

ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE OUAGADOUGOU

## L'EQUIPEMENT RURAL

03 B.P. 7023 OUAGADOUGOU 03  
BURKINA FASO

# MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

## ANNEE 1995 - 1996

Présenté par :  
*GAPILI POFINET Patrick*

**ETUDES DE NOUVELLES TECHNIQUES  
DE TRAITEMENT DU SOL PAR ELIMINATION  
DE LA POUSSIERE SUR PISTES OU  
DANS LA COUR DES USINES  
PAR L'UTILISATION DU CON-AID ET SES DERIVES**

**MENTION :**

<b>E. I. E. R.</b>
Enregistré à l'Arrivée le <b>04 JUIL. 1996</b>

286/96

Professeur Responsable  
J. M. DURAND

Bénin - Burkina - Cameroun - Centrafrique - Congo - Côte d'Ivoire - Gabon  
Guinée - Mali - Mauritanie - Niger - Sénégal - Tchad - Togo

## AVANT PROPOS

L'Ecole inter-états d'Ingénieurs de l'Equipement Rural (E.I.E.R.) forme en trois années après l'obtention de leur Diplôme d'Etudes Universitaires Générales A ou B (DEUG A ou B), des ingénieurs de conception en Equipement Rural. La fin de la formation est marquée par la rédaction d'un Mémoire de fin d'études.

Le mémoire de fin d'études se définit dans cette école comme étant un document qui synthétise un travail (technique et/ou d'expertise) effectué par l'élève-ingénieur à la fin de sa formation. Pour notre part, le thème que nous avons traité nous a été proposé par la COTONTCHAD et s'intitule: *L'études de nouvelles techniques de traitement du sol par élimination de la poussière sur pistes ou dans la cour des usines par l'utilisation du CON-AID et ses dérivés.*

## DEDICACE

*A mon défunt père, ma mère et mes frères et soeurs,...*  
*Pour l'Amour qu'ils n'ont jamais cessé de me témoigner.*

## REMERCIEMENTS

Pour les très précieux conseils qu'ils m'ont prodigué pendant la phase effective de ce travail, chaque fois que j'en avais besoin et pour tout l'attachement et la disponibilité qu'ils n'ont cessé de me témoigner, je remercie:

- Mes maîtres de Mémoire: **Mr DAVENEL Yannick**, Directeur d'Exploitation de la COTONTCHAD et **Mr DURAND J.M.**, Professeur à l'E.I.E.R. au département de Génie Civil.
- Le Chef de la Brigade Routière et son adjoint: **Mr ALEYO Ndeilengar** et **Mr NDIWA Damba**,
- Le personnel de la COTONTCHAD et très particulièrement celui de la Brigade Routière,
- Tous mes collègues de la 25<sup>ème</sup> promotion de l'E.I.E.R.

## RESUME

L'étude que nous menons ici est divisée en 5 parties auxquelles sont associées des annexes. Chacune des annexes est destinée à apporter des compléments d'informations sur le document proprement dit.

❶ Dans la première partie, intitulée "Présentation Générale et Définitions", il est question de présenter de façon grossière la COTONTCHAD et le CON-AID.

La Société Cotonnière du TCHAD est une société d'Economie Mixte au capital de 4256 millions de francs CFA, créée en 1971. Elle a pour objet l'achat du coton tchadien, son égrenage et la transformation de ses sous produits et est considérée comme le "poumon" de l'économie tchadienne.

Le CON-AID, pour sa part, est un produit chimique Sud Africain destiné à la stabilisation des sols. Il est commercialisé sous deux formes: le classique et le Super Noir. Les essais devront se faire au CON-AID "Super Noir". Le coût d'acquisition de ce produit est assez élevé: 1 fût de 210 litres à 7.571.500 francs CFA (Prix CAF).

❷ La seconde partie, "Protocoles d'essais et de suivi des traitements au CON-AID", établit de manière assez explicite la démarche à suivre pour:

- mettre en oeuvre le traitement des chaussées à l'aide du CON-AID "Super Noir",
- contrôler de façon conséquente les travaux effectués.

Ainsi, le protocole d'essai du traitement au CON-AID définit de manière succincte les dispositions à prendre avant et lors du traitement afin d'obtenir les résultats escomptés. Il se résume en 7 points:

- faire des essais chimiques préalables pour déterminer d'avance les réactions "sol-produit"
- choisir l'emplacement de la planche d'essai (critères de choix),
- définir les moyens à mettre en oeuvre (matériels, intellectuels et financiers),
- définir le dosage du sol en produit qu'il faudra adopter,
- définir une série d'essais mécaniques à faire avant la mise en oeuvre du traitement,
- définir les modalités pratiques de la mise en oeuvre du traitement proprement dit,
- établir les moyens de contrôler la mise en oeuvre du traitement.

Le protocole de suivi des traitements établit d'une manière grossière les dispositions à prendre pour assurer un bon suivi des routes traitées et garantir leur bonne tenue. Il se résume en 3 points:

- définir une série de mesure du comportement mécanique du sol traité,
- contrôler les qualités des surfaces des routes traitées,
- contrôler les effets secondaires dus au traitement (développement de certaines maladies,...)

③ La troisième partie, qui est une étude de cas réel de conception d'une route traitée au CON-AID est un exemple pratique de la mise en exécution du protocole d'essai du produit.

Cependant, nous regrettons de n'avoir pu faire la réalisation pratique de la planche d'essai. Ce qui ne nous autorise pas à aborder certains aspects cruciaux du problème: le CON-AID fait-il vraiment diminuer l'émission de poussière sur les chaussées qui sont traitées avec ce produit?

Nous avons pu établir, par contre, une comparaison entre les travaux à réaliser tels que prescrits par l'entreprise CON-AID (PTY) LTD et ceux que recommandent les calculs théoriques.

④ La quatrième partie est une évaluation technico - économique du traitement des sols au CON-AID. Nous tentons là de répondre aux questions suivantes:

- est-il techniquement et / ou économiquement rentable de procéder à la stabilisation des sols avec ce nouveau produit ?
- quels sont les avantages que nous aurons à traiter le sol avec le CON-AID en lieu et place des traitements traditionnels (à la chaux vive, au ciment ou le revêtement des chaussées au bitume) ?

⑤ La cinquième et dernière partie est une succession de conseils que nous donnons en conclusion tant à tous ceux qui désireront utiliser le CON-AID qu'à la COTONTCHAD.

## TABLE DES MATIERES:

<b>AVANT-PROPOS</b>	ii
<b>DEDICACE</b>	iii
<b>REMERCIEMENTS</b>	iv
<b>RESUME</b>	v
<b>INTRODUCTION</b>	11
<b>PREMIERE PARTIE: PRESENTATION GENERALE ET DEFINITIONS</b>	12
<b>I. La COTONTCHAD</b>	13
I.1 Historique de la culture du coton au TCHAD	13
I.2 Le coton et l'économie	14
a- Le paysan face à l'imposition de la culture du coton	14
b- Le paysan face à la culture du coton (de nos jours)	15
c- Le coton et l'économie nationale	17
I.3 La COTONTCHAD	17
a- Historique des sociétés cotonnières au TCHAD	17
b- La COTONTCHAD	17
c- La COTONTCHAD et la dévaluation du franc CFA	20
<b>II. Le produit: le CON-AID</b>	21
II.1 Origine - Classification - Prix de vente	21
II.2 Nature et Caractéristiques	22
II.3 Propriétés et applications	23
II.4 Contraintes d'emplois	23
<b>DEUXIEME PARTIE: PROTOCOLES D'ESSAIS ET DE SUIVI DES TRAITEMENTS AU</b>	
<b>CON-AID</b>	25
<b>I. Protocole d'essai du CON-AID (version adaptée aux sols en place)</b>	26
I.1 Les essais chimiques	26
I.2 Choix de l'emplacement de la planche d'essai	26
I.3 Les moyens à mettre en oeuvre	27

a- moyens matériels et humains	27
b- moyens intellectuels	27
c- moyens financiers	29
I.4 Dosage du sol par le produit	29
I.5 Les essais mécaniques à faire avant la mise en oeuvre du traitement (après identification du sol)	29
I.6 La mise en oeuvre du traitement	30
I.7 Le contrôle de la mise en oeuvre	32
<b>II. Protocole de suivi des traitements</b>	33
II.1 Les mesures du comportement mécanique	33
II.2 Le contrôle de la qualité des surfaces carrossables	34
II.3 Suivi des cas de maladies recensées et imputables au traitement	35
 <b>TROISIEME PARTIE: ETUDE D'UN CAS REEL; CONCEPTION D'UNE PLATE</b>	
<b>FORME D'ESSAI TRAITEE AU CON-AID</b>	36
<b>I. Définition</b>	37
I.1 Choix de l'emplacement de la planche d'essai et justification du choix	37
I.2 Structure du sol de la planche d'essai	38
a- Comportement du sol avant le traitement	38
b- Structure du sol de la planche d'essai	39
<b>II. Modélisation de la construction</b>	40
II.1 Les travaux tels que prescrits par la CON-AID (PTY) LTD	40
a- Etudes préliminaires des sols en place	40
b- Les travaux	40
II.2 Etude théorique de la chaussée	41
a- Etude des sols en place	42
b- Etude du trafic	42
c- Calcul de l'épaisseur de la chaussée	42
d- Compactage du sol	43
e- les moyens financiers	44

II.3 Comparaison des résultats théoriques avec ceux prescrits par la CON-AID (PTY) LTD	45
<b>III. Réalisation des travaux de construction de la plate forme d'essai (tels que prévus)</b>	45
<b>IV. Contrôle des travaux de réalisation</b>	46
IV.1 Contrôle de la mise en oeuvre	46
IV.2 Contrôle du compactage	46
 <b>QUATRIEME PARTIE: EVALUATION TECHNICO - ECONOMIQUE DU TRAITEMENT AU CON-AID</b>	 47
<b>I. Evaluation technique</b>	48
I.1 Présentation des différents types de routes	48
a- les routes revêtues	48
b- les routes non revêtues	49
I.2 Modes d'entretien des chaussées	50
a- mode d'entretien des chaussées revêtues	51
b- mode d'entretien des chaussées non revêtues	51
I.3 Evaluations comparées de l'émission de poussières sur les routes	51
a- les routes traitées à la chaux vive	51
b- les routes traitées au ciment	51
c- les routes traitées au CON-AID	52
<b>II. Evaluation économique</b>	52
II.1 Coût d'investissement pour la construction des chaussées	52
a- Coût de stabilisation au ciment	53
b- Coût de stabilisation à la chaux vive	53
c- Coût de stabilisation au CON-AID "Super Noir"	53
II.2 Coût d'entretien de la chaussée	53
II.3 Récapitulatif et conclusion	54
 <b>CINQUIEME PARTIE: RECOMMANDATIONS ET SUGGESTIONS POUR LES EMPLOIS FUTURS</b>	 56
<b>I. Recommandations pour l'emploi du CON-AID</b>	57

<b>I. Recommandations pour l'emploi du CON-AID</b>	<b>57</b>
<b>II. Suggestions pour l'amélioration de la qualité du coton mis sur le marché</b>	<b>58</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b>	<b>60</b>
<b>ANNEXES:</b>	
1. Courbes granulométriques des emprunts (1, 2 et 3).	
2. Projet d'élimination de poussières (TCHAD DOBA).	
3. Résumé du rapport du Ministère Congolais de l'équipement: Essais du CON-AID Super Noir sur la Nationale 26 à N'GOULONKILA.	
4. Etude du trafic: recensement journalier de la charge totale passant sur la planche d'essai.	
5. Tableau comparatif des produits de stabilisation des sols.	
6. Cartes des pistes cotonnières au TCHAD.	
7. Plan: planche d'essai du CON-AID.	

---

## INTRODUCTION

---

La Société Cotonnière du TCHAD est confrontée à un sérieux problème avec la qualité du coton qu'elle met sur le marché non parce que la production paysanne est mauvaise, mais parce que les conditions de transport et de conservation de la production ne permettent pas d'en préserver la bonne qualité: la latérite (qui se trouve être la principale couche de base des chaussées non revêtues de la zone de production de coton au TCHAD) se soulève au passage des camions transporteurs de balles de coton-graine et rougit le coton qui perd de ce fait sa valeur primaire.

Face à ce problème la Direction Générale de la Société par le biais de la Direction d'Exploitation tente de réagir en cherchant à renforcer les pistes qu'elle emprunte pour l'achat et l'écoulement du coton tchadien. Ce renforcement doit être fait à faible coût, d'où l'idée de tenter l'expérience du CON-AID, qui est un produit de stabilisation des chaussées.

Afin de mener à bien cette étude ou plutôt cette première expérimentation du CON-AID au TCHAD, nous procéderons ainsi, après avoir présenté la COTONTCHAD et le produit:

- Etablissement des protocoles d'essais et de suivi des traitements au CON-AID
- Etude d'un cas réel: conception d'une plate forme expérimentale du traitement au CON-AID dans la cour de l'usine "MOUNDOU I".
- Evaluation technico - économique du produit.
- Suggestions et Recommandations pour les essais futurs.

***PREMIERE PARTIE***  
***PRESENTATION GENERALE ET DEFINITIONS***

---

## I. La COTONTCHAD

---

### 1. Historique de la culture du coton au TCHAD:

La culture indigène du coton au TCHAD remonte à très longtemps avant la pénétration coloniale dans ce pays: les Moundangs de LERE et les Foulbés de BINDER s'en servaient déjà pour la confection de leurs habits traditionnels (Gabacks et Godons à usage vestimentaire).

Ce ne sera alors qu'en 1911 que les premiers essais "coloniaux" furent entrepris par le Capitaine DELINGUETTE sur 500 hectares en bordure du Lac LERE et du Mayo-Kebbi. Mais déjà une société, l'Association Cotonnière Equatoriale avait été créée en 1905 et devait introduire la culture du coton au TCHAD. Cette société dont l'orientation s'est faite sur la production cotonnière par manque de ressources minières exploitables (en ces temps les disponibilités calcaires, aurifères mais surtout pétrolières du TCHAD étaient inconnues) a vu son projet de constitution s'effondrer pour diverses raisons dont des changements de frontières consécutifs aux accords franco - allemands de 1911 puis à cause des opérations militaires menées dans le Cameroun allemand lors de la première guerre mondiale (en 1914-1915).

Les résultats obtenus par le Capitaine DELINGUETTE furent très surprenants (1000 kg/ha) et attisèrent la convoitise lorsque des échantillons de cette production furent présentés sur le marché du HAVRE à partir du 15 Novembre 1921. L'administration coloniale avait là une occasion en or pour imposer une culture extensive du coton avec les objectifs suivants:

- Faire entrer le TCHAD dans une économie de marché,
- Introduire l'usage de la monnaie, ce qui impliquait l'abandon d'un impôt en nature, difficile à percevoir,
- Créer des besoins nouveaux que le marché avec l'étranger était prêt à satisfaire.

## 2. Le coton et l'économie:

a) *Le paysan face à l'imposition de la culture du coton:* Le surcroît de travail né de la culture du coton incitait déjà les paysans à ne pas trop vouloir s'engager dans sa production. Tout le monde s'accordait à dire que le coton procurait de l'argent, mais que faire de pièces métalliques et de "feuilles colorées et pleines d'écritures" dans un monde où l'argent ne servait qu'à payer ses impôts.

La réticence que montrèrent les paysans pour le travail du coton conduira dans un premiers temps les administrateurs coloniaux à user de moyens répressifs pour les amener "à la raison" (dont ils étaient seuls maîtres et possesseurs). Ces moyens répressifs montrèrent vite leurs limites et conduisirent les colonisateurs à l'instauration d'un système de primes à verser aux paysans qui auront obtenu les meilleurs résultats. Ces primes étaient de deux ordres:

- Le premier en nature (une houe, un coupe-coupe et une pioche) à ceux dont le travail de débroussaillage était avancé,
- Le second au stade du sarclage (450 francs CFA par corde)<sup>1</sup>

Ces primes ont alors atténué la réticence des producteurs paysans et ont énormément contribué à l'essor de cette culture: production de 440 tonnes de coton-graine en 1929/1930 contre 34700 tonnes de coton-graine en 1945/1946.

Ce système de primes fût remis en cause aux lendemains de l'indépendance en 1960 par les nouveaux gouvernants, mais aussitôt remplacé par un nouveau système: les dirigeants intervenaient désormais pour orienter la culture du coton vers de nouvelles méthodes de production. A cette fin, de grosses subventions étaient faites aux paysans pour l'acquisition de facteurs modernes de production (charrue, engrais, insecticides,...) par le biais de la Caisse de Stabilisation des Prix de Coton (CSPC).

---

<sup>1</sup>Corde: Unité traditionnelle de mesure de superficie. Une *corde* mesure environ 1 hectare

b) *Le paysan face à la culture du coton (de nos jours)*: Le TCHAD est un pays dont l'économie repose quasi entièrement sur l'agriculture. Parmi les cultures de rente (tabac, riz, coton,...), le coton occupe la place du produit qui rapporte le plus en terme de valeur ajoutée. Pratiquement produite sur toute l'étendue méridionale du pays (cf. carte cotonnière du TCHAD en annexe), sa production ne cesse d'augmenter, permettant ainsi aux paysans d'avoir une source de revenus de plus en plus importante.

Le tableau suivant récapitule par campagne la production de coton graine achetée par la COTONTCHAD:

Campagne	Production de coton-graine	Campagne	Production de coton-graine
1971-1972	108802	1982-1983	102118
1972-1973	104214	1983-1984	158125
1973-1974	115069	1984-1985	98416
1974-1975	143609	1985-1986	99469
1975-1976	174062	1986-1987	89469
1976-1977	143500	1987-1988	127696
1977-1978	125779	1988-1989	137026
1978-1979	136725	1989-1990	150755
1979-1980	90839	1990-1991	174516
1980-1981	85716	1991-1992	121734
1981-1982	71391	1992-1993	94943

Source: *Données de production (Section Maintenance)*

Ce qui schématiquement, nous donne:

Quantité de coton-graine achetée



c) *Le coton et l'économie Nationale*: Les superficies occupées par les champs cotonniers ne sont pas connues avec exactitude. Cependant, en regardant la "carte cotonnière", on constate que les zones concernées par la culture du coton sont nombreuses. D'où l'importance de la COTONTCHAD qui demeure la seule société qui achète le coton auprès des paysans. La production cotonnière a eu différents effets sur les populations paysannes notamment en leur permettant d'améliorer leurs matériels et conditions de travail par l'emploi de techniques modernes de production. Elle leur garantit en outre un accroissement de revenus accompagné d'une création d'emplois (impliqué par l'accroissement des productions vivrières et cotonnières).

Aussi, avec l'accroissement de la production du coton au TCHAD, il s'en est suivi un effet d'entrain avec un début d'industrialisation: création d'usines d'égrenage du coton, d'huileries, de savonneries, d'une société textile (ex STT devenue COTEX). L'accroissement de revenus a également permis de nouveaux investissements dans des secteurs nouveaux: Les Brasseries du Logone, la Société Nationale Sucrière du TCHAD (la SONASUT), la Manufacture de Cigarettes au TCHAD (la MCT),...

Principale source de devises du pays (75% des exportations en 1983), représentant 80% du PNB et 8% du PIB, le coton s'implante donc dans un secteur plus que stratégique pour le TCHAD. C'est pourquoi au vu de toutes ces considérations il a été décidé de la création de la COTONTCHAD en lieu et place de la COTONFRANC qui était une structure privée, mais surtout étrangère.

### **3. La COTONTCHAD:**

a) *Historique des Sociétés Cotonnières au TCHAD*: En 1927, les sociétés COTONAF, COMOUNA et COTONFRANC s'implantèrent pour le compte de l'A.E.F. sur le marché tchadien sous l'autorité des gouverneurs ANTONNETTI et LAMBLIN. Il faudra cependant attendre le 05 Mai 1928 pour que paraissent des

décrets-lois instaurant la pratique des zones à privilège pour le monopole de l'achat du coton.

En 1934, la COTONFRANC détenait, seule, le monopole d'achat du coton tchadien. En contrepartie de ce monopole concédé par les autorités de l'époque, cette société s'engageait à construire sur place des usines d'égrenage d'un type déterminé. Il faudra alors attendre une dizaine d'années plus tard pour voir s'implanter 8 premières usines (en 1945) à BONGOR, MOUNDOU, DOBA, FIANGA, KOUMRA, MOÏSSALA, KELO et FORT-ARCHAMBAULT (devenue SARH). De 8 ce nombre augmentera jusqu'à atteindre 25 en 1969 (dont une en territoire Centrafricain). La COTONFRANC créa également la première huilerie du pays: la SOLT (Société des Oléagineux du TCHAD).

En 1971, suite à un protocole d'accord signé entre le Gouvernement Tchadien et la COTONFRANC, il fût créé la Société Cotonnaire du TCHAD en abrégé la **COTONTCHAD** (le 21 Avril 1971) pour permettre à l'Etat Tchadien d'avoir un contrôle conséquent sur cette incomparable source de devises que constitue le coton.

*b) La COTONTCHAD:* La Société Cotonnaire du TCHAD est une société Anonyme d'Economie Mixte créée en 1971. A sa création son capital était de 600 millions de francs CFA et se répartissait comme suit:

- Etat Tchadien: 45%
- COTONTCHAD (*parts de la COTONFRANC*): 30%
- C.F.D.T.: 17%
- Banques locales: 6%
- C.C.C.E.: 2%

Lors de l'Assemblée Générale du 01<sup>er</sup> Juillet 1975, la COTONTCHAD a cédé à titre onéreux ses actions à l'Etat Tchadien, portant ainsi la part de celui-ci à 75%.

Les exigences du marché tant national qu'international ont amené la COTONTCHAD à moderniser son outil de production et diversifier ses activités. C'est ainsi qu'une augmentation constante de son capital a été opérée. Il est passé de 600 millions en 1971 à 4256 millions en 1985. Le tableau suivant récapitule l'évolution du capital en fonction du temps:

Année	1971	1975	1978	1985
<b>Capital en millions de francs CFA</b>	600	1500	3800	4256
<b>ETAT</b>	45%	75%	75%	75%
<b>COTONTCHAD</b>	30%	0	0	0
<b>CFDT</b>	17%	17%	17%	17%
<b>Banques Locales</b>	6%	6%	6%	6%
<b>CCCE</b>	2%	2%	2%	2%

L'objet de la COTONTCHAD consiste en l'achat du coton-graine, son égrenage, la commercialisation de ses sous-produits (fabrication de l'huile et du savon).

Aux termes d'une convention signée entre la COTONTCHAD et le Gouvernement Tchadien, la société s'engage à acheter aux paysans la totalité de leur production au prix fixé en début de campagne par les services de l'Etat (pour la campagne 1995/1996, ces prix étaient de 145 francs CFA/kg en pleine campagne contre 147 francs CFA/kg en pré - campagne).

Cette pratique semble arbitraire étant donné qu'elle ne tient pas compte du résultat d'exploitation de la société. Pour palier à cet état de fait, le Gouvernement Tchadien a créé une Caisse de Stabilisation des Prix du Coton qui est alimentée par des prélèvements de 80% sur le résultat d'exploitation de la

La garantie des prix du coton implique également la prise en charge du déficit d'exploitation de la société comme il a été prévu dans les dispositions relatives à la création de la CSPC.

*c) La COTONTCHAD et la dévaluation du franc CFA:* Suite au changement de parité du franc CFA, les prix de vente du coton sur le marché international n'ayant pas augmenté, les sociétés cotonnières des pays utilisant cette monnaie étaient en droit d'espérer voir leur chiffre d'affaire multiplié par deux (la théorie leur donnait tout à fait raison!).

La COTONTCHAD, dont le coton était très prisé il y a encore quelques années, était de ces sociétés à qui cette dévaluation devait beaucoup profiter. Cependant ces dernières années la réputation du meilleur coton d'Afrique Noire qui lui avait été attribué dans les années 70 a tendance à le quitter au profit des pays d'Afrique de l'Ouest, notamment le MALI. Mais pourquoi?

Contrairement aux conditions de conservation du coton dans ces pays (silos), la COTONTCHAD conserve le coton-graine et ses balles de coton-fibre dans des zones non abritées (à l'air libre) et soumises à la circulation des camions transporteurs de balles qui soulèvent d'énormes quantités de poussières latéritiques à leur passage. Ces poussières latéritiques ont pour effet de ternir la blancheur du coton emballé et de lui donner une teinte rougeâtre fort peu appréciable.

La COTONTCHAD a donc tout intérêt à trouver une solution adéquate à ce problème de teinte de son coton (qui lui coûte des dizaines de millions de francs CFA par campagne). C'est à cette fin que la Direction d'Exploitation de ladite société désire stabiliser les sols des pistes, dont elle a la charge de l'entretien et qu'empruntent ses propres camions.

Après maintes recherches, il a été conseillé à cette Direction un certain nombre de produits chimiques à même de la satisfaire (ROADSHIELD, ISS 2500, CON-AID,...). Parmi ceux-ci, il semblerait que le CON-AID soit le plus

"adapté à la situation" et il a finalement été décidé de tester ce produit chimique en grandeur nature sur une piste et/ou dans la cour des usines.

Mais qu'est-ce que le CON-AID. Que cache ce nom à résonance anglo-saxonne?

---

## II. LE PRODUIT: LE CON-AID

---

### 1. Origine - Classification - Prix de vente:

Le CON-AID est un produit de stabilisation des sols mis au point en AFRIQUE du SUD et commercialisé par la CON-AID (PTY) LTD depuis bientôt une vingtaine d'années. Il a déjà été utilisé dans la plupart des pays anglophones d'Afrique. Son essor est cependant de moindre portée en Afrique francophone et ce pour les raisons politiques que l'on sait.

Ce produit est commercialisé sous deux formes:

- le *CON-AID "Classique"*: Vendu sous forme liquide dans des fûts de 210 litres, il se présente sous la forme d'un liquide rouge visqueux donnant de la mousse lors des traitements des sols. Bien que le dosage du produit pour les traitements des sols soit fonction des matériaux en place (structure du sol), il est admis qu'au minimum, un volume de 210 litres de CON-AID "Classique" permet de traiter 7000 m<sup>2</sup> de chaussée (soit une chaussée de 7 mètres de largeur pour un kilomètre de longueur).

Le coût d'acquisition du CON-AID est fonction du nombre de fûts commandés. Ainsi, il est de:

- entre 1 et 79 fûts: 53000 FF/fût = 5.300.000 francs CFA
- entre 80 et 159 fûts: 49500 FF/fût = 4.950.000 francs CFA
- de 160 fûts à plus: 47000 FF / fût = 4.700.000 francs CFA

Rmq: Ces prix sont des prix CAF à DOUALA. A ces prix, il faudra ajouter environ 50000 FF (5.000.000 francs CFA) pour le transport DOUALA - MOUNDOU, le dédouanement et le paiements des autres taxes

- *Le CON-AID "Super Noir":* Vendu sous la même forme (liquide dans des fûts de 210 litres), il diffère du CON-AID "Classique" par sa coloration noire et par la disparition de son effet moussant lors de son application aux sols. Ce type de CON-AID est issu des travaux d'amélioration des caractéristiques du CON-AID "Classique", travaux qui ont conduit à l'augmentation des performances de son élément actif et ont permis d'obtenir de meilleures concentration et diffusion du produit dans le sol.

La principale conséquence immédiate de ces améliorations est le dosage du produit: avec le CON-AID "Super Noir", on utilise 3 fois moins de produit pour le traitement d'une même surface de chaussée que pour un traitement au CON-AID "Classique".

Le coût d'acquisition du CON-AID "Super Noir" est également assujetti à la pratique de la baisse des prix de vente lorsqu'augmente la quantité commandée.

Ainsi, on a: - entre 1 et 79 fûts: 75715 FF / fût = 7.571.500 francs CFA / fût

- entre 80 et 159 fûts: 70155 FF / fût = 7.015.500 francs CFA / fût

- de 160 fûts à plus: 67000 FF / fût = 6.700.000 francs CFA / fût

Rmq: Ces prix sont des prix CAF à DOUALA. A ces prix, il faudra ajouter environ 50000 FF (5.000.000 francs CFA) pour le transport DOUALA - MOUNDOU, le dédouanement et le paiements des autres taxes

## **2. Nature et caractéristiques:**

Le CON-AID est utilisé presque exclusivement sur les sols argileux. Il a pour effet, lorsqu'il y est appliqué, *de transformer les caractéristiques hydrophilliques* (tendance à absorber de l'eau) de l'argile *en caractéristiques hydrophobiques* (tendance à rejeter l'eau).

Cette transformation des caractéristiques intrinsèques du matériau (terre argileuse) que le CON-AID opère est due au fait que la capacité des échanges ioniques des sols argileux est très élevée: certains matériaux (dont l'argile) rejettent des ions dès lors qu'ils entrent en contact avec les molécules organiques de CON-AID et altèrent ainsi leur propres propriétés physiques (notamment celle de l'absorption de l'eau).

### **3. Propriétés et applications:**

Le CON-AID, de part sa fonction, est un composé trio-synthétique réactif. Nous ne connaissons malheureusement pas sa composition. Cependant, il a été conçu pour permettre une stabilisation des sols et a les propriétés suivantes:

- soluble dans l'eau,
- inflammable,
- non corrosif,
- non toxique,
- non hasardeux,
- ne présente pas d'effets secondaires dangereux sur l'environnement (une étude sérieuse sur ce point devra être menée ultérieurement).

Le CON-AID sert à: - stabiliser le sol dans des conditions mouillées,

- augmenter la maniabilité du sol,
- faciliter le compactage des chaussées.

### **4. Contraintes d'emploi:**

Afin d'utiliser le CON-AID correctement (en quantité juste suffisante) et obtenir les résultats attendus, il faut:

- employer les machines adéquates pour les différents travaux,
- déterminer à l'avance les réactions "sol - produit" en faisant des essais en laboratoire sur des échantillons du sol à traiter. Pour cela, il faudra prélever au

moins 200 g de sol sur chaque endroit à traiter et les envoyer à la Centrale Technologique d'Approvisionnement (CTA, à Paris) qui est l'entreprise qui se charge de la commercialisation du produit en Afrique Centrale et qui est seule habilitée à mener ces essais,

- doser minutieusement la quantité de produit à utiliser par m<sup>2</sup> de chaussée. Ce dosage est déterminé en même temps que les réactions "sol - produit", par les équipes de chimistes de la CON-AID (PTY) LTD (ou par ceux de la CTA).

***DEUXIEME PARTIE:***  
***PROTOCOLES D'ESSAI ET DE SUIVI DES TRAITEMENTS AU CON-AID***

---

## I. PROTOCOLE D'ESSAI DU CON-AID (VERSION ADAPTEE AUX SOLS EN PLACE)

---

### 1. Les essais chimiques:

Ce sont des tests qui sont réalisés par l'entreprise qui fabrique le produit et qui visent à déterminer la capacité du sol en place à "accepter" le produit que nous utiliserons pour le traitement. Ces essais chimiques dont nous ne connaissons pas la teneur doivent être obligatoirement faits afin d'éviter tout dégât possible sur l'environnement (tant sur la nature que sur l'espèce humaine).

Nous supposerons ici que les résultats des tests chimiques concluent que tous les sols en place sont aptes à recevoir un traitement au CON-AID. Ce sans quoi le présent protocole d'essai ne pourrait être utilisé comme source d'inspiration pour les futurs emplois de ce produit (en pratique, il faudra attendre la confirmation de l'aptitude des sols à recevoir le produit avant de commencer tout traitement!).

### 2. Choix de l'emplacement de la planche d'essai:

La planche d'essai du CON-AID doit être assez grande pour qu'au bout de l'essai le jugement à porter ne puisse souffrir d'aucune ambiguïté quant à la représentativité de la surface d'essai. En pratique, il est conseillé de choisir une superficie de l'ordre de 500m<sup>2</sup>.

Le positionnement de la planche d'essai ne doit être mû que par des considérations d'ordre techniques:

- le choix d'une zone à grand trafic est préférable,
- la zone choisie pour l'essai doit être assez large pour que ne soit pas empêchée la circulation des engins au cours de la mise en oeuvre du traitement,

- la zone doit être accessible (peu ou pas inondée) pendant toute la période de l'essai.

### 3. Les moyens à mettre en oeuvre:

La réalisation du travail de stabilisation des sols au CON-AID nécessite le déploiement de moyens appropriés: matériels et humains, intellectuels et financiers

a). *Les moyens matériels et humains:* Par moyens matériels nécessaires à la bonne conduite du travail nous désignons les engins et autres machines qu'il faudra utiliser pour la construction de la planche d'essai. Ces moyens matériels et humains sont donc:

- Un tracteur équipé de scarificateur avec son conducteur,
- Un camion citerne d'une capacité minimale de 2500 litres et son chauffeur,
- Un tracteur agricole équipé de disques avec son conducteur,
- Un compacteur à pneus avec son conducteur et
- Un compacteur à cylindre avec son conducteur.

b) *Les moyens intellectuels:* Les moyens intellectuels dont nous faisons ici mention se résument à la détermination des essais à faire et à leurs définitions.

Ainsi, il s'agira comme dit plus haut de:

- Faire des essais d'identification du sol:
  - granulométrie: elle se fait par tamisage pour les éléments grossiers et fins ( $\Phi > 0,1$  mm) et par sédimentométrie pour les argiles.
  - limites d'Atterberg: ils permettent de connaître la consistance des sols et de faire leur classification en fonction de l'état dans lequel ils se trouvent (plasticité, liquidité) lorsqu'on fait varier leur teneur en eau. Ces essais viennent en appui à l'étude granulométrique .

- Faire des essais de compactage du sol:

L'Essai Proctor Modifié: C'est un essai de compactage fait en laboratoire. Il permet de déterminer la teneur en eau optimale qu'il faudra donner au sol pour qu' un serrage maximum des particules solides le constituant puisse être assuré afin d'éviter aux chaussées des tassements très importants (avec le temps et le trafic).

- Faire des essais de portance du sol:

L'Essai CBR (Californian Bearing Ratio): Cet essai de poinçonnement des sols est destiné à apprécier la résistance mécanique de ceux-ci. Il se réalise au laboratoire et consiste à préparer des échantillons de sols par compactage dans des moules cylindriques d'essais Proctor. Ces échantillons sont compactés avec des énergies différentes et des teneurs en eau différentes puis soumis à un poinçonnement.

L'étude d'identification du sol en place est ainsi donc la clé de l'essai: c'est grâce à cette étude que l'on pourra classer les sols en place et partant déterminer le dosage du sol en produit qu'il faudra adopter pour un bon traitement.

La classification de ces sols se fait dans le système AASHO (American Association of States Highway Officials) qui s'établit comme suit:

Classification Générale		Matériaux grenus: 35% passant au tamis n°200 (0,074mm)							Matériaux limon-argile: plus de 35% passant au tamis n°200 (0,074 mm)			
Groupes et sous classification	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Analyse Granulométrique % passant le tamis n°10: 2mm n°40 0,42mm n°200: 74 microns	50 max	50 max	51 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	
	30 max	25 max	10 max	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	
Caractéristique de la fraction passant au tamis 40	6 max		NP	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	
Limite de liquidité	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	
Indice de Plasticité	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	
Indice de groupe (b)	0		0	0	0	4 max	8 max	12 max	16 max	20 max		
Estimation Générale en tant que sous-sol	Fragments de pierres, graviers et sable		sable fin	Gravier et sable limoneux-argileux				Sols limoneux		Sols argileux		
	Excellent à bon											
	Passable à Mauvais											

**Mode opératoire de la classification:** Avec les résultats des essais, on procède de la gauche vers la droite et le groupe correct sera trouvé par élimination. Le premier groupe à partir de la gauche auquel conviennent les résultats d'essais sera le groupe de la classification correct.

(a) L'indice de plasticité du sous-groupe A-7-5 est inférieur à LL-30; l'indice de plasticité du sous-groupe A-7-6 est supérieur à LL-30.

(b) Indice de groupe:  $I = 0,2 \times a + 0,005 \times a \times c + 0,01 \times b \times d$  où on a:

- a: fraction du pourcentage passant au tamis n°200 (74 microns) excédant 35 sans excéder 75 exprimé par un nombre entier compris entre 1 et 40.
- b: fraction du pourcentage passant au tamis n°200 (74 microns) excédant 15 sans excéder 55 exprimé par un nombre entier compris entre 1 et 40.
- c: fraction de la limite de liquidité excédant 40 sans excéder 60 exprimé par un nombre entier compris entre 0 et 20.
- d: fraction de la limite de plasticité excédant 10 sans excéder 30 exprimé par un nombre entier compris entre 0 et 20.

*Mémoire de fin d'études - JUIN 1996 - GAPII POFINET.*

"Etude de nouvelles techniques de traitement du sol par élimination de poussières sur pistes ou dans la cour des usines par l'utilisation du CON-AID

c) *Les moyens financiers*: Les moyens financiers dont il faut disposer pour mener à bien les travaux de stabilisation au CON-AID sont destinés au paiement des frais à engager pour les essais au laboratoire (essais chimiques et essais mécaniques) mais aussi à l'acquisition du produit.

#### 4. Dosage du sol par le produit:

Le dosage du sol par le produit est certes fonction du type de sol (selon la classification AASHO) mais demeure non moins tributaire des résultats des tests chimiques obtenus par les laboratoires de la CON-AID (PTY) LTD. En ne se fiant qu'aux résultats de la classification, on devrait avoir les dosages suivants (en l/m<sup>2</sup>):

Groupe de classification	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
CON-AID "Classique"	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
CON-AID "Super Noir"	0,01	0,006	0,006	0,003	0,003	0,003	0,003

Source: CON-AID "Super Noir" - CON-AID (PTY) LTD.

Une fois le dosage du sol par le produit connu, il va falloir ensuite passer aux tests des sols proprement dits, soit In Situ soit dans les laboratoires de travaux publics. Au TCHAD ce sera au LNBTP de N'Djaména.

#### 5. Les essais mécaniques à faire avant la mise en oeuvre du traitement (après identification des sols):

Ces essais sont au nombre de trois et ont pour objectif de nous permettre une connaissance assez juste de la situation réelle des sols avant leur traitement. Ce qui nous permettra par la suite de juger de l'efficacité de celui-ci. Il s'agit des essais de:

- *compression simple,*
- *Portance (CBR) avec deux modes de conservation (échantillons à l'air et immergé pendant 96 heures),*
- *Compactage pour la détermination de l'OPM et du nombre de "passes" du (ou des) compacteur (s).*

## **6. La mise en oeuvre du traitement:**

La mise en oeuvre du traitement des sols avec le CON-AID nécessite l'existence de certains facteurs, notamment:

- *La disponibilité de moyens matériels et humains:*
  - un scarificateur (ou grader) et son conducteur,
  - un camion-citerne d'au moins 2,5 m<sup>3</sup> de volume et son chauffeur,
  - un tracteur agricole muni de disques et son conducteur,
  - au moins un compacteur à pneu avec son conducteur.
- *Les conditions climatiques "optimales" :* le sol ne doit pas être trop humide afin de permettre un bon dosage de la terre avec le produit (les conditions d'humidité du sol doivent être assez proches de celles dans lesquelles il était lors des essais en laboratoire). Le sol ne doit pas non plus être très sec pour la même raison ainsi que pour permettre une scarification aisée et un malaxage au disque facile (pas trop de soulèvement de poussières au cours de ces opérations!)

La méconnaissance de certains facteurs peut également s'avérer catastrophique. C'est pourquoi, il faudra absolument:

- *déterminer le volume d'eau nécessaire à la dilution du produit:* les fabricants du produit préconisent sa dilution dans l'eau dans un rapport de 1 à 100 voire de 1 à 1000. Pour notre part, nous conseillons aux futurs utilisateurs du CON-AID au TCHAD de diluer ce produit dans un

volume d'eau équivalent à 1000 fois celui du produit et ce pour des raisons évidentes de sûreté.

- *fixer la vitesse de progression du camion-citerne*: en règle générale, cette vitesse ne doit être ni trop grande (pour éviter qu'il y ait des zones non aspergées) ni trop faible (pour éviter la concentration du ruissellement sur un seul lieu). C'est pourquoi nous conseillons d'adopter une vitesse de 2 km/h. En toute théorie, la vitesse de circulation de la citerne doit être fixée en fonction du débit de la rampe d'aspersion de la citerne de telle sorte que le dosage préconisé du sol par le produit puisse être fait en deux ou trois passages du camion.

Une fois le volume d'eau de dilution et la vitesse de circulation des engins fixés, nous pouvons procéder aux autres travaux nécessaires à la construction de la planche d'essai:

- *La scarification du sol*: elle se fait sur 20 cm de profondeur à l'aide d'un scarificateur (ou grader). Si le terrain est trop dur ce travail peut être fait sur une profondeur de 15 cm.
- *Le malaxage du produit avec le sol*: Le mélange sol-produit s'effectue dès lors que l'imbibition a eu lieu. Cette imbibition est obtenue après l'arrosage du sol par le camion-citerne. Quelques minutes après le premier passage, lorsqu'on juge que le produit a eu suffisamment le temps de mouiller le sol, on peut déclencher l'opération "malaxage du produit avec le sol". Cette opération consiste en un brassage de la terre profonde (souvent non mouillée) avec la terre superficielle mouillée. Ces opérations d'imbibition et de malaxage du sol avec le produit devront se faire autant de fois que le camion-citerne devra passer pour que le dosage du sol en produit soit atteint.

A l'aide des disques du tracteur, la terre est retournée plusieurs fois permettant ainsi de faire mouiller le sol sur toute la profondeur scarifiée.

- *Le compactage du sol*: Il doit être fait en respectant les normes de compactage tels que fixés par les résultats des tests effectués conséquemment. Ce travail sera fait de préférence avec des compacteurs à pneus (par exemple un C 782 RICHIER à pneus de 22 tonnes) et à défaut avec des compacteurs à cylindre.

A la fin de tous ces travaux, on constatera que la route est déjà prête à recevoir le trafic. Il faudra cependant attendre une demi-journée plus tard avant de la rouvrir à la circulation. Aussi, du fait du caractère hydrophobique du CON-AID, il faudra songer à créer un système de drainage des eaux le long de la route traitée à l'aide de ce produit.

#### **7. Le contrôle de la mise en oeuvre:**

Cette étape de la procédure d'essai du CON-AID s'effectue en partie pendant les travaux de mise en oeuvre et en partie juste après ces travaux de mise en oeuvre.

Pendant la mise en oeuvre, le contrôle consistera en une série d'actions visant à s'assurer du respect des normes arrêtées lors des essais en laboratoire. Sous le terme d'actions nous regroupons tout ce que pourrait entreprendre une personne censée effectuer ce travail (à l'image d'un contrôleur de chantier lors de la construction d'un bâtiment qui ferait le contrôle de la qualité du béton, celui du dispositif de ferrailage, etc.).

Le contrôle de la mise en oeuvre qui se fait juste après les travaux de mise en oeuvre consiste en une série d'essais en laboratoire et In Situ qu'il faudra faire afin de tester l'évolution des caractéristiques des sols en place. Ces essais sont:

- des essais mécaniques se rapportant à la compression (simple ou à l'oedomètre) qui sont effectués afin de voir dans quelles mesures le sol est devenu plus résistant qu'il ne l'était avant son traitement au CON-

AID. Ces essais se font sur des échantillons conservés sous deux formes (14 jours sous air et 7 jours sous air, 7 jours d'immersion dans de l'eau).

- des essais mécaniques se rapportant à la portance (essai CBR). Ces essais sont également faits sur des échantillons conservés sous deux formes (14 jours sous air et 7 jours air, 7 jours immergés dans l'eau). Les résultats auxquels nous devons nous attendre sont que les CBR obtenus doivent être largement supérieurs (2 à 3 fois) à ceux obtenus avant le traitement du sol. Par ailleurs, les sols non immergés doivent présenter des valeurs plus grande de CBR que celles des sols immergés, avant et après le traitement au CON-AID.

---

## **II. PROTOCOLE DE SUIVI DES TRAITEMENTS**

---

Une fois le sol traité à l'aide du CON-AID, nous devons ensuite suivre le comportement de ce sol afin de bien appréhender les caractéristiques principales de la réaction "sol-produit" et de mesurer la durabilité des traitements.

### **1. Les mesures du comportement mécanique:**

Sous ce terme nous regroupons l'ensemble des essais de mécanique des sols qu'il faudra faire afin de connaître à partir de quel moment le traitement doit être renouvelé. Ainsi, il s'agira de faire périodiquement les essais suivants:

- CBR 14 jours sous air,
- CBR 7 jours sous air,
- Résistance à la compression,  $R_c$ , 14 jours sous air,
- Résistance à la compression,  $R_c$ , 7 jours sous air
- Résistance à la compression,  $R'_c$ , 7 jours sous air et 7 jours dans de l'eau
- Résistance à la compression,  $R'_c$ , 3 jours sous air et 4 jours dans de l'eau

Ces essais devront être faits simultanément aux âges suivants: 30 jours, 60 jours, 90 jours, 180 jours, un an et ensuite une fois tous les ans. Nous jugerons que le traitement est à refaire dès lors que les résultats de ces essais donneront des valeurs inférieures à 60% des valeurs initiales (obtenues lors des premiers essais).

## **2. Le contrôle de la qualité des surfaces carrossables:**

Le CON-AID étant un produit de stabilisation des sols, il sera en général utilisé pour la construction des pistes et autres voies en terre. La dégradation de celles-ci étant inévitable, il faudra alors tout mettre en oeuvre pour que cette dégradation se fasse le plus lentement possible. Pour ce faire, un contrôle assez fréquent devra être assuré. Le contrôle de la qualité des chaussées consistera à faire un relevé des nids de poules, des ornières et autres effets de destruction non causés par un défaut de construction de la voie, mais imputable à la mauvaise qualité du traitement (du produit). Dans la cour des usines ce contrôle de la qualité des surfaces carrossables se fera de visu par l'observation de la quantité de poussières soulevées au passage des engins (cf . Annexe 2: Projet d'élimination de poussières TCHAD DOBA).

Nous jugerons que le traitement demande à être refait dès lors que:

- sur les pistes: on constatera la naissance des nids de poules et que les conducteurs des poids lourds (que l'on prendra à témoin) signaleront que la voie empruntée est mauvaise au point de les empêcher de rejoindre dans de brefs délais leurs usines de départ.
- Dans la cour des usines: on constatera que la quantité de poussières soulevées est assez importante et partant, anormale.

### **3. Suivi des cas de maladies recensées et imputables au traitement:**

Pour cela, nous solliciterons l'appui du médecin et des agents sanitaires de la société. Nous signalons au passage que sur ce point, le fabricant du CON-AID ne nous a fourni aucune information. Nous procéderons alors ainsi:

*Primo:* il faudra cibler la population qui est la plus exposée aux risques de maladies et juger de sa représentativité. Pour le cas présent, il s'agira des agents sanitaires eux-mêmes, des agents de la Direction de Contrôle de Gestion, de ceux de l'Atelier Bois-Menuiserie et de la main d'oeuvre travaillant dans ce secteur de l'usine.

*Secundo:* il faudra déterminer quelles sont les maladies à recenser (que l'on supposera induites par le traitement au CON-AID).

*Tertio:* il faudra se fixer une période d'observation (nous la fixerons à 90 jours). Au bout de cette période, il s'agira de faire les statistiques pour juger de la nocivité du produit. Le produit sera jugé dangereux pour la santé humaine si d'aventure 2% de la population ciblée est atteinte au moins une fois, au cours de la période d'observation, d'une des maladies préalablement recensées.

***TROISIEME PARTIE:***

***ETUDE D'UN CAS REEL: CONCEPTION D'UNE PLATE FORME D'ESSAI***

***TRAITEE AU CON-AID***

---

## I. DEFINITION

---

Nous définirons la plate forme expérimentale comme étant la planche d'essai c'est à dire la surface sur laquelle nous mènerons notre expérimentation. A ce titre, la plate forme répondra à tous les critères caractérisant les pistes et nous admettrons que les résultats des tests chimiques (que nous n'avons pas reçu) concluent que le sol est apte à recevoir le traitement au CON-AID.

### 1. Choix de l'emplacement de la planche d'essai et justification du choix:

Pour effectuer nos premiers essais, nous n'utiliserons qu'une quantité de deux litres de CON-AID "Super Noir". Ces premiers essais devront être faits dans la cour de l'usine "MOUNDOU 1" au sortir des camions poids lourds sur une superficie avoisinant 500 m<sup>2</sup>. Cette planche d'essai sera située dans la cour de l'usine à l'intersection de 3 voies (cf. planche d'essai du CON-AID en Annexe). Sur chacune des voies, 22 mètres seront traités avec le produit. Ce qui donnera en tout une chaussée de 462 m<sup>2</sup> (à raison de 7 m de largeur pour chaque voie).

La planche d'essai sera mitoyenne d'une aire soumise à aucun traitement particulier et qui devrait normalement soulever beaucoup de poussières au passage des camions. Cette aire non traitée sera elle même mitoyenne d'une autre aire qui est arrosée régulièrement avec un intervalle de 18 heures entre chaque arrosage.

La zone ainsi délimitée présente 4 avantages principaux:

- *Comparatif*: En se situant à un carrefour et jouxtant une zone soumise à aucun traitement, la planche d'essai nous permettra de comparer visuellement la quantité de poussière soulevée sur la zone traitée après le passage d'un camion avec celle soulevée par le même engin à vitesse sensiblement égale sur la zone non traitée.

- *Convenance du trafic:* De par le positionnement de la planche d'essai, tous les engins désirant entrer dans la cour de "MOUNDOU 1" doivent obligatoirement y passer. De fait, l'étude du trafic sur la chaussée est très aisée. Dorénavant nous pouvons assurer que le trafic poids lourd est très élevé (comparativement à celui des engins poids légers). La vitesse de circulation des engins est cependant faible.
- *Convenance des matériaux en place:* Dans la notice d'emploi du CON-AID, il est spécifié que le produit pouvait stabiliser les sols classés A6 dans les normes AASHO. Or ceux-ci sont exactement du type de ceux qui sont situés dans la zone où nous envisageons construire la planche d'essai (cf. § II.2.a, page 42).
- *Proximité avec les bureaux:* Elle présente deux avantages majeurs qui sont les possibilités d'observation par plusieurs personnes (on pourrait remarquer sans trop y faire attention que la quantité de poussière soulevée a diminué) et un suivi facile des cas de maladies pouvant être liées au traitement (conjonctivites, rhumes, toux,...) par le dispensaire qui se trouve à moins de 50 mètres de la planche d'essai.

## **2. Structure du sol de la planche d'essai:**

### *a) Comportement du sol avant le traitement:*

- Le soulèvement de poussières: les sols argileux en place dans la cour de l'usine "MOUNDOU 1" ont le défaut majeur de laisser se soulever une grande quantité de poussières au passage des camions transporteurs de balles de coton et des véhicules légers. Ces sols sont dits "farineux".

Nous avons également remarqué que suite aux premières pluies tombées au courant du mois d'Avril, la voie sur laquelle circulent les camions s'est assez vite détériorée (naissance de nids de poules,...). Le soulèvement de poussières s'est

alors arrêté pour faire place à la détérioration des chaussées ci-dessus évoqué ainsi qu'à la formation de boues.

- Les maladies liées au soulèvement de la poussière: le soulèvement de la poussière au passage des camions s'accompagne malheureusement de maladies diverses (conjonctivites, toux, bronchites et autres maladies respiratoires). Nous ne pourrions pas avancer de statistiques fiables concernant ces maladies si nombreuses car ce travail de recensement de celles-ci n'avait pas été fait par le dispensaire de la société (ce travail ne leur avait pas été demandé).

Cependant, un problème d'ordre médical se pose: comment savoir que telle maladie est due au fait du traitement tant il est que l'on ne connaît même pas la composition chimique du produit en question? En ce sens, des démarches devront être engagées auprès de la C.T.A; afin que celle-ci puisse fournir soit la composition chimique du produit soit une liste de maladies auxquelles peuvent être exposées les personnes en contact avec ce produit.

*b) structure du sol de la planche d'essai:*

Le sol sera imbibé de produit sur une profondeur de 15 cm (cf. Cf § II.1.b, page 40). Les travaux de préparation du sol à cet effet se feront également sur cette profondeur. Notons que les travaux de terrassement entrepris lors de la construction de la nouvelle usine d'égrenage ("MOUNDOU II") ont été fait avec de la latérite "farineuse" provenant de carrières voisines. Le terrassement de la cour de "MOUNDOU 1" avait également été fait avec le même matériau en provenance des mêmes carrières.

La planche d'essai sera donc construite sur une couche de latérite farineuse fortement compactée. Le même matériau associé au CON-AID pour stabilisation sera utilisé pour la construction de cette plate forme expérimentale.

---

## II. MODELISATION DE LA CONSTRUCTION

---

Dans ce paragraphe, il sera question de définir toutes les étapes qui vont conduire à la construction de la planche d'essai. Celle-ci sera construite de façon empirique en suivant les prescriptions de l'entreprise CON-AID (PTY) LTD. Cependant une étude théorique de construction de piste sera faite pour comparer les travaux réalisés en pratique (ceux recommandés par l'entreprise fabricant le produit) avec ceux que recommandent cette théorie.

### 1. Les travaux tels que prescrits par CON-AID (PTY) LTD:

*a) Etudes préliminaires des sols en place:* A l'entreprise CON-AID ont été envoyés des échantillons de sol pour tests de conformité et d'autres essais de laboratoire. Il s'agit des tests pour la connaissance des réactions sol-produit et des essais de laboratoire tels que la granulométrie, les limites d'Atterberg, les essais de compactage (Essai Proctor Modifié), les essais de portance des sols (CBR) ainsi que les essais de résistance mécanique (résistance à la compression avant le traitement).

Malheureusement pour notre étude nous ne disposons pas des résultats de ces études. C'est pourquoi le dimensionnement de notre piste se fera de manière empirique.

- La couche de fondation ne sera pas remodelée.
- la couche de base aura une épaisseur de 15 cm
- La couche de revêtement se fera avec la latérite (matériau recouvrant actuellement toute la cour de l'usine).

*b) Les travaux:*

- Scarification du sol: le sol sera scarifié sur une profondeur de 150 mm afin de pouvoir bien imprégner la terre du produit à tester. Cette scarification du sol en place se fera à l'aide d'un scarificateur.

- Imbibition du sol avec le CON-AID: le produit sera mélangé à l'eau dans un camion citerne avant d'être versé sur le sol (pour le traiter). Le dosage retenu pour le test est de 0,003 l/m<sup>2</sup> et la surface à couvrir de 462 m<sup>2</sup>. Le débit de la rampe d'arrosage de la citerne dont nous disposons sera réglé à 4 l/s soit un débit de 0,5 l/s pour chacune des buses de la rampe (il y en a 8 au total). Nous prévoyons de faire ce travail d'imbibition des sols en une vingtaine de minutes en fixant la vitesse de circulation du camion-citerne à 2 km/h.

Le dosage du sol par le produit (0,003 l/m<sup>2</sup>) sera atteint après deux passages du camion citerne dont la contenance est de 10.000 litres (à chaque passage le camion déversera 1000 litres).

- Brassage de la terre avec le produit: cette opération permettra d'obtenir un sol bien mélangé avec le produit à tester. Elle se fera à l'aide d'un tracteur agricole muni de disques. Le brassage sera fait à deux reprises: une fois dès que le camion-citerne aura fait son premier passage, une seconde fois après le second passage et lorsque le produit aura assez pénétré le sol et que celui-ci présentera un aspect un peu plus sec.
- Compactage de la chaussée: Le compactage sera effectué avec un compacteur à pneus. Ce compacteur effectuera le nombre de passes nécessaires afin d'obtenir un bon tassement (celui-ci prendra fin dès lors que de visu, on constatera que la surface de la chaussée commence à craqueler). Le compactage sera complété plus tard par la circulation des engins lourds sur la chaussée.

## **2. Etude théorique de la chaussée:**

Nous rappelons que cette étude théorique, nous la menons à titre comparatif afin de juger des prescriptions faites par l'entreprise CON-AID (PTY) LTD. A ce titre, les résultats que nous obtiendrons ne feront l'objet d'aucune

considération particulière quant au dimensionnement de la piste qui sera construite à "MOUNDOU 1".

a) *Etudes du sol en place*: Cette étude du sol a consisté en une série d'essai de mécanique des sols réalisés au LNBTP (Laboratoire National des Bâtiments et Travaux Publics) à N'Djaména. Les essais qui ont été réalisés sont:

- les essais pour l'identification du sol,
- les essais de compactage du sol,
- les essais de portance du sol.

La classification AASHO est celle que nous avons retenu pour la suite de notre étude. Les essais ayant été faits, les résultats obtenus sont les suivants:

Emprunt	Granulométrie	Limites d'Atterberg			OPM		CBR à 95% OPM	Classification de l'emprunt HRB
		% fins	WL	IP	γd(KN/m <sup>3</sup> )	Teneur en eau (%)		
1	1	63	24	9	18,9	13	30	A 4.2
2	1	65	28	11	18,95	14,6	30	A 6.2
3	1	61	27	12	18,7	14,4	30	A 6.2

b) *Etude du trafic*: Etudié sur une durée de quatre semaines en période de pointe à "MOUNDOU 1", le trafic dans cette usine a donné les résultats suivants:

Trafic d'intensité moyenne (de l'ordre de 50 véhicules par jour) pour une charge totale moyenne de passants de 45 tonnes/véhicule (cf. Annexes) soit par extrapolation une quantité de 675000 tonnes par an qui, rapportées au mètre de largeur de chaussée donne une masse de 96500 tonne/an/m de largeur.

c) *Calcul de l'épaisseur de la chaussée*: Les résultats des essais étant acquis, nous calculerons l'épaisseur à donner à notre chaussée par la méthode CBR. La formule de PELTIER donne:

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p} \times \left(\frac{T}{T_0}\right)^{0,1}}{I + 5} \text{ où } e \text{ est l'épaisseur de la chaussée recherchée en cm}$$

- Compactage au chantier: Comme nous le disions plus haut, le compactage au chantier se fera à l'aide de compacteurs à pneus. Ceux-ci présentent l'avantage de rouler facilement, de travailler en même temps sur une grande surface de chaussée et sur des profondeurs assez importantes.

Les normes de compactage devront être respectées (vérification de la teneur en eau de la terre compactée, de l'épaisseur d'épandage, du nombre de "passes" des engins,...).

e) *Les moyens financiers*: Les moyens financiers que nécessitent la présente étude sont destinés non seulement au paiement des frais à engager pour les essais des sols mais également pour l'acquisition du produit:

- acquisition du produit: 2 litres de CON-AID "Super Noir":

$$\frac{2 \text{ litres}}{210 \text{ litres}} \times 7.571.500 \text{ fCFA} = 72109 \text{ fCFA}$$

- essais de sols:

- granulométrie et sédimentométrie:	8400 + 12600	= 21000 fCFA
- limites d'Atterberg:	17500	= 17500 fCFA
- EPM:	49000 x 2	= 98000 fCFA
- Portance CBR:	28000	= 28000 fCFA
- Compression Simple:	7000	= 7000 fCFA

*Total:* 164500 fCFA

Ce qui nous conduit à un total de 236.609 f CFA dont 72109 fCFA pour l'achat de 2 litres de CON-AID "Super Noir".

En plus de cette somme pour l'achat du produit et pour faire les essais du sol, il faudra prévoir assez de carburant pour les engins ( pour le cas présent, nous pouvons nous réjouir du fait que la COTONTCHAD n'en manque pas).

### **3. Comparaison des résultats théoriques avec ceux prescrits par la CON-AID (PTY) LTD:**

Après avoir mené les recherches nécessaires pour ce genre d'étude comparative (cf. paragraphes précédents), nous pouvons faire ressortir les résultats suivants:

- La scarification qui sera faite sur 150 mm correspond bien aux résultats obtenus pour la détermination de l'épaisseur totale de la chaussée par l'étude théorique.
- Le dosage du sol par le CON-AID tel que nous l'avons fixé (0,003 l/m<sup>2</sup>) a été confirmé par les études théoriques de la chaussée (par l'étude d'identification du sol). Cependant ce dosage sera à réajuster en fonction de la teneur en eau In Situ lors de la réalisation de la planche d'essai.

---

### **III. REALISATION DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION DE LA PLATE FORME D'ESSAI (TELS QUE PREVUS)**

---

- Longueur des planches d'essai: 3 x 22 m  
Largeur des planches : 7 m  
Epaisseur des couches de base: 150 mm
- Atelier de traitement: -une niveleuse munie de scarificateur  
- un tracteur agricole équipé de disques  
- un camion-citerne d'eau de 10000 litres
- Atelier de compactage: -un compacteur à pneus  
- un compacteur à rouleau (à cylindre)
- Dosage de l'émulsion: Quantité de CON-AID "Super Noir" = 2 litres  
(soit 0,003 l/m<sup>2</sup>)

Quantité d'eau: 2000 litres.

- Teneur en eau In Situ: Elle sera déterminé sur place lorsqu'il sera question de construire effectivement la planche d'essai.

---

#### **IV CONTROLE DES TRAVAUX DE REALISATION**

---

**1. Contrôle de la mise en oeuvre:** Pour procéder à ce contrôle nous ferons une série d'essais sur le sol traité après malaxage avec le produit (CON-AID "Super Noir") et avant compactage. Les essais qu'il faudra faire sont les suivants:

- CBR 14 jours air,
- CBR 7 jours air,
- Rc 14 jours air,
- Rc 7 jours air,
- R'c 14 jours air (7 jours air, 7 jours eau),
- R'c 7 jours air (3 jours air, 4 jours eau),

Nous noterons qu'avec la durée, une augmentation des résistances du sol à la compression, devra être observée pour confirmer les résultats des travaux effectués sur la route préfectorale n°26 de N'GOULONKILA au CONGO. De même, nous remarquerons que la portance du sol évolue également beaucoup avec le temps suite au traitement que nous expérimentons.

**2. Contrôle du compactage:** Le manque d'appareils appropriés pour la mesure directe du compactage nous conduit à restreindre notre contrôle au respect des normes du compactage (contrôle de la teneur en eau In Situ, de l'épaisseur de la couche de base, de la constance de l'épandage du sol traité) telles qu'elles auront été "prescrites" à l'aide des résultats des essais de laboratoire.

***QUATRIEME PARTIE:  
EVALUATION TECHNICO - ECONOMIQUE DU TRAITEMENT  
AU CON-AID***

---

## I. EVALUATION TECHNIQUE

---

### 1. Présentation des différents types de routes:

Les réseaux routiers comprennent une grande variété de voies classées différemment suivant l'administration de chaque pays en fonction de leur catégorie technique (caractéristiques de la chaussée, du tracé, des équipements,...).

De ces caractéristiques, l'usager de la route remarque aisément celle concernant le revêtement de la voie: route revêtue (bitume, pavés en pierres,...) et route non revêtue ou en terre.

a) *Les routes revêtues:* En général, dans les pays en voie de développement, le réseau routier n'est pas très dense. Dans cet ensemble (que constitue le réseau routier), les routes revêtues (généralement au bitume) ne représentent pas une grande proportion. Ainsi au TCHAD, le réseau de routes bitumées n'est long que de 500 km. Ce qui représente un peu moins de 5% du réseau routier national.

Cette faiblesse du taux de routes revêtues tient en général surtout au fait que la décision de revêtir une route est lourde de conséquences notamment quant à l'importance de l'investissement et les fréquentes transformations de leur mode d'entretien.

Les routes revêtues présentent les avantages et les inconvénients suivants:

- **Avantages:-** elles assurent un bon service (confortables et carrossables en toute saison),
  - elles supportent un trafic très élevé,
  - elles s'entretiennent plus facilement: le coût d'entretien est relativement moins élevé que celui des routes en terre.

- Inconvénients: - elles coûtent cher à l'investissement,  
- les risques d'accident de la route y sont plus élevés parce que la circulation s'y fait à plus grande vitesse que sur les routes non revêtues.

*b) Les routes non revêtues:* Comme dit plus haut, ces routes constituent la plus grande partie du réseau routier africain. Celles-ci font souvent l'objet d'un renforcement des caractéristiques des matériaux qui constituent les couches de fondation et de base de la chaussée. Il en est ainsi de l'adjonction de ciment ou de chaux dans les assises de chaussées.

- Principe du traitement à la chaux vive et au ciment:
  - l'emploi du ciment dans la réalisation des assises routières vise l'amélioration des caractéristiques des matériaux de qualité assez basse que l'on peut rencontrer dans certaines régions. L'addition de ciment et de l'eau à ces matériaux leur confère, après compactage et durcissement, des qualités routières importantes. Par ailleurs, si le ciment est associé à des matériaux eux même d'assez bonne qualité, il se constitue des couches de base assez durables pour les chaussées à fort trafic.
  - l'emploi de la chaux vive, d'origine aussi ancienne que celui du ciment (1930), peut permettre de réaliser des couches de forme à partir de matériaux plastiques, argileux ou limoneux. Il a pour but de rendre le matériau plastique moins sensible à l'eau et plus maniable, permettant son bon compactage malgré une teneur en eau assez élevée.

En un mot, le traitement au ciment ou à la chaux permet d'utiliser en construction routière des matériaux locaux économiques, inutilisables sans traitement grâce aux modifications importantes du comportement du matériau qu'il entraîne.

- Effets du traitement au ciment ou à la chaux:
  - facilite le compactage des sables et autres matériaux grenus: le ciment y apporte les matériaux fins manquants.
  - rend la partie argileuse du matériau en place moins nocive: on note souvent la transformation de l'argile en argile calcique moins sensible à l'eau lorsque s'y fixe le calcium qui se trouve dans le clinker (qui conduit à un dégagement de chaux).
  - modifie les propriétés mécaniques du matériau en place par l'augmentation de sa résistance à la rupture (en compression simple et en traction).

Il ressort de ce qui précède que les avantages et les inconvénients des routes non revêtues sont les suivants:

- \* Avantages:
  - relativement peu cher à l'investissement
  - les risques d'accident sont moins élevés.
- \* Inconvénients:
  - nécessite un entretien plus fréquent car elles se dégradent plus rapidement
  - les routes en terre laissent se soulever beaucoup de poussière.

## **2. Modes d'entretien des chaussées:**

Par définition, l'entretien routier est l'ensemble des travaux, des routines, qu'il est nécessaire d'effectuer pour maintenir la chaussée et tous ses ouvrages annexes dans un état aussi proche que possible de celui de sa construction initiale. Il comprend aussi les rénovations, les réparations et les améliorations, qui sont le plus souvent des opérations de travaux de réhabilitation (et qui vont même parfois jusqu'à la reconstruction pure et simple de la route).

Le fait que les routes se classent en 2 catégories (revêtues et non revêtues) implique que le mode d'entretien de celles-ci va différer. Ainsi, on a:

a) *Mode d'entretien des chaussées revêtues*: Les routes revêtues sont en général dotées d'un revêtement hydrocarbonaté (ou goudron). Dans ce cas précis, l'entretien routier va se résumer à empêcher la dégradation du corps de la chaussée et à maintenir l'imperméabilité du revêtement. Un entretien courant (plusieurs fois par an) pour la réparation des destructions locales et un entretien périodique (tous les 5 ou 10 ans) sont alors nécessaires pour maintenir le réseau dans son état initial.

b) *Mode d'entretien des chaussées non revêtues*: La dégradation des chaussées non revêtues est en majeure partie due aux intempéries et à une surexploitation de la voie (trafic beaucoup plus élevé que prévu).

Pendant la saison des pluies, il faudra surtout éviter l'apparition des ornières et des nids de poules. L'entretien consistera alors en un rétablissement périodique du bombement de la chaussée (reprofilage lourd à la niveleuse) accompagné de l'installation de barrières de pluies espacées de moins de 10 km.

Pendant la saison sèche, il faudra surtout éviter la formation de la tôle ondulée et maintenir l'uni de la surface.

### **3. Evaluations comparées de l'émission de poussières sur les routes:**

Ces évaluations comparées, nous ne les mènerons que sur les routes non revêtues et supposerons que sur les routes revêtues (bitumées ou goudronnées), le soulèvement de poussière est quasiment inexistant (ce qui est d'ailleurs pratiquement vrai!).

a) *les routes traitées à la chaux vive*: Par essence, la chaux vive est un produit qui fait évaporer l'eau. Lorsqu'on traite les routes avec ce produit c'est donc en général dans les milieux assez humides. Une étude menée par Mr SCHEFFNER et VALEUX (respectivement du Laboratoire Central français des Ponts et Chaussées et du Centre d'Expérimentation Routière à Rouen en FRANCE) et parue dans le Bulletin de Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées démontre qu'une route traitée à la chaux vive ne dégage de la poussière que lors

de sa construction et encore davantage si les conditions climatiques ne sont pas favorables (vent) pendant cette phase. Cependant, il est admis qu'une fois le traitement terminé et que la couche de chaux vive répandue, consolidée, la quantité de poussières émises diminue beaucoup.

*b) Les routes traitées au ciment:* De même que pour le traitement à la chaux, le traitement au ciment des routes non revêtues dégage son maximum de poussière au moment de la construction de la chaussée elle-même.

*c) Les routes traitées au CON-AID:* L'entreprise CON-AID (PTY) LTD a engagé une grande offensive commerciale en direction des pays d'Afrique francophone. On peut penser que ce produit ait quelques qualités pour réduire la quantité de poussières émises sur les routes en terre. Toutefois, il sera très judicieux de prendre en considération tout le bien dit sur ce produit avec beaucoup de précautions et de ne pas trop se faire d'illusions: il serait en effet très illusoire de penser qu'après utilisation du CON-AID, les routes en terre n'émettraient plus du tout de poussière au passage des engins et que les résultats de ce traitement pourraient être assimilables à celui obtenu lors du revêtement des routes avec du bitume.

En un mot, nous recommandons une extrême vigilance dans l'interprétation des résultats qui seront acquis après le traitement au CON-AID.

---

## II. EVALUATION ECONOMIQUE

---

### 1. Coût d'investissement pour la construction des chaussées:

\* Route bitumée: 120 millions Francs CFA / km

\* Route en terre (non stabilisée): 60 millions Francs CFA / km

(source: cours de voirie rurale: 1996)

a) *Coût de stabilisation au ciment*: l'adjonction de ciment se fait en général à hauteur de 3 à 10 % du poids total de la terre à stabiliser. Ainsi, pour stabiliser une route de 1 km de long, de 7 m de largeur sur une profondeur de 20 cm (soit un volume de 1400 m<sup>3</sup> de sol), dont le matériau de base est la latérite (de poids volumique égal à  $\frac{18,9 \text{ kN} / \text{m}^3}{9,8 \text{ N} / \text{kg}} \approx 2000 \text{ kg} / \text{m}^3$ ), on devra utiliser une quantité de ciment comprise entre  $1400 \times 2000 \times 0,03 = 84000 \text{ kg}$  et  $1400 \times 2000 \times 0,1 = 280000 \text{ kg}$

Ce qui correspond à une quantité de ciment comprise entre 1680 et 5600 sacs de 50 kg. Le sac se vendant au TCHAD au prix de 5000 francs CFA, il faudra alors dépenser une somme comprise entre **8.400.000 f CFA** et **28.000.000 f CFA**.

b) *Coût de la stabilisation à la chaux vive*: L'adjonction de chaux vive pour la stabilisation des sols se fait à hauteur de 3 à 8 % du poids total du sol à traiter, soit une quantité de chaux comprise entre 84.000 kg et 224.000 kg. La chaux vive est produite et commercialisée au TCHAD au prix de 4500 f CFA le sac de 20 kg. Pour le traitement, il faudra donc dépenser une somme comprise entre **18.900.000 f CFA** et **50.400.000 f CFA** pour l'acquisition de la quantité nécessaire de chaux pour la stabilisation d'un kilomètre de voie.

Nous tenons à faire remarquer ici que la chaux vive est produite au TCHAD à "PALA soit à 210 km de MOUNDOU.

c) *Coût de stabilisation au CON-AID "Super Noir"*: Achat du produit pour le traitement d'un kilomètre de route:  $\frac{7.571.500 \text{ fCFA}}{10} = 757.150 \text{ fCFA}$

Un fût de 210 litres traitera 7000 m<sup>2</sup> de route dosée à 0,003 l/m<sup>2</sup>, soit 10 km d'une route de 7 m de largeur.

## 2. Coût d'entretien de la chaussée:

Dans la région du Sahel, le coût d'entretien au kilomètre en pourcentage avoisine annuellement 2,8 % du coût de construction total pour les routes

bitumées. Ce taux est de l'ordre de 5 % pour les routes non revêtues, ce qui représente environ le double du coût d'entretien des routes bitumées. Le tableau suivant récapitule les coûts moyens unitaires en millions de f CFA:

	Routes		Routes non revêtues	
	Bitumées	Routes en terre moderne	Routes en terre sommaire	Piste
Coût de construction au km au Sahel	120	60	30	10
Coût d'entretien au km en % du coût de construction	3	4	5	6
Périodicité d'entretien	10 ans	4 ans	2 ans	1 an

Source: L'entretien Routier en Afrique - N. VACHER

### 3. Récapitulatif et conclusion:

Les chiffres avancés dans le tableau suivant sont en millions de f CFA.

Type de route	Investissements au kilomètre	taux d'entretien périodique	durée de vie (ans)	périodicité de l'entretien (ans)	dépenses (1) au km cumulées sur 20 ans
Revêtue	120	2,8	20	10	126,72
Route en terre traitée au ciment	de 68 à 88	4	5	5	de 285,6 à 369,6
Route en terre traitée à la chaux vive	de 79 à 130,5	4	5	5	de 331,8 à 548,1

$$(1) = \text{Investissement} \times \left( \frac{20 \text{ ans}}{\text{durée de vie}} + \frac{20 \text{ ans} \times \text{taux de entretien périodique}}{\text{périodicité de l'entretien}} \right)$$

Nous remarquons à l'observation de ces chiffres que sur 20 années, en supposant que les autres dépenses (taxes pour l'importation de matériaux, main d'oeuvre, autres taxes et droits indirects,...) sont identiques pour ces trois traitements, le coût de revêtement au bitume est moins élevé que celui du revêtement au ciment et à la chaux bien qu'à l'investissement la situation soit inverse.

Le traitement au CON-AID "Super Noir" nécessite, pour sa part, un dosage des sols en produit compris entre 0,01 l/m<sup>2</sup> et 0,003 l/m<sup>2</sup> (suivant la classification des sols dans les normes AASHO). Ainsi, les surfaces traitables au CON-AID varient de 21000 à 70000 m<sup>2</sup> par fût de 210 litres. Ce qui permettrait le traitement des chaussées pour une longueur allant de 3 km à 10 km (on suppose que la voie fait 7 m de largeur). On obtiendrait dans ce cas des coûts d'acquisition du produit compris entre 757.150 f CFA/km et 2.524.000 f CFA/km

Avec ces coûts d'acquisition du produit, il faudrait renouveler le traitement au moins 50 fois (soit une fois tous les 146 jours) pour un sol dosé à 0,01 l/m<sup>2</sup> ou même jusqu'à 168 fois (soit une fois tous les 45 jours) pour les sols dosés à 0,003 l/m<sup>2</sup> au courant de la période de comparaison des investissements (20 ans) pour que le traitement au CON-AID "Super Noir" revienne au même coût que celui de la construction et l'entretien d'une voie bitumée.

Ces fréquences d'entretien (45 jours et 146 jours) semblent intenables voire irréalistes!

Dès lors, il apparaît que si le traitement au CON-AID "Super Noir" permet d'obtenir des chaussées dont la durée de vie excède 150 jours (dans les conditions de non soulèvement de poussières recherchées), ce traitement revient moins cher sur 20 années que tous les autres types de traitement et dans ce cas, nous concluons que le traitement au CON-AID "Super Noir" est économiquement rentable.

***CINQUIEME PARTIE:***  
***CONCLUSION***  
***RECOMMANDATIONS ET SUGGESTIONS POUR LES EMPLOIS FUTURS***

Les recommandations et suggestions que nous faisons ici visent deux objectifs principaux:

- La meilleure utilisation possible du CON-AID pour l'obtention des résultats escomptés,
- L'amélioration de la qualité du coton si l'hypothèse de l'emploi du CON-AID est finalement rejetée.

---

## **I. RECOMMANDATIONS POUR L'EMPLOI DU CON-AID**

---

Le produit étant mis sur le marché, il va sans dire que des précautions minimales ont dû être prises par l'entreprise qui le fabrique notamment concernant ses effets toxiques sur l'environnement. Cependant avant la prise de décision sur la généralisation de l'emploi du produit, nous préconisons:

- une extrême vigilance de la part des agents qui seront mis en contact avec le produit lors des travaux de traitement des chaussées: il faudrait les habiller conséquemment (masqués, gantés, bien chaussés,...).
- un respect scrupuleux des protocoles d'essais et de suivi des traitements tels que nous les avons élaborés et présentés dans ce Mémoire.
- un suivi minutieux des plates formes d'essais pour l'observation du comportement des sols réagissant au produit avant de décider de la généralisation du traitement et éviter ainsi de grosses dépenses qui pourraient s'avérer inutiles.
- de procéder aux essais primaires (lors de la construction de la première plate forme expérimentale) pendant la période de pointe de fréquentation de la voie afin de bien appréhender le comportement du sol en fonction du trafic et des autres facteurs.

---

## II. SUGGESTIONS POUR L'AMELIORATION DE LA QUALITE DU COTON MIS SUR LE MARCHE

---

L'amélioration de la qualité dont il est ici fait mention ne vise pas l'obtention de meilleures caractéristiques biologiques du coton-graine ou même de la fibre, mais plutôt de la production à vendre par la COTONTCHAD en revalorisant les conditions de conservation du coton-graine et du coton-fibre emballé.

A cette fin, nous suggérons:

- La disposition d'un voile protecteur de poussière sur le coton-graine transporté vers les usines d'égrenage (et même dans les emballages de coton-fibre acheminé sur DOUALA): ce voile pourrait être constitué par une bâche en plastique étanche à l'air et à l'eau et qui isolerait la production de tout contact extérieur lors des déplacements sur les pistes cotonnières et autres routes en terre.

Il faudrait, dans ce cas, évaluer le coût d'acquisition de ce voile (ou en imposer l'achat aux commerçants désirants assurer le transport des balles de coton-fibre vers le port de DOUALA) et le comparer aux frais à engager pour l'acquisition de la quantité de CON-AID nécessaire au traitement de toutes les pistes cotonnières (soit environ 1000 kilomètres).

- L'amélioration des conditions de conservation du coton-graine et des balles de coton-fibre par la construction d'entrepôts en tôle sur les aires de stockage actuelles (exposées à l'air et à toutes les intempéries!) et à défaut on pourrait systématiser l'arrosage de ces aires avec l'intervalle régulier de 18 heures.

---

## CONCLUSION

---

Au terme de cette étude qui aura duré deux mois et qui marque la fin de notre formation, nous pouvons nous réjouir de la consolidation de toutes les connaissances théoriques acquises précédemment en classe.

Aussi, pour ce qui est des résultats de la présente étude, nous tenons à rappeler que nous n'avons pas pu construire la planche d'essai comme prévu (ce qui pourrait faire l'objet d'un travail ultérieur et dont les résultats seront publiés dans un document comme celui-ci).

Le problème du soulèvement de poussière lors des travaux de revêtement des chaussées ou qui suit la circulation des engins sur les routes en terre se pose dans beaucoup de régions à travers le monde. Les recherches actuelles n'ont pas permis de trouver le produit qui permettrait leur disparition totale. Aussi, la mise sur le marché du CON-AID vise cet objectif. S'il pouvait être atteint (avec les essais que mènera la COTONTCHAD) une vulgarisation immédiate des résultats obtenus s'en suivra.

Enfin, nous ne saurions finir sans rendre hommage aux dirigeants de la COTONTCHAD qui ont le mérite d'avoir au moins osé chercher dans les techniques de construction routière les solutions d'un problème qui à première vue semblait économique, suivant ainsi la célèbre phrase de **F.D. ROOSEVELT** "**Le pire n'aurait pas été celui d'avoir échoué, il aurait été celui de ne pas avoir essayé**".

---

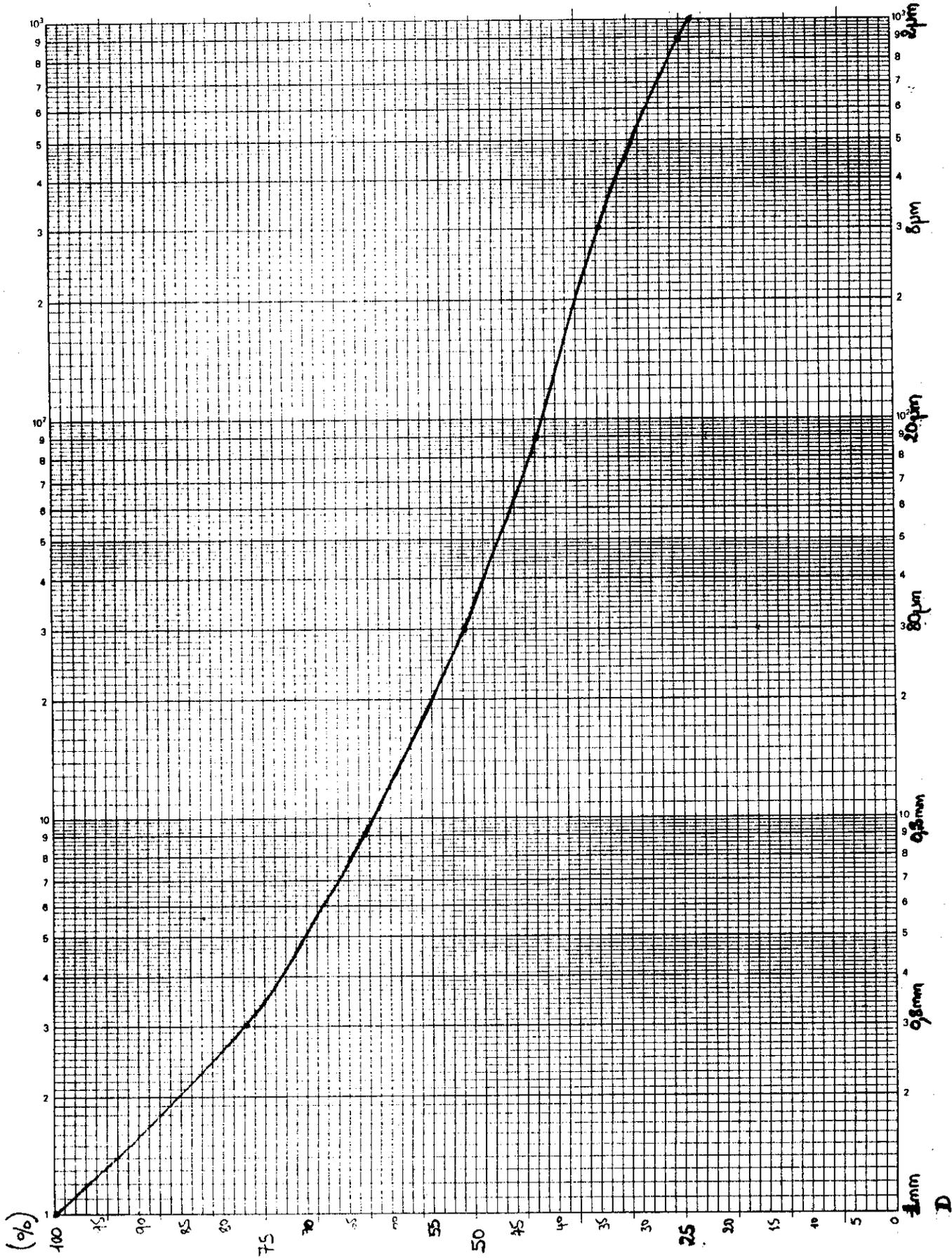
## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

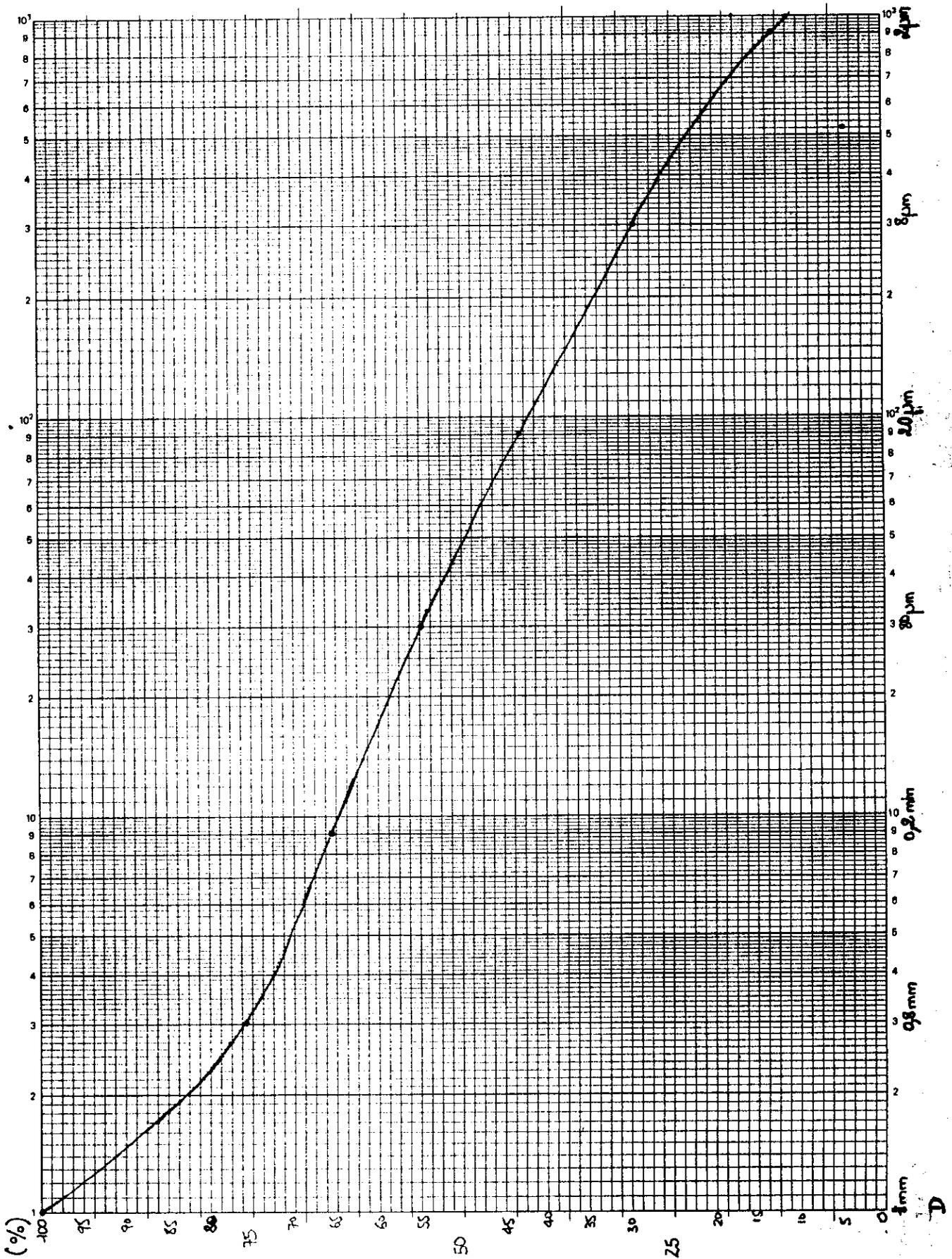
- CONCEPTION ET CONSTRUCTION DES CHAUSSEES **G. JEUFFROY**  
*Tome 1: LES VEHICULES, LES SOLS, LE CALCUL DES STRUCTURES - Ed. EYROLLES 450 p.*  
*Tome 2: MATERIAUX, MATERIELS, LES TECHNIQUES D'EXECUTION DES TRAVAUX - EYROLLES, 450 p.*
- ELEMENTS DE MECANIQUE DES SOLS **F. SCHLOSSER** - Ed. Presses de l'Ecole des Ponts et Chaussées (276 p)
- LES ESSAIS IN SITU EN MECANIQUE DES SOLS **M. CASSAN**  
*Tome 1: REALISATION ET INTERPRETATION Ed. EYROLLES, 458 p.*  
*Tome 2: APPLICATIONS ET METHODES DE CALCUL Ed. EYROLLES, 330 p.*
- POSSIBILITES COMPAREES DES ROUTES NON REVETUES ET DES ROUTES REVETUES DANS LES PAYS AFRICAINS **R. JONEAUX**, *Coopération FRANCAISE*, 140 p.
- LES ROUTES DANS LES ZONES TROPICALES ET DESERTIQUES (*Ministère de la Coopération - Direction du Développement Economique*)  
*Tome 2: ETUDES TECHNIQUES ET CONSTRUCTION.*
- L'ENTRETIEN ROUTIER EN AFRIQUE - *Mémoire de N. VACHER (80 p).*
- ETUDES GEOTECHNIQUES ROUTIERES - *Mémoire de YAMEOGO Clarisse Emma.*
- LE ROLE DE LA COTONTCHAD DANS LE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL DU TCHAD *Mémoire de TOYNAN O.*
- CON-AID "SUPER NOIR" - **CON-AID (PTY) LTD.**
- *Rapport du Ministère Congolais de l'Équipement: ESSAIS DU CON-AID SUR LA NATIONALE 26, A N'GOULONKILA - Juillet 1995..*
- MECANIQUE DES SOLS - *Cours E.I.E.R. (Octobre 1983), 210 p. - GRESILLON - MARTARECHE - DUBOIS.*
- BULLETIN DE LIAISON DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSEES: N° 198.
- VOIRIE RURALE - **G. RENAULT** - *Cours E.I.E.R. (FEV. 1979) 175 p.*

# ANNEXES:

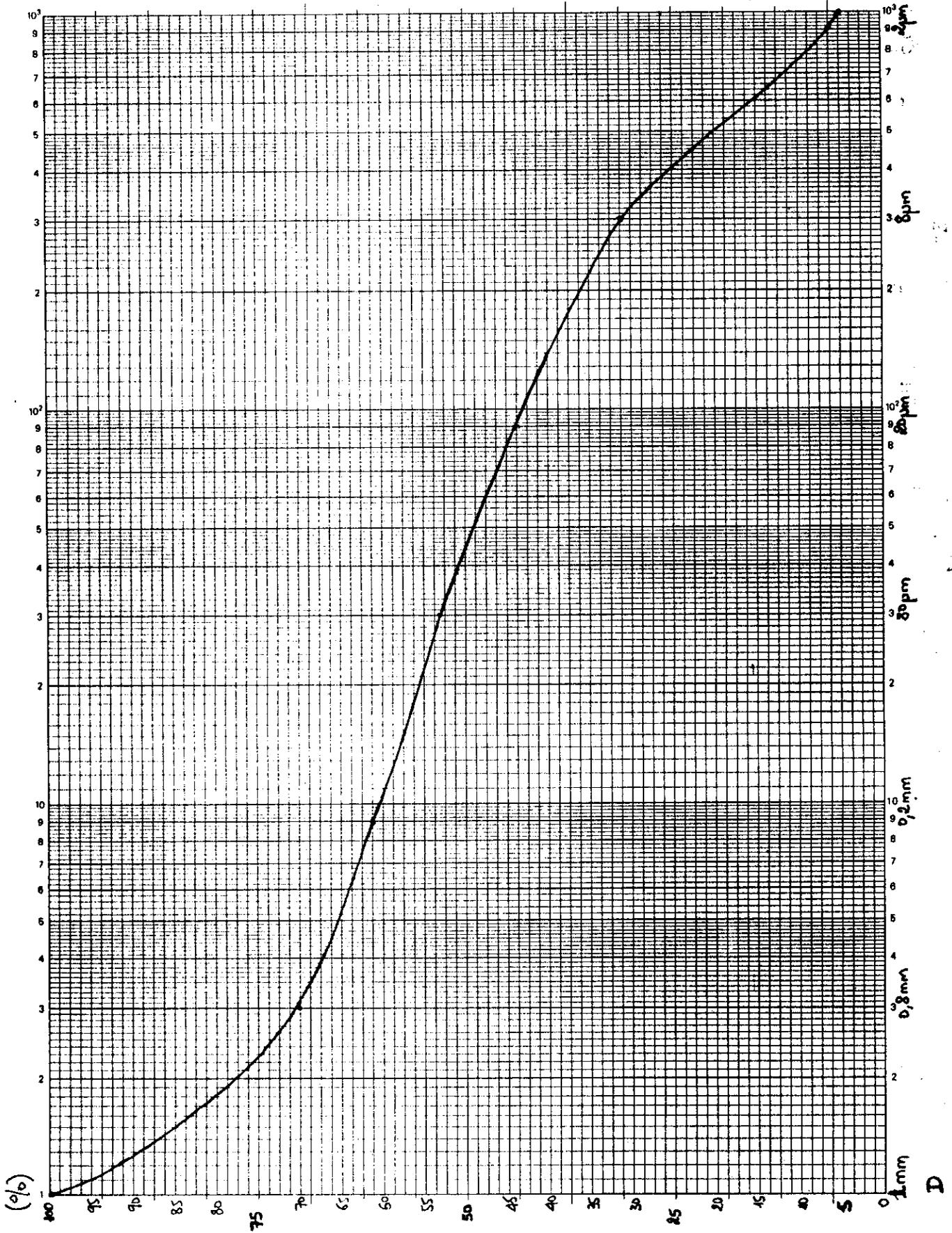
Annexe 1: Courbe granulométrique de l'emprunt n° 01



Annexe 1 (bis): Courbe Granulométrique de l'emprunt n° 02



Annexe 1 (Tex): Courbe granulométrique de l'emprunt n° 03.



**PROJET DE DEVELOPPEMENT TCHAD DOBA  
SPECIFICATIONS CONCERNANT LES TRAVAUX NECESSAIRES POUR METTRE  
EN PLACE UN PROGRAMME DE TEST DE SUPPRESSION DE POUSSIERE**

Le but de ce programme est d'évaluer l'efficacité des produits chimiques destinés à la suppression de poussière, produits appliqués sur deux sections de route chacune longue de 1 km.

L'application est faite en respectant le Rayon de Travail pour l'Application des Produits Chimiques destinés à la Suppression de Poussière et les Spécifications d'Application.

L'évaluation sera effectuée comme suit:

- Des cibles seront fournies et installées sur la route comme décrit au paragraphe 1.0.
- Chaque mois durant les saisons sèches, le personnel visitera les sections test et, par observation visuelle, prendra note de l'étendue de l'obscurcissement des cibles par la poussière, comme décrit dans le paragraphe 2.0.

### **1.0 Cibles visibles**

Pour permettre toute évaluation, des moyens visibles d'évaluer les changements de visibilité doivent être mis en place. Pour fournir de tels moyens, il est proposé d'établir des stations de contrôle situées au centre de chaque bande de 1 km. Ces stations doivent être comme suit:

- Construire des cibles avec un contre-plaqué de 1 mètre carré sur des cadres en bois. Le bas du contre-plaqué devra être à un minimum d'un (1) mètre au dessus du sol.

Les cadres doivent être faits de façon à être pliés.

Le contre-plaqué devra être peint en blanc avec une croix noire en diagonale, la croix devant être d'une largeur de 100 mm.

Les cibles devront être installés immédiatement avant que l'évaluation ne commence, puis démontés et rangés immédiatement à la fin de chaque évaluation.

- Mesurer la distance  $\pm 10$  m jusqu'à la position de contrôle qui sera marquée sur le site
- Utiliser une position de contrôle au centre de chaque bande de 1 km suivant le diagramme de la Figure 1.
- Au cas où la peinture se détériore, du ruban adhésif de marquage sera utilisé pour qu'une identification visuelle soit toujours possible et que les mêmes cibles soient utilisés.

### **2.0 Procédé d'Evaluation**

Une équipe d'observation du contractant visitera le site une fois par mois et remplira les fiches de données. Un exemplaire de fiche de données est joint pour utilisation par le contractant. L'équipe d'observation sera constituée de deux personnes et utilisera un véhicule du contractant pour se déplacer dans chaque station de contrôle.

**PROJET DE DEVELOPPEMENT TCHAD DOBA  
SPECIFICATIONS CONCERNANT LES TRAVAUX NECESSAIRES POUR METTRE  
EN PLACE UN PROGRAMME DE TEST DE SUPPRESSION DE POUSSIERE**

Pour effectuer cette évaluation, une personne sera stationnée à la position de contrôle indiquée au centre de chaque segment de route traitée et non traitée.

Le meilleur moment pour effectuer les observations est quand un véhicule lourd traverse la route.

De plus, le véhicule utilisé pour le transport du personnel roulera d'abord à une vitesse constante de 40 km/h, puis à une vitesse maximale sûre et constante. Les mêmes vitesses doivent être utilisées lors de chaque visite mensuelle.

La visibilité des cibles sera établie lors du passage de chaque véhicule à chaque station de contrôle en utilisant une fiche de données différente pour chaque vitesse et chaque véhicule.

Si aucun autre véhicule n'utilise la route, l'utilisation de celui de l'observateur sera considérée acceptable.

### **3.0 Fiches de données**

Les fiches de données fournies (voir exemplaire ci-joint) doivent être utilisées. Une fiche de données différente doit être utilisée pour chaque véhicule, vitesse, et section de route.

### **4.0 Accord d'Esso Tchad**

Chaque visite doit donner lieu à un accord écrit préalable d'Esso Tchad au moins une (1) semaine avant chaque visite.

### **5.0 Rapports**

Des rapports écrits seront préparés, en Français et/ou en Anglais, rapports qui:

- résumeront les résultats
- fourniront une conclusion générale quant aux résultats atteints.

Un total de 3 rapports est nécessaire, à la fin de chacune des 2 premières saisons sèches et un rapport final.

**PROGRAMME DE TEST DE PRODUITS POUR LA SUPPRESSION DE POUSSIERE  
FICHE DE DONNEES**

Annexe 2 (tar)

Section de route de 1 km application de produits chimiques	Section de route de 1 km en bonne condition, sans produit	Section de route de 1 km application de produits chimiques
Vers (le village de)	Stations de contrôle	Vers (le village de)

Etat de la route      Mouillé Humide Sec      Etat de la route      Mouillé Humide Sec      Etat de la route      Mouillé Humide Sec

Type de véhicule C Y      Type de véhicule C Y      Type de véhicule C Y  
(C= utilitaire lourd)      (C= utilitaire lourd)      (C= utilitaire lourd)  
V= véhicule de tourisme/utilitaire léger)      V= véhicule de tourisme/utilitaire léger)      V= véhicule de tourisme/utilitaire léger)

Etat du revêtement routier B D P      Etat du revêtement routier B D P      Etat du revêtement routier B D P

(B = la route n'est pas détériorée  
D= des trous jusqu'à 150 mm de diamètre, 1 par m2 en moyenne  
P= des trous dépassant 150 mm de diamètre, + de 1 par m2 en moyenne)

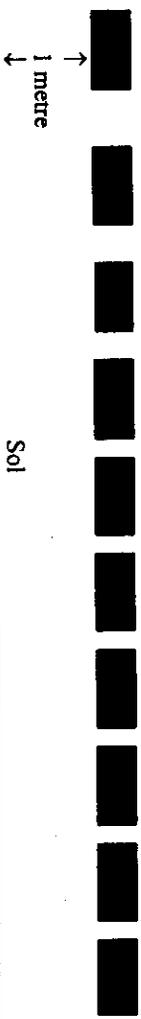
(B = la route n'est pas détériorée  
D= des trous jusqu'à 150 mm de diamètre, 1 par m2 en moyenne  
P= des trous dépassant 150 mm de diamètre, + de 1 par m2 en moyenne)

(B = la route n'est pas détériorée  
D= des trous jusqu'à 150 mm de diamètre, 1 par m2 en moyenne  
P= des trous dépassant 150 mm de diamètre, + de 1 par m2 en moyenne)

COMMENTAIRES:      COMMENTAIRES:      COMMENTAIRES:

Encercler l'ETAT DE LA ROUTE, LE TYPE DE VEHICULE et l'ETAT DU REVETEMENT ROUTIER  
Taille des cibles. 1m, couleur blanche, peints

V  
Position de  
contrôle



1. La section test est située à (compléter après l'avoir localisée)
2. La bande de route doit être aussi droite et nivelée que possible
3. Les positions de contrôle seront situées dans des endroits sans danger qui sont à l'écart de la route et de l'autre côté de la route par rapport aux cibles .
4. Les cibles doivent être visibles de la station de contrôle
5. Les cibles situées à approximativement 20m, longueur totale 200m. une station de contrôle au centre de chaque bande de 1 km

CIBLES AUX STATIONS DE CONTROLE

### **Annexe 3: Résumé du rapport du Ministère Congolais de l'Équipement: Essai du CON-AID "Super Noir" sur la Nationale 26 à N'GOULONKILA.**

- Construction de 3 planches d'essais sur la Nationale 26 à N'GOULONKILA:
  - Chaque planche mesure un kilomètre de longueur pour 7 mètres de largeur,
  - l'espacement entre les planches est de un kilomètre.
  
- Traitement des chaussées:
  - des essais de mécanique des sols (granulométrie, limites d'Atterberg, Portance,...) ont été faits par la CTA et ont conclu que le dosage de produit à adopter pour les sols en place était de 0,01 l/m<sup>2</sup>. Cependant lors de l'exécution des travaux, le dosage du sol par le produit a été ramené à 0,006 l/m<sup>2</sup> à cause de l'humidité du sol au moment de la mise en oeuvre du traitement.
  
- Résultats obtenus 30 jours après l'exécution des planches d'essais:
  - des essais de mécaniques portant sur l'évolution de la portance de ces sols et de leur compressibilité ont donné des résultats très encourageants notamment:
    - l'augmentation de l'indice CBR des sols de l'ordre de 200 à 300%. Les essais faits 14 jours après exécution des travaux (du traitement) donnent, par ailleurs, des valeurs d'indice CBR nettement supérieures à celles obtenues sur des essais faits sur des échantillons "âgés" de 7 jours.
    - l'augmentation de la résistance à la compression (tant sur les échantillons laissés à l'air (R<sub>c</sub>) que sur ceux qui ont été immergés (R'<sub>c</sub>).
  
- Les planches d'essais présentent une surface assez unie et bien lisse. La coloration noire du CON-AID "Super Noir" persiste sur les chaussées malgré un trafic assez élevé.
  
- Par rapport à la quantité de poussières que soulevait la route avant son traitement on note une sensible amélioration: le soulèvement de poussière à cet âge est quasi-inexistant sur les planches d'essais alors que les parties non traitées de la route, elle est relativement plus grande.

**Annexe 4: Etude du trafic: recensement journalier de la charge totale passant sur la planche d'essai**

Date	Nombre total de passage sur la planche	Charge moyenne par véhicule en kg	Charge totale moyenne par m de largeur (en t)
01 <sup>er</sup> Avril	51	43200	1101,6
02 Avril	72	47800	1720,8
03 Avril	47	45250	1063,4
04 Avril	51	54000	1377
05 Avril	55	52000	1430
09 Avril	62	54700	1695,7
10 Avril	59	48300	1424,9
11 Avril	53	45150	1196,5
12 Avril	50	53000	1325
15 Avril	72	42500	1530
16 Avril	49	42100	1031,5
17 Avril	30	41850	627,8
18 Avril	51	53000	1351,5
19 Avril	50	54350	1358,8
22 Avril	30	43850	657,8
23 Avril	51	46400	1183,2
24 Avril	30	46200	693
25 Avril	56	51900	1453,2

TABLEAU COMPARATIF DES PRODUITS DE STABILISATION DU SOL

Produit	Type de stabilisation	Préparé	Applications	Matériaux	Text et dosage	Coûts en FF	Matière		Observations	
							D	NID		
CON-AID	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem avec un dosage de 0.01 t/m <sup>2</sup>	1 - 79 600 - 75 715 80-150 000 - 49 500 160 - 180 - 87 000	Idem	Idem	Mise en oeuvre à froid	
ROADSHIELD	Préparation de la pouzzolane - Imperméabilisation de la route	Idem	Idem	Idem	- 2,5 t/m <sup>2</sup> pour deux couches - Première couche : 1,5 t/m <sup>2</sup> - Finition : 1 t/m <sup>2</sup>	BOUQO Coût transport non compris	- Matériel standard disponible - Pas d'engins particuliers	Idem	Mise en oeuvre à froid	
NDJAMOUX	- rend imperméable le sol - diminution de la pouzzolane à + 70%	- non toxique et sans danger	- facile le compactage à 100%	- eau - sol pauvre - drainage à réaliser	- classification du sol - détermination de l'indice de plasticité - dosage : - eau : 0,5 t/m <sup>2</sup> de produit - 85 2000 0,02 t/m <sup>2</sup> / jour de produit	4 875 000 XAF ou 48 750 FF transport compris rendu aéroport de NDJAMENA	- Nivelieuse (avec râpper) - Tracteur agricole - Charrue ou disque - Compacteur à disque ou pneu - Camion citerne à eau - rampe d'une rampe d'empilage	oui oui oui	oui -	Utilisé pour réparation des routes goudronnées mise à l'oeuvre à froid mise en oeuvre à froid
ISS 2500										rampe d'empilage à rampe

Disponible à l'Institut National de la Recherche Scientifique

ND = Non disponible à l'Institut National de la Recherche Scientifique

## **ERRATA:**

- Page ix: Supprimer la dernière ligne.
- Pages 11 à 49: Pied de page: lire "Etudes de nouvelles ... dérivés" au lieu de "Etudes de nouvrlles ... dérivés".
- Page 19: dernière ligne: lire "... 80% sur le résultat d'exploitation de la société." au lieu de "... 80% sur le résultat d'exploitation de la."
- Page 26: § 2, 3ème ligne: lire "... il est conseillé de..." au lieu de "... il est cdonseillé de ..."
- Page 41: 22ème ligne: lire "... par la circulation..." au lieu de "... par la circ0ulation..."
- Page 46: 2ème ligne: lire "Elle sera déterminée..." au lieu de "Elle sera déterminé..."