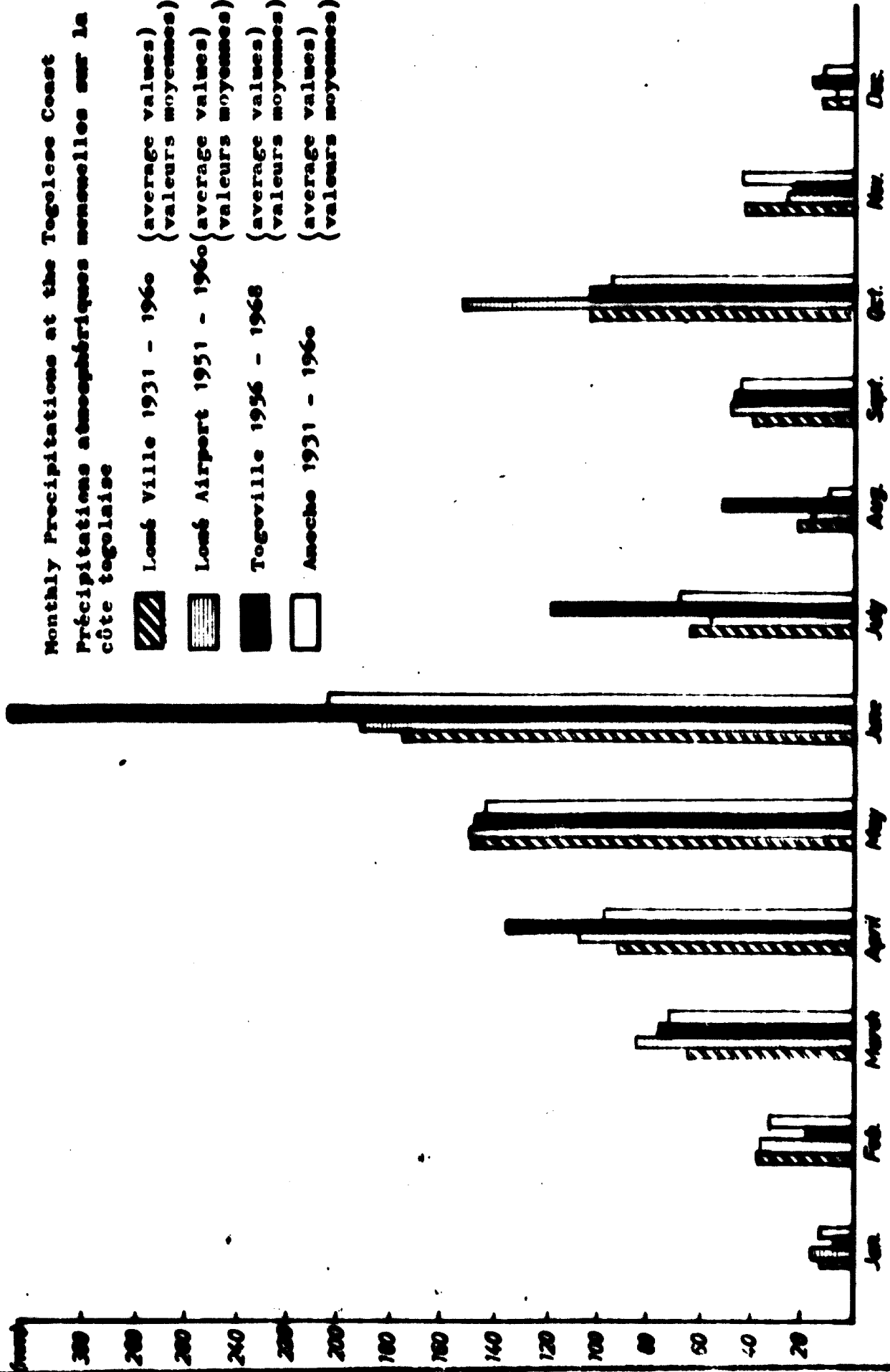
En plus de cette valeur globale, une ventilation mensuelle est particulièrement importante pour le traitement de la saumure et pour la récolte du sel, c'est-à-dire pour l'adaptation optimale de la régie du salin aux conditions climatiques. Le chapitre suivant donne à ce sujet des informations détaillées.

6.2. Précipitations atmosphériques

Le tableau des précipitations atmosphériques (annexe 7) montre la fréquence et l'abondance des chutes de pluie sur la côte du Togo. Les valeurs enregistrées aux stations de Lomé-Ville, Lomé-Aéroport, Togoville et Anécho révèlent toutes la même évolution. Il existe une longue période de pluie avec un maximum de précipitations au mois de juin et une courte période de pluie au mois d'octobre avec des précipitations moins abondantes. Quoique les enregistrements se répartissent sur différentes époques, ils prouvent que l'évolution fondamentale des périodes de pluie et de sécheresse réapparaît régulièrement tous les ans (annexe 8).





Monthly Precipitations at the Togolese Coast
 Précipitations atmosphériques mensuelles sur la
 côte togolaise

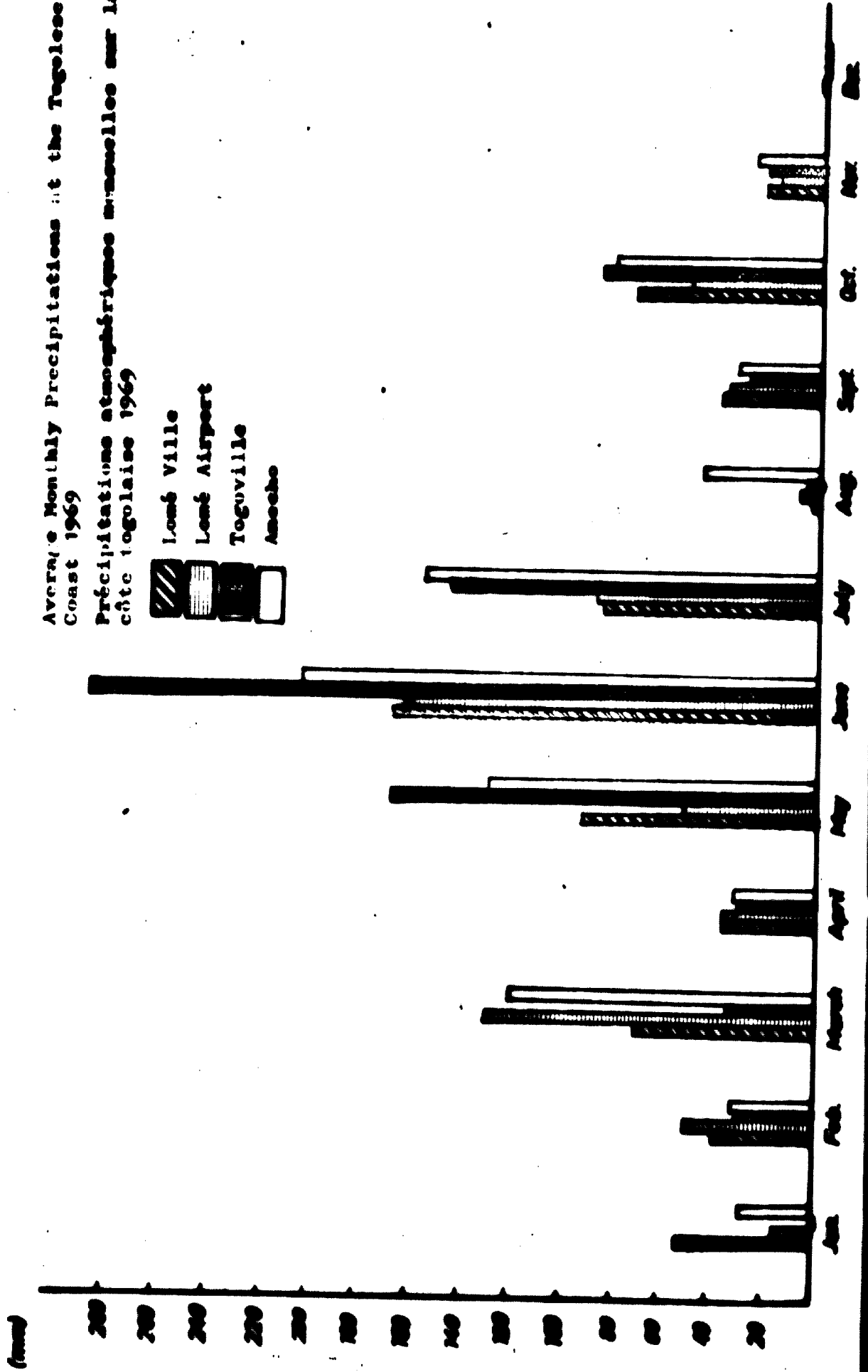
-  Lomé Ville 1931 - 1960 (average values)
 (valeurs moyennes)
-  Lomé Airport 1951 - 1960 (average values)
 (valeurs moyennes)
-  Togoville 1956 - 1968 (average values)
 (valeurs moyennes)
-  Aného 1931 - 1960 (average values)
 (valeurs moyennes)



Average Monthly Precipitations at the Togolese Coast 1969

Précipitations atmosphériques mensuelles sur la côte togolaise 1969

-  Lomé Ville
-  Lomé Aéroport
-  Togoville
-  Aného



Le tableau de l'annexe 8 indique les précipitations atmosphériques mesurées aux stations de Lomé-Ville, Lomé-Aéroport, Togoville et Anécho pendant l'année 1969. En particulier à Anécho, les chutes de pluie au mois de mars et au mois de juin sont légèrement supérieures à celles enregistrées entre 1931 et 1960 (annexe 7). La courte période de pluie du mois d'octobre n'a par contre qu'une influence secondaire. Il est d'autre part étonnant que, pendant la longue période de pluie, le maximum de précipitations atmosphériques se rencontre à Togoville, c'est-à-dire à l'intérieur du pays. Un tel fait et les fluctuations sensibles constatées aux différentes stations météorologiques signalent que les précipitations atmosphériques se présentent sous forme de pluies orageuses localement très limitées, dont l'intensité varie d'une année à l'autre.

L'examen du pourcentage des précipitations atmosphériques pendant les deux périodes de pluie:

Lomé-Ville	Première période de pluie env. 54%
	Seconde période de pluie env. 17%
Anécho	Première période de pluie env. 58%
	Seconde période de pluie env. 14%

met en évidence que 70% environ du total des précipitations atmosphériques tombent au cours des deux périodes de pluie. Ainsi que le montrent les enregistrements exécutés durant de nombreuses années, p.ex. à Anécho, des orages peuvent donner lieu à de fortes précipitations atmosphériques pendant la saison sèche.

Bien que de telles fluctuations ne soient pas fréquentes, elles doivent être prises en considération dans la planification des bassins d'évaporation, pour que la concentration de la saumure ne s'en trouve pas compromise.

La confrontation des volumes d'évaporation (mesurés d'après la méthode BAC) et des précipitations atmosphériques (annexe 6) montre qu'une évaporation de l'eau de mer dans les bassins est possible pendant toute l'année, sauf au mois de juin et au mois d'octobre. En supposant p.ex. que l'eau de mer parvient dans les bassins de préconcentration au mois de juin de la première année, ces bassins doivent être exploités sans interruption jusqu'au mois d'avril de l'année suivante, afin d'obtenir une grande quantité de saumure préconcentrée. A partir du mois de novembre de la première année, la saumure peut subir les différentes phases de concentration jusqu'au stade de la cristallisation. La récolte de sel peut ainsi avoir lieu vers la mi-mars.

Pour mettre la saumure préconcentrée à l'abri des précipitations atmosphériques, on la déverse dans des bassins relativement hauts, de faible surface, et pourvus d'un trop-plein spécial. L'eau de pluie spécifiquement plus légère que la saumure peut s'écouler par l'intermédiaire de ce trop-plein, ce qui réduit à un minimum la dilution de la saumure préconcentrée.

Au mois de juillet de la seconde année, c'est-à-dire au début de la saison sèche, on peut reprendre la concentration de la saumure mise à l'abri de la pluie, jusqu'à la cristallisation du sel. Du fait que, dans ce cas, un temps de cristallisation plus long est disponible, la récolte de sel est plus abondante.

La protection de la saumure préconcentrée contre les précipitations atmosphériques doit faire l'objet de la plus grande attention, afin de pouvoir obtenir des taux de production satisfaisants.

6.3. Humidité de l'air

Par humidité relative de l'air, on entend la quantité d'eau contenue dans l'air à une certaine température, en relation avec le degré de saturation. Plus l'humidité de l'air est faible, plus l'air peut se charger d'eau à la surface des bassins d'évaporation. Comme le montre le tableau de l'annexe 9, l'humidité relative de l'air est sensiblement constante pendant toute l'année sur la côte togolaise. Sa valeur moyenne se situe entre 80% et 87%, avec un maximum pendant la période de pluie au mois de juin et un minimum pendant la saison sèche au mois de décembre.

Au cours d'une journée, l'humidité relative de l'air varie entre environ 95% le matin et 60-70% à midi, puis remonte au-dessus de 80% le soir.

6.4. Température de l'air et de l'eau




Dans la zone côtière du Togo, la température de l'air (annexe 10) est sensiblement constante. Sa valeur moyenne annuelle est de 26,5°C, avec un maximum moyen de 30°C et un minimum moyen de 23°C. Les températures les plus hautes sont mesurées du mois de décembre au mois de mars pendant la journée (36°C), tandis que les températures les plus basses (19°C) sont relevées la nuit.

La température moyenne annuelle de l'eau de mer est de 26,9°C. Du mois de mars au mois de mai, elle atteint des valeurs supérieures à 30°C; au mois d'août, elle s'abaisse sur une moyenne mensuelle de 22°C.

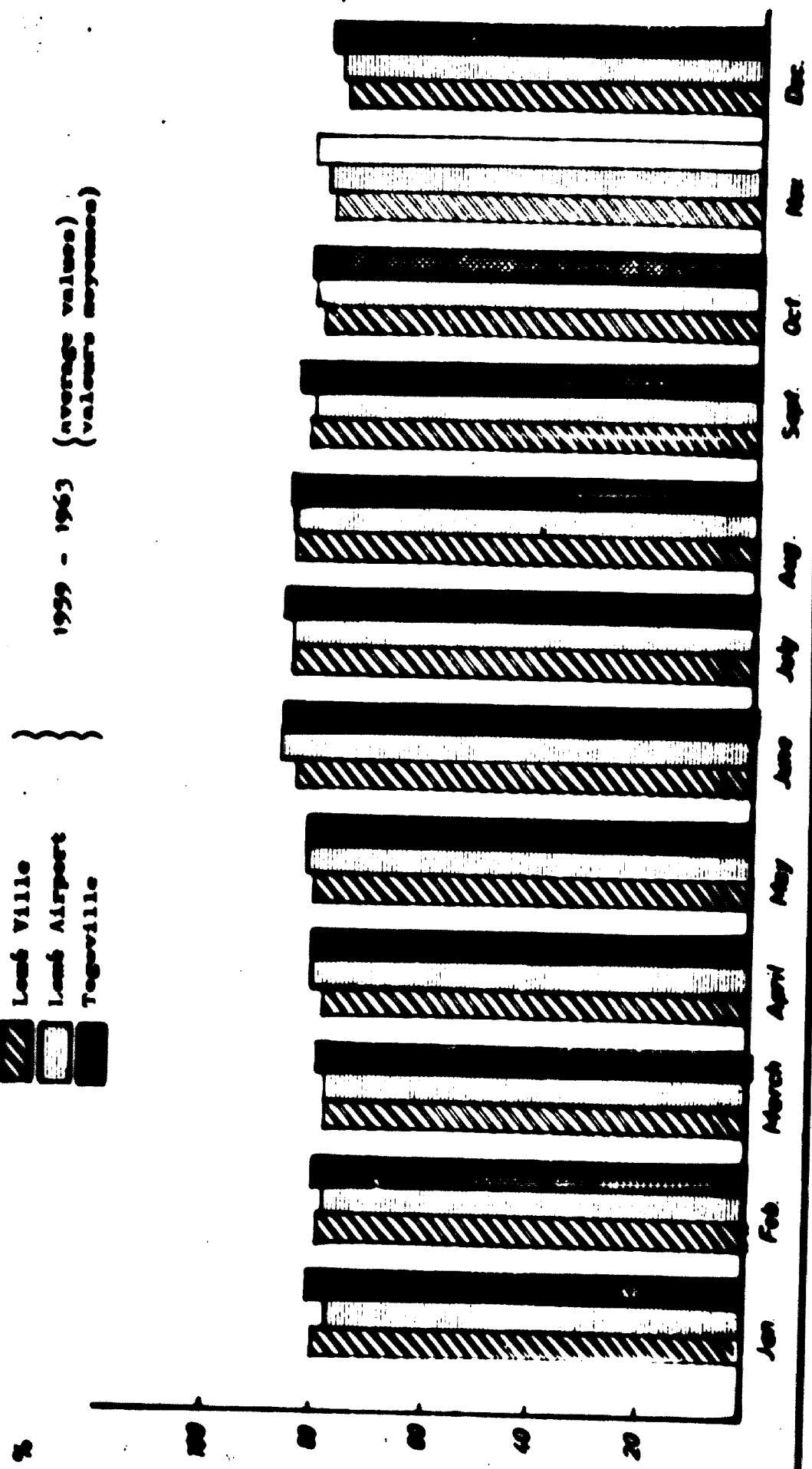
6.5. Vitesse et direction du vent

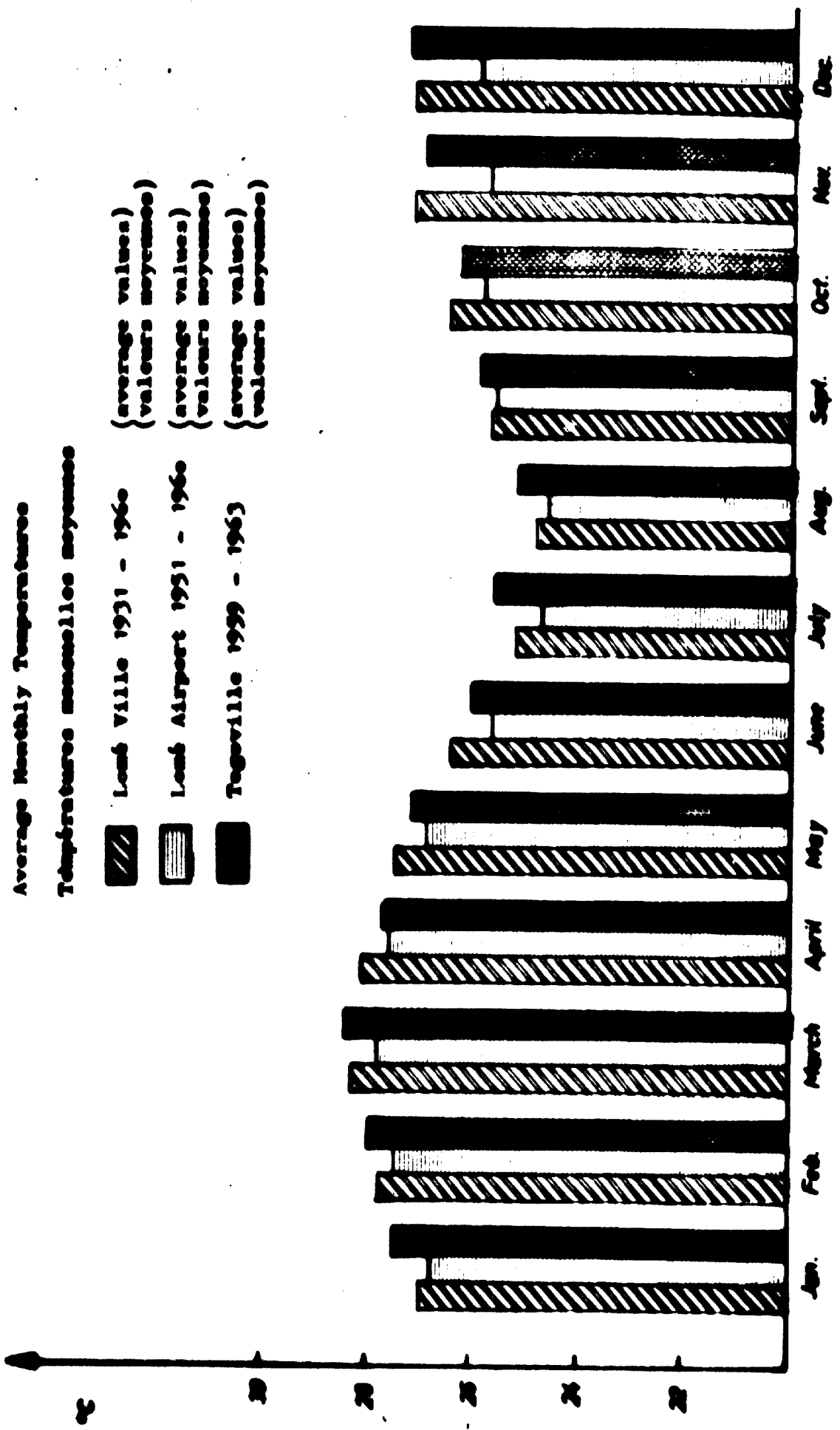
La vitesse du vent dans la zone côtière du Togo n'est mesurée que par la station météorologique de Lomé-Aéroport. Les enregistrements effectués dans ce domaine (annexe 11) montrent que la vitesse du vent se situe entre environ 2,8 m/sec.

Relative Humidity at the Tegese Coast (Monthly Averages)
 Humidité relative de l'air (moyennes mensuelles) sur la côte tégésienne

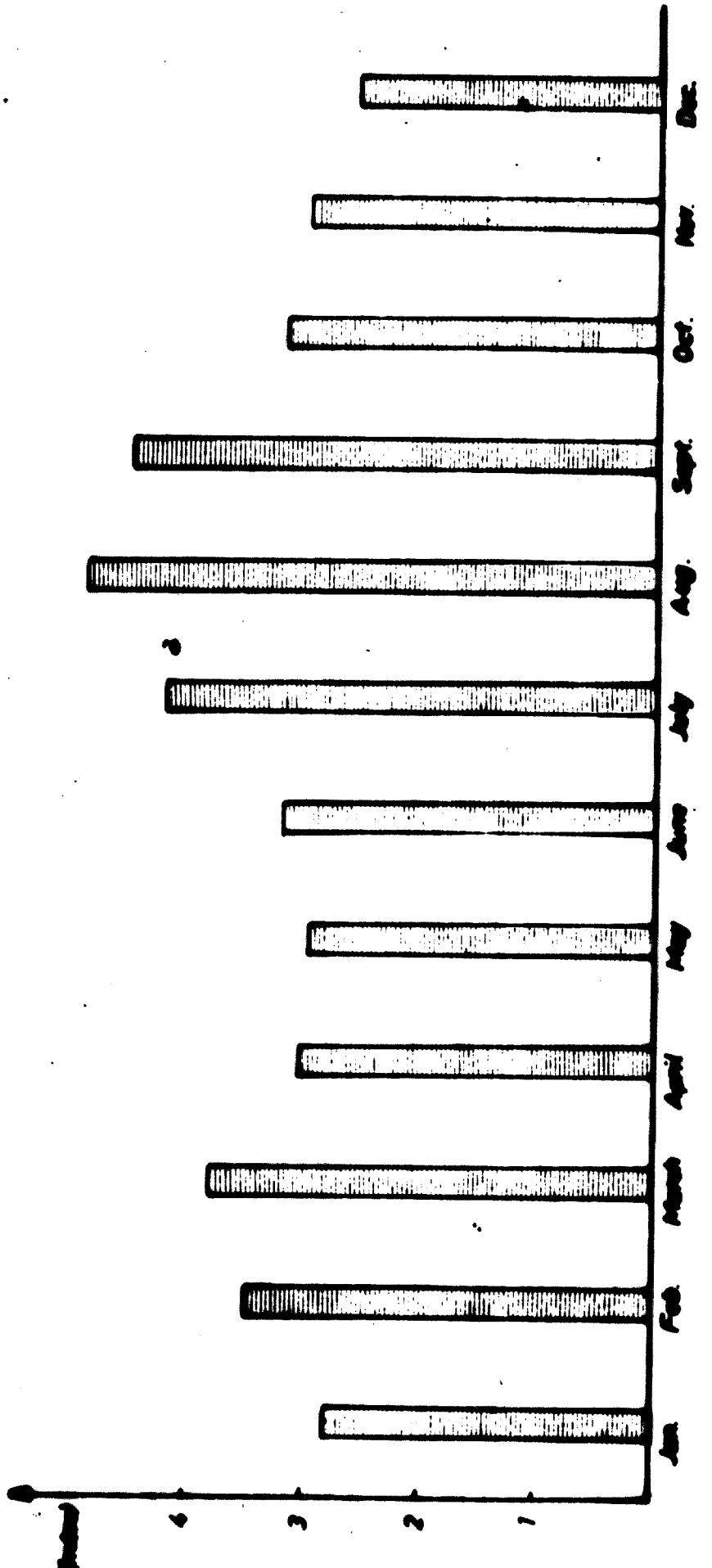
 Lamb Ville
 Lamb Airport
 Tegerville

1959 - 1963 (average values)
 (valeurs moyennes)





Average Monthly Velocities of Winds at Lamé Airport (1955 - 1959)
Vitesses moyennes du vent à l'aéroport de Lamé (1955 - 1959)



et 4,9 m/sec., ce qui correspond à une moyenne annuelle de 3,5 m/sec. D'autre part, le vent peut atteindre des vitesses de pointe allant jusqu'à 32 m/sec. Il est par conséquent indispensable de donner une hauteur suffisante aux cairels des bassins de préconcentration, pour que les vagues soulevées par le vent ne se rabattent pas dans les bassins adjacents remplis d'une saumure de titrage plus élevé.

Un mouvement de l'air intensifie l'évaporation solaire, car il assure la circulation immédiate de l'air chargé d'humidité et amène l'air non encore saturé au contact des plans d'eau.

Les informations disponibles sur la direction du vent sont également intéressantes. Elles font ressortir que le vent côtier souffle le plus souvent dans la direction sud-sudouest. Il apparaît aux dernières heures de la matinée et dure jusqu'aux premières de la soirée. La direction et le sens du vent sont tout à fait favorables pour l'exploitation du futur salin.

7. Planification antérieure de la Salinto

Les documents de planification dont dispose la Salinto sont insuffisants. A l'exception de la carte topographique du terrain qui s'étend au nord de la ligne de chemin de fer, jusqu'à la lagune, il n'existe aucun autre levé valable. L'étude (4)* de la Salinto constitue la documentation de base pour les travaux à exécuter. Des dessins ou plans définitifs de réalisation manquent.

7.1. Capacité de production et qualité

La première étape de réalisation prévoit une production annuelle de 5000 tonnes de sel brut. Les pertes se produisant au cours de la récolte et de l'emballage ont été évaluées à 10%, si bien que la production effective annuelle se chiffre à 4 500 tonnes.

La seconde étape de réalisation doublera la capacité annuelle de production qui atteindra alors 10 000 tonnes. Aucune information n'est disponible au sujet de la qualité du produit fini.

7.2. Conduite d'amenée de l'eau de mer

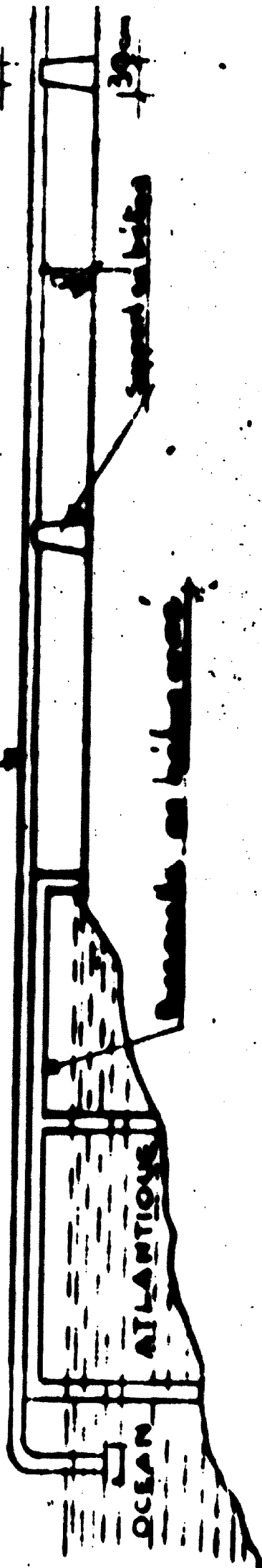
Une documentation convenable n'existe pas, ni pour la conception, ni pour la réalisation de la conduite d'amenée de l'eau de mer.

Le dessin consacré aux bassins de béton et creusés dans le sol qui ont été prévus par la Salinto, représente uniquement, sous forme d'esquisse et sans aucune cote, une vue latérale de la conduite de pompage (voir annexe 12). D'après cette esquisse, la conduite est posée sur un ouvrage de béton à la surface de la mer. A la fin de cet ouvrage d'appui, la conduite plonge dans la mer avec un coude de 90°.

* Voir références

TUYAUTERIE AERIENE

Tuyau d'aspiration



200

390

Il n'existe aucun levé topographique valable du fond de la mer. Il manque également des documents graphiques indiquant la distance entre la station de pompage et le site du salin, avec les cotes altimétriques respectives.

Aucun document graphique n'est également disponible pour la pose de la conduite sur terre et dans la mer.

Pour la conduite d'amenée de l'eau de mer, deux pompes à moteur Diesel avec chacune un débit de $500 \text{ m}^3/\text{h}$ sont aménagées à environ 40 m de la route principale Lomé-Anécho. L'eau de mer doit être extraite par les pompes à travers une conduite encore à dimensionner, puis refoulée dans une conduite d'acier de 14" de diamètre et d'environ 1000 m de long, jusqu'à l'aire d'évaporation. La conduite de refoulement est constituée par des tuyaux à brides de raccord. Elle sera posée sur le sol, afin de faciliter son nettoyage. Son passage au-dessous de la ligne principale Lomé - Anécho et de la ligne de chemin de fer s'effectuera dans des tuyaux de béton enterrés de 800 à 1000 mm de diamètre.

7.3. Aire d'évaporation

Deux plans ont été dessinés pour l'aménagement de l'aire d'évaporation, conformément aux données de l'étude (4)*:

7.3.1. Plan d'implantation

(projection horizontale à l'échelle 1/2000)

Ce dessin peut être considéré comme plan d'ensemble de l'aire d'évaporation, de la station de pompage vers les bassins d'évaporation. Il ne comporte toutefois aucune cote planimétrique valable entre la station de pompage et la ligne de chemin de fer, ni aucune cote altimétrique respective. Selon ce dessin, l'aire d'évaporation est conçue de la façon suivante:

* Voir références

A l'extrémité de la conduite de refoulement, l'eau de mer s'écoule dans trois bassins-réservoirs successifs de 50 m de large et 200 m de long. Ces bassins-réservoirs sont représentés sur le dessin au nord de la ceinture de palmiers au sol sableux, à peu près en prolongement de la route existante. Pour la concentration de l'eau de mer, une aire de 500 m de long et 1000 m de large est prévue à l'ouest de la route (étape ultérieure des bassins). Cette aire à couche supérieure argileuse commence à 320 m au nord de la ligne de chemin de fer et s'étend en direction de la lagune. Conformément à l'étude (4)*, elle sera occupée par 48 bassins de chacun 100 m x 100 m, subdivisés chacun neuf fois. Les bassins auront une profondeur de 30 à 40 cm. Dans la bande de terrain sableuse comprise entre la ligne de chemin de fer et l'aire décrite ci-dessus, le dessin indique six bassins de 30 m x 100 m chacun, pour la saumure concentrée (env. 22 - 25°Bé), ainsi que quatre bassins de béton, de 80 m x 125 m chacun, comme cristalliseurs. Toutes les autres informations, p.ex. au sujet des voies de circulation, des cairels, des courroirs, des martellières, du canal d'évacuation pour les eaux mères, etc. manquent.

Selon une information verbale, le transvasement de l'eau de mer et de la saumure d'un groupe de bassins dans un autre s'opérera au moyen de pompes mobiles à moteur Diesel.

7.3.2. Plans - Coupes des réservoirs - Tuyauterie

(projection horizontale et coupe au 1/20, 1/50, 1/500)

Ce dessin représente à une plus grande échelle les bassins pour la saumure concentrée et les bassins de béton (cristalliseurs). Il montre que les bassins creusés dans le sol doivent avoir des cairels de 0,80 m à 1 m de haut. Ces cairels ont une largeur à la base de 1,50 m et une largeur de crête de 1,0 m.

Le fond des bassins en béton (cristallisoirs) est dessiné avec une épaisseur de 10 cm, tandis que les parois latérales qui dépassent le sol de 30 cm ont une épaisseur de 15 cm.

Telle qu'elle est conçue par la Salinto, l'aire d'évaporation donne lieu aux objections suivantes:

- I. A notre avis, les superficies prévues ne sont pas suffisantes pour une production annuelle de 5000 tonnes de sel.
- II. La seconde étape de réalisation du salin n'est pas prise en considération.
- III. La subdivision en 9 x 48 bassins de l'aire de 500 m x 1000 m destinée à la préconcentration de l'eau de mer est coûteuse et inutile.
- IV. L'aménagement des bassins-réservoirs dans un sol sableux (au nord de la ceinture de palmiers) et non dans un sol argileux, renchérit les frais de construction.
- VI. A la place des cristallisoirs en béton très onéreux (environ 20 millions Fcfa pour six bassins de 80 m x 125 m chacun), il est préférable de prévoir des bassins creusés dans le sol argileux et parfaitement aplanis. Le sel éventuellement souillé par des traces d'argile au moment de la récolte sera traité dans une station de lavage et d'essorage, ce qui augmenterait encore sa qualité (entre autres élimination d'une partie des sels amers $MgCl_2$ et $MgSO_4$, meilleure apparence, taux d'humidité approprié à l'ensachage).

7.4. Bâtiments

Les bâtiments nécessaires pour l'exploitation du salin ont été prévus comme suit par la Salinto:

- 7.4.1. Une station de pompage au bord de la mer, destinée à abriter les pompes pour le prélèvement de l'eau de mer (voir sous 7.2.). La station de pompage comporte en outre des locaux pour les machinistes et les gardiens, ainsi que des lavabos. Surface de base 15 m x 6 m.
- 7.4.2. Deux entrepôts en bordure de la route d'accès au salin, pour le stockage du sel séché à l'air. Surface de base 30 m x 15 m; hauteur 5 m environ.
- 7.4.3. Un bâtiment à l'extrémité de la route d'accès actuelle, devant servir de magasin et d'atelier. Ce bâtiment abritera en outre un petit groupe générateur Diesel pour la production du courant électrique. Surface de base 30 m x 15 m.
- 7.4.4. Un bâtiment administratif avec quatre bureaux, ainsi que six autres pièces d'habitation pour le personnel de service et un gardien. Surface de base 17 m x 18 m.
- 7.4.5. Deux réservoirs d'eau douce et un puits.
- 7.4.6. Une dalle de béton de 30 m x 50 m pour le séchage du sel à l'air.

8. Installations en cours de construction, engins et machines disponibles

Jusqu'à présent, tous les travaux d'aménagement du salin ont été exécutés par la Salinto en propre régie. Des engins et des machines ont été acquis à cet effet par la Salinto. Différents matériaux ont été également passés en commande et fournis en grande partie.

8.1. Conduite de refoulement (station de pompage - salin)

Pour cette conduite, la Salinto a déjà acquis le matériel suivant:

- 8.1.1. Deux pompes centrifuges Harland-Monoglide, type SNA 8, débit nominal $500 \text{ m}^3/\text{h}$, non autoaspirante, carcasse de fonte d'acier, roue en bronze, hauteur d'aspiration et de refoulement selon le diagramme de l'annexe 13, entraînement par:

Deux moteurs Diesel Skoda, comme moteurs en ligne à 6 cylindres, refroidissement à l'eau, modèle 1967, puissance 90 BHP, régime de rotation 1500 t/m.
- 8.1.2. Environ 1100 m de conduite se composant de tuyaux en tôle d'acier galvanisée, de 330,2 mm (14") de diamètre, de 4,5 à 6 m de long, épaisseur de paroi 4 mm, avec brides de raccord.
- 8.1.3. Les tuyaux de béton nécessaires pour le passage de la conduite de refoulement au-dessous de la route et de la ligne de chemin de fer.

8.2. Bâtiments

Le stade de construction des bâtiments est à l'heure actuelle le suivant:

- 8.2.1. Station de pompage sur le rivage: terminée jusqu'au toit.
- 8.2.2. Deux entrepôts: fondations et une partie des murs

REF. No.:

THE HARLAND ENGINEERING COMPANY LTD.

CLIENT'S DUTY

APPROVED BY:

PUMP TYPE TEST CHARACTERISTIC

FLOW:

PUMP TYPE AND FRAME: MONOGLIDE SNA 8

HEAD:

DATE:

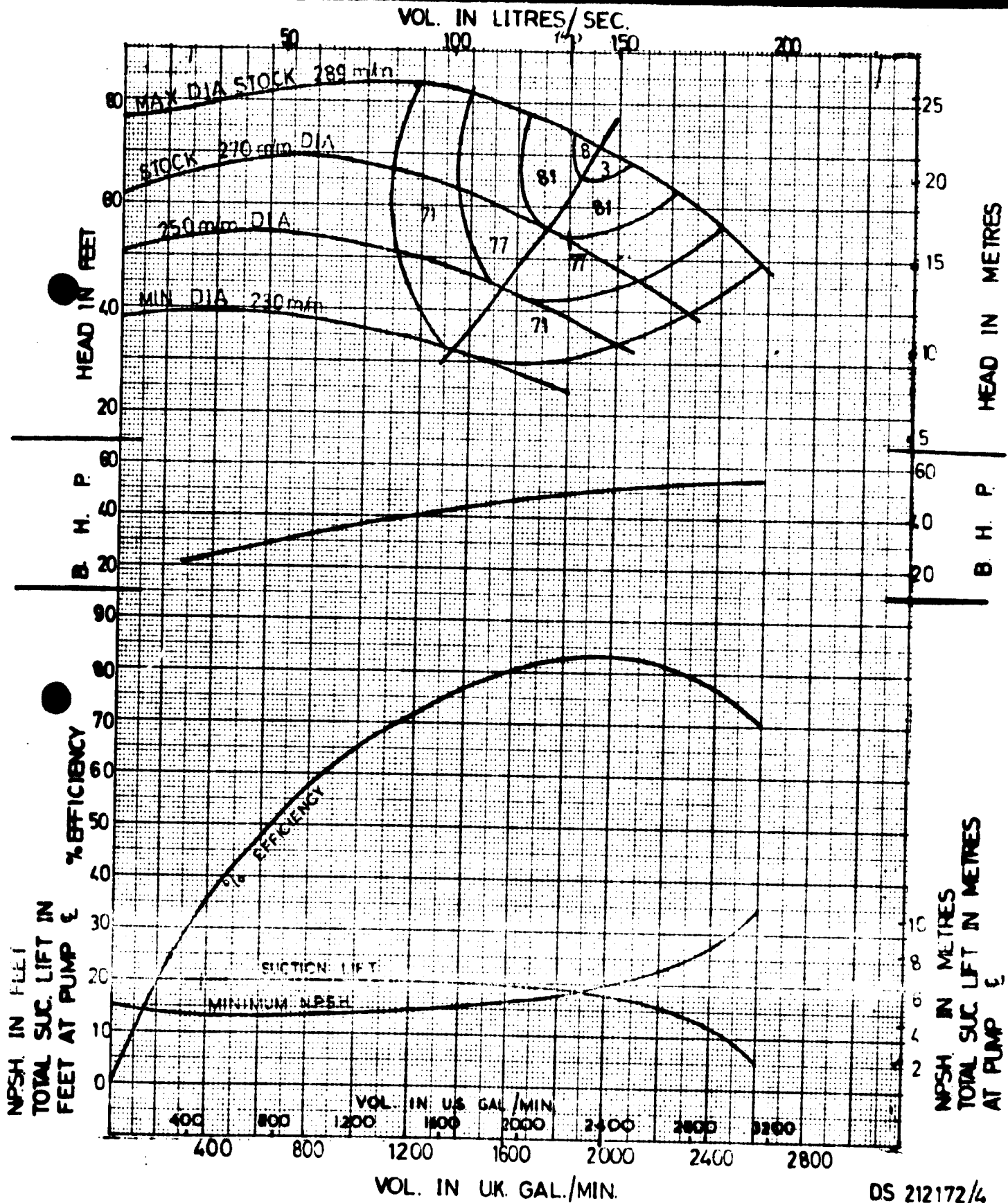
CLIENT:

ANNEX 13

SPEED: 1460 RPM.

EFFICIENCY:

This curve is based on the results of tests on at least 10% of the pumps of this frame size manufactured



DS 212172/4

- 8.2.3. Un magasin/atelier: terminé jusqu'au toit.
- 8.2.4. Deux réservoirs d'eau douce: les tubulures de raccord sont terminées, les réservoirs sont fournis.

8.3. Engins de construction et machines

- 8.3.1. La Salinto dispose des engins suivants pour les travaux de construction:

- 2 camions basculants (5 tonnes)
- 2 dumpers (tombeaux automoteurs)
- 2 mélangeuses à béton, chacune avec une capacité d'environ 280 litres
- 2 machines pour la fabrication des blocs de béton
 - 1 x 1200 blocs /équipe
 - 1 x 250 blocs /équipe
- 2 théodolites
- Outils de maçons et de charpentiers

- 8.3.2. Les unités suivantes ont été acquises pour la production de l'énergie électrique et pour le transvasement de la saumure sur l'aire d'évaporation:

- 1 groupe générateur Diesel 6 kVA (courant lumineux)
- 2 groupes générateurs Diesel 25 kVA (encore à passer en commande)
- 3 groupes de pompage mobiles à moteur Diesel
 - puissance 12 BHP
 - débit 60 - 70 m³/h
 - moteur Diesel: marque Peters
 - pompe: marque Signond
- 3 groupes de pompage mobiles à moteur Diesel, comme ci-dessus, cependant avec une
 - puissance de 16 BHP
 - débit 90 - 100 m³/h

9. Proposition pour la conduite d'amenée de l'eau de mer

Le pompage de l'eau en pleine mer constitue le problème le plus ardu auquel la Salinto se heurte pour la réalisation du salin. Comme déjà mentionné au chapitre 5, l'implantation de la station de pompage par la Salinto a fixé définitivement le point de pompage sur le littoral. L'utilisation de l'eau de la lagune n'est pas possible, du fait qu'il s'agit d'une lagune d'eau douce.

La construction d'un canal ou d'un ouvrage d'entrée sur le rivage est à rejeter de prime abord, car la côte est sableuse et un ensablement rapide serait inévitable. La solution suggérée par la Salinto dans sa lettre du 8.7.1971 - à savoir l'aménagement, sur le rivage, d'une lagune artificielle qui se terminerait dans une fosse de pompe - s'avère impraticable, également en raison des risques d'ensablement (voir lettre de la DBS adressée à la Salinto en date du 4.8.1971).

Une autre solution consisterait à implanter un appontement traversant la zone du ressac jusqu'à une profondeur d'eau convenable, et de poser la conduite de pompage sur cet appontement. La réalisation d'un tel ouvrage sur la côte togolaise n'est possible qu'au moyen d'engins spéciaux et occasionne par conséquent des frais considérables. Les expériences recueillies lors de l'aménagement du port de Lomé et lors de la construction d'un wharf pour la C.T.M.B. le prouvent.

Vu le temps très court dont dispose encore la Salinto, l'unique solution qui s'offre encore est le pompage de l'eau en pleine mer, à un point du rivage proche de la gare de Keta-Akonda (annexe 14).

Avec un tel mode de prélèvement de l'eau de mer, certaines conditions doivent être remplies pour garantir une exploitation exempte d'incidents techniques désagréables.

DEUTSCHE BERATUNGSGESELLSCHAFT FÜR SALINENTECHNIK M.B.H.



Outlook from the pumping station to the sea
(point of sea water intake)

Rivage (point d'aspiration de l'eau de mer)
vu de la station de pompage



Premièrement, le point de pompage est à choisir de telle façon qu'un minimum de sable souille l'eau de mer aspirée. Il s'ensuit que la tête d'aspiration doit être installée au-delà de la zone du ressac, à une hauteur suffisante au-dessus du fond de la mer.

Deuxièmement, il faut éviter autant que possible l'encombrement de la conduite de pompage par des incrustations de coquillages.

Troisièmement, il convient de veiller soigneusement à ne pas prélever les eaux résiduelles argileuses qui sont déversées dans la mer par la fabrique de phosphate située à environ 5 km à l'ouest de la station de pompage. La tête d'aspiration doit donc être ancrée à au moins 150 m du rivage.

En considération de ces trois impératifs, seules les possibilités suivantes demeurent pour la résolution à court terme du problème:

- a) Pose d'une conduite de pompage à la surface de la mer, au moyen de pieux foncés par battage
- b) Pose d'une conduite de pompage au-dessous du fond de la mer par remblayage hydraulique
- c) Pose d'une conduite de pompage directement au fond de la mer, à l'aide d'ancrages appropriés

Nous avons examiné très attentivement ces trois solutions:

- Pour le fonçage par battage de pieux dans le fond de la mer (à une profondeur d'environ 15 m, vu la nature sableuse du sous-sol), les engins nécessaires ne sont pas disponibles, ni au Togo, ni dans les pays voisins. La construction d'un appentement de 200 m environ à la surface de la mer entraînerait d'énormes dépenses.

- Il n'existe au Togo aucun engin permettant le remblayage hydraulique de la conduite de pompage au-dessous du fond de la mer. La pose d'une telle conduite de plastique au moyen d'engins spéciaux provenant p.ex. de l'Allemagne Fédérale, coûterait plus de DM 600.000.--, non compris les unités flottantes nécessaires (voir lettre de la DBS adressée à UNIDO en date du 2.8.1971). Il est évident que cette solution doit être abandonnée.
- Vu toutes les circonstances exposées ci-dessus, la pose de la conduite de pompage directement au fond de la mer avec un ancrage de béton nous apparaît comme la solution la plus raisonnable et la plus économique. Tous les détails de cette solution sont décrits sous 9.2.

La solution idéale serait sans aucun doute la pose de la conduite de pompage sur un appontement et devrait être retenue pour l'avenir. Du fait que la fabrique de phosphate C.T.M.B. installera dans quelques années une nouvelle pompe débitant $2000 \text{ m}^3/\text{h}$, mais n'utilisera que $1500 \text{ m}^3/\text{h}$, elle sera par conséquent à même de fournir $500 \text{ m}^3/\text{h}$ d'eau de mer.

Il serait absolument profitable pour la Salinto d'étudier les aspects techniques et économiques de cette future possibilité, comme solution ultime pour l'alimentation en eau de mer au salin.

9.1. Aménagement des pompes

Les deux pompes mentionnées sous 8.1.1. sont disponibles pour le prélèvement de l'eau de mer. Une de ces pompes est prévue à titre de réserve.

D'après les renseignements qui nous ont été donnés par le fournisseur des pompes (Weir Pumps Ltd., Grande-Bretagne), ces dernières ont une hauteur d'aspiration maximale de 6 m. Cette hauteur ne doit pas être dépassée pendant une longue période de temps. Il se produirait

sinon un phénomène de cavitation qui entraînerait l'usure rapide des organes de la pompe. La hauteur d'aspiration de 6 m n'exprime pas exactement la hauteur d'aspiration géodésique, mais tient compte encore des pertes par frottement dans la conduite. La hauteur d'aspiration géodésique est par conséquent égale à 6 m, moins les pertes par frottement. Ces données doivent être prises en considération pour fixer la hauteur d'aménagement de la pompe, référée au niveau de la mer à marée basse.

La conduite de pompage à poser au fond de la mer aura les caractéristiques suivantes:

Matériau pour la conduite	Tuyaux de polyéthylène
Longueur de la conduite	200 mètres
Diamètre intérieur	302,4 mm
Débit	500 m ³ /h
Section	0,072 m ²
Vitesse d'écoulement	1,93 m/sec.
Pertes par frottement dans la conduite sur une longueur de 200 m	1,43 m
Pertes dues à un coude de raccord et à une valve	0,25 m

La hauteur d'aménagement de la pompe, référée au niveau de la mer à marée basse se calcule comme suit:

$$H = 6 - 1,43 - 0,25 = 4,32 \text{ m}$$

Selon les informations qui nous ont été fournies (lettre de la Salinto du 8.7.1971), la pompe est toutefois aménagée à une hauteur de 4,8 m, référée au niveau de la mer à marée basse.

Il est clair que le niveau de la mer à marée basse ne se maintient que pendant une courte période de temps. La Maison Weir Pumps Ltd. nous a signalé d'autre part que la pompe pouvait travailler brièvement avec une hauteur d'aspiration d'environ

6,4 m. Pour plus de sécurité, une des deux précautions suivantes sera prise:

- la tubulure d'aspiration de la pompe est montée à 4,3 m au-dessus du niveau de la mer à marée basse
- la pompe est mise hors service à marée basse

La préférence est bien entendu à accorder à la première alternative.

Vu le type de conduite déjà acquis par la Salinto, la conduite de refoulement (entre la station de pompage et l'aire d'évaporation) aura les caractéristiques suivantes:

Matériau de la conduite	Tuyaux en tôle d'acier galvanisée
Longueur de la conduite	env. 1000 m
Diamètre intérieur	348 mm
Débit	500 m ³ /h
Section	0,0942 m ²
Vitesse d'écoulement	1,48 m/sec.
Pertes par frottement dans la conduite sur une longueur de 1000 m	7,4 m
Pertes dues à un coude de raccord et à une valve	0,2 m

Attendu qu'un tuyau de 5 m de long avec un diamètre intérieur de 200 mm succède à la tubulure de refoulement de la pompe, il faut compter avec une perte par frottement additionnelle de 0,5 m. D'un autre côté, la dénivelée entre la tubulure de refoulement et l'extrémité de la conduite est de - 1,5 m. Il en résulte une hauteur de refoulement totale de 6,6 m (7,4 m + 0,2 m + 0,5 m - 1,5 m). Selon le diagramme des pompes, le type BNA 8 a une hauteur de refoulement de 20 m pour un diamètre de roue de 289 mm.

9.2. Pose de la conduite d'aspiration

Comme exposé sous 9., nous estimons que, vu les circonstances locales, la pose de la conduite d'aspiration au fond de la mer constitue la meilleure solution.

Attendu que la Salinto n'a pu fournir des informations sur le comportement de la mer au point de pompage, nous avons entrepris nous-mêmes des investigations, tout d'abord au Togo, puis en République Fédérale d'Allemagne.

Ainsi que déjà signalé, la fabrique de phosphate C.T.M.B. entretient depuis déjà environ douze ans une station de pompage sur un wharf, à Guon Kopé, 5 km à l'ouest du salin. Elle dispose de propres cartes nautiques, car elle sonde tous les ans la profondeur de la mer aux alentours du wharf. Il ressort de ces cartes que la mer a une profondeur d'environ 5 m à 150 - 200 m du rivage. Il est probable que des conditions identiques règnent au point de pompage de la Salinto. Les expériences recueillies par la C.T.M.B. ont prouvé qu'une profondeur d'eau égale à 1 - 1 1/2 fois la hauteur des vagues était nécessaire pour que l'eau de mer aspirée soit exempte de sable. Les pompes installées sur le wharf et aspirant l'eau à environ 8 m de profondeur, doivent être nettoyées tous les six mois, car la tubulure d'aspiration de ces pompes est encombrée par des incrustations de coquillages et d'autres dépôts qui atteignent une épaisseur de plusieurs centimètres. Les pompes sont soumises en outre à une forte corrosion.

Les consultants ayant participé à l'aménagement du port de Lomé nous ont fourni des renseignements supplémentaires sur la nature du sol au fond de la mer. Selon la formation de ce dernier, la zone du ressac a une largeur de 100 à 200 m dans cette partie de la côte. La bande de sable du rivage se continue dans la mer sur une largeur d'environ 500 m et atteint une épaisseur de 2 m. Au-dessous de cette couche sableuse, on trouve des couches durcies de sable et d'argile sur une épaisseur d'environ 15 m. La zone côtière qui nous intéresse n'a pas été étudiée jusqu'à présent, mais on peut admettre sans doute qu'elle présente les mêmes aspects.

Un levé topographique du fond de la mer de bonne précision n'est pas disponible, mais les informations respectives de la C.T.M.B. nous ont été confirmées. Pour la zone côtière intéressant le salin (kilomètre 42 de la ligne de chemin de fer), il sera toutefois nécessaire de sonder la profondeur de la mer tous les 20 m, jusqu'à environ 200 m de distance du rivage (voir lettre de la DBS adressée à la Salinto en date du 24.6.1971).

Des données précises au sujet des vagues nous ont été communiquées par l'Université Technique d'Hanovre qui se livra à des investigations fondamentales pour l'aménagement du port de Lomé. Ces valeurs sont groupées dans le tableau de l'annexe 15. Elles peuvent être reprise avec une sécurité suffisante pour le projet du salin.

Vu les impératifs énoncés sous 9. et les valeurs mentionnées ci-dessus, nous proposons de poser comme suit la conduite entre la station de pompage et le fond de la mer (annexe 16):

Longueur de la conduite	env. 220 m
Hauteur de la tubulure d'aspiration au-dessus du fond de la mer	env. 2,5 m
Profondeur de la mer au point de pompage de l'eau	env. 5,0 m

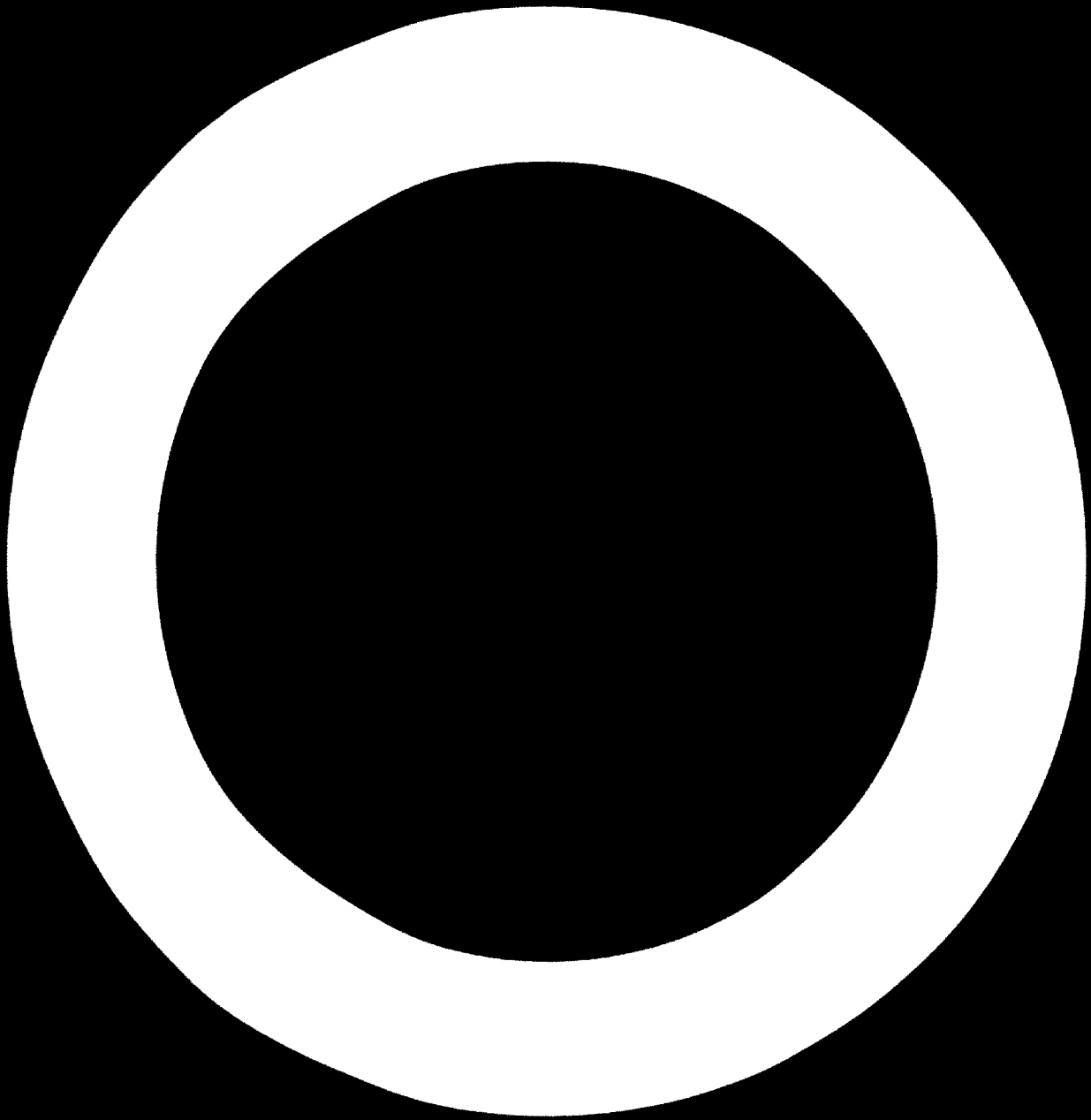
Immobilisation de la conduite au fond de la mer avec des blocs de béton préfabriqués, mis en place de manière à favoriser l'ensablement de la conduite.

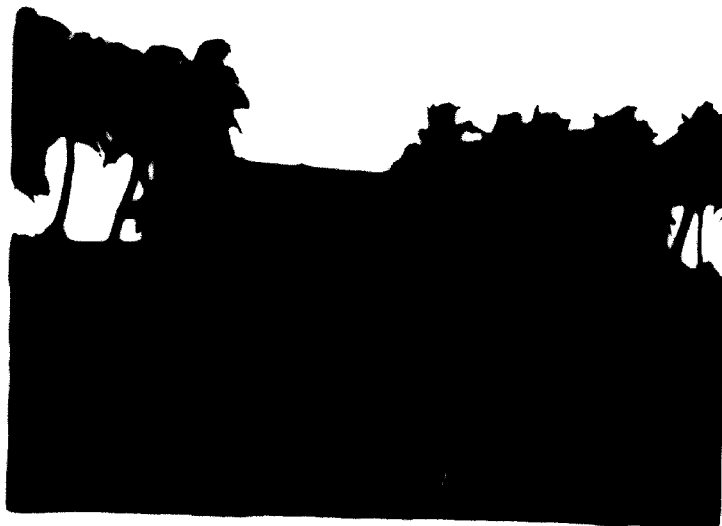
En ce qui concerne la matériau à choisir pour la réalisation de la conduite, de pompage, deux solutions existent, à savoir

- Conduite en acier

Avantages: fabrication possible au Togo

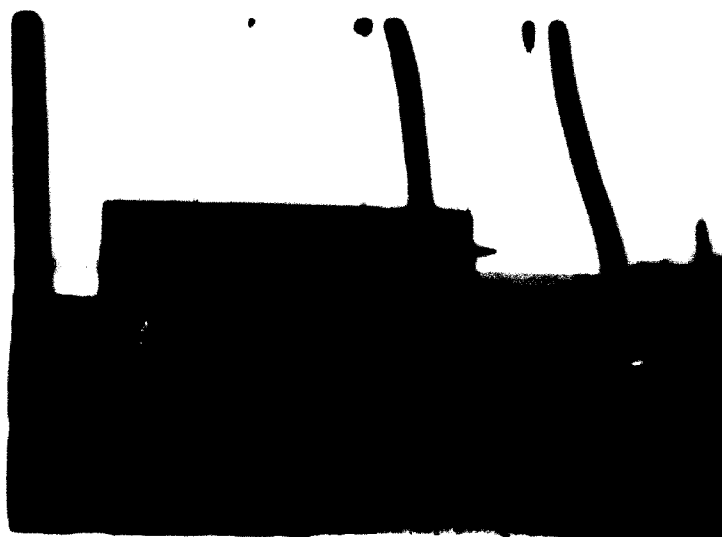
Inconvénients: risque de corrosion, forte incrustation, raccords par brides, rigidité de l'ensemble, plus grand diamètre requis pour la compensation des plus grandes pertes par frottement





Pumping station (from the sea side)

Station de pompage (vue de la mer)



Pumping station (from the road)

Station de pompage (vue de la route)

- Conduite en polyéthylène

Avantages: excellente tenue à la corrosion, faibles incrustations, joints soudés sans couture, élasticité, diamètre plus petit car moins grandes pertes par frottement, poids léger, donc manipulation plus aisée.

Inconvénients: importation nécessaire, soudure des joints par des experts étrangers au moyen d'une machine spéciale

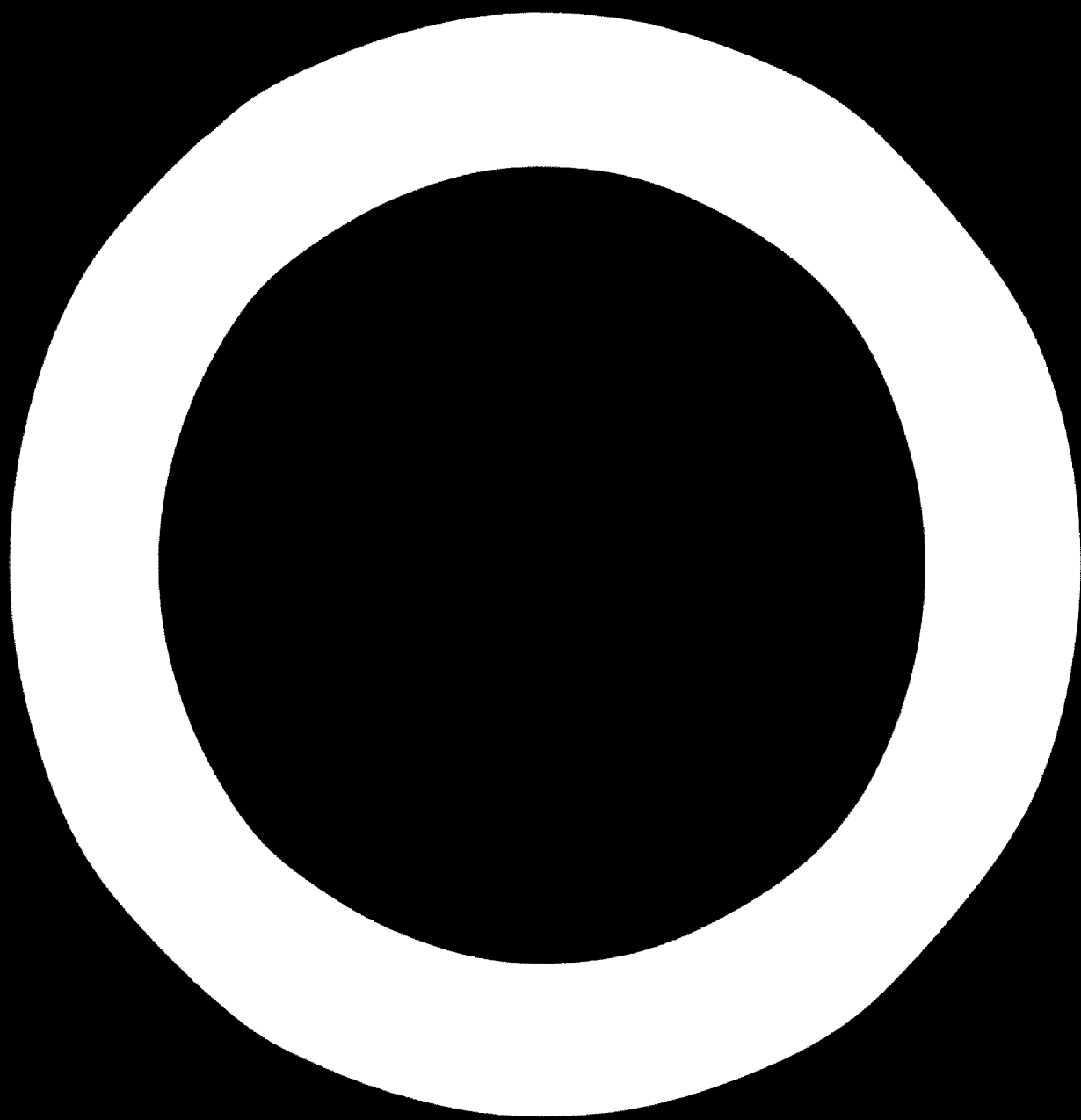
Après l'examen approfondi de ces deux solutions et la planification respective (voir dessin DBS 4/71 - annexe 17 avec description du 6.7.1971, ainsi que dessin DBS 5/71 - annexe 18 avec description du 19.8.1971 transmis à UNIDO), nous recommandons à la Salinto la pose d'une conduite de polyéthylène.

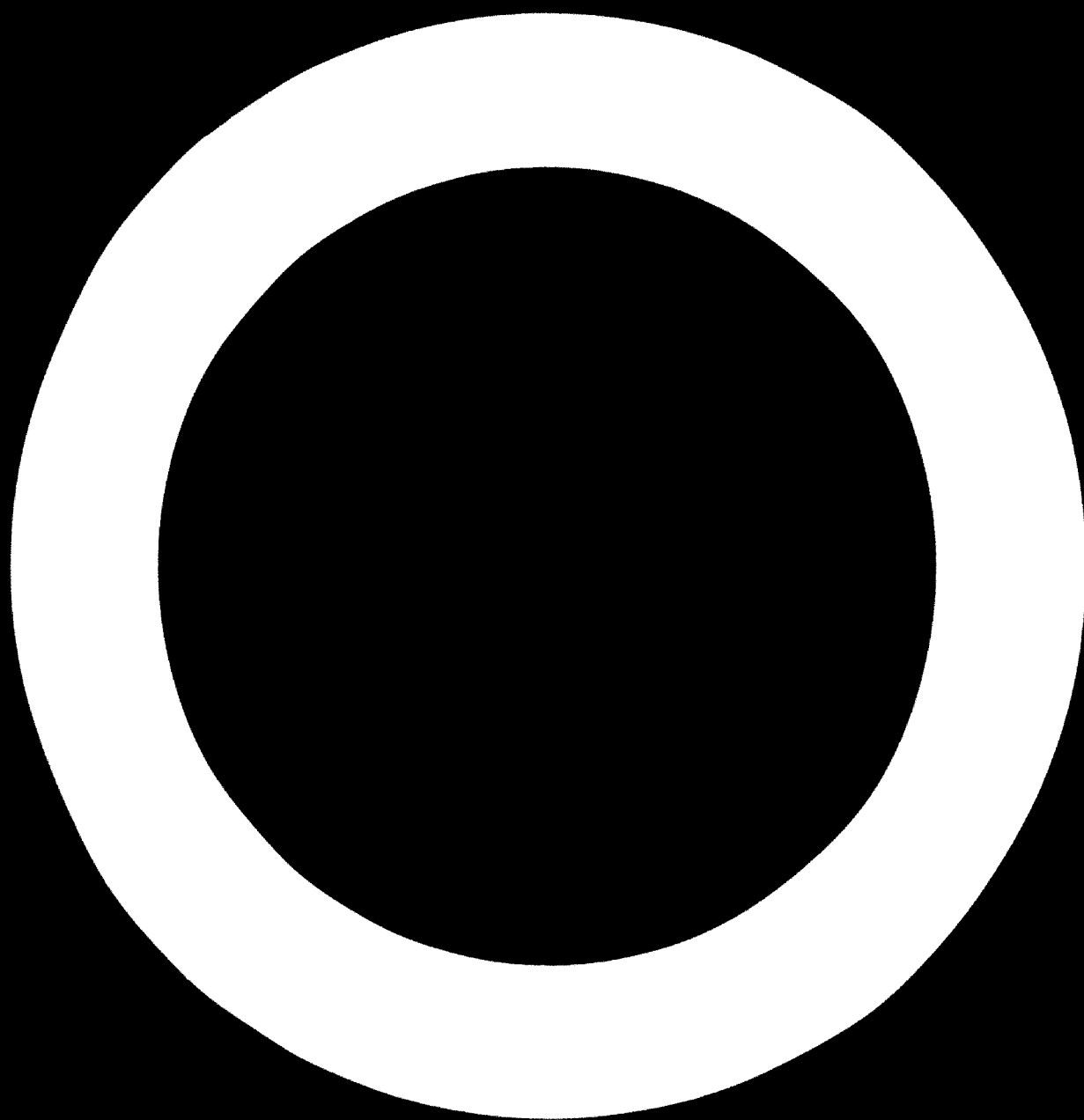
9.2.1. Conception de la conduite de pompage en polyéthylène (dessin DBS 5/71 - annexe 18)

La pompe ayant un débit maximal de $500 \text{ m}^3/\text{h}$, la conduite doit avoir un diamètre intérieur d'environ 300 mm. Cette valeur tient compte des pertes par frottement (à une température de l'eau de 25°C). La conduite normalisée la plus voisine a un diamètre intérieur de 300,4 mm. L'épaisseur de la paroi a été prévue avec 26,3 mm, afin d'obtenir une marge de sécurité suffisante pour les constantes mécaniques.

La vitesse d'écoulement est largement supérieure à 1,5 m/s, si bien qu'elle s'oppose efficacement - en conjonction avec la paroi lisse de la conduite - aux incrustations de coquillages et aux dépôts d'algues. Le raccord bord à bord des tuyaux (selon la méthode de soudage par outil chauffant à l'aide d'une machine spéciale) assure en outre la formation de joints très lisses.

Du fait que la pompe n'est pas d'un type autoaspirant, une vanne doit être insérée dans la conduite au niveau de la mer à marée basse, afin d'éviter une marche à sec entre





la pompe et le niveau de l'eau. La vanne doit être accessible au moyen d'une petite passerelle. Pour que l'eau aspirée soit autant que possible exempte de sable, la conduite de polyéthylène est pourvue d'un coude de 90° au point de pompage, ce qui relève son extrémité jusqu'à environ 2,5 m au-dessus du fond de la mer.

La tête d'aspiration comporte une crépine à mailles grossières pour empêcher l'entraînement éventuel de poissons dans la conduite. L'ouvrage destiné à soutenir l'extrémité verticale de la conduite est à concevoir de telle façon que les contraintes mécaniques dues au mouvement de la mer soient absorbées par cet ouvrage et non par la conduite.

Le point de pompage est à repérer par une bouée, conformément aux prescriptions légales, comme signal d'avertissement pour la navigation.

9.2.2. Pose de la conduite de pompage en polyéthylène

D'après les renseignements fournis par l'Institut des Constructions maritimes et fluviales d'Hanovre qui fut chargé de mesurer la hauteur des vagues sur le littoral du Togo, lors de la construction du port de Lomé, la hauteur des vagues aux abords de Lomé se monte au maximum à 2,50 m. Certains jours, elle n'atteint que 50 cm à 75 cm. La pose de la conduite de pompage devrait donc avoir lieu lorsque la force du vent n'est que de 2 degrés Beaufort ou moins, c'est-à-dire par mer calme. Afin que les travaux de pose puissent se dérouler rapidement, ils devraient être préparés auparavant de façon très rationnelle.

Les tuyaux sont fournis en tronçons de 11 m. Sur une aire soigneusement aplanie de 35 à 40 m de long parallèle au rivage, les différents tronçons sont assemblés à l'aide de la machine à souder spéciale, jusqu'à une longueur globale de 220 m. La conduite ainsi préparée peut demeurer sur la plage jusqu'à sa mise en place dans la mer.

Les éléments de béton préfabriqués, dont la face supérieure est profilée en creux de façon à former un logement parfait pour la conduite d'un diamètre extérieur de 355 mm, sont déposés au fond de la mer en ligne droite, à des intervalles d'environ 3 m. Leurs dimensions sont les suivantes: 1,0 m x 1,0 m x 0,6 m.

Jusqu'à une profondeur d'eau de 0,5 m, les blocs de béton ci-dessus sont mis en place au moyen d'un excavateur. Un derrick à aiguille monté sur deux chalands est à utiliser pour des profondeurs d'immersion de 0,5 m à 5 m.

Après la pose des blocs de béton inférieurs au fond de la mer, la conduite complètement assemblée est mise à flot et descendue dans la flache formée par la face supérieure de ces blocs. Ces opérations sont exécutées à l'aide d'un remorqueur, de ballast et de plongeurs professionnels. La conduite est ensuite couverte par des blocs de béton préfabriqués qui ont les mêmes dimensions que les blocs "inférieurs" et qui comportent le même profil en creux, mais à leur face inférieure. Ces blocs "supérieurs" sont déposés sur les blocs "inférieurs", avec lesquels ils assurent l'immobilisation de la conduite, puis fixés dans leur position.

L'extrémité verticale de la conduite d'aspiration est maintenue à environ 2,5 m du fond de la mer au moyen d'un échafaudage. Cet ouvrage est monté sur trois blocs d'ancrage en béton qui, pour faciliter leur transport, sont coulés en deux parties. La pose des blocs d'ancrage et la mise en place de l'échafaudage s'opèrent à l'aide du derrick monté sur les deux chalands. L'échafaudage possède dans son axe vertical une pièce profilée en U, soudée verticalement, dans laquelle on insère et on fixe le tronçon vertical de la conduite. La tête d'aspiration est ainsi protégée efficacement contre les contraintes mécaniques dues au mouvement de la mer.

Sur le rivage, la conduite de polyéthylène doit être enterrée dans la zone qui reste découverte à marée basse. Elle est enterrée également entre le rivage et la station de pompage.

9.2.3. Exécution des travaux de pose

Pour que le programme chronologique de la Salinto puisse être respecté, il est absolument indispensable que la pose de la conduite de pompage soit achevée à la fin du mois d'octobre. C'est pourquoi nous avons demandé au groupement d'entreprises Dyckerhoff & Widmann/Harmstorf qui s'avère qualifié pour de tels travaux, d'élaborer une offre avec une spécification détaillée des fournitures et des prestations.

Afin que les travaux de pose se déroulent sans difficulté, des spécialistes allemands devront se rendre au Togo pour procéder à la soudure des tuyaux de polyéthylène. Ces spécialistes disposeront également des expériences nécessaires en ce qui concerne la pose de telles conduites dans les zones côtières et dans les ressacs.

Les excavateurs, treuils et autres engins pourront être obtenus sur place de la part de la Maison Dywido de Lomé. L'équipement flottant devra toutefois être loué par la Salinto.

Nous nous sommes déjà renseignés auprès de la Direction du port de Lomé sur les unités flottantes disponibles au Togo et sur leur équipement. La réponse fut malheureusement négative, mais nous avons appris qu'il était possible d'obtenir de la Maison COTSOM la machine flottante requise et les plongeurs professionnels.

Si la Salinto est à même de trancher rapidement toutes ces questions, la pose de la conduite de pompage pourra avoir lieu au mois d'octobre. Les travaux de pose dureront 4 à 5 semaines.

9.2.4. Durée de service probable d'une conduite de plastique

Comme déjà mentionné plus haut, une conduite de polyéthylène est soustraite aux risques de la corrosion. Elle est en outre encombrée moins rapidement que les conduites d'acier par des incrustations de coquillages. Il est néanmoins impossible de faire des prédictions valables au sujet des incrustations, attendu que celles-ci dépendent sensiblement des conditions locales.

On devrait par conséquent compter d'abord avec une durée de service de seulement cinq années, jusqu'à ce que des expériences pratiques puissent être recueillies sur place.

Si les observations pratiques révèlent que l'abondance des incrustations menace de rendre inapte au service la conduite de pompage, toutes les mesures nécessaires devront être prises en temps utile pour assurer l'alimentation en eau de mer du salin sans aucune interruption. Dans cet ordre d'idée, nous rappelons les possibilités offertes à l'avenir par la station de pompage de la C.T.M.B.

9.3. Conception de la conduite de refoulement

(dessin DBS 6/71)

Comme relaté déjà sous 8.1., la Salinto a déjà acquis le matériel nécessaire pour la conduite de refoulement qui transporte l'eau de mer jusqu'au salin, et déposé ce matériel le long de la route (voir photographies, annexes 19 et 20).

Les nouveaux calculs effectués au sujet de la conduite de refoulement ont révélé qu'un débit de $500 \text{ m}^3/\text{h}$ pouvait être obtenu avec les pompes disponibles. La hauteur de refoulement est largement suffisante, d'autant plus que le terrain s'incline légèrement en direction de l'aire d'évaporation. Comme déjà mentionné plus haut, le terrain situé entre la station de pompage et l'aire d'évaporation, c'est-à-dire le terrain à traverser par la conduite de refoulement, devra faire l'objet d'un levé topographique précis.



Outlook from the pumping station to the road leading to the salt works (on the right hand the pipe-sections for the pressure pipe)

Route conduisant au salin, vue de la station de pompage (à droite les tuyaux pour la conduite sous pression de l'eau de mer)



Road leading to the salt works and pipe sections for the pressure pipe

Route conduisant au salin avec tuyaux pour la conduite sous pression de l'eau de mer



Railway-tracks and salt store
under construction

Ligne de chemin de fer et hall
de stockage en construction



Salt-store under construction

Magasin en cours de construction

Le dessin DBS 6/71 (annexe 21) représente la conduite de refoulement. Les cotes planimétriques et altimétriques qu'il indique sont approximatives et devront être rectifiées après l'exécution du levé topographique.

Les détails suivants sont à prendre en considération pour la réalisation et pour la pose de la conduite de refoulement.

9.3.1. Pose de la conduite de refoulement à la surface du sol

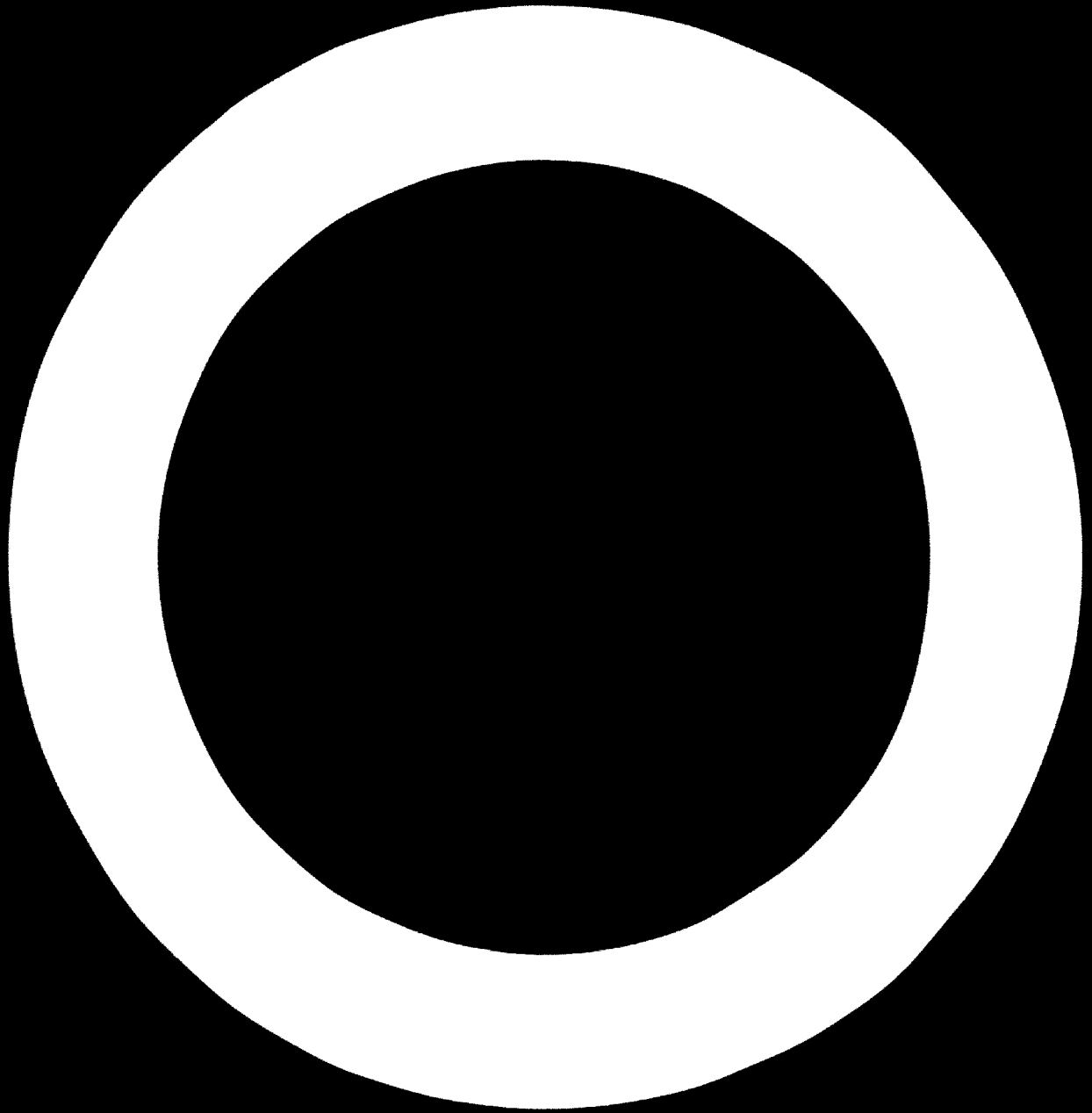
Afin que la conduite de refoulement puisse être éventuellement nettoyée, la Salinto a acquis pour sa réalisation des tubes d'acier à brides de raccord et a prévu une pose à la surface du sol.

La conduite de refoulement devrait être posée sur des appuis qui lui donnent une hauteur moyenne d'environ 40 cm au-dessus du sol. La hauteur des appuis sera à adapter aux formes du terrain, de façon que la conduite de refoulement se trouve approximativement au même niveau sur tout le parcours.

Des précautions spéciales s'imposent pour éviter des dommages dus aux variations de longueur qui se produiront dans la conduite de refoulement.

Pour un écart de température $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$ (rayonnement solaire et conduite vide), la variation de longueur est d'environ 0,65 mm par mètre de conduite. Comme le montre le dessin DBS 6/71, la conduite de refoulement doit être subdivisée en plusieurs sections qui offrent des possibilités de dilatation suffisantes. La conception des appuis doit également tenir compte de la dilatation des tuyaux d'acier.

Entre la station de pompage et le passage au-dessous de la route, la conduite de refoulement est à poser de façon rigide avec deux joints compensateurs. Un autre appui fixe est à prévoir après le passage au-dessous de la route, où un joint compensateur absorbe la dilatation.



Un coude de dilatation avec trois joints compensateurs sera inséré dans le tronçon de 577 m situé entre la route et la voie de chemin de fer. Cette solution offre des avantages économiques, d'autant plus que l'on dispose de la place requise à cet effet. Afin que les variations de longueur puissent être absorbées intégralement par le coude de dilatation, les appuis de la conduite sont à concevoir comme appuis à glissement (voir le dessin respectif DBS 6/71). Ils comporteront p.ex. de simples coques de tôle d'acier dans lesquelles la conduite glissera aisément. Tous les points d'appui à glissement seront graissés régulièrement, afin d'éliminer un bruit désagréable et une usure par frottement.

Le passage au-dessous de la ligne de chemin de fer sera exécuté comme le passage au-dessous de la route. Après l'appui fixe prévu derrière la ligne de chemin de fer (en direction du salin), la conduite pourra être posée sans joints compensateurs sur des appuis à glissement, attendu qu'une immobilisation de son extrémité n'est pas nécessaire.

Une offre relative aux joints compensateurs sera soumise séparément à la Salinto.

9.3.2. Passage au-dessous de la route et de la ligne de chemin de fer

La Salinto a acquis des tuyaux de béton de 800 mm de diamètre pour le passage de la conduite de refoulement au-dessous de la route et de la ligne de chemin de fer. Ces tuyaux de béton rempliront deux fonctions: ils renforceront d'une part la traversée souterraine et permettront d'autre part le démontage de la conduite de refoulement.

Ainsi que le montre le dessin DBS 6/71, les tuyaux de béton doivent être enterrés à une certaine profondeur, afin de pouvoir supporter les charges du trafic ferroviaire et routier. Il convient de respecter comme profondeur minimale de pose:

1,4 m pour le passage au-dessous de la route
2,0 m pour le passage au-dessous de la ligne
de chemin de fer

Ces deux valeurs représentent la distance entre la surface du sol et le point le plus haut de la conduite de béton.

La conduite de béton devra dépasser d'au moins 1 mètre les deux talus latéraux.

Tous les talus seront à stabiliser soigneusement, afin d'éviter leur dégradation par les fortes pluies. On pourra adopter à cet effet des pierrés ou du béton, selon le montant des frais.

Dans les deux passages souterrains, la conduite de refoulement est à poser avec des coudes d'environ 30° (comme représenté par le dessin) et non de 90° . Un puits drainant peut être prévu pour l'évacuation des eaux de pluie.

9.3.3. Ouvrage d'amenée

Un ouvrage d'amenée est nécessaire pour le déversement de l'eau de mer dans le bassin A1, sans risque de dégradation.

Lors de la planification de l'aire d'évaporation, il s'est avéré judicieux d'inclure la route de la seconde étape de réalisation dans les travaux d'aménagement de la première étape. On évite ainsi un croisement avec la conduite de refoulement.

Il apparut alors rationnel de combiner ce croisement avec l'ouvrage d'entrée. Ainsi que le montre le dessin, la conduite de refoulement se termine au sud de la route dans un canal de béton d'environ 1 m de largeur qui passe au-dessous de la route et se dirige vers l'ouvrage d'amenée. Ce canal peut être couvert avec des madriers ou avec des poutres à profil T, vu la très petite portée à franchir.

L'eau de mer se déverse dans le bassin A1 à partir de l'arête de 4 m de large de l'ouvrage d'amenée. Le fond du bassin est bétonné sur une étendue suffisante au point de déversement, afin d'éviter tout risque de dégradation.

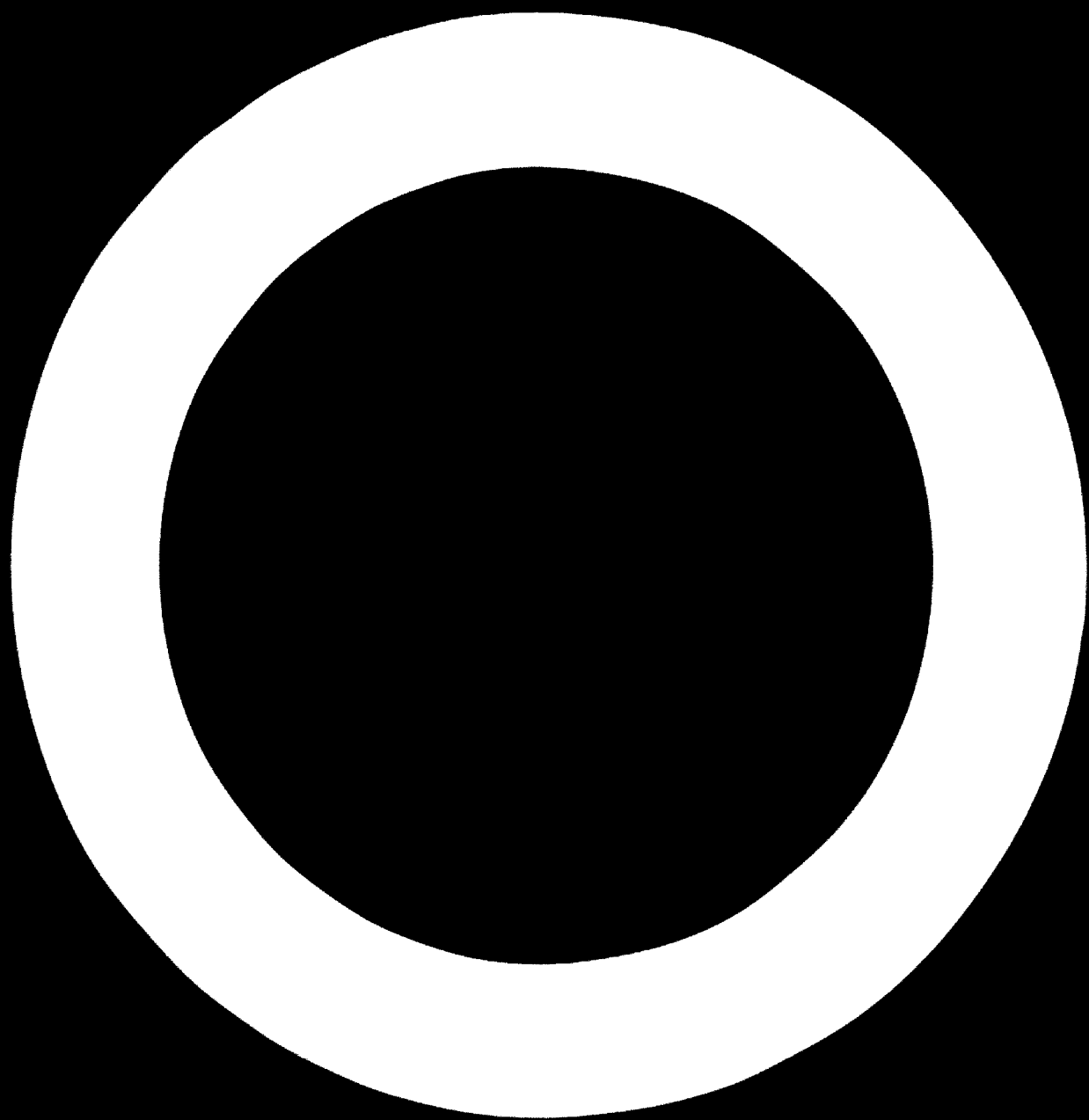
10. Proposition pour l'aménagement des bassins d'évaporation

Le dessin DBS 7/71 (annexe 22) montre l'aire d'évaporation pour une production annuelle de 5000 tonnes de sel, avec la possibilité d'extension pour une production annuelle de 10 000 tonnes.

Pour la planification de l'aire d'évaporation, nous avons supposé que les conditions suivantes seraient autant que possible satisfaites:

- I. Adaptation des différents bassins aux cotes de hauteur du terrain (voir photographie, annexe 23) et construction de bassins très vastes, afin d'éviter des travaux de terrassement inutiles.
- II. Aménagement des cristallisoirs dans le sol argileux imperméable, afin de réduire les frais d'implantation.
- III. Construction de voies d'accès convenables vers les points les plus importants du salin, avec un minimum de mouvements de terre.
- IV. Courtes distances entre les cristallisoirs et les installations de traitement du sel brut.
- V. Aménagement de "bassins d'hiver", afin de protéger la saumure préconcentrée pendant la période des pluies.
- VI. Construction de martellières pour réduire à un minimum les opérations de pompage.
- VII. Aménagement d'un grand bassin de préconcentration non aplani, afin de produire une quantité suffisante de saumure préconcentrée titrant 4 à 15°Bé.
- VIII. Prise en considération de la seconde étape de réalisation

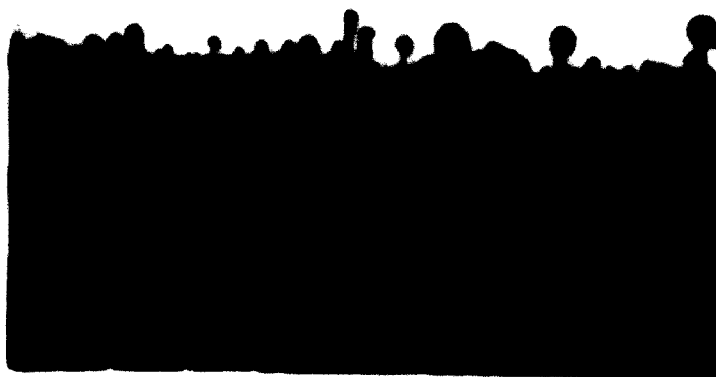
Pour la capacité de production annuelle de 5000 tonnes de sel marin après la première étape de réalisation, environ 300 000 m³ d'eau de mer titrant 3,5°Bé doivent être pompés et déversés dans les bassins d'évaporation. Jusqu'à présent, la teneur en





Changeover from sandy coastal strip
to clayey saline area

Transition du littoral sableux au
sol argileux du terrain choisi pour
l'emplacement du salin



Area provided for evaporation ponds
Terrain prévu pour les cristalliseurs

sel de l'eau de mer avait été estimée à $3,5^{\circ}\text{Bé}$. Les mesures exécutées entre le 18.4.1971 et le 27.4.1971 ont révélé une teneur en sel de $4,0^{\circ}\text{Bé}$, compte tenu de la température de l'eau de mer. L'estimation ci-dessus ($3,5^{\circ}\text{Bé}$) comprend donc une grande marge de sécurité. Les $300\ 000\ \text{m}^3$ d'eau de mer renferment environ 10 000 tonnes de sel constitué essentiellement par du chlorure de sodium (NaCl) et par une très faible quantité de CaCO_3 , CaSO_4 , MgCl_2 , MgSO_4 .

Du fait toutefois qu'il s'agit de produire du sel de cuisine autant que possible séparé des autres sels contenus dans l'eau de mer, il faut s'accomoder de certaines pertes et prévoir différents stades de concentration.

On peut donc admettre que seulement 5000 tonnes de sel marin de bonne qualité peuvent être extraites de $300\ 000\ \text{m}^3$ d'eau de mer. Le tableau de l'annexe 24 indique le poids spécifique du sel, la densité en degrés Baumé, le volume et la précipitation des différents sels au cours de l'évaporation de l'eau de mer. Conformément à ces lois physiques et chimiques, la concentration de l'eau de mer s'opère en plusieurs échelons: de 4 à 15°Bé (bassin B1), de 15 à 24°Bé (bassins C1 et C2) et de 24 à $28,5^{\circ}\text{Bé}$ (bassins E1 à E4).

La cristallisation devrait être achevée à environ $28,5^{\circ}\text{Bé}$, afin que les sels amers qui précipitent à un plus haut degré de concentration, puissent être évacués avec les eaux mères.

Comme relaté sous 6.1., on peut compter pour le salin avec un taux d'évaporation de 5 mm par jour, soit - après déduction des précipitations atmosphériques et du volume d'évaporation pendant les jours de pluie - avec un excédent d'évaporation net de 800 à 900 mm du mois de juillet au mois de mars.

Il convient de souligner ici qu'une année extrêmement pluvieuse peut gravement compromettre ces valeurs d'évaporation moyennes. Dans un tel cas, les pertes de production ne peuvent être atténuées qu'avec une réserve suffisante de saumure préconcentrée et un traitement adéquat de cette dernière (bassins protégés contre la pluie A et D).

ANNEX 24

TABLE OF SPECIFIC WEIGHT, DENSITY IN DEGREE BAUME AND VOLUME
PRECIPITATION OF THE DIFFERENT SALTS DURING SOLAR EVAPORATION

Degree Bé	Specific Weight	Volume	Degree Bé	Specific Weight	Volume
3.5	1.0249	1000	26	1.2198	100
4	1.0285	920	27	1.2301	64
5	1.0358	774	28	1.2407	44
6	1.0434	647	29	1.2515	36
7	1.0509	540	30	1.2624	30
			31	1.2736	27
			32	1.2849	24
Beginning of precipitation of calcium carbonate and iron oxide up to 15° Bé			precipitation by cooling of $MgSO_4$, impure through $NaCl$, $MgCl_2$, KCl ; eventually extraction of bromine		
8	1.0587	476	33	1.2965	21
9	1.0665	422	34	1.3082	19
10	1.0744	371	35	1.3202	17
11	1.0825	328	Precipitation of mixed salts; event. production of sodium sulfate		
12	1.0907	294	36	1.3324	
13	1.0990	266	37	1.3447	6.3
14	1.1074	243	Precipitation of potassium (potassium and magnesium salts, sodium chloride).		
15	1.1160	222	38	1.3574	5
Beginning of precipitation of calcium sulfate ($CaSO_4$) up to 30° Bé			39	1.3703	
16	1.1247	203	40	1.3874	
17	1.1335	186	Precipitation of magnesium chloride, impure through $NaCO_3$, $MgSO_4$ and potassium salts		
18	1.1425	171			
19	1.1516	159			
20	1.1608	148			
21	1.1702	139			
22	1.1798	130			
23	1.1896	122			
24	1.1994	116			
25	1.2095	112			

Precipitation of sodium chloride, mainly from 25° Bé to 32° Bé mixed with different quantities of $CaSO_4$, $MgSO_4$, $MgCl_2$, KCl and Br depending on their specific weight.

10.1. Dimensionnement des bassins

La superficie des différents bassins est déterminée en fonction de deux facteurs essentiels, à savoir la concentration échelonnée de l'eau de mer et l'excédent d'évaporation net mentionnée ci-dessus. Elle dépend également de la juste relation à établir entre les aires disponibles et les chiffres de production requis. En effet, plus les aires d'évaporation sont étendues, plus la concentration est rapide - pour le même volume d'eau de mer.

10.1.1. Bassins de préconcentration (de 3,5 à 15°Bé)

Comme indiqué plus haut, nous nous baserons sur un titrage initial de 3,5°Bé qui inclut une grande marge de sécurité. Pour la concentration d'un mètre cube d'eau de mer de 3,5°Bé sur 7,5°Bé, un volume d'eau d'environ 0,5 m³ est à évaporer. Vu qu'une saumure concentrée s'évapore plus lentement que l'eau pure, la valeur de 0,5 m³ doit être divisée par le facteur 0,877 pour le pas de concentration de 3,5°Bé à 7,5°Bé. Le volume d'eau à évaporer - référé à l'eau pure - est alors de 0,57 m³.

Pour le pas de concentration suivant de 7,5°Bé sur 15°Bé, un mètre cube de saumure titrant 7,5°Bé doit perdre un volume d'eau de 0,252 m³ par évaporation. Il faut utiliser ici un facteur de correction de 0,773. Référé à l'eau pure, le volume d'eau à évaporer est alors de

$$0,252 \text{ m}^3 : 0,773 = 0,326 \text{ m}^3$$

En résumé, un volume d'eau pure de 0,896 m³ doit être évaporé pour la concentration d'un mètre cube d'eau de mer de 3,5°Bé sur 15°Bé.

La préconcentration commence pratiquement lorsque l'eau de mer est déversée dans les bassins A1 et A2. Lorsque l'eau des bassins A1 et A2 est transvasée dans le bassin B1, il se produit un "effet de gradation" au cours du premier remplissage, car une mince couche d'eau de mer est alors répartie sur une grande surface.

Attendu que la première récolte de sel doit absolument avoir lieu au mois de mars 1972 et que le temps encore disponible est très court, il apparaît opportun de concentrer tout d'abord jusqu'à 15°Bé sur l'aire de 60 ha, la moitié seulement du volume d'eau de mer prévu initialement, c'est-à-dire 150.000 m³, puis de passer au pas de concentration suivant. Il résulterait théoriquement - pour le volume d'évaporation donné - une réduction du temps de 50%.

Vers le mois de juillet de l'année suivante, on pourrait commencer à remplir le bassin B1. Selon les chiffres d'évaporation indiqués ci-dessus, la concentration de 300.000 m³ d'eau de mer de 3,5°Bé sur 15°Bé signifie l'évaporation de $300.000 \times 0,896 \text{ m}^3 = 267.000 \text{ m}^3$ d'eau pure, soit 420 mm d'eau pure référés à la superficie de 64 ha du bassin B1. Vu les excédents d'évaporation nets calculés pour les différents mois de l'année, le volume d'évaporation requis de 420 mm devrait pouvoir être atteint entre le mois de juillet et le mois de décembre. La période comprise entre le mois de décembre et le mois de mars de l'année suivante pourrait être utilisée pour la préconcentration. A la fin de la saison sèche, la saumure préconcentrée pourrait être p.ex. transvasée dans les bassins C1 et C2, où elle serait mieux à l'abri de la pluie que dans le bassin B1.

Dans le bassin B1, la hauteur moyenne de la saumure ne devrait pas dépasser 30 cm, car en cas de grand vent, les vagues risqueraient sinon de franchir les cairels. Il conviendra d'adapter le remplissage du bassin B1 à cette servitude.

La saumure concentrée à 15°Bé n'a plus que le quart du volume original, à savoir environ 75.000 m³. Elle doit être alors transvasée dans les bassins C1 et C2, autant que possible par l'intermédiaire des martellières, puis si nécessaire à l'aide des pompes. Le cas échéant, elle peut être dirigée vers les bassins D1 à D4.

10.1.2. Bassins de préconcentration (de 15 à 24°Bé)

Pour la concentration d'un mètre cube de saumure titrant 15°Bé sur 24 - 25°Bé, un volume d'eau de 0,5 m³ doit être évaporé. Le facteur de correction étant 0,674 pour cette plage de concentration, le volume à évaporer référé à l'eau pure est de 0,75 m³. Des 75.000 m³ de saumure titrant 15°Bé, un volume de 37.500 m³ est à évaporer, soit un volume d'eau pure de 56.200 m³. Réparti sur une superficie de 20 ha, ce volume correspond à un volume d'évaporation d'environ 280 mm, référé à l'eau pure.

Pour atteindre un tel taux d'évaporation sous les conditions données et pour pouvoir récolter le sel avant la période des pluies, il faut utiliser la saumure préconcentrée de l'année précédente.

10.1.3. Cristallisoirs (de 24 à 28,5°Bé)

On sait que la limite de solubilité du chlorure de sodium (NaCl) est située à environ 26°Bé. En d'autres termes, la précipitation du chlorure de sodium commence lorsque la saturation de la saumure atteint 26°Bé. Environ 60 à 70% du sel de cuisine est par conséquent précipité dans la plage de concentration de 26 à 28,5°Bé, sur laquelle l'étude du salin a été basée. Le transvasement de la saumure titrant 24°Bé devrait avoir lieu aussitôt que possible, afin d'obtenir des couches de sel d'au moins 4 à 5 cm d'épaisseur. Pour un volume d'évaporation de 5 mm par jour, la précipitation de sel peut être estimée à 1 mm par jour. Des valeurs précises ne peuvent être toutefois déterminées que sur place.

Dès que les bassins E1 et E2 sont prêts à la récolte, les eaux mères sont évacuées. La couche de sel est alors retirée à l'aide de pelles perforées en acier inoxydable. Pour réduire sensiblement la durée de la récolte, il est judicieux d'utiliser des convoyeurs mobiles à courroie qui transportent le sel jusqu'à l'angle sud des bassins et le chargent sur des

camions. Les convoyeurs devraient avoir une longueur d'environ 10 m, afin de pouvoir être déplacés aisément à la main. Un rendement de 2 à 3 tonnes peut être atteint par homme et par poste de huit heures, ce qui signifie qu'une équipe de 50 hommes peut récolter en huit heures 100 à 150 tonnes de sel. Avec deux postes de huit heures par jour, la récolte du sel dure donc 18 à 25 jours.

10.2. Aménagement des bassins d'évaporation

La planification des bassins d'évaporation conforme au dessin DBS 7/71 (annexe 22) est basée sur les considérations suivantes :

L'accès au salin est assuré par la route.

La pose de la conduite de refoulement a été commencée par la Salinto le long de cette route.

Les entrepôts prévus au bord de la route, au nord de la ligne de chemin de fer, se trouvent en cours de construction.

Les bassins d'évaporation sont à creuser dans le terrain argileux qui s'étend entre la bande sableuse du rivage et la lagune.

Les bassins de la seconde phase de réalisation doivent être disposés symétriquement aux premiers, afin de réduire autant que possible les distances à parcourir.

Les cristalliseurs doivent se trouver à proximité immédiate des entrepôts et de la future station de traitement.

La cote en hauteur de la surface des bassins doit être adaptée à la carte topographique déjà existante du site, de telle façon que le mouvement des terres soit réduit à un minimum.

Une bonne possibilité d'accès doit être garantie pour tous les points importants du salin.

Les travaux nécessaires à l'aménagement des bassins d'évaporation doivent être organisés de telle manière que les bassins A1, A2 et B1 soient terminés à la même date que la conduite de refoulement et puissent être remplis d'eau de mer aussitôt que possible.

Les autres bassins peuvent être construits dans l'ordre de suite C1 - E2 pendant la concentration de la saumure dans le bassin B1.

10.2.1. Levé topographique et nivellement

Le site du salin doit faire l'objet d'un levé topographique correct et être repéré par des piquets de bois.

Un nivellement n'est pas nécessaire pour le premier bassin de préconcentration B1. La zone couverte de palmiers et de buissons est à défricher. Quant à la végétation, elle pourra être broutée par un troupeau.

Il faut s'attendre à ce que la végétation disparaisse complètement dans quelques années, par suite de la salinité croissante du sol.

Pour faciliter le transvasement de la saumure, le fossé naturel situé au centre du bassin B1 devrait être approfondi et prolongé en direction du cairel qui sépare les bassins C1 et C2. Le fossé est à creuser jusqu'à environ 1,50 m au-dessus du niveau moyen de la mer, afin que la saumure puisse être retirée et déversée dans les bassins de concentration intermédiaires A1 et B2 au moyen des pompes mobiles installées sur le cairel.

Les aires des bassins A1, A2 et C1 - E2 doivent être également défrichées. Il est en outre nécessaire d'enlever la couverture d'herbe et de niveler les différentes aires à l'aide d'un bulldozer, conformément aux cotes de hauteurs données. Il importe surtout de ne pas défoncer la couche

d'argile, afin d'éviter plus tard les pertes par infiltration. Si la couche d'argile s'avère trop mince en certains endroits, ces derniers sont à épaissir soigneusement avec de l'argile.

Les déblais provenant du nivellement peuvent être utilisés pour la construction des cairels. Le sol argileux détourné par le bulldozer doit être gardé à part, en vue du calfatage latéral des cairels en regard des bassins.

Des travaux d'aménagement supplémentaires sont requis pour les bassins de cristallisation E1 et E2. La surface de ces bassins doit être en effet aplanie avec soin et compactée à l'aide d'un rouleau de cylindrage, afin de faciliter plus tard l'extraction du sel.

Les cotes en hauteur des différents bassins - référées au niveau moyen de la mer - sont indiquées sur les coupes du dessin DBS 7/71. Avec une cote de 2,10 m au-dessus du niveau moyen de la mer, les bassins A1 et A2, ainsi que D1 à D4, sont plus bas que les bassins B, C et E, si bien qu'un grand volume de saumure peut être emmagasiné sur un minimum de surface, en relation avec des cairels surélevés.

Pour l'indication des cotes de hauteur, nous avons supposé que les données de la carte topographique se réfèrent également au niveau moyen de la mer.

10.2.2. Cairels et voies de circulation

Du côté de la lagune, les bassins d'évaporation doivent être protégés contre les inondations par un cairel, car le Mohno presse fréquemment dans la lagune d'énormes masses d'eau pendant la période des pluies. Afin que la hauteur du cairel demeure dans des limites raisonnables et pour soustraire aussi le terrain adjacent aux risques d'inondation, la lagune devrait être ouverte en permanence vers la

mer, à l'est d'Anécho. Si cette mesure est irréalisable, il sera prudent d'ouvrir la dune de sable, dès que le niveau de l'eau dépassera de 1,50 m le niveau normal au pont de Zébé.

Pour toutes ces raisons et du fait que - pour les bassins contenant une saumure faiblement concentrée - la crête des cairels doit surmonter d'environ 30 cm la surface de l'eau pour empêcher les vagues de franchir les cairels en cas de vent violent, nous avons prévu pour les cairels une hauteur de 2,90 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

Pour les bassins A1 et A2, ainsi que pour les bassins D1 à D4 prévus comme "bassins d'hiver", les cairels auront une hauteur de 3,10 m au-dessus du niveau moyen de la mer.

Les cairels ont une largeur de crête qui varie selon le rôle qui leur est assigné, comme simple remblai de séparation ou en même temps comme voie d'accès. Nous avons fixé pour les cairels les largeurs de crête suivantes:

Voies de circulation principales (largeur du cairel 7,5 m)

Il s'agit des voies entre les bassins C2 et E2 de la première étape de réalisation, entre les bassins C3 et E3 de la seconde étape de réalisation, ainsi qu'à la limite sud de l'aire d'évaporation (entre les bassins E1, E2 et plus tard E3, E4) - pour l'évacuation du sel et le transport du matériel.

Voies d'accès (largeur du cairel 5,0 m)

Il s'agit des voies entre les bassins C et B, ainsi qu'à la limite est des bassins C, D et E - pour le transport des pompes mobiles et du matériel.

Pistes de piétons (largeur du cairel 1,5 m)

Voies entre les bassins C1 - E1 et C2 - E2.

Cairels ordinaires (largeur 0,50 m)

Comme noté plus haut, les déblais provenant du nivellement doivent être autant que possible utilisés pour la construction des cairels. Si le volume des déblais disponibles ne suffit pas pour les cairels du bassin B1 non aplani, le matériel nécessaire doit être prélevé de préférence à proximité du bassin, pour autant que la couche d'argile le permette.

Les talus des cairels requièrent le plus grand soin. Ils doivent être recouverts d'une couche de terre glaise et rejoindre sans aucune interruption le fond du bassin. Si de telles précautions ne sont pas prises, des pertes par infiltration considérables se produiront.

Les talus des cairels doivent avoir une pente de 35° par rapport à l'horizontale.

La crête des cairels, en particulier de ceux prévus comme voies carrossables, devra être consolidée par un revêtement en gravillon de latérite.

Le schéma à grande échelle du dessin DBS 7/71 (annexe 22) montre la conception des martellières, ainsi que celle du courroir entre le bassin A2 et les bassins B1, B2.

Les travaux de bétonnage sont également à exécuter de façon qu'aucune perte par infiltration ne se produise ultérieurement. Les vannes sont à confectionner avec plusieurs planches, pour qu'il soit possible de régler plusieurs hauteurs d'écoulement.

La surface d'écoulement située à proximité directe des vannes doit être stabilisée avec du ciment pour éviter une forte dégradation du sol. La même précaution est à prendre au fond des bassins, au point de déversement de la saumure.

10.2.3. Possibilités de transvasement de la saumure

Comme mentionné sous 8.3., trois pompes mobiles à moteur Diesel d'un débit de 60 à 70 m³/h et trois autres pompes d'un débit de 90 à 100 m³/h sont disponibles pour le transvasement de la saumure.

Les pompes ayant un débit de 90 à 100 m³/h seront utilisées principalement pour le transvasement de la saumure du bassin de préconcentration B1 dans les bassins de concentration intermédiaires C1 et C2. Le fossé naturel qui se trouve au milieu du bassin B1, comme mentionné sous 10.2.1., sert de puisard. Une partie de la saumure concentrée peut toutefois être transvasée auparavant par l'intermédiaire des martellières, ce qui accélère les opérations et réduit la durée de fonctionnement des pompes. Pour le transvasement de la saumure des bassins C1 et C2 dans les cristallisoirs E1 et E2, on utilise tout d'abord les martellières des bassins de réserve D1 et D3, jusqu'à ce que le niveau de la saumure soit identique. Le reste de la saumure est ensuite transféré dans les bassins de cristallisation à l'aide des pompes de débit 60 - 70 m³/h.

Avant chaque période de pluie, la saumure préconcentrée des bassins E1, E2 ou C1, C2 doit être transvasée dans les "bassins d'hiver" D1 - D4 ou A1, A2. Il importe alors de remplir les bassins jusqu'au bord, afin que l'eau de pluie de poids spécifique plus faible puisse s'écouler dans les bassins E1, E2 et B2 à travers les martellières légèrement ouvertes.

A la fin de la période des pluies, l'eau de pluie qui s'est accumulée dans les bassins E doit être évacuée dans le canal des eaux mères. La saumure préconcentrée en attente dans les bassins d'hiver D1 à D4 et A1, A2 est de nouveau transvasée dans les bassins C ou E, selon son titrage.

Les pompes mises en oeuvre pour le transvasement de la saumure sont transportées sur les voies d'accès prévues à cet effet.

Pour le remplissage ou la vidange des bassins A1 et A2, la traversée de la route s'opère au moyen d'un tuyau souple ou d'une conduite de longueur suffisante.

10.2.4. Evacuation des eaux mères

Dès que la saumure des bassins de concentration atteint un titrage de $28,5^{\circ}\text{Bé}$, les sels amers MgCl_2 et MgSO_4 commencent à précipiter. Pour obtenir un sel de bonne qualité, il faut alors évacuer les eaux mères qui se trouvent au-dessus de la couche de sel, bien qu'elles contiennent encore une certaine quantité de chlorure de sodium. Nous avons par conséquent prévu un canal, à travers lequel les eaux mères sont déchargées dans la lagune avant la récolte du sel. Ce canal part de l'angle sud-ouest du bassin E2, longe la route au sud du bassin E1 vers l'ouest, puis dévie vers le nord et atteint la lagune après avoir suivi les bassins E1, D1, C1 et B1.

Le fond du canal a au départ une cote de hauteur de + 2,20 m au-dessus du niveau moyen de la mer, si bien que les bassins E1 et E2 peuvent se vider sous le simple effet de la gravité après l'ouverture des martellières. La pente générale du canal est d'environ 0,5%.

Le fond du canal a une largeur de 0,50 m. L'angle du talus doit être adapté au matériau disponible et se monter à environ 35° .

L'évacuation des eaux mères dans la lagune fait augmenter progressivement la salinité de l'eau de cette dernière. Il en résulte que la lagune n'offre plus des conditions de vie favorables à l'anophèle, bien connu comme agent de propagation du paludisme. Etant donné que l'eau de la lagune est de toute façon inutilisable comme eau potable, rien ne s'oppose à la décharge des eaux mères dans la lagune.

10.3. Station météorologique

Comme relaté sous 6., il serait judicieux d'implanter une petite station météorologique sur le site du salin.

Comme lieu d'aménagement de la station météorologique, on pourrait envisager soit le terrain adjacent au bâtiment administratif, soit un autre emplacement au sud des bassins d'évaporation, afin que le taux d'évaporation relevé soit absolument valable pour l'exploitation du salin.

La station météorologique enregistrera les grandeurs suivantes, autant que possible trois fois par jour (à 6 heures, à 12 heures et 18 heures):

- Températures maximales et minimales
- Humidité relative de l'air
- Hauteur des précipitations atmosphériques
- Value d'évaporation
- Vitesse et direction du vent

Il serait également très utile d'aménager un petit marais salant à proximité de la station météorologique. Afin de pouvoir offrir de bonnes possibilités de comparaison, ce marais salant devrait être subdivisé, comme le salin, en bassins de préconcentration, de concentration et de cristallisation. Ces bassins auraient p.ex. une superficie de 30 m², 10 m² et respectivement 5 m², avec une profondeur de 40 à 50 cm. Pour éviter les pertes par infiltration dans le sol sableux, le marais salant d'essai devrait être bétonné ou revêtu d'une feuille de matière plastique. Le degré d'évaporation devra être mesuré tous les jours dans chaque bassin d'essai au moyen d'aréomètres de Baumé.

Les enregistrements de la petite station météorologique et les données fournies par le marais salant d'essai permettront d'adapter étroitement l'exploitation du salin aux conditions climatiques réelles.

Attendu que l'exploitation rationnelle et rentable du salin dépend de la connaissance exacte des processus de concentration et de cristallisation, ainsi que d'un traitement adéquat de la saumure, nous estimons comme essentiel qu'un ou deux techniciens togolais qualifiés effectuent un stage d'information et d'entraînement dans un salin approprié.

11. Récolte et stockage du sel

Vu le temps très court encore disponible, il ne sera possible de recueillir qu'une fraction de la quantité de sel prévue, lors de la première récolte qui aura lieu probablement au mois de mars 1972. C'est pourquoi il sera judicieux d'effectuer cette première récolte manuellement et d'acquérir des expériences. C'est seulement après que l'on pourra envisager l'acquisition des convoyeurs à courroie mentionnés sous 10.1.3.

Les camions basculants disponibles seront utilisés pour le transport de la première récolte de sel entre les bassins et l'aire de stockage, puis vers les entrepôts. Un convoyeur à courroie réglable en hauteur assurera la mise en tas du sel brut dans les entrepôts qui se trouvent actuellement en construction.

Dès qu'une installation de traitement sera aménagée, un moyen de transport approprié devra amener le sel entreposé à la station de traitement, à raison de 40 tonnes de sel par poste de huit heures. On pourrait envisager la mise en oeuvre d'un chargeur à benne frontale qui pourrait servir ultérieurement aux travaux de terrassement pour la seconde étape de réalisation.

12. Traitement et emballage du sel

Un traitement du sel brut est absolument indispensable pour l'élimination de la poussière, du sable et des sels amers qui existent dans les eaux mères adhérant encore aux cristaux de sel.

A la première étape de réalisation du salin, il suffira de laver et d'essorer le sel pour obtenir un produit au moins équivalent - du point de vue qualité - au sel marin importé jusqu'alors par le Togo.

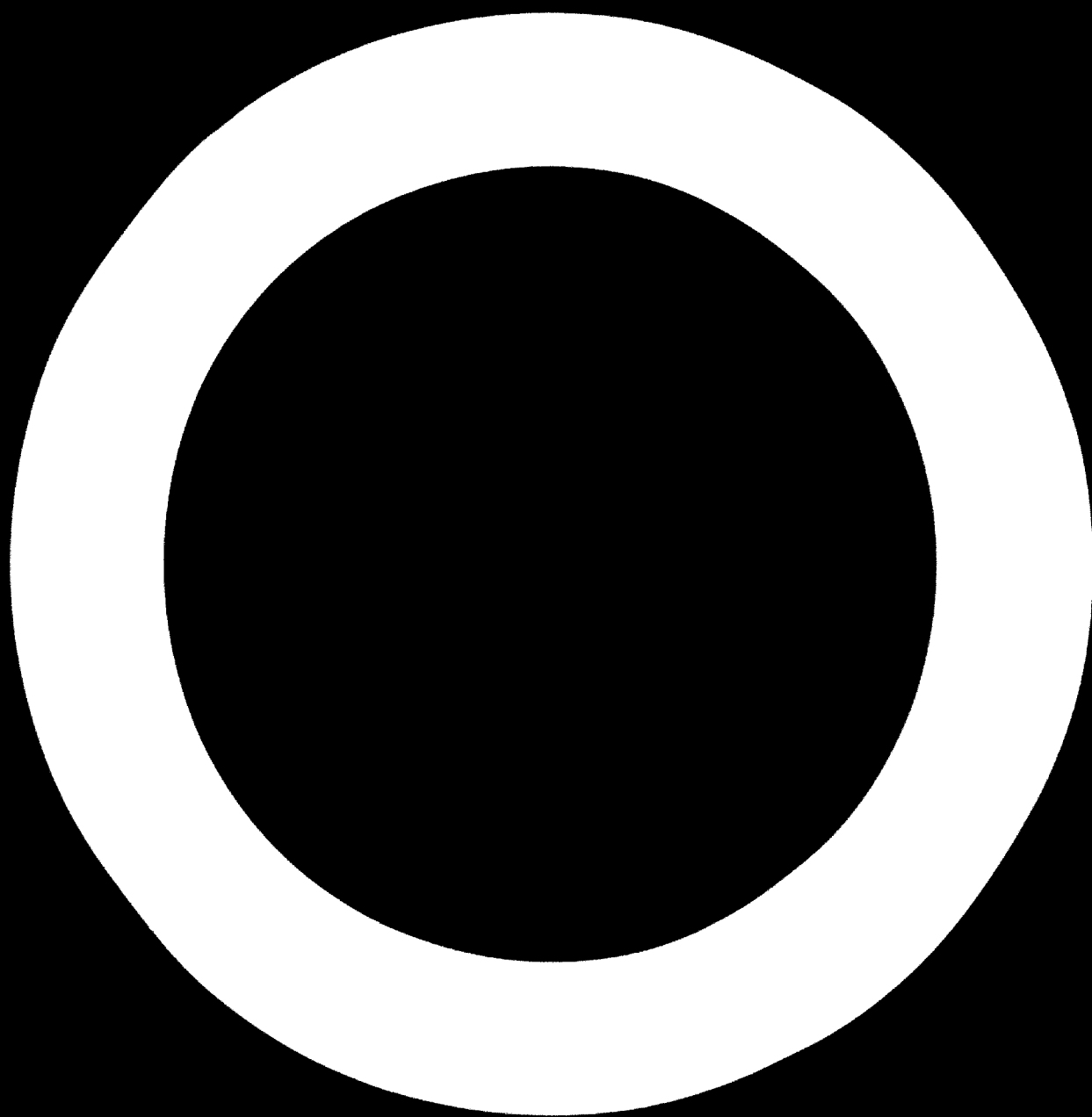
Pour pouvoir s'adapter aux exigences du marché et produire différentes sortes de sel, la station de lavage et d'essorage pourra être complétée par des équipements de séchage, de tamisage, de broyage et par des mélangeuses.

Pour la production annuelle de 10 000 tonnes de sel envisagée après la seconde étape de réalisation, l'installation de traitement devra avoir une capacité de 5 tonnes/heure, calculée pour un fonctionnement de huit heures par jour. Le dimensionnement d'une telle installation pour la production annuelle de la première étape de réalisation (5000 tonnes) ne serait pas rentable.

Le dessin DBS 8/71 (annexe 25) montre une installation de traitement avec une station d'ensachage pour sacs de polyéthylène.

Le sel provenant de l'aire de stockage est dirigé vers un malaxeur par l'intermédiaire d'une trémie de chargement et d'une goulotte de dosage. Dans le malaxeur, le sel est intimement mélangé avec une saumure titrant environ 20°Bé, en vue de dissoudre les eaux mères et les impuretés qui adhèrent aux cristaux.

Une transporteuse à vis sans fin conduit ensuite le sel dans une laveuse/tamiseuse mécanique où il est arrosé à contre-courant avec une saumure sous-saturée. Le fond de la laveuse est constitué par un tamis à fissures qui assure l'expulsion des impuretés, ainsi que de la saumure chargée d'impuretés et de cristaux de sel très fins.



La saumure de lavage est déversée dans une cuve de sédimentation, d'où elle repart en direction du malaxeur. Une saumure fraîche titrant environ 20°Bé est ajoutée à certains intervalles de temps, selon le degré de contamination.

Le sel lavé parvient dans uneessoreuse centrifuge à crible oscillant où la saumure est séparée des cristaux. Le degré de déshydratation dépend de la grosseur et de la structure des cristaux. Avec lesessoreuses centrifuges à crible oscillant, le sel marin est déshydraté jusqu'à 3-5%.

La centrifugation du sel réduit considérablement la teneur en sels secondaires, si bien que l'effet hygroscopique du $MgCl_2$ est sensiblement éliminé. Le sel reste parfaitement sec.

Après sa centrifugation, le sel est conduit par une bande transporteuse dans deux trémies situées au-dessus de la station d'ensachage. Attendu que le sel est vendu le plus couramment dans des sacs de 18 kg et de 25 kg, il faut prévoir - compte tenu du rendement de 5 tonnes/heure de l'installation de traitement - deux bascules d'ensachage avec des convoyeurs de déchargement à courroie et des soudeuses manuelles pour sacs de polyéthylène.

La feuille de polyéthylène utilisée pour la confection des sacs doit avoir une épaisseur de 150 à 200 μm , afin de pouvoir supporter les contraintes mécaniques subies au cours du chargement et du transport. Si aucun entrepôt n'est disponible pour les sacs de polyéthylène, ceux-ci peuvent être stockés en plein air. Il convient toutefois de les mettre à l'abri du soleil.

Comme mentionné au début de la présente étude, l'installation de traitement peut être agrandie plus tard sans difficulté. Il faut toutefois tenir compte dès le début de son extension éventuelle.

Un groupe générateur Diesel à courant triphasé débitant environ 70 kVA est à prévoir pour l'alimentation en énergie électrique de l'installation de traitement.

13. Estimation des frais

Dans le cadre de la présente étude, il convient d'estimer le montant des dépenses à envisager pour la conduite de pompage et pour l'installation de traitement.

13.1. Conduite de pompage de l'eau de mer
(dessin DBS 5/71)

Pour la conduite de pompage en polyéthylène posée au fond de la mer, nous avons obtenu une offre de la Maison Dyckerhoff & Widmann de Munich. Cette offre a été transmise à la Salinto avec notre lettre du 17.8.1971.

Aux termes de cette offre qui inclut:

- la fourniture CIF Lomé de la conduite en polyéthylène
- l'assemblage par soudure de la conduite sur le chantier, y compris personnel et équipement technique
- la pose de la conduite au fond de la mer à l'aide de plongeurs professionnels
- la fourniture et la mise en place des blocs de béton, ainsi que de l'échafaudage au point de pompage
- la pose de la conduite sur le rivage et dans la mer sur environ 40 m, y compris les équipements techniques nécessaires

le prix de la conduite de pompage se monte

à DM 253.100,--

avec en plus les frais pour

- le transport du matériel jusqu'au chantier
- la location de l'engin flottant
- les imprévus

soit approximativement DM 40.000,--

Prix global approximatif DM 293.100,--

13.2. Installation de traitement (dessin DBS 8/71)

Pour la station de lavage et d'essorage, ainsi que pour la station d'ensachage proposées avec un rendement de 5 tonnes /heure, on peut envisager approximativement les frais suivants:

Unités pouvant être fabriquées ou réalisées au Togo:

Pos.1 - Trémie de chargement	}	Prix approx. DM 30.000,--
Pos.7 - Bande transporteuse		
Pos.8 - Deux trémies d'ensachage		
Environ 3 tonnes de supports		DM 12.000,--

Unités devant être importées:

Pos.2 - Goulotte de dosage	}	Prix approx. DM 225.000,--
Pos.3 - Malaxeur		
Pos.4 - Transporteuse à vis sans fin		
Pos.5 - Laveuse-tamisseuse avec deux pompes		
Pos.6 - Essoreuse centrifuge		
Pos.9 - Deux bascules d'ensachage		
Pos.10 - Deux convoyeurs de déchargement à courroie soudeuses manuelles		
Groupe générateur Diesel à courant triphasé, 70 kVA		DM 40.000,--
Pièces de rechange pour deux années d'exploitation		approx. DM 18.000,--
Frais CIF		approx. DM 10.000,--
		DM 335.000,--

Prix global approximatif DM 340.000,--

La Salinte étant exempte de taxes d'importation et de droits de douane, de telles dépenses ne sont pas prises en considération dans le calcul des frais.

14. Bibliographie et références

Salinto - Membres de la Direction
(voir rapport intermédiaire, sous 3.)

U.N.D.P., Lomé (voir rapport intermédiaire, sous 1.)

Ministère du Plan (voir rapport intermédiaire, sous 2.)

Etudes: (1) Dr. K. Jakubowsky

Untersuchungen über die Möglichkeiten der Gewinnung von Kochsalz an der Küste von Togo

(2) Dr. K. Jakubowsky

Projektsstudie über die Errichtung einer Anlage zur Gewinnung von Salz aus Meerwasser in Togo

(3) Dr. K. Jakubowsky

Untersuchung über die zu erwartende Produktionskapazität einer Seesaline an der Küste von Togo

(4) Salinto

Projet d'industrie pour l'extraction du sel marin au Togo

Organisations qui nous ont fourni des informations au Togo:

ASECNA, Organisation Météorologique

DYWIDAG, Port de Lomé

C.T.M.B., Guon Kopé

Directeur du port de Lomé

Dr. Lackner, Dr. Krantz et M. Barth, ingénieurs-conseil,
Bureaux du Port de Lomé et Brème

Autres sources d'informations:

Byckerhoff & Widmann, Munich

Weir Pumps Ltd., Londres

Harnstorff, Constructions hydrauliques, Hanbourg

Stenflex, Joints compensateurs

Thyssen-Rohr, Düsseldorf

Mannesmann, tuyaux de plastique, Düsseldorf

Institut für Wasserbau, Université Technique d'Hanovre

KHD, Werk Humboldt

Office Fédéral des Statistiques, Wiesbaden

Comptes rendus d'anciens voyages au Togo, Dipl.-Ing.

W.F. Leuner

Association des producteurs de tuyaux de plastique, Düsseldorf

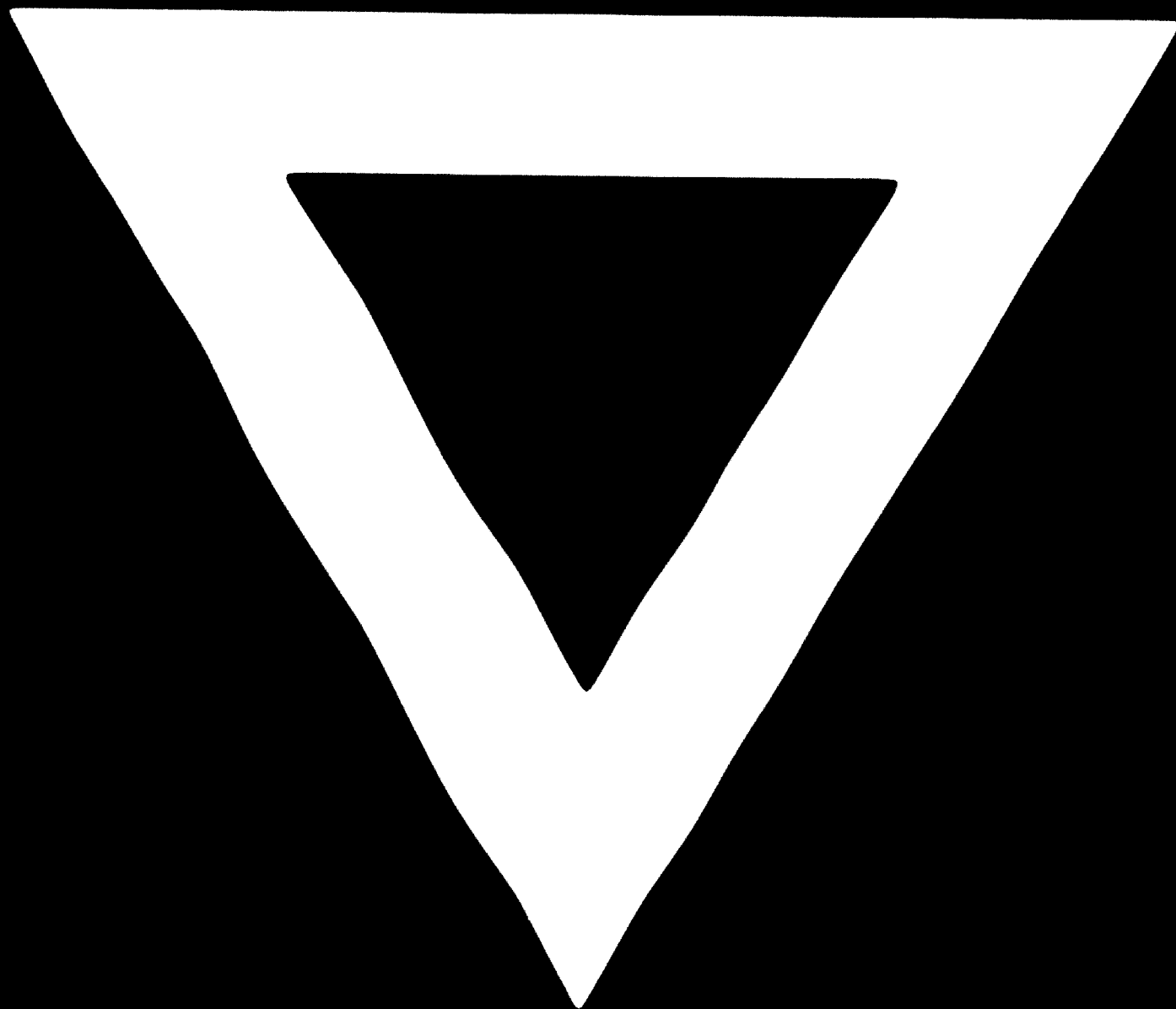
BASF, Ludwigshafen

Chemische Werke Müls

Messer-Griesheim, Frankfurt/Main

**SOME FIGURES
OF THIS DOCUMENT
ARE TOO LARGE
FOR MICROFICHING
AND WILL NOT
BE PHOTOGRAPHED.**

B-226



83.10.03

AD.85.03

ILL 5.5

