

L'EAU AU SÉNÉGAL
SON UTILISATION EN ELEVAGE

THESE

présentée et soutenue publiquement le 9 juillet 1980
devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar,
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire
(DIPLOME D'ETAT)

par

Demba Yeum KANE
né en 1953 à Ndjibene Gandiol (Sénégal)

Président de Jury :

Monsieur François DIENG,
Professeur à la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Rapporteur :

Monsieur Ahmadou Lamine NDIAYE,
Professeur à l'E.I.S.M.V.

Membre :

Monsieur Alassane SERE,
Maître de Conférences à l'E.I.S.M.V.

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT POUR L'ANNEE
UNIVERSITAIRE 1979-80

I. - PERSONNEL A PLEIN TEMPS

1. - PHARMACIE-TOXICOLOGIE

N ----- Professeur
Philibert Noya SOME ----- Assistant

2. - PHYSIQUE MEDICALE - CHIMIE BIOLOGIQUE

N ----- Professeur

3. - ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE

N ----- Professeur
Charles Kondi AGBA ----- Maître-Assistant
Pascal LENORMAND ----- V.S.N.
Soumana Abdoulaye GOURO ----- Moniteur
Saïbou Adow SONHAYE ----- Moniteur

4. - PHYSIOLOGIE - PHARMACODYNAMIE - THERAPEUTIQUE

Alassane SERF ----- Maître de Conférence
Jean Camille ATCHADE ----- Moniteur

5. - PARASITOLOGIE-MALADIES PARASITAIRES-ZOOLOGIE

N ----- Professeur
Joseph VERCRUYSSÉ ----- Assistant
Marc Napoléon ASSOGBA ----- Assistant
Koffi VISSO ----- Moniteur

6. - HYGIENE ET INDUSTRIE DES DENREES D'ORIGINE ANIMALE

N ----- Professeur
Malang SEYDI ----- Assistant
Razaki ADEHAN ----- Moniteur

7. - MEDECINE-ANATOMIE PATHOLOGIQUE - CLINIQUE AMBULANTE

N ----- Professeur
Roger PARENT ----- Assistant

8. - REPRODUCTION ET CHIRURGIE

N ----- Professeur
Papa El Hassan DIOP ----- Assistant
Yves LE RESTE ----- V.S.N.
Daïrou DJALLA ----- Moniteur

9. - MICROBIOLOGIE-PATHOLOGIE GÉNÉRALE-MALADIES CONTAGIEUSES
ET LEGISLATION SANITAIRE.

N ----- Professeur
Justin Ayayi AKAKPO ----- Maître-Assistant
Jacques FUMOUX ----- Assistant
Pierre BORNAPEL ----- Assistant
de recherches

10. - ZOOTECHE - ALIMENTATION - DROIT - ECONOMIE

Ahmadou Lamine NDIAYE ----- Professeur
Balaam FACHO ----- Maître Assistant
Moussa ASSANE ----- Moniteur

II. - PERSONNEL VACATAIRE

BIOPHYSIQUE

Raymond PAULIN : Maître de Conférences - Faculté de
Médecine et de Pharmacie de DAKAR

René NDOYE : Maître de Conférences - Faculté de
Médecine et de Pharmacie de DAKAR

Alain LECOMTE : Chef de travaux - Faculté de Médecine et
de Pharmacie de DAKAR

PHARMACIE-TOXICOLOGIE

- Oumar SYLLA : Professeur - Faculté de Médecine et
de Pharmacie de DAKAR
- Mamadou BADIANE : Docteur en Pharmacie

BIOCHIMIE PHARMACEUTIQUE

- Mme Elisabeth DUTRUGE : Maître-Assistant - Faculté de Médecine
et de Pharmacie de DAKAR
- Mme Geneviève BARON : Chef de Travaux - Faculté de Médecine
et de Pharmacie de DAKAR

AGRONOMIE

- Simon BARRETO : Maître de Recherches - O.R.S.T.O.M.

BIOCLIMATOLOGIE

- Cheikh BA : Maître-Assistant - Faculté de Lettres

BOTANIQUE

- Guy MAYNART : Maître-Assistant - Faculté de Médecine
et de Pharmacie

DROIT ET ECONOMIE RURALE

- Mamadou NIANG : Chercheur à l'I.F.A.N.

ECONOMIE GENERALE

- Oumar BERTÉ : Assistant - Faculté des Sciences
Juridiques et Economiques de DAKAR

III. - PERSONNEL EN MISSION (Prévu pour 1979 - 1980)

ANATOMIE - HISTOLOGIE - EMBRYOLOGIE

Claude PAVAUX : Professeur E.N.V. Toulouse

ANATOMIE PATHOLOGIQUE

Michel MORIN : Professeur - Faculté de Médecine Vétérinaire Saint Fyacinthe - QUEBEC

BIOCHIMIE VETERINAIRE

François ANDRE : Maître de Conférences E.N.V. NANTES

CHIRURGIE

André CAZIEUX : Professeur E.N.V. TOULOUSE

DENTROLOGIE

Jacques ROZIER : Professeur E.N.V. ALFORT

MICROBIOLOGIE - PATHOLOGIE GENERALE

Jean CHANTAL : Professeur E.N.V. TOULOUSE

PATHOLOGIE DE LA REPRODUCTION - OBSTETRIQUE

Jean FERNEY : Professeur E.N.V. TOULOUSE

PATHOLOGIE DES EQUIDES

Jean Louis POUCHELON : Maître de Conférences E.N.V. ALFORT

PATHOLOGIE BOVINE

Jean LECOANET : Professeur E.N.V. ALFORT

J E

D E D I E

C E

T R A V A I L

A LA MEMOIRE DE :

- Modou TALL
- Moussa TALL
- El Hadj Ibrahima DIA
- Omar LY
- El Hadj Daouda DIAGNE

que la mort a trop vite arrachés de notre affection.
que la terre vous soit légère.

A MON PERE ET MA MERE :

Pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour moi.
Faible témoignage de mon affection et de ma profonde reconnaissance.

A ADJA AMY AW et FAMILLE :

Vous m'avez accueilli en fils et aidé dans mes études.
Toute ma reconnaissance.

A MES FRERES ET SOEURS :

Pour les liens qui nous unissent.
Indéfectible attachement.

A MA FEMME : MARYEME LY :

Tu a su partager avec moi, mes joies et mes peines
Ta patience et ton soutien moral m'ont permis de réussir dans la voie
que j'ai choisie
Gage de notre profond amour.

A MES ENFANTS, NEVEUX, NIECES :

Puisse ce travail vous inciter à mieux faire.

A PAPA AMADOU DIA :

A qui je dois tout
Toute ma gratitude

A MON AMI ET FRERE DJIGA KA :

Pour que se consolident davantage les liens qui nous unissent.
Sincères remerciements pour tout ce que tu as fait pour moi et
ma famille.

A MAMADOU SENE ET FAMILLE :

Hommages respectueux.

A MES COUSINS ET COUSINES

A MES ONCLES ET TANTES

A MES BEAUX PARENTS

Puisse ce travail vous honorer.

A MESSIEURS :

- Mame Gor TALL
- Amadou KA
- Abdou Salam NIANG

pour tout ce que vous avez fait pour moi.

Hommages reconnaissants.

A MES CAMARADES, AMIS ET FRERES :

- Doudou BASS - Thiar NDIAYE - Sallou KA - Alloune NDIAYE - Lamine CISSE - Ablaye SENE - Rahmane SENE - Cheikh SENE - Malick FALL - Ousmane MBENGUE - Tékhe DIOP - Badara SARR - Ibra DIOP - Fatou NDIAYE Insa GUEYE etc...

Tout mon attachement.

A :

- Tidiane FALL - Ngabandou - Arame Sakho - et tous ceux qui m'ont aidé Pour la mise en page de ce travail.

tous mes remerciements.

AUX DOCTEURS :

- Sogui DIOUF - Aboubacar S. DIAGNE - Bernard C. DIOH - et tout le personnel de la Direction de l'Océanographie et des Pêches Maritimes.

Pour une collaboration franche et féconde.

A MES CONFRERES ET CONSOEUR :

- Papa I. DIA - Ibrahima DIALLO - Gomez - Khadime - Aly DIOP - Magatte NDIAYE - Abdourahmane KANE - Cheikh LY - Amadou DIAÏTE Malick FAYE - AbdouFALL - Mamadou DIOP - Safiétou TOURE - Mamadou KONTE.

En souvenir des durs moments passés à l'E.I.S.M.V.

AU DOCTEUR BAALAM FACHO :

Pour tout ce que vous avez fait pour parfaire ce travail.

Profonde gratitude.

A TOUS

ce qui de près ou de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail.

A TOUS LES VETERINAIRES SENEGALAIS

A TOUS LES PECHEURS ET ELEVEURS

A TOUT LE PERSONNEL DE L'E.I.S.M.V.

A MON PAYS

A NOS MAITRES ET JUGES

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FRANCOIS DIENG :

Pour l'insigne honneur que vous nous faites en acceptant de présider
notre Jury de thèse.

Soyez assuré de notre profonde reconnaissance et de nos
hommages respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR AHMADOU LAMINE NDIAYE :

Veillez agréer nos vifs remerciements tant pour les sages conseils que vous
avez su nous prodiguer durant notre scolarité, que pour la bienveill-
lance avec laquelle vous avez guidé ce travail.

Profonde admiration.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR ALASSANE SERE :

Pour l'enseignement que vous nous avez dispensé avec dévouement et
l'honneur que vous nous faites d'avoir accepté de siéger dans
notre jury de thèse.

Toute notre gratitude.

" Par délibération, la Faculté et l'Ecole Inter-Etats ont arrêté que les opinions, émises dans les dissertations qui leur sont présentées, doivent être considérées comme propres à leur auteur et qu'elles n'entendent leur donner aucune approbation ni improbation "

INTRODUCTION

L'eau ! Tu es source de vie, source de progrès. L'histoire nous apprend que les premières civilisations se sont développées aux bords de grands cours d'eau, l'Homme peut subsister sans abri, sans vêtement, mais sans eau il meurt rapidement.

ANATOLE de Saint-Exupéry, après une épuisante marche forcée dans le désert s'exprimait ainsi :

"L'eau !

Eau, tu n'as ni goût, ni couleur, ni arôme, on ne peut pas te définir, on te goûte sans te connaître, tu n'es pas nécessaire à la vie : ~~Tu~~ tu es la vie. Tu nous pénètres d'un plaisir qui ne s'explique point par les sens.

Avec toi rentrent en nous tous les pouvoirs auxquels nous avons renoncé. Par ta grâce, s'ouvrent en nous toutes les sources tarries de notre coeur.

Tu es la plus grande richesse qui soit au monde, et tu es aussi la plus délicate. Toi si pure au ventre de la terre. On peut mourir sur une source d'eau magnésienne, on peut mourir à deux pas d'un lac d'eau salée, on peut mourir malgré deux litres de rosée qui retiennent en suspens quelques sels. Tu n'acceptes point de mélange, tu ne supportes point d'alteration, tu es une ombrageuse divinité

Mais tu répands en nous un bonheur infiniment simple".

Ces réflexions ont un caractère brûlant d'actualité devant les problèmes graves que sont la sécheresse et la pollution de l'eau.

Dans les pays du sahel et au Sénégal en particulier, s'est déroulée une succession d'années de sécheresse et de déficit pluviométrique, cette situation a entraîné des pénuries ou perturbations périodiques dans l'alimentation en eau des populations, et compromis notre élevage et notre agriculture.

En 1971 le taux de couverture des importations par les exportations à atteint son plus bas niveau depuis l'Indépendance (76)

Le cheptel a été fortement éprouvé. On a assisté à une forte mortalité chez les jeunes, les animaux âgés, les femelles gestantes, une baisse de la fécondité notable a été constaté chez les femelles. Le bilan est lourd.

- 20 % de pertes chez les bovins
- 10 % " " " ovins et caprins
- 5 % " " " Equins
- 5 % " " " Asins

Les animaux rescapés sont des non-valeurs économiques. Ainsi donc, par delà son rôle vital, l'eau semble conditionner la réussite de tous nos projets agricoles affectant plus de 70 % de notre population rurale. C'est cette sécheresse qui a affecté notre pays, qui nous a fourni dans le cadre de cette thèse l'occasion de nous livrer légitimement à de profondes réflexions sur le problème de l'eau.

Etudier tous les aspects du problème de l'eau dépasserait largement le cadre de cette thèse. C'est pourquoi nous nous limiterons à évaluer les ressources en eau du Sénégal, puis nous étudierons la couverture des besoins fondamentaux en particulier en élevage où l'eau joue un rôle primordial dans la santé et la production de nos animaux.

Ce travail comprendra deux parties ; d'importance inégale.

Dans la Première partie : nous traiterons les ressources en eau du Sénégal et leur adaptation aux besoins de la population et la Seconde partie sera réservée à l'étude de l'hydraulique villageoise et pastorale. Elle sera plus longue que la première.

P R E M I E R E P A R T I E : LES RESSOURCES EN EAU DU SENEGAL
ET LEUR ADAPTATION AUX BESOINS DE
LA POPULATION.

CHAPITRE PREMIER - LES RESSOURCES EN EAU DU SENEGAL

Le Sénégal état de l'Afrique Occidentale Francophone (A.O.F) a une superficie de 197.167 Km².

Il est situé entre le méridien 11°30 à l'Est et 17°30 à l'Ouest, et les parallèles 12°30 au Sud et 16°30 au Nord. Dond le pays est situé dans la zone intertropicale.

Les pays frontaliers sont : la Mauritanie au Nord, le Mali à l'Est, le Guinée Bissao et la République Populaire et Révolutionnaire de Guinée au Sud, la Gambie qui constitue une enclave de 10.300 Km environ.

A ces cinq pays il faut ajouter l'Océan Atlantique à l'Ouest sur plus de 500 km.

Du point de vue relief, le Sénégal est un pays plat. Les seuls reliefs se rencontrent au Sud-Est et à l'extrême Ouest. Dans les autres parties du pays on rencontre des ~~monts~~ plateaux ou des ergs fossiles.

Après cette présentation très brève du pays, étudions maintenant les différentes ressources en eau du Sénégal.

Le territoire sénégalais bénéficie de trois sources d'approvisionnement en eau :

- 1) - Les eaux de pluies
- 2) - Les eaux de surface
- 3) - Les eaux souterraines.

Mais notons tout de suite que ces différentes ressources, sont d'une importance inégale. En effet, les eaux sont tributaires des conditions climatiques ; les eaux de surface sont réparties inégalement sur le territoire national et n'arrosent presque que le Sud. Seules les eaux souterraines constituent une réserve sûre couvrant la quasi totalité des besoins de la population.

1 - LES EAUX DES PLUIES

La situation du pays en zone intertropicale explique les conditions climatiques et le régime des précipitations.

1 1 - LE CLIMAT

Il est dans son ensemble de type sahélo-soudanéen. Le climat est caractérisé par deux saisons de durée inégale : La saison sèche et la saison des pluies ou "Hivernage".

- La saison des pluies est courte, elle dure de Mai à Octobre au Sud et à l'Est ; et de Juillet à Octobre dans le Nord.
- La saison sèche est très longue, elle dure plus au Nord qu'au Sud.
- Les normes pluviométriques croissent de 200 mm au Nord et de 1800mm au Sud.

Ce type de climat soudanéen n'est pas uniforme sur toute l'étendue du territoire. On peut distinguer quatre régions climatiques.

- La région Septentrionale
- La région Centrale
- La région Méridionale
- La région Côtière.

1 1 1 - LA REGION SEPTENTRIONALE

Elle comprend le Ferlo et la vallée du Fleuve. Le climat est de type Sahélien. La saison des pluies dure quatre mois (Juillet à Octobre). La pluviométrie est faible, les précipitations sont de l'ordre de 500 mm par an.

Cette région est très chaude. L'existence d'un centre d'évaporation explique une forte évaporation qui joue un rôle non négligeable dans le régime des eaux.

1 1 2 - LA REGION CENTRALE

Elle est constituée par le Sine Saloum et le Boundou. Le climat est de type "Soudanéen". Les précipitations sont de l'ordre de 800 à 1.000 mm/an, l'hivernage qui dure 8 mois est un peu précoce à l'Est qu'à l'Ouest. Les pluies entraînent une baisse sensible des températures.

1 1 3 - LA REGION MERIDIONALE

Elle concerne la région de la Casamance et du Sénégal Oriental. Elle est caractérisée par une pluviométrie importante 1200 à 1800mm.

Le Climat est du type Guinéen. Les précipitations diminuent d'Ouest en Est tandis que les températures augmentent dans le même sens.

1 1 4 - LA REGION COTIERE

Elle comprend la région des nâay et la prequ'île du Cap-Vert. Le climat est du type Sub-canarien. Les types de température sont variés. L'hivernage est peu pluvieux et très chaud.

La brise maritime favorise la présence d'un micro-climat qui donne à cette région sa vocation touristique et maraîchère.

1 - 2) - LES VENTS

Le climat est commandé par le régime des vents. On peut remarquer trois types de vents.

- l'Alizé maritime
- l'Alizé continental
- l'Harmattan

1 - 2 - 1) - L'Alizé maritime

Ce vent souffle du Nord, au Sud-Est et du Sud, au Sud-Ouest. C'est un vent humide et frais. Il ne donne pas de pluies mais d'abondantes rosées nocturnes ; il souffle de Novembre à Mai.

1 - 2 - 2) - L'Alizé continental

De direction Nord-Est, il est chaud et sec car il a traversé les régions saharo-sahéliennes et dégage le ciel de toute formation nuageuse.

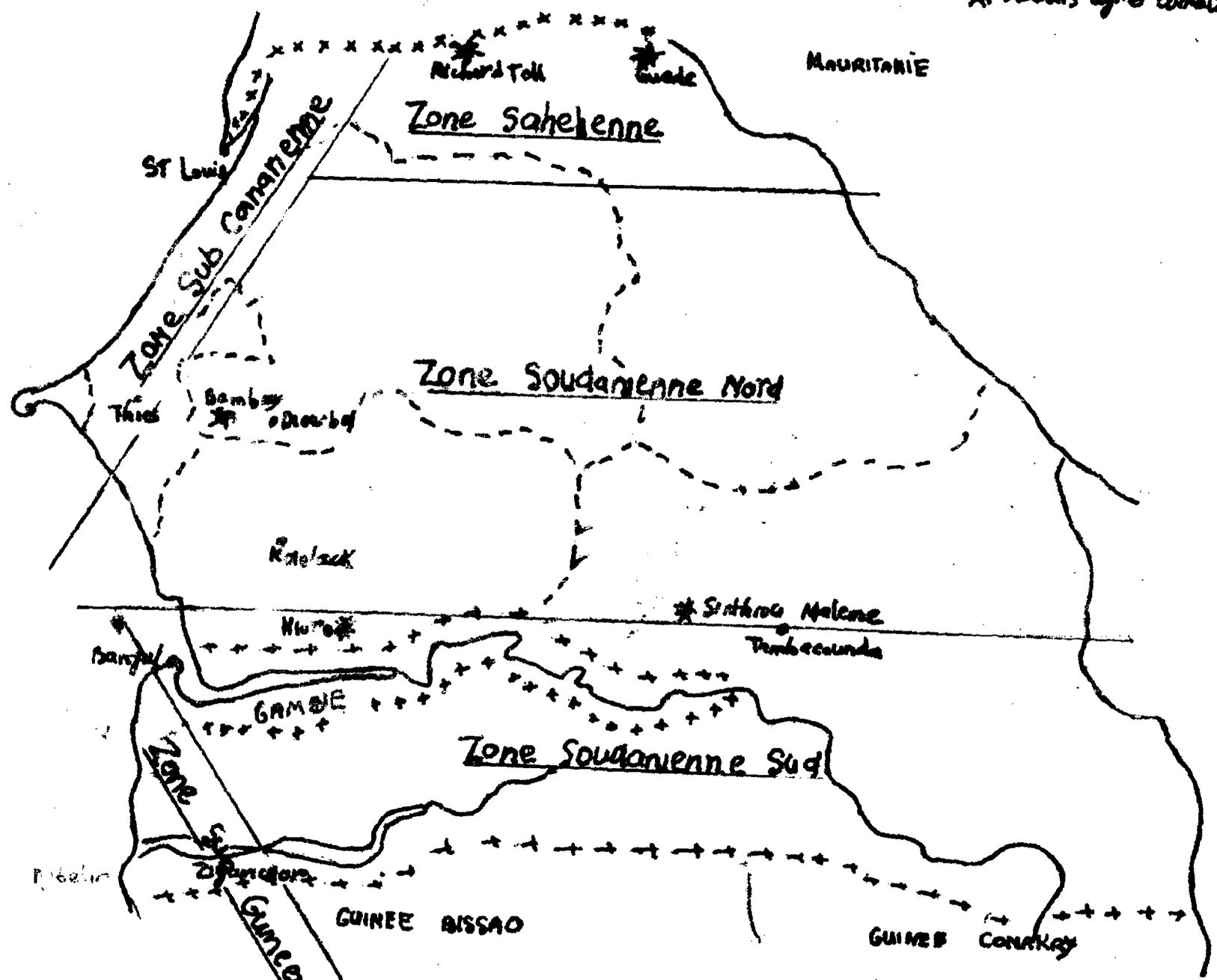
Ces deux types d'alizé sont originaires des hautes pressions qui forment l'anticyclone des Açores - leur position et leur puissance dépendent de la position de cet anticyclone.

1 - 2 - 3) - L'Harmattan

C'est un vent irrégulier continental très chaud et sec de secteur Est, Nord-Est. Il se manifeste à partir de Mars et dure jusqu'à la saison des pluies. Il provoque des fortes amplitudes de température

carte n° I

* Stations agro climatiques I.R.A.T



LES ZONES CLIMATIQUES SENEGALAISES

1 - 3) - LES PRECIPITATIONS

Le régime des précipitations dans le sahel en général, est dans notre pays en particulier se caractérise par :

- Une courte saison des pluies
- L'irrégularité des pluies dans l'espace et dans le temps.

Chez les Ouolofs la saison des pluies ou "Naveb" peut être subdivisée en quatre périodes.

- Le Tieba qui correspond au mois de Juin
- Le Annata " au mois de Juillet
- Le Waxset " au mois d'Août
- Le Satunbar " au mois de Septembre/Octobre.

Le Tieba et la Annata marquent le début de l'hivernage. Le Waxset est caractérisé par des pluies fines intermittantes. Le Satunbar est la période de grosses averses, il marque la fin de l'hivernage.

Chaque année on peut évaluer la pluviométrie annuelle sur l'ensemble du territoire à 100 à 200 milliards de mètres cubes. Ce volume d'eau pourrait irriguer 3 à 6 millions d'hectares pour satisfaire les besoins de l'élevage, de l'agriculture et des hommes (4) Cette pluviométrie va en augmentant du Nord au Sud et ceci amène un décalage dans le début de la saison des pluies. Elle commence en Mai en Casamance, en Juin en Gambie, et en Juillet à Saint-Louis.

La plus grande partie de cette énorme quantité d'eau soit 60 à 80 % retourne dans l'atmosphère par évaporation. Le reste servira pour les besoins des cultures "sous pluies" et à réalimenter les nappes souterraines par infiltration.

2 - LES EAUX DE SURFACES

Le réseau hydraugraphique du Sénégal est pauvre et mal réparti. Les cours d'eau n'arrosent pratiquement que le Nord et le Sud du pays. Ces cours d'eau ne sont pas tous fonctionnels pendant toute l'année. Ceci nous amène à distinguer deux catégories :

- Les cours d'eau permanents ou pérennes.
- Les cours d'eau temporaires.

2 - 1) - Les cours d'eau permanents ou pérennes.

Ils sont au nombre de deux : le Fleuve Sénégal et le Fleuve Gambie. Ce sont deux cours d'eau internationaux qui présentent les caractéristiques suivants :

- La partie en amont du bassin montagneux présente de fortes pentes et une forte pluviométrie.

- La partie en aval, plate, a une pluviométrie faible. Ils ont un débit spécifique annuel élevé. Leurs crues sont importantes, souvent violentes dans les zones en amont du bassin. Les étiages sont faibles.

2 - 1 - 1) - Le Fleuve Sénégal

Il prend sa source dans les massifs montagneux du Fouta-Djallon à 750 mètres d'altitude sous le nom de Bafing. Sa longueur est de 1.750 Km. Il reçoit le Bakoy à Bafoulabé au Nord de la Falémé à Kayes.

Dans leur bassin supérieur les cours d'eau sont coupés de chûtes et de rapides ; alors que dans le bassin inférieur la pente est faible. Cependant vers le Nord-Ouest jusqu'à Boghé le Fleuve ne reçoit que des affluents torrentiels dont le plus important est le Gorgol. A partir de Boghé, le Fleuve prend une direction Est-Ouest. Peu avant Rosso il va avoir des dépressions transversales donnant naissance au lac de Guiers sur la rive gauche, et le R'Kiz sur sa rive droite.

Puis le fleuve traverse le Delta et se jette dans la mer à 20 Km en aval de Saint-Louis. Le Fleuve s'étend sur les états limitrophes : Mali, Mauritanie, Guinée. Il est essentiellement alimenté par les pluies. Son régime irrégulier est en relation étroite avec le régime des précipitations, la crue varie d'une année à l'autre. En période de hautes eaux, le débit peut atteindre 6 500 m³/seconde à Bakel. Cette crue s'étale lentement tout au long de son cours et atteint Saint-Louis à la fin du mois d'Octobre début Novembre.

...../.....

L'étiage se situe en Avril, le débit n'est alors que de 10 m³/seconde. C'est en ce moment que s'effectue la remontée des eaux de la mer, sensible à Dagana.

2 - 1 - 2) - Le Fleuve Gambie

Il prend sa source dans le Fouta Djallon près de Labé, sa longueur est de 1.150 Km. Une partie seulement de son cours moyen traverse le territoire Sénégalais. Ses principaux affluents sont : le Koupountou, le Niokolokoba, le Thiokoye. Ces cours d'eaux drainent le Sud-Est du pays.

2 - 1 - 3) - Le Fleuve Casamance.

Il prend sa source à l'intérieur des frontières du pays. Le fleuve n'est permanent qu'à 300 Km de son embouchure à Fagakourou. Son lit s'élargit considérablement dans son cours inférieur. La mer remonte le fleuve jusqu'à Sédhiou. Les hautes eaux permettent une crue toujours douce, rendant irrigables des milliers d'hectares de rizières.

2 - 1 - 4) - Le Sine et le Saloum.

Ce sont des estuaires, ils sont envahis par la mer jusqu'à Kaolack et Fatick. Seul le Saloum présente un écoulement, mais son eau est inutilisable par le bétail et les cultures.

2 - 1 - 5) - Le Ferlo.

C'est un cours d'eau fossile qui se jette dans le lac de Guiers.

A coté de ces cours d'eau **perennes** il existe d'autres moins importants du fait de leur caractère saisonnier. Ce sont les cours d'eau temporaires.

..../....

2 - 2) - LES COURS D'EAU TEMPORAIRES

Ce sont de petits marigots qui sont généralement des affluents des grandes rivières. Leurs débits sont faibles... Ils sont intermittents ne se manifestent qu'en saison de pluies, contribuant ainsi à la mise en valeur de certains pâturages qui sont dépourvus de points d'eau permanents. A la fin de l'hivernage une grande partie s'évapore tandis que l'autre partie s'infiltré pour constituer des nappes souterraines.

3 - LES EAUX SOUTERRAINES

3 1 - GENERALITES

3 - 1 - 1) - Abondance des eaux souterraines

La faible pluviométrie est compensée par une abondante réserve en eau souterraine.

Les nappes souterraines sont presque toutes situées dans des terrains sédimentaires.

3 - 1 - 2) - Caractéristiques

Ces nappes sont situées a des profondeurs de 30 à 500 m. Seulement deux nappes couvrent la presque totalité du pays.

- 1 nappe phréatique située dans le continental terminal, sa profondeur varie de 30 à 40 mètres.

- Une nappe profonde située dans les "sables du Maestrichtien de 200 à 500 mètres.

3 - 2) - INVENTAIRE DES EAUX SOUTERRAINES

3 - 2 - 1) - Les nappes Phréatiques ou Superficielles

Ce sont des nappes qui se superposent mais en certains endroits elles sont séparées par des couches de terrain imperméables qui sont en argile ou en Lerne.

Ces nappes Phréatiques se répartissent en 3 zones.

- La nappe du Cap-Vert
- La nappe du 16° Méridien à l'Ouest
- La nappe du Continental Terminal.

3 - 2 - 1 - 1) - La Nappe du Cap-Vert

Elle comprend six nappes, mais les principales sont :

- La nappe infrabasaltique
- La nappe de Thiaroye
- La nappe de Sébikotane
- La nappe de Pout.

L'eau est mise à la disposition des populations grâce aux forages. Elle est très abondante et de bonne qualité. Mais nous verrons plus tard qu'avec une forte urbanisation, la région du Cap-Vert fait appel à d'autres sources pour faire face aux besoins de la population.

3 - 2 - 1 - 2) - La nappe du 16° Méridien à l'Ouest

Elle comprend :

- La nappe du Delta, dans la région du Fleuve ; son débit est faible et l'eau est salée.
- La nappe des Niayes ; eaux douces mais sont chargées de chlore.
- La nappe dans les tertiaires comprend :
 - 2 nappes superposées situées vers Louga - Koki.
 - 1 nappe couvrant Khombole - Bambey - Diourbel - excellente eau avec de forts débits.
- nappe du Baol
- nappe de Thiès - Tivaouane.

3 - 2 - 1 - 3) - La nappe du Continental Terminal

Cette nappe couvre la presque totalité du pays. Cette nappe est de formation sableuse. Elle constitue la nappe phréatique la plus importante du pays. On la retrouve au Ferlo, à Touba Koutal, Nioro du Rip, Kaffrine, Koungueul, Casamance.

3 - 2 - 2) - La nappe profonde du Maestrichtien

Elle est située à plus de 200 mètres de profondeur mais son pouvoir artésien permet la remontée de l'eau jusqu'à une altitude supérieure au niveau de la mer. Elle constitue la plus grande réserve en eau douce du Sénégal.

Son volume total est estimé à trois milliards de mètre cubes.

La nappe Maestrichtienne est limitée à l'Ouest par les eaux salées d'origine marine, à l'Est elle s'étend jusqu'à Matam et Tambacounda, au Sud et au Nord elle s'étend au-delà du Sénégal.

Cette nappe repose sur une autre nappe sursalée.

Caractéristiques de la nappe.

L'alimentation : est possible dans trois régions

- 1 - Le massif de N'Diass, au sud de Sébikotane
- 2 - La bordure du bassin sédimentaire au Sud-Est du Sénégal
- 3 - La zone d'inondation du Fleuve Sénégal en aval de Bakel.

Mais, cette source d'alimentation risque de disparaître avec la construction du barrage de Manantali.

Pour le moment le problème de réalimentation de la nappe ne se pose pas mais il faut penser dans un proche avenir à mener des études dans ce sens, sinon cette nappe sera appelée à disparaître car elle est trop sollicitée.

- La qualité de l'eau

Elle est de bonne qualité : la nappe douce repose sur un substratum imperméable. Cependant il peut avoir un danger de salure de cette nappe. Ceci proviendrait de la nappe sursalée qui sert de support à la nappe maestrichtienne ou bien de l'eau de mer qui la borde de l'Ouest.

3 - 2 - 3) - Les eaux du socle ancien

Le socle ancien se rencontre du Sénégal Oriental et plus précisément dans le triangle Sud-Est. Les ressources sont faibles et discontinues. On ne peut obtenir que des débits dérisoires par l'intermédiaire des puits, en plus, ces réservoirs ont un volume limité ce qui fait que les puits s'assèchent vers la fin de la saison sèche. Des projets récents tant en hydrogéologie comme en technologie de forages permettent actuellement une exploitation des zones fissurées et fracturées du socle.

On obtient des ouvrages pouvant donner quelques mètres cubes par heure à 10 mètres cubes heure le long de l'année.

Mais le manque de réservoir souterrain d'une certaine ampleur qui pourrait régulariser le volume d'eau annuel et la limitation des débits ponctuels des ouvrages de captage, font que les nappes disposées du socle ancien ne peuvent servir à priori qu'à l'alimentation humaine et à l'abreuvement du bétail.

Notons que les eaux souterraines du socle ancien sont de bonne qualité.

Comme nous venons de le voir, les ressources en eau sont très importantes ; le véritable problème qui se pose est un problème de moyen. Les possibilités d'une mobilisation rapide de ces ressources en eau avec des investissements qui peuvent se fractionner dans le temps et dans l'espace, restent les problèmes de fond.

Toutefois ces ressources en eau s'adaptent plus ou moins aux besoins fondamentaux de l'homme.

CHAPITRE II. - L'HYDRAULIQUE URBAINE ET AGRICOLE

1 - L'HYDRAULIQUE URBAINE

L'hydraulique urbaine a pour objet de satisfaire les besoins quantitatifs et qualitatifs de la population des agglomérations urbaines. On lui rattache l'élimination des eaux usées.

1 1 - LES BESOINS

1 1 - 1) - Besoins quantitatifs

Les villes bénéficient d'un réseau d'adduction d'eau et leurs besoins en eau sont couverts par le réseau de la SONEES (Société Nationale d'Exploitation des Eaux ^{du Sénégal} ~~Souterraines~~).

Actuellement 38 villes représentant une population globale de 1.734.650 habitants sont incorporées dans la concession de la SONEES.

Du point de vue du volume d'eau Dakar, la Capitale dépasse de très loin les centres de l'intérieur. Les besoins y sont estimés à 205 l/h/j dans les zones les plus fortement urbanisées contre 35 l/habitant/jour pour les centres de l'intérieur.

Cela s'explique par la forte concentration des hommes et des activités industrielles autour de Dakar.

Ces besoins sont couverts à partir des forages exploitant les nappes souterraines et des eaux de surface notamment les eaux du fleuve Sénégal par l'intermédiaire du Lac de Guiers.

1 1 - 2) - Les besoins qualitatifs.

L'eau destinée à l'alimentation ne doit pas contenir de germes pathogènes, ni d'éléments toxiques, ni de matières organiques

Pour s'assurer de la bonne qualité d'une eau, une analyse portant sur ses caractéristiques physiques, chimiques et bactériologiques s'avère nécessaire.

Dans nos villes l'eau distribuée subit ces différents tests. D'une manière générale la qualité de l'eau est bonne. Malheureusement la majeure partie de la population s'approvisionnent à partir des fontaines publiques. L'eau ainsi recueillie est stockée dans des jarres. Les possibilités de pollution sont donc nombreuses. (approvisionnement, stockage, consommation).

L'adduction d'eau potable par ces fontaines publiques doit obligatoirement se doubler d'une campagne d'éducation sanitaire et de certaines précautions élémentaires dans la conservation et la consommation de l'eau.

S. Dauchez - I. Diop, R. BAYLET ont montré que des eaux provenant des jarres publics et familiaux renfermaient le Sheptococcus fécalis témoin d'une contamination fécale.

1 2 - L'ASSAINISSEMENT

Un réseau d'adduction d'eau implique nécessairement un réseau d'évacuation des eaux usées.

L'assainissement a pour but de drainer les eaux usées par le système d'égout et d'évacuer les eaux de pluies par les réseaux d'eau pluviale qui sont des canaux à ciel ouvert.

Dans certaines villes ces réseaux sont souvent insuffisants. Il se produit alors de fréquentes inondations lors de fortes pluies.

Les besoins en eau de nos agglomérations urbaines sont pour le moment couverts. Face à l'extension des villes due à une forte progression démographique, les pouvoirs publics doivent se pencher sur le problème de l'exploitation d'autres nappes. Par ailleurs, ils doivent tirer sur la sonnette d'alarme pour mettre fin au gaspillage de l'eau.

Pour la sauvegarde de la santé de nos populations des réseaux d'assainissement en nombre suffisant doivent être conçus pour l'évacuation des eaux usées et pluviales. Après avoir posé le problème de l'eau en milieu urbain, il convient de nous attarder plus longuement sur le problème de l'eau en milieu rural.

2 - HYDRAULIQUE AGRICOLE

L'agriculture elle aussi obéit aux contraintes imposées par les aléas climatiques.

Cette agriculture est la base de notre économie et intéresse plus de 70 % de notre population.

Son principal objectif est d'asseoir une auto-suffisance alimentaire notamment en ce qui concerne le riz, la tomate, et le sucre pour lesquels notre balance enregistre environ 44 milliards de francs CFA à l'exportation.

Devant la situation de pénurie alimentaire dans le monde, cet objectif est plus que prioritaire. Donc, nous ne pouvons plus compter sur une pluviométrie quasi inexistante et sur le régime irrégulier de nos cours d'eau.

Seule une agriculture irriguée peut permettre de sécuriser le revenu du paysan et la couverture des besoins en produits vivriers.

Le pays a été divisé en zones écologiques homogènes suivant leur dotation en eau :

2 1 - LES ZONES ECOLOGIQUES

2 1 - 1) La zone atlantique

Elle correspond à la grande Niayes et à la petite côte, sous influence atlantique. C'est la zone horticole et celle des vaches laitières. Elle a donc essentiellement une vocation maraîchère et fruitière.

Les ressources sont constituées par les eaux superficielles à partir des retenues collinaires.

2 1 - 2) La vallée du fleuve sénégal

Cette zone sera tributaire des grands aménagements. De petits barrages destinés à faciliter le stockage des eaux de crues, En attendant leur réalisation et des forages seront envisagés.

2 1 - 3) La zone sylvo-pastorale

C'est la zone réservée à l'élevage tranhumant. Faute de ressources en eau de surface, et du fait d'un déficit pluviométrique important, une politique d'exécution de forages y est menée.

2 1 - 4) La zone centrale : le Bassin arachidier

2 1 - 4 - 1 - Le centre nord

Devant le déficit pluviométrique, les caractéristiques du sol et du climat, on peut pratiquer l'association des cultures pluviales et semi-irriguées en hivernage (irrigation d'appoint) ou irriguées (culture maraîchères de contre saison) suivant la disponibilité en eau.

2 1 - 4 - 2 - Le centre sud

Il correspond au Sine Saloum. On y pratique des aménagements hydroagricoles, le long des petites vallées, avec des retenus d'eaux pluviales dans les cuvettes. Le forage servira d'appoint pour l'intensification de certaines cultures spéciales et permettra l'approvisionnement en eau des populations et du bétail.

2 1 - 5) La zone de la basse et moyenne casamance

C'est une zone à vocation rizicole par l'aménagement des multiples vallées du Fleuve Casamance et ses affluents. Des projets de grands barrages y sont prévus pour protéger les terres contre la remontée des eaux salées.

2 1 - 6) La zone de la haute casamance et du Sénégal Oriental

En raison des nombreux cours d'eau qui l'arrosent et de l'importance de la pluviométrie, cette zone réservée à des aménagements hydro-agricoles et hydro-electriques.

Avec ce découpage écologique chaque zone sera spécialisée à tel ou tel type d'aménagement hydroagricole suivant ses possibilités de ressources en eau pour permettre la couverture des besoins en eau des cultures.

2 2 - BESOINS EN EAU DES CULTURES

Les plantes absorbent de l'eau dans le sol et évaporent dans l'atmosphère une quantité importante. Dans l'évaluation de l'eau nécessaire à la plante, il faut tenir compte de l'apport des pluies naturelles. Mais dans les pays du Sahel comme le Sénégal où sévit la sécheresse, seule l'arrosage est capable d'assurer la couverture des besoins en eaux des plantes.

S'il faut donner aux plantes les quantités d'eau qui leur sont nécessaires pour atteindre leur rendement maximum, il est dangereux de leur fournir des quantités excessives. L'arrosage doit être donc mesuré.

Pour mesurer les besoins en eau des plantes, certaines méthodes sont utilisées, à savoir la mesure de l'évapotranspiration potentielle et l'évapotranspiration réelle.

2 2 - 1) Estimation des besoins en eau des plantes

Les besoins en eau de la plante correspondent à la quantité d'eau à restituer pour contrebalancer l'eau perdue et retenue par la plante.

L'eau emmagasinée dans les tissus végétaux est négligeable par rapport à l'eau perdue par évaporation et transpiration. La somme de ces deux dernières représente l'évapotranspiration.

2 2 - 1 - 1 - L'évapotranspiration potentiel (E.T.P)

Elle correspond théoriquement à la quantité d'eau maximum que pourraient évaporer le sol et la plante. Il existe une relation entre le pouvoir évaporant de l'atmosphère et les besoins en eau des cultures.

Plusieurs chercheurs parmi lesquels THORNTHWAITE PENMAN, BOUCHET-BLANEY - CRIDDLE - TURC ont essayé d'évaluer l'E T P par des formules à partir des données climatologiques (température, humidité, tension de vapeur, insolation, vitesse du vent etc...) Mais ceci nécessite des observations météorologiques précises et suivies.

La mesure peut se faire avec l'évaporomètre de Piche ou à partir du bac d'eau de la classe "A" mis au point par le bureau fédéral de météorologie des Etats-Unis.

Au Centre National de Recherches Agronomiques de Bamby (C.N.R.A.) et au Centre pour le Développement de l'Horticulture de Cambérène (C.D.H.) les valeurs de l'E.T.P. sont obtenues à partir des résultats donnés par 1 bac de classe "A"

$$E.T.P. = K2 \times Ev \text{ bac.}$$

Dans les années où il ya une pluviométrie abondante. La totalité des besoins n'est pas apportée aux plantes. Ceci nous conduit à évaluer les besoins réels des cultures.

2 2 - 2) Détermination de la réserve en eau du sol et de la dose d'arrosage.

Dans le sol, les plantes n'auront au maximum à leur disposition dans le sol que l'humidité correspondant à la différence entre le point de rétention et le point de flétrissement, comme l'indique le schéma ci-dessous

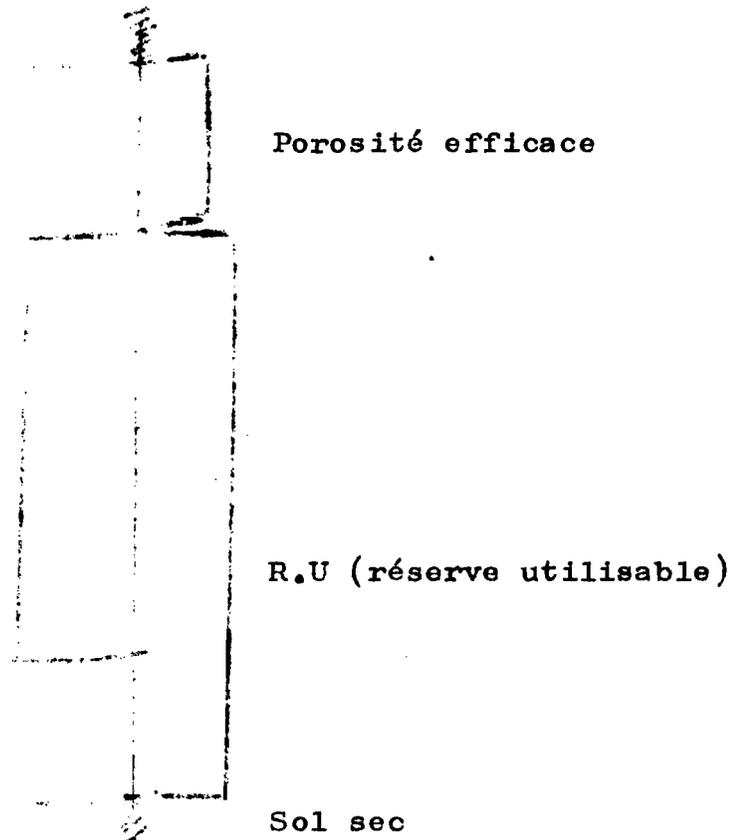
Capacité de saturation : C.S.

Capacité au champ ou capacité de rétention

Réserve facilement utilisable
(R F U)

Point de Flétrissement temporaire
H F T

Point de Flétrissement permanent
H F P



2 2 - 2 - 1 - Capacité de rétention ou capacité au champ (H R)

Elle définit en poids (pourcentage d'eau par rapport au poids du sol sec) l'état de ressuyage d'un sol arrosé qui s'est drainé librement et traduit théoriquement le passage de l'eau de saturation à l'état de capillarité de l'eau dans le sol.

Sa détermination est délicate aussi lui substitue-t-on celle de l'humidité équivalente.

2.2 - 2 - 2 - Humidité équivalente (H e)

C'est une valeur arbitraire du taux d'humidité correspondant à la teneur en eau résiduaire d'un échantillon du sol soumis par centrifugation, à une force de 1000g équivalente à la pression exercée par une colonne d'eau de 10m de hauteur, soit une atmosphère.

2.2 - 2 - 3 - Point de flétrissement (H F)

C'est le taux d'humidité en dessous duquel les plantes ne peuvent plus assurer leur subsistance. Le flétrissement est caractérisé par une certaine tension d'humidité correspondant à peu près à 15 atmosphère (soit 150m)

2.2 - 2 - 4 - La capacité utile d'un sol (réserve utilisable (R U) et réserve facilement utilisable (R F U))

C'est pour une profondeur d'humectation donnée, la dose maximale d'arrosage qu'un sol peut recevoir.

2.2 - 2 - 5 - La dose d'arrosage

La détermination de la dose maximale nécessite donc la connaissance des coefficients hydrauliques du sol et de la profondeur utile des racines. A partir de ces données il est facile de calculer la dose.

La dose maximale est celle qu'il ne faut pas dépasser pour ne pas risquer l'asphyxie de la plante ou tout au moins pour ne pas perdre inutilement une eau souvent coûteuse et rare.

La valeur de la dose maximale est considérée donc comme un plafond de la quantité d'eau à amener. Plafond qu'on ne doit jamais atteindre et qui doit rester une donnée théorique servant de base de calcul à la dose pratique.

Les bases d'une bonne irrigation ayant été jetées. Voyons, maintenant les différents systèmes d'irrigation.

2.3 - SYSTEME D'IRRIGATION

2.3 - 1) - Définition de l'irrigation

L'encyclopédie Internationale des sciences et des techniques citée par NABAGA (72) définit l'irrigation comme "un apport artificiel d'eau à une culture dans le but d'obtenir une production plus importante et plus régulière".

On distingue 2 types d'irrigation suivant les saisons :

- l'Irrigation de complément ou d'appoint au cours de la saison de pluies
- l'Irrigation intégrale pendant la saison sèche dans le but de faire une culture de contre saison.

L'eau d'irrigation doit aussi répondre à certaines exigences. D'après l'Encyclopédie Internationale des Sciences et des Techniques "Il est souhaitable que la température de l'eau soit pas trop différente de celle du terrain qui le reçoit ; il est préférable que l'eau soit oxygénée et qu'au moins elle ne soit pas réductrice. Les substances en suspension ne présentent pas d'inconvénient majeur et apportent même quelquefois des éléments fertilisants. Par contre, les substances dissoutes demandent plus d'attention particulièrement des chlorures (Tolérance à 5 g/l) ; les sulfates (2-10g/l) et les carbonates (2,5 - 5g/l)".

Une fois que l'eau est captée et amenée jusqu'au champ, il reste à répartir cette eau sur le champ de la manière la plus conforme aux besoins des cultures, et le plus favorable au maintien de la fertilité des sols. Dès lors, il se pose un problème qui est celui du choix de la méthode d'irrigation à utiliser pour que les plantes puissent en tirer le maximum de profit.

2 3 - 2) - Les systèmes d'irrigation

2 3 - 2 - 1 - Irrigation gravitaire

3.2.1.1. - Par ruissellement

Une mince lame d'eau d'épaisseur aussi infime que possible s'écoule sur le terrain pendant le temps voulu, pour que, compte tenu de la perméabilité du sol, celui-ci reçoive effectivement la dose d'arrosage jugée nécessaire.

Le terrain doit être en pente et nivelé.

La méthode présente des dangers d'érosion. Ainsi elle est réservée aux cultures fourragères perennées, prairie artificielles ou naturelles qui couvrent bien le sol.

3.2.1.2. - Par submersion.

L'eau est introduite sur le terrain par un canal de distribution, à une certaine profondeur épaisseur (99 cm). L'eau stagne sur le sol jusqu'à sa complète infiltration.

La méthode ne peut être pratiquée que sur des terrains plats.

3.2.1.3. - Par infiltration

L'eau est distribuée dans le champ par un réseau très serré de rigoles. C'est par infiltration à partir de ces rigoles que se trouvent alimentées en eau, les racines des plantes.

23 - 2 - 2 - Irrigation par aspersion

C'est un système d'arrosage qui consiste à distribuer l'eau sous forme de pluie sur le sol. Donc c'est une méthode qui se rapproche des conditions d'arrosage naturels par la pluie. Il est utilisé depuis longtemps par les jardiniers, les horticulteurs, les arboriculteurs pour les cultures maraîchères.

AVANTAGES

Ce système d'irrigation respecte mieux le sol. Permet de doser exactement l'eau nécessaire aux cultures. L'eau immédiatement infiltrée est utilisée jusqu'à la dernière goutte.

- Elle ne nécessite aucun aménagement préalable de la surface à irriguer et convient quelle que soit la nature du sol à arroser. Même s'il est perméable.

- Elle provoque une forte oxygénation de l'eau projetée en pluie, réalise une importante économie d'eau par rapport au système d'irrigation gravitaire.

- Enfin elle met à la disposition des exploitants des conditions d'arrosage très simples.

Mais ce système n'est pas parfait et présente un certain nombre d'inconvénients.

INCONVENIENTS.

- L'inconvénient majeur est que, l'aspersion nécessite un investissement lourd.

- Elle favorise l'évaporation qui est d'autant plus intense que les gouttelettes sont plus fines et l'air plus sec.

- Elle provoque le développement des mauvaises herbes.

2 3 - 3) - L'Irrigation goutte à goutte

L'irrigation goutte à goutte est une technique qui consiste à fournir de l'eau (éventuellement enrichi en fertilisants) directement à la surface du sol ou à l'intérieur du sol. L'eau est conduite jusqu'au niveau de la plante par un réseau de canalisations. Le dispositif permettant d'appliquer l'eau au pied de la plante est appelé "goutteur".

Ce système est très récent au Sénégal. Il ne permet pas encore de tirer tous les avantages et les inconvénients qu'il peut présenter.

Cependant, les chercheurs ont tiré certaines conclusions sur l'efficacité d'un réseau de goutte à goutte.

23.3.1 - Avantages

- Réduction des pertes par évaporation.

- La croissance des mauvaises herbes est empêchée, ce qui entraîne une réduction de la consommation en eau.

- Les cultures qui répondent à ce système d'irrigation ont un rendement important de meilleure qualité (des essais effectués à Bambey ont donné une augmentation de rendement de 15 à 20 % par rapport à l'aspersion.

- Par son principe un réseau de goutte à goutte n'humidifie qu'une partie de la surface du sol.

• Les arrosages n'interfèrent pas avec les autres activités culturales ; tels que les travaux du sol.

• Possibilité de pratiquer l'irrigation fertilisante.

23.3.2.- Inconvénients possibles

Ce système d'irrigation peut présenter trois catégories de problèmes :

- Obstructions de goutteurs

- L'accumulation des sels

- Répartition de l'humidité dans le sol : le goutte à goutte n'assure l'humidification que d'une fraction du volume susceptible d'être explorée par les racines.

Au Sénégal c'est le système gravitaire qui est utilisé.

L'irrigation goutte à goutte n'est pas encore au point et l'aspersion pose un certain nombre de problèmes d'ordre technique et économique (fragilité du matériel, charges d'amortissement élevées). A L'heure où nous sommes, le salut pour notre agriculture tributaire des pluies combien incertaines, réside en la mise en valeur des terres par l'irrigation.

2 - 4 - 1. Les aménagements Hydro-agricoles

Les terres riveraines du Sénégal, bénéficient de deux apports en eau : les pluies et le fleuve. A partir de ces sources deux cultures traditionnelles se sont développées.

- La culture sous pluie sur le sol sableux : le Dieri où on pratique la culture du mil.

- La culture de décrue sur le sol argileux : le Hollade du lit moyen.

Les aménagements pratiqués dans la vallée ont tout pour but, d'améliorer le système traditionnel de la culture de décrue.

Trois types d'aménagements sont réalisés :

24.11 - Les aménagements primaires

Les cuvettes inondables sont en digue. Des systèmes de vannes permettent de laisser passer ou non l'eau lors de la crue.

24.12 - Les aménagements secondaires

Ils consistent à relier les différents bas fonds par des canaux à fonds plats et à séparer les zones par tranches de côte.

Une autre variante est l'aménagement secondaire amélioré. Il s'agit de construction de stations de pompage capables de se substituer à la crue en assurant une submersion par pompage.

Depuis 1973, ce type d'aménagement a été converti en aménagement tertiaire où une maîtrise plus complète de l'eau est assurée.

2 4 - 1 - 3 - Les aménagements tertiaires

Il consiste à diviser en parcelles les terres aménagées en Secondaire amélioré. Chaque parcelle est desservie par un réseau d'irrigation et de drainage permettant de la remplir et de la vider à volonté indépendamment des autres.

Une maîtrise plus complète de l'eau par la construction de barrages permet aux pouvoirs publics d'entrevoir des projets tant sur le plan national que régional.

2 - 5 - PROJETS NATIONAUX ET REGIONAUX (70)

2 - 5 - 1 - Les vallées secondaires

Ce sont des projets qui concernent la Casamance maritime et le Sine Saloum.

2 - 5.1.1. La Casamance maritime

Les barrages envisagés ont pour but d'arrêter l'intrusion des eaux marines d'une part, et le stockage des eaux douces, d'autre part pour asseoir une agriculture à grande échelle.

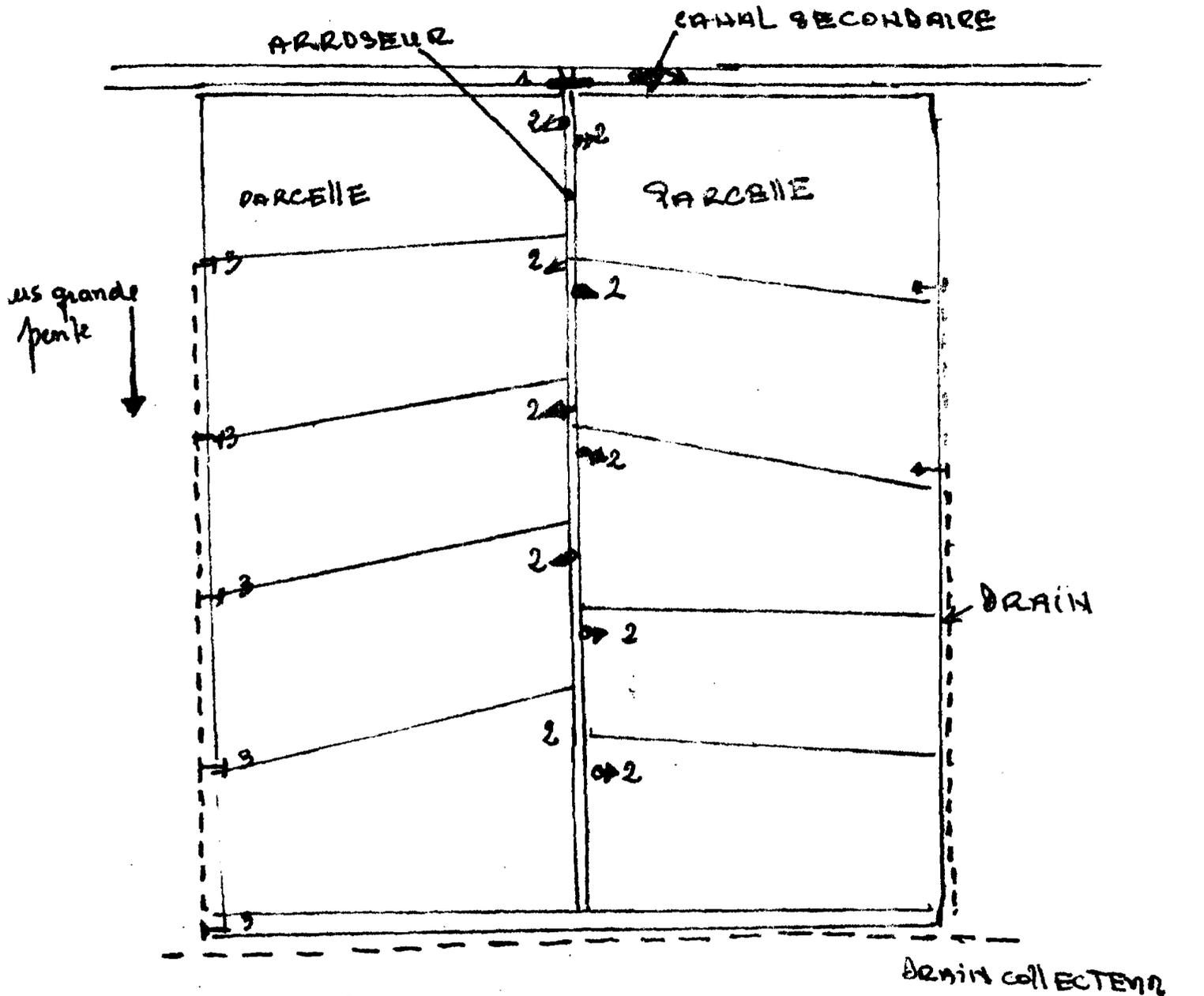
Les objectifs visés sont :

- L'intensification de l'agriculture sur les eaux douces
- L'extension de la riziculture sur les terres salées
- La sécurisation des récoltes
- L'amélioration des rendements moyens pour passer de 1000 Kg/ha à 2.200 Kg/ha du moins dans les cas les plus défavorables.

Les barrages seront réalisés à Nyassa et Guidel, dans les vallées de Baïla, Kamobeul, Bignona, Soungrougrou.

2 - 5 - 1 - 2. Le Sine Saloum

Dans cette région il s'agit essentiellement de revaloriser les terres salées grâce à la constitution de réserves d'eau par stockage des eaux pluviales ou par pompage en période de crue du fleuve Gambie.



- 1 ■ Vanette
- 2 ⇨ Prise d'eau implantée dans le point le plus haut de la parcelle
- 3 → Euse deversoir implanté dans le point le plus bas de la parcelle

PRINCIPE GENERAL D'IRRIGATION

(MAYER J. et BONNEFOND R ; S.A.F. ; 1973)

Source (72)

En dehors de ces projets nationaux, il y a d'autres de plus grande envergure : ce sont les projets régionaux qui s'inscrivent dans le cadre de l'O.M.V.S. (Organisation de la Mise en Valeur du Sénégal) et l'O.M.V.G. (Organisation de la Mise en Valeur de la Gambie).

2 - 5 - 2 - Mise en Valeur des Grands Bassins Fluviaux

5 - 2 - 1 - L' O. M. V. S

En juillet 1963 est créé à Bamako un Comité Inter-Etat pour l'aménagement du bassin du Fleuve Sénégal. C'est à partir de cette époque que date la coopération pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal.

Le comité regroupait : le Mali, la Guinée, la Mauritanie, et le Sénégal.

A ce comité succéderont :

- L'Organisation des Etats riverains du Fleuve Sénégal (O.E.R.S.) Elle se distingue du premier par un élargissement de sa vocation en posant le principe de l'extension de la coopération au delà des limites du Bassin.

- L'Organisation de la mise en Valeur du Fleuve Sénégal (O.M.V.S.) Elle fut créée en 1972 et ne devait plus compter que le Mali, le Sénégal, la Mauritanie.

Le Fleuve Sénégal est pour ces pays un atout essentiel. Son aménagement devient une préoccupation primordiale, car c'est le seul moyen de sauver les populations riveraines vivant dans une région semi-désertique aux confins du désert.

La mission assignée à l'OMVS est de promouvoir dans la vallée le développement intègre de l'agriculture, de l'élevage, et de l'industrie. Ceci sera possible grâce à la réalisation d'infrastructures qui sont les barrages de Diama et celui de Manantali.

5.2.1.1. - Le barrage de Diama.

Il sera construit à Diama à 23 kilomètres de Saint-Louis. C'est un barrage antisel. Son but principal est d'empêcher l'intrusion du sel jusqu'à l'estuaire sous l'action de la marée pendant la période de décrue.

Les effets bénéfiques de ce barrage se feront surtout sentir dans le domaine de l'agriculture ; 40 à 80.000 ha seront irrigués. Il permettra également d'alimenter le lac de Guiers en élevant le niveau de l'eau en amont du lac. La première pierre a été posée en Décembre 1979.

5.2.1.2. - Le barrage de Manantali.

Il sera implanté au Mali sur le Fleuve Bafing, affluent du Sénégal. C'est un barrage à buts multiples. Il permettra :

- de régulariser le débit du Fleuve à 300 m³/S à Bakel
- de produire 800 millions de KWH par an permettant le développement minier et industriel de 3 états.
- l'irrigation de 400.000 ha dans le bassin du fleuve.
- l'assurance de la navigation toute l'année entre Saint-Louis et Kayes.

Le début des travaux est prévu en 1980.

Une autre organisation plus restreinte est créée entre le Sénégal et la Gambie l'O. M. V. G.

5 - 2 - 2 - L' O. M. V. G.

Elle a été créée en 1976 à Dakar, son but est la mise en valeur du bassin du Fleuve Gambie. Les aménagements prévus permettront :

- la mise en valeur de 175.000 ha à 270.000 ha de terres pour l'amélioration de certains sols.
- l'amélioration de la navigation et la production de près de 1 milliard de KWH par an.

L' O. M. V. S. et L' O. M. V. G. sont des projets ambitieux certes, mais le goulot d'étranglement se situe au niveau du financement.

Leur réalisation permettrait non seulement d'augmenter notre production agricole, mais aussi de développer davantage notre élevage dont le facteur limitant reste l'eau.

DEUXIEME PARTIE : L'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORALE

CHAPITRE I. - L'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

L'hydraulique villageoise a pour objet de satisfaire quantitativement et qualitativement les besoins en eau des agglomérations rurales à longueur d'années.

L'alimentation en eau de ces collectivités rurales pose un problème bien spécifique : les villages sont isolés, difficiles d'accès, et ne disposent pas d'un personnel qualifié **capable** d'entretenir un matériel spécialisé.

Une autre particularité en milieu rural c'est que les ouvrages servant à l'alimentation humaine et ceux servant pour l'abreuvement des animaux sont communs. Cet état de fait s'explique par l'insuffisance des infrastructures à savoir les puits et les forages.

1 - Estimation des besoins

1 1 - Les besoins quantitatifs

Ces besoins quantitatifs sont très difficiles à évaluer. Ils sont surtout fonction de la possibilité de production du puits ou du forage.

Les besoins en eau en milieu rural ne sont pas les plus souvent couverts. Ceci non pas par manque de ressources disponibles mais surtout par absence d'ouvrages suffisamment équipés pour permettre un approvisionnement facile.

Cette situation a des conséquences néfastes car ces populations vont s'alimenter avec l'eau dont l'accès leur est plus facile. Or le plus souvent ces eaux sont polluées et ne répondent pas aux qualités requises d'une eau propre à la consommation.

1.2.- Les besoins qualitatifs

Une eau de bonne qualité doit être fraîche, limpide, incolore, inodore, sans saveur.

...../.....

S'alimenter avec une eau de bonne qualité est un premier pas vers l'élimination de beaucoup de maladies qui affectent l'homme. Donc une eau pure signifie une meilleure santé et une production accrue. (56)

Ainsi la santé de l'homme et l'eau qu'il boit sont étroitement liées.

Malheureusement dans la majorité des cas nos populations rurales, consomment de l'eau de qualité douteuse. D'après les rapports de l'Organisation Mondiale de la Santé les 2/3 de la population des pays en voie de développement ne dispose que de l'eau polluée. Cette eau est source de nombreuses maladies parasitaires et infectieuses. Elle peut véhiculer de nombreux germes pathogènes, agents du choléra, de la typhoïde, la paratyphoïde de la dysenterie etc...

Ces maladies provoquent chaque année une mortalité très importante surtout chez les enfants. Les rapports de l'organisation mondiale de la santé indiquent que 500 millions d'hommes dans le monde, sont atteints par ces maladies, dont la transmission est directement ou indirectement liée à la présence de l'eau polluée.

En dehors des maladies entériques il existe d'autres dont les hôtes intermédiaires et les agents pathogènes de transmission ont besoin d'eau pour survivre. Parmi ces maladies nous citerons : le paludisme, la filariose, l'onchocérose, la trypanosomiose, la bilharziose.

Après avoir évalué les besoins tant quantitatifs que qualitatifs, nous allons maintenant voir comment ces mêmes besoins sont-ils couverts ?

2 - COUVERTURES DES BESCINS

En milieu rural il existe 3 sources d'approvisionnement : les eaux souterraines, les eaux de pluie, et les mares et marigots.

2 - 1) - Les Eaux Souterraines

Nos populations rurales s'approvisionnent presque exclusivement à partir des eaux souterraines. Deux types d'ouvrages permettent de les exploiter : le puits et les forages.

2.1.1. Les Puits

C'est l'ouvrage type en raison de son prix de revient peu élevé ; aucune charge de fonctionnement n'intervenant. L'entretien nécessite peu de frais.

Les caractéristiques essentielles d'un puits sont : sa profondeur et le débit qu'il est capable de fournir.

2.11.1 - Les puits traditionnels

Ces puits sont dans de nombreux cas de construction artisanale. Il ne sont pas cimentés et ne possèdent pas de colonne filtrante et leur margelle est souvent constituée de rondelles de bois. Ils nécessitent un nettoyage plusieurs fois dans l'année car les parois non soutenues s'écroulent en permanence.

Les puits peuvent s'assécher, ce qui constitue de sérieux problèmes pour la population et le bétail.

Il existe deux types de puits traditionnels : les céanes et les puits traditionnels pérennes.

Les Céanes

Il s'agit d'un trou en forme de caverne circulaire foré dans les bas fonds et dépressions de terrains. A la partie supérieure des branchages empêchent la sable de s'écrouler.

Les céanes ont un caractère temporaire et disparaissent en saison sèche.

Les Puits pérennes

Ils sont beaucoup plus profonds. Pour le soutènement on utilise des branchages entre lesquels on met de la paille, ou des pierres.

Le principal défaut commun aux puits traditionnels est le captage de la nappe dans de mauvaises conditions :

1°) Il est rarement possible de pénétrer au delà de 0,5m dans la nappe.

2°) La fin du fonçage se fait sans soutènement. Le puisage continue provoque un ensablement rapide du puits. Cet ensablement creuse une caverne qui ne tarde pas à produire un éboulement.

De plus en plus, avec la politique de forage et puits menée par l'Etat Sénégalais, nous assistons progressivement à l'introduction de puits cimentés modernes.

2.11.2 - Puits Modernes (66)

Ils comprennent trois parties : le cuvelage, le captage, et l'équipement de surface.

- Le cuvelage :

Le cuvelage sert à maintenir la stabilité du terrain. Le plus souvent les puits sont forés dans des terrains non stables ainsi les parois peuvent s'effondrer facilement.

Il existe deux façons de cuveler suivant la nature du terrain.

- En terrain stable on termine d'abord le fonçage, ensuite on peut cuveler en remontant jusqu'à la surface.

- En terrain instable, on fait le cuvelage au fur et à mesure du fonçage.

- Le Captage

Il revêt une importance capitale. La longévité et le débit du puits dépendent du captage. Il est réalisé à la base du puits sous le niveau de la nappe. Le captage doit permettre l'arrivée de l'eau impregnant le terrain sans que soient entraînés les matériaux (sable, argile).

- L'Équipement de Surface

Ce sont des infrastructures qui permettent d'accéder au puits et de faciliter son utilisation. On peut trouver :

+ 1 Margelle qui protège la chute des hommes et des animaux et empêchent les souillures provenant de la surface, de pénétrer dans les puits.

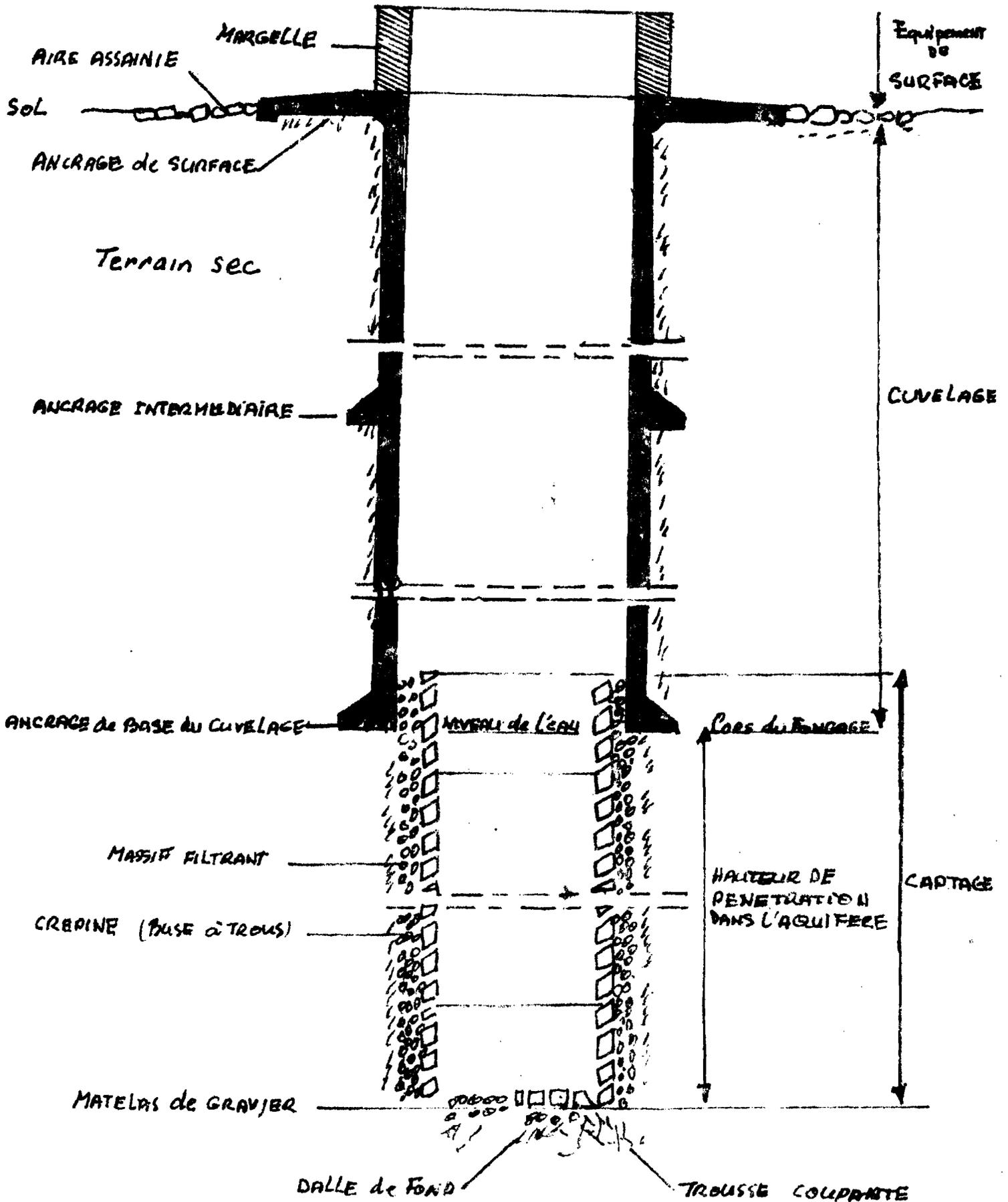
+ Le Trottoir

C'est une aire de propreté. Il sert également d'appui pour l'utilisateur.

+ 1 Aire Assainie

Son but est de maintenir aussi propre que possible les abords du puits. Elle empêche l'installation du borbier dû au piétinement des animaux.

PUITS EN BETON ARME



+ Abreuvoir

Comme nous l'avons précisé dès le début du chapitre, en milieu rural il est rare de voir des puits destinés uniquement à l'approvisionnement en eau des humains. C'est la raison pour laquelle le plus souvent à côté des puits on construit des abreuvoirs pour les animaux.

Ces différents ouvrages, qu'ils soient traditionnels ou modernes sont munis de moyen d'exhaure.

2.11.3 - Le problème de l'exhaure

C'est le problème crucial en milieu rural, qui jusqu'à présent fait que la recherche de l'eau devient une corvée quotidienne pour nos fermes. Le puisage demande des efforts pénibles et les distances à parcourir sont très longues.

Différents moyens sont utilisés suivant le débit du puits.

- Pour les Céanes : L'exhaure ne pose pas de problème.

L'eau est à une profondeur faible. Un récipient attaché au bout d'une corde peut permettre le puisage. Certaines céanes ne nécessitent même pas de corde. Il suffit simplement de se pencher et avec un seau puiser de l'eau.

- Pour les Puits Perennes

Le matériel le plus communément utilisé comporte une corde, dont la longueur est fonction de la profondeur du puits et un récipient ou puisette qui peut-être en peau ou en caoutchouc.

Le récipient a une capacité variant de 3 à 50 litres. Pour le remonter à la surface on peut avoir recours à différentes sources d'énergie :

- La force humaine
- La traction animale
- Les éoliennes
- L'énergie thermique

+ La Force Humaine

Elle est possible que si les besoins domestiques et l'abreuvement du cheptel sont très limités.

Un dispositif placé au dessus de l'ouverture du puits permet d'atténuer l'effort à fournir.

Il est formé d'une armature qui comprend :

- 2 solides fourches de bois ou en fer réunies pour une traverse.
- Une ou plusieurs poulies au milieu de la barre transversale.

Le nombre de poulies est fonction du débit du puits. Le puisage est individuel ou collectif suivant la profondeur du puits et la capacité du récipient.

Bremond (19) rapporte que dans un puits de 75 m, deux hommes, qui actionnent une corde passée sur une poulie et comportant à chaque extrémité une outre de 10 à 15 litres, ont puisé 900 litres d'eau en une heure.

+ La traction Animale

Les animaux utilisés sont l'âne et le boeuf. Le principe est le suivant : l'extrémité de la corde supportant la puisette plonge dans le puits, tandis que l'autre bout est fixé à l'encolure de l'animal qui selon des axes correspondant à chaque poulie va s'éloigner du puits. A chaque fois une distance égale à la profondeur du puits est parcourue.

Les débits suivant ont été enregistrés avec 1 ou 4 delous

1 m³/H pour un âne

2 m³/H pour un boeuf

Mais pour ces travaux un dressage préalable est nécessaire. On a remarqué que c'est l'âne qui se prête le mieux à ce genre de travail.

+ L'Energie Eolienne

Les éoliennes auraient apporté une solution au problème de l'exhaure. Elles demandent peu de manipulation une fois installées.

Malheureusement leur mise en place n'a pas été précédée d'une étude sérieuse des conditions d'utilisation et des caractéristiques du matériel à choisir.

+ Principe de Fonctionnement d'une Eolienne

Il est simple, et fait intervenir la force du vent pour créer une énergie destinée à faire monter l'eau. Ce vent actionne les ailes de l'éolienne qui entraînent une chaîne à laquelle sont fixés de

..../....

petits godets. Ceux-ci se chargent en eau lorsqu'ils passent au fond du puits. Puis la déversent sur une canalisation au moment où ils atteignent leur point d'inflexion supérieur. Après il se dirige de nouveau vers le fond (36).

L'énergie éolienne pour l'exhaure a été expérimentée à Louga. Nous exposons ici les résultats de ces expériences.

Résultat des expériences menées à Louga

Les éoliennes étaient expérimentées sur 3 forages semblables captant l'eau d'une même nappe ayant une profondeur moyenne de 53 mètres. Chaque forage était équipé d'une éolienne de marque différente. Ainsi, 3 marques ont été essayées.

- Hercules
- Came
- Aeromotor

Les résultats n'ont pas été spectaculaires. Les deux éoliennes CAME et AEROMOTOR sont tombées en panne, la marque HERCULE ayant donné les meilleurs résultats... L'analyse des causes d'échecs a permis de faire certaines observations. :

- Un contrôle et un graissage périodique sont indispensables. On a remarqué que le matériel éolien ne peut se passer d'entretien et que celui-ci doit être exercé par un personnel compétent.

- Le complexe puit - éolienne - pompes, doit faire l'objet d'une étude d'ensemble de façon à définir les caractéristiques techniques les meilleurs, compte tenu du régime des vents et du débit souhaité.

- La connaissance du régime des vents est primordiale dans tout projet d'installation d'éolienne.

On préconise comme emplacement favorable typique "une colline à pente occupant une position dominante et bien dégagée tout au moins dans la direction des vents".

- Enfin, les résultats ont montré que c'est en période de saison sèche que sont obtenus les plus gros débits. On retiendra donc que c'est en période critique que le matériel éolien rendra les plus grands services tout au moins pour l'abreuvement des troupeaux.

Partout où les éoliennes ont été utilisées, que ce soit au Sénégal ou au Mali (FAO) on a assisté à des échecs.

Le fonctionnement des éoliennes répond à certaines conditions qui le plus souvent ne sont pas toutes réunies.

De toute façon leur utilisation ne peut être envisagée qu'avec des appareils robustes, un entretien sûr et une connaissance parfaite du régime des vents.

- L'Energie thermique : les pompes solaires

Dans les pays en voie de développement les ressources naturelles d'énergie sont rares. Par contre l'énergie solaire y est intense donc il est normal de chercher à utiliser cette énergie : c'est le but des pompes solaires pour l'exhaure de l'eau.

Les pompes solaires utilisent le rayonnement solaire pour produire de l'énergie nécessaire à l'exhaure.

Les travaux entrepris par le Professeur Masson Doyen de la Faculté des Sciences de Dakar à l'époque et de Monsieur J. P. GIRARDIER Directeur des Etablissements P. MENGIN à Montargis ont contribué au développement du pompage de l'eau par l'utilisation de l'énergie solaire.

Les prototypes de pompes solaires ont commencé à fonctionner depuis 1963 à Dakar et au Niger.

Ces travaux ont été poursuivis et à l'heure actuelle de nombreuses pompes sont réalisées au sein de la S.I.N.A.E.S. (Société Industrielle des Applications de l'Energie Solaire), crée en 1976.

La S.I.N.A.E.S. s'est livrée dans un premier temps à des activités commerciales : installation et entretien du matériel importé ; puis dans un deuxième temps elle se propose de fabriquer sur place du matériel adapté aux exigences spécifiques de l'Afrique de l'Ouest.

C'est ainsi que des expériences ont été menées à Mediane et Merina Dakhar.

Les moteurs solaires peuvent rendre de grands services dans les zones déshéritées des régions tropicales.

Al Sénégal, le Ferlo est la région la plus indiquée pour recevoir ce matériel de pompage, pour permettre la mise en valeur de vastes pâturages inexploités par manque d'eau.

En dehors des puits, les eaux souterraines peuvent être exploitées par d'autres ouvrages : les forages.

2 1.2 - Les Forages

Deux types d'ouvrages sont utilisés :

- Le forage-puits
- Le forage-équipé

2 1.2.1 - Le forage-puits

Il est constitué de deux éléments :

- 1 forage classique : l'eau est captée dans la nappe maestrichtienne très profonde (plusieurs centaines de mètres). En vertu du pouvoir artésien du maestrichtien, l'eau remonte dans le tube du forage jusqu'à un niveau dit piezométrique.

- 1 contre-puits : construit à proximité immédiate du forage de diamètre intérieure égale à 1,80 mètre et de profondeur légèrement supérieure à celle du niveau de remontée de l'eau dans le forage. Une communication est établie entre les deux ouvrages. Elle permet de faire affluer l'eau dans le puits où elle peut être puisée par les moyens classiques évoqués précédemment.

INTERET

L'Intérêt des forages-puits réside dans la grande puissance de la nappe aquifère située dans le maestrichtien. En plus contrairement au puits profond on a moins à foncer et l'exhaure qu'elle soit manuelle ou animale est plus facile, l'eau pouvant se situer à une profondeur de 19 mètres

2 1.2.2. - Le forage équipé

C'est un ouvrage ordinaire, exécuté et muni de l'équipement nécessaire à son exploitation. A la place du contre-puits, on dispose d'un réservoir en surface qui peut être posé sur le sol ou surélevé. Ce réservoir a en général la capacité de stocker une ou plusieurs centaines de mètres cubes d'eau qui permettront l'approvisionnement en eau des populations locales.

L'équipement de surface comprend :

- Une cabine de pompage avec un moteur utilisant comme énergie de l'électricité ou du Gaz-Oil.
- 1 Magasin pour l'outillage et les pièces de rechange
- Un logement pour le mécanicien chargé du fonctionnement et de l'entretien du matériel.
- 1 ou plusieurs abreuvoirs.
- 1 borne fontaine.

Pour l'exhaure, deux types de pompes peuvent être utilisées : des pompes manuelles, et des pompes motorisées.

Les pompes manuelles sont essentiellement utilisées dans les C.E.R. (Centre d'Expansion Rurale)

Parmi les pompes motorisées deux types sont actuellement utilisés :

- Les pompes américaines type LAYNE

Elles sont caractérisées par leur robustesse et leur longévité : 30 ans environ.

- Les pompes françaises type ALTA

Elles sont moins robustes et durent moins longtemps : 15 ans environ. Néanmoins le Génie Rural a opté pour ces pompes à cause d'une facilité d'approvisionnement en pièces de rechange.

En dehors de ces deux types de pompes on peut utiliser les moteurs type Baudoing et Lyster.

S'il est vrai que des efforts sont faits dans la mise en place de nouveaux ouvrages ; il en est autre pour leur entretien. Actuellement de nombreux puits et forages sont inexploités faute d'entretien. C'est ce problème très aigu que nous allons aborder

2 1.3 - Entretien des ouvrages

Les problèmes de l'entretien et du fonctionnement constituent la pierre angulaire de tout équipement hydraulique villageoise. Les types d'ouvrages, l'exhaure, le matériel, l'organisation financière et les structures doivent être conçus d'abord en fonction de cet impératif majeur.

...../.....

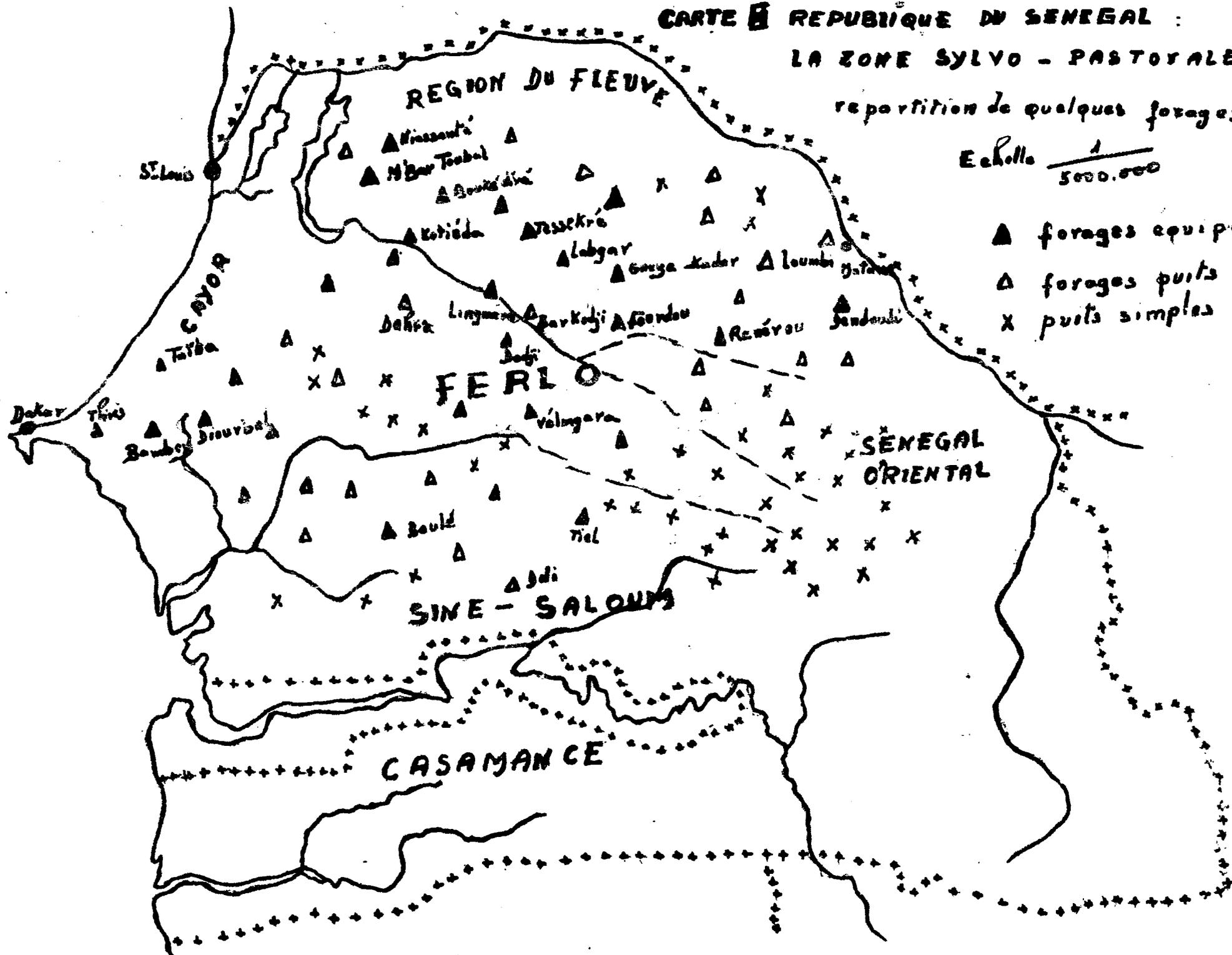
CARTE DE REPUBLIQUE DU SENEGAL :

LA ZONE SYLVO - PASTORALE

repartition de quelques forages.

Echelle $\frac{1}{5000.000}$

- ▲ forages équipés
- △ forages puits
- x puits simples



-42-

Source 19)

2 1.3.1. L'entretien des puits

Les puits se dégradent rapidement. Surtout ceux qui font l'objet d'une exploitation intensive. Les principaux dégâts constatés sont :

- L'ensablement : très fréquent avec les puits traditionnels.
- La détérioration du cuvelage
- L'affouillement des parties captantes
- La dégradation de la superstructure.

Les travaux d'entretien sont confiés à des brigades de puits.

2 1.3.1.1 - La Brigade des Puits

C'est une institution qui existe depuis longtemps au Sénégal. Mais leurs activités étaient très limitées par manque de moyens nécessaires pour mener à bien leur mission.

C'est seulement à partir du IV plan de développement économique et social du Sénégal que les brigades de puis ont été réanimées et instituées dans toutes les régions. Avec le V plan un intérêt particulier sera accordé à ces brigades de puits qui sont appelées à intervenir pour l'achèvement de nouvelles constructions, et à assurer le bon fonctionnement des puits existants.

Il faut noter que ceci n'est qu'une vision globale du problème. La réalité est que le problème de l'entretien est rarement envisagé quand on sait que certains entretiens nécessitent souvent autant de moyens financiers que la construction de puits neufs.

La conséquence est que de nombreux puits après quelques années, ne sont plus fonctionnels. Les travaux auxquels on devait faire face sont multiples :

- Le curage du puits : qui consiste en l'extraction des débris tombés dans le puits.
- Rajouter du gravier filtre derrière le captage.
- Réparer les parties en béton.

- Remblayer ou dégager les abords du puits, surelever la margelle.
- Approfondir certains puits dont le débit est insuffisant.

2 1.3.2 - L'ENTRETIEN DES FORAGES

L'entretien porte sur les stations de pompage : contrôle périodique des pompes et moteurs, dépannage et réparations simples, remplacement des pièces défectueuses.

Au Sénégal l'entretien des forages est assuré par un service administratif : la S.O.M.H. (Subdivision d'Outillage Mécanique de l'Hydraulique).

2 1.3.2.1 LA STRUCTURE DU SERVICE

Le service comprend un échelon central et des sous-sections. L'échelon central est basé à Louga. Il est composé d'une direction et d'un bureau des méthodes et des ateliers.

Les sous-sections se trouvent à Louga même, Linguère, Kaolack et Matam. Elles dépendent non seulement de l'échelon central mais aussi des autorités locales.

2 1.3.2.2. LE FONCTIONNEMENT DE LA S.O.M.H.

Chaque sous-section était équipée de poste-radio. Mais à l'heure actuelle seule la sous-section de Matam continue à se servir de son poste radio. Ainsi dans les secteurs dépourvus de poste-radio, en cas de panne, on est obligé de recourir au téléphone pour avertir la station centrale. Malheureusement ceci n'est pas toujours possible du fait que certains forages sont situés en pleine brousse où il n'existe aucun moyen de communication. Dans ce cas les pasteurs et les autres habitants se cotisent pour payer le billet au gardien qui doit aller avertir la station centrale.

Le fonctionnement de la S.O.M.H. est entravé par certaines contraintes résultant de son statut administratif.

- Le déplacement d'un agent d'une sous-section nécessite un ordre de mission signé par les autorités locales.

- La qualification du personnel laisse à désirer
- Sur le plan financier, la lourdeur du processus administratif ne permet pas l'octroi de crédit pour les besoins ponctuels.
- L'utilisation de la voie hiérarchique pour une demande de dépannage urgent entraîne des délais parfois intolérables pour sa transmission à la sous-section concernée.

Malgré toutes ces difficultés la S.O.M.H a donné satisfaction. Seulement les résultats auraient été meilleurs si le matériel d'intervention était renouvelé et l'octroi d'autres véhicules assuré du fait de l'extension du réseau et de sa dispersion géographique.

2 1.4 - LE COUT DES OUVRAGES

Le coût des ouvrages est estimé en fonction de plusieurs facteurs : profondeur de la nappe, l'endroit choisi, du diamètre, du débit désiré, de la nature du terrain. Pour les puits le coût du mètre linéaire s'élève à 76.000 Fr CFA. Quant aux forages le prix du mètre linéaire se situe aux environs de 70.000Fr. Mais il faut ajouter les équipements de surface qui sont des éléments fixes partout.

Ce sont :

- Un groupe moto-pompe à 3.000.000 Fr environ
- Les aménagements de surface dont le coût total peut s'élever à 900.000 Fr.
- Les imprévus qui peuvent représenter 10% du total. A tout cela il faut ajouter les charges recurrentes au fonctionnement tels que les salaires du gardien et du mécanicien, le prix des pièces détachées, le carburant, l'entretien de la moto-pompe.

Comme nous venons de le voir les eaux souterraines peuvent être exploitées par 3 types d'ouvrages, les puits, les forages-puits, et les forages équipés.

Le problème qui se pose maintenant c'est celui du choix entre ces 3 ouvrages. S'il est vrai que les forages-puits sont plus pratiques que les puits ordinaires, ils devront en tout cas céder la place aux forages équipés au fur et à mesure que l'Etat sera capable de les financer.

...../.....

D'après des études techniques, le forage équipé est plus rentable à la "tête abreuvée". Elle permet en outre, une alimentation en eau de bonne qualité pour les animaux et pour l'homme.

L'étude des ressources en eau souterraine terminée, nous étudierons maintenant d'autres ressources non négligeables surtout en hivernage : les eaux de pluies et eaux superficielles.

2 - 2 - LES EAUX PLUVIALES

Elles sont recueillies pendant la saison des pluies à partir des toitures des maisons en zinc ou en fibro-ciment.

Les eaux fournies par les premières pluies ne sont pas consommées car elles ont servi à laver la toiture.

Mais dès la deuxième pluie, on voit tout au long du rebord des vérandas une rangée de bassines. Ce sont les jeunes filles et garçons qui trouvent beaucoup de joie dans la collecte de ces eaux.

L'eau est stockée dans de grands canaris pouvant contenir jusqu'à 30 bassines d'eau et ne sera consommée que pendant la saison sèche quand l'eau se fait rare.

2 - 3 - LES EAUX SUPERFICIELLES : Mares et Marigot

Elles constituent pendant la saison des pluies une source d'eau directement disponible sans intervention de l'homme. Ces mares et marigots, se forment dans de petites cuvettes naturelles généralement peu profondes.

Ils jouent un rôle très important dans les zones éloignées, loin du fleuve, et dépourvues en puits ou forages.

Malheureusement dès la fin de la saison des pluies, leur niveau commence à baisser en raison de la forte évaporation d'une part, et du rythme élevé d'utilisation d'autre part.

Sur le plan sanitaire c'est une eau qui est toujours polluée. Elles n'ont aucun moyen de protection. Partout où il sera possible, ces eaux sont à proscrire.

D'une façon générale, l'eau manque en milieu rural. Ce sont pas les ouvrages qui manquent ; c'est le problème de l'exhaure qui se pose. Des efforts gigantesques restent à faire pour débarrasser nos femmes d'une servitude qu'est la recherche de l'eau.

Contrairement aux villes nos populations rurales consomment de l'eau provenant directement des forages ou des puits. Or les nappes exploitées peuvent être polluées par les eaux usées et celles rejetées par les usines.

I - 3. - La Pollution des eaux

Les eaux souterraines peuvent donc être polluées de deux manières : bactériologiquement et chimiquement.

I - 3.1. - La pollution bactériologique

Elle résulte surtout du rejet d'eaux usées. Elle constitue un danger permanent pour la population.

Heureusement ces effets sont limités par le pouvoir filtrant des sables qui constituent la plupart des terrains aquifères au Sénégal. Au delà de 100 mètres de cheminement , l'eau est bactériologiquement pure (68)

Il n'en demeure pas moins que le danger persiste. Surtout avec les puits qui captent les nappes phréatiques peu profondes.

Les abords de ces puits constituent souvent des lavoirs. Les eaux usées peuvent donc s'infiltrer et polluer les eaux de ces mêmes puits.

Une autre source de contamination est constituée par les méthodes traditionnelles d'exhaure par les cordes. Ces cordes balaient les abords sales des puits pour ensuite y retourner.

I - 3.2. - La pollution chimique

Elle est le résultat de rejet d'eau chimiquement polluée par les usines, les agglomérations et les épandages d'engrais. Ces effets ont beaucoup plus loin , que ceux de la pollution bactériologique. C'est ainsi qu'à Bambey la contamination d'un puits s'est étendue aux puits voisins. La propagation a été favorisée par la présence de fissures très larges dans les calcaires.

D'une façon générale, la pollution présente sous ses deux formes un danger contre lequel il y a lieu de se préserver par des mesures rationnelles et méthodiques.

CHAPITRE II - HYDRAULIQUE PASTORALE ET PROPOSITION D'AMÉLIORATION.

A. Hydraulique Pastorale

1 1 - Les Besoins spécifiques en eau des animaux

L'abreuvement des animaux est le goulot d'étranglement de notre élevage. L'eau, lorsqu'elle existe présente le plus souvent un caractère douteux. Malheureusement avec la rareté des points d'eau, l'éleveur ne se soucie plus de la qualité de l'eau.

1 - 1) Hygiène de l'abreuvement

La composition minérale de l'eau de boisson est en relation directe avec les sols dont l'eau provient. Ainsi, l'eau peut jouer un rôle important dans la nutrition en apportant par exemple du calcium dans l'organisme animale.

Par ailleurs il y'a des inconvénients liés à une carence minérale des eaux : carence en calcium, en iode qui peuvent avoir des répercussions graves sur les productions, sur la fertilité, la croissance.

En dehors des inconvénients liés à la minéralisation de l'eau il en existe d'autres qui sont propres à l'eau, liés à un abreuvement excessif soit à un abreuvement insuffisant (87)

Dans nos régions, un excès d'abreuvement est rarement constaté. En plus, la sensation de soif règle en effet la consommation d'eau d'une manière plus précise que l'appétit ne règle l'ingestion d'aliment.

Néanmoins, lors d'une restriction d'eau chez les polygastriques, l'abreuvement doit être surveillé car le réflexe de la gouttière oesophagienne peut se réveiller et l'eau ingérée passe alors directement dans la caillette et l'intestin, provoquant ainsi une indigestion d'eau.

Une quantité excessive d'eau absorbée se traduit par :

...../.....

- Une augmentation de volume urinaire, l'urine est diluée. Les composés azotés s'éliminent au début de la diurèse.

A l'opposé, les effets de l'insuffisance sont les plus fréquents et plus graves. On peut noter une insuffisance aiguë ou une insuffisance chronique.

L'insuffisance aiguë se produit lorsque l'animal est privé d'eau pendant une courte période ou quand une perte excessive d'eau causée par la couverture des besoins de la régularisation thermique n'est pas compensée.

Chez les animaux qui transpirent, cela se traduit par une forte sudation avec perte de chlorure de sodium. Ceci est fréquent chez le cheval soumis à un effort musculaire intense. La déshydratation qui en résulte ne peut être compensée par la simple consommation d'eau mais elle exige également l'absorption de sel.

L'insuffisance chronique elle, est grave dans ses conséquences secondaires. Chez toutes les espèces, la pénurie chronique entraîne :

- La réduction du volume des sécrétions digestives cause d'anorexie.
- La réduction d'eau des fèces provenant d'une résorption intestinale accrue qui peut entraîner une constipation chronique.
- La réduction du volume urinaire, conséquence d'une résorption tubulaire plus intense. Ceci s'accompagne de la concentration de l'urine et peut conduire à la formation des calculs.

Un sous-abreuvement peut toucher également les fonctions de luxe. Telles que les productions laitières et de viande.

Un sous-abreuvement conjugué à une température ambiante élevée entraîne une diminution du taux de la matière grasse et en général une baisse de la quantité du lait excrétée.

Dans les pays tropicaux, l'engraissement est compromis en saison sèche. La croissance se fait en dents de scie avec une période d'embonpoint en saison humide et une période de maigreur en saison sèche. L'abreuvement des animaux est lié aux aléas climatiques.

D'une manière générale, l'abreuvement doit se faire avec une eau saine, de bonne qualité et en quantité suffisante. C'est un constituant qui joue un rôle fondamental dans l'organisme animal.

1 - 2) - IMPORTANCE ET ROLE DE L'EAU DANS L'ORGANISME ANIMAL

1.21 - Importance

L'eau est un constituant indispensable à toutes espèces. L'abreuvement des animaux est primordial. En effet l'animal peut rester sans nourriture mais il lui faut s'abreuver car n'ayant pas de réserves hydriques.

L'eau est l'élément pondéral le plus important de l'organisme elle constitue 60 à 75 % du poids des mammifères et des oiseaux adultes.

La quantité d'eau dans l'organisme décroît de la naissance à l'âge adulte.

Un veau à la naissance a un taux de 75,8 % d'eau. A 3 mois ce taux tombe à 71 %. Dans l'organisme adulte l'eau se trouve répartie de la manière suivante dans les différents tissus vivants.

- Os total 66 %
- Os moins moelle 27 %
- Muscle, foie 75 %
- Cartilage 67 %
- Tissu adipeux 6 à 20 %
- Tissu élastique 50 %
- Liquide caphalo-rachidien 9 %
- Matière grise du cerveau 86 %
- Matière blanche du cerveau 28 %
- Sang 80 %
- Peau 60 à 75 % suivant l'âge.

1.22 - L'EAU DANS L'ORGANISME ; SON ROLE

1.221 - Secteurs Hydriques

L'eau doit être renouvelée sans arrêt, sa circulation maintient chaque partie du corps en équilibre. Cette circulation s'effectue entre deux secteurs qu'on appelle secteurs hydriques. Ainsi on distingue l'eau intracellulaire et l'eau extracellulaire.

+ L'EAU INTRACELLULAIRE

Elle représente 50 % du poids du corps. C'est l'eau protoplasmique support du contenu cellulaire. Elle est séparée de l'eau extracellulaire par la membrane cytoplasmique qui joue un rôle sélectif.

+ L'EAU EXTRACELLULAIRE

Elle représente 20 % du poids du corps. Elle se répartit comme suit :

- L'eau de circulation intra-vasculaire : 5 % du poids du corps.
- L'eau interstielle lacunaire 15 %

Entre les deux secteurs, il existe des échanges permanents mais ces échanges ne sont pas cycliques. Il y'a des entrées et des sorties.

1.2.22 - BILAN

+ LES ENTREES

La source principale d'eau est l'eau de boisson, mais cette eau n'est pas la seule. Il y'a :

- L'eau apporté par les aliments
- L'eau provenant de la combustion des aliments et des tissus c'est l'eau métabolique.
- Une certaine partie provient des réactions de synthèse.

+ LES SORTIES

L'élimination d'eau continue est indispensable. Elle permet l'évacuation des résidus du catabolisme. Elle participe également à l'homéostasie. Les pertes se font au niveau du tube digestif par les matières fécales, au niveau de l'appareil respiratoire et de la peau par évaporation.

...../.....

1.2.2.3 - LE ROLE DE L'EAU

L'eau joue un rôle extrêmement varié.

1 - L'eau est un composé plastique : c'est un des constituant du protoplasme.

2 - C'est un solvant : elle véhicule les enzymes. Les hormones, les métabolites, les déchets, les hématies et les leucocytes.

3 - C'est un composé chimique : elle joue un rôle dans les réactions d'hydrolyse, d'oxydo réduction et de synthèse.

4 - C'est un facteur primordial de l'homéostasie du milieu intérieur : c'est-à-dire la capacité qu'a l'organisme de maintenir certains constituants dans les limites compatibles avec la vie : pression osmotique et oncotique, pH, température interne (88)

5 - Elle joue un rôle de protection dans certains organes.

- Cerveau : liquide céphalo-rachidien

- Oeil, articulation : liquide synoviale.

Après avoir précisé son importance capitale pour l'organisme et son rôle extrêmement varié. Etudions maintenant les besoins en eau des animaux.

1.3 - BESOINS EN EAU ET LEURS VARIATIONS

1.3.1. - LES BESOINS QUALITATIFS

Les animaux comme les hommes ont besoin d'eau potable. Des critères physico-chimiques et bactériologiques définissent la potabilité de l'eau.

1.3.2. - LES BESOINS QUANTITATIFS

Mises à part les exigences minimales compatibles avec la vie, les besoins d'un organisme animal, du point de vue quantitatif, ont pour but de compenser les pertes.

..../....

1.3.21 - LES BESOINS NORMAUX

En milieu tropical, les normes suivantes peuvent être appliquées (82)

- Pour les Bovins

- Au Sahel, les besoins théoriques s'élèvent à 40 litres par j/animal si les animaux sont abreuvés tous les deux jours. En saison humide, ces besoins tombent à 15 litres. En zone côtière guinéenne les taurins ont des besoins moyens de 10 litres.

- Pour les Moutons

Dans les stations, les normes suivantes ont été observées :

- 2 litres en zone humide
- 3 litres en zone sèche

Mais d'une façon générale, dans le Sahel, la prise journalière n'est guère supérieure à 1 ou 2 litres.

- Pour les Chèvres

Elles sont considérées comme des animaux qui résistent à la soif. En réalité, elles boivent tous les jours quand elles ont la possibilité.

Des expériences menées à la station de marari confirment cet état de fait. L'ingestion d'eau varie d'1 litre chez les mâles à 1,5 litre chez les femelles.

- Pour le Cheval

Son abreuvement quotidien est une nécessité impérative. Le volume ingère varie de 20 à 50 litres selon l'activité, le régime alimentaire et les conditions climatologiques.

..../....

- Pour le Chameau

Il peut résister à une privation d'eau d'une semaine. Mais on peut noter une baisse de poids de 20 à 25 % par suite d'une deshydratation prolongée. A la suite d'une privation d'eau, le chameau peut ingérer 100 litres d'eau en 15 ou 20 minutes.

En régime d'entretien, la consommation est de l'ordre de 60 l tous les deux jours. Ce volume passe à 80 litres en période de travail.

- Pour l'Ane

Les normes s'élèvent de 15 à 20 litres d'eau par jour selon la saison et l'activité.

Ces normes varient en fonction de plusieurs facteurs que nous allons essayer de passer en revue.

1.3.22. LES VARIATIONS

Les besoins en eau d'un animal varient en fonction de deux types de facteurs principaux :

- les facteurs intrinsectes
- Les facteurs extrinsectes

1.3.2.2.1 - LES FACTEURS INTRINSECTES

- L'Espèce

La consommation d'eau varie chez les différentes espèces animales. Ces variations s'expliquent par le format. Par le rapport surface sur masse de l'animal et enfin par les degrés de production.

- La Race

Ces variations sont liées à l'adaptation de la race, aux contraintes du milieu. Ainsi les races locales sont moins exigeantes en eau que les races importées.

..../....

- L'Age

Du point de vue quantitatif, les jeunes consomment moins d'eau, leurs besoins sont plus grands et plus impérieux que ceux des adultes. Une privation d'eau se traduit par une forte mortalité surtout en saison sèche.

- Les productions

Tout effort s'accompagne d'une sudation. Donc plus l'effort est grand, plus les sorties sont importantes. Ainsi, les besoins sont accrus quand il y'a une production d'énergie notamment lors de voyage, de portage, ou de trait.

De même, la production laitière est responsable d'une forte consommation d'eau et pour deux raisons.

- 1°) - L'eau intervient dans la composition du lait
- 2°) - La production laitière nécessite une importante activité métabolique dont celle de l'eau.

1.3.2.2.2. - LES FACTEURS EXTRINSECTES

- La Température

La sensation de chaleur se manifeste par une élévation de la température. Pour lutter contre cette chaleur l'organisme animal élimine de l'eau par sudation et par ventilation pulmonaire. Il équilibre ainsi, sa température centrale avec celle du milieu.

Plus la température s'élève, plus l'élimination d'eau est importante et plus les besoins de déshydratation sont grands.

- Le Degré Hygrométrique

C'est la teneur de l'air en vapeur d'eau. Il influe sur l'intensité de la chaleur et sur l'élimination d'eau pour les animaux pour atténuer cette chaleur.

Le degré hygrométrique est faible en saison sèche.

- La Ventilation et l'Evaporation

Ce sont deux facteurs qui ont pour conséquence l'assèchement des téguments des organismes vivants. La teneur en eau des végétaux diminue, les besoins en eau des animaux qui les consomment se trouvent augmentés. Les animaux rehydratent leur peau en prélevant l'eau dans le milieu intérieur.

- La teneur en eau des Fourrages

Les besoins en eau des animaux sont couverts à partir de trois sources : l'eau de boisson, l'eau métabolique, et l'eau des aliments.

Or, en saison sèche les végétaux des pâturages naturels qui constituent d'ailleurs les seules aliments de nos animaux, perdent leur teneur en eau sous l'effet conjugué de la chaleur et de la rarefaction de l'eau. Cette baisse de teneur en eau provoque une augmentation de l'eau de boisson.

Ces différents composants et les variations qu'elles provoquent sur les boissons sont regroupés dans le tableau suivant (82)

PERIODES	Température moyenne en degrés	Degré hygrométrique %	Evaporation en 24 h en mm	Teneur en eau des fourrages %	Eau consommée par 24 h. en litres	
					ZEBUS	TAURINS
PLUIES						
Juin-Septem.						
Moyenne	30,4	57,9	2,32	74,7	16,1	12,5
Extrêmes	128,4-37,7	142,1-69,3	11,47-3,78	171,1-78,4	110,4-23,2	7,4-19,0
SAISON SECHE						
Octobre - Mai						
Moyenne	32,6	28,2	6,75	29,4	20,9	20,6
Extrêmes	28,1-33,7	13,1-42,1	3,35-9,48	8,1-62,8	12,8-28,8	12,0-25,1

...../.....

Face à la rarefaction des points d'eau et de la non disponibilité d'une quantité nécessaire pour la couverture de ses besoins l'animal dispose d'un certain nombre de moyens pour survivre à la privation d'eau, ceci nous amène à étudier les mécanismes d'adaptation des animaux à la soif.

1. 4 - ADAPTATION DES ANIMAUX A LA SOIF

La sensation de soif est due à la sécheresse de la muqueuse buccale. Elle est déclenchée par une augmentation de la pression osmotique du sang : Une réduction de volume du secteur plasmatique entraîne une concentration de ce secteur, donc une augmentation de la pression osmotique plasmatique. Alors de l'eau passe du secteur interstitiel au secteur plasmatique. Ainsi ce dernier voit sa pression osmotique augmenter et il devient hypertonique par rapport au secteur extracellulaire d'où passage à nouveau d'eau du secteur intercellulaire au secteur interstitiel.

Il se produit alors une déshydratation cellulaire qui entraîne la soif. Pour résister à ce phénomène les animaux utilisent deux mécanismes :

- Le mécanisme d'économie d'eau
- La résistance à la déshydratation.

1. 41 - LES MECANISMES D'ECONOMIE D'EAU

1 - Le Sacrifice de l'Homoeothermie

C'est un mécanisme par lequel les animaux luttent contre la soif en augmentant leur température corporelle. C'est ainsi que :

- Chez le chameau la T° passe 34° à 40,6°c
- Chez l'âne " " " 34° à 39 °c
- Chez le zébu " " " 36° à 39,6°c

2 - MECANISME DE LA THERMOLYSE DIRECTE : par la transpiration

3 - MECANISME DE LA THERMOLYSE INDIRECTE : Par la polypnée, la sudation, polypnée et sudation. chez le zébu.

...../.....

4 - RETENTION TISSULAIRE DE L'EAU (86)

Des expériences ont été effectuées chez les bovins, les moutons et les chameaux. Il a été constaté qu'il existait des différences quant aux possibilités de mise en réserve de l'eau dans les tissus.

Les animaux sont privés d'eau pendant longtemps ensuite on leur présente de l'eau :

- Le mouton boit 6 à 8 litres et récupère 70 p 100 des pertes
- Le zébu " 40 litres " " 80 p 100
- Le chameau " 80 litres " " 60 p 100

Comme l'ont montré les résultats, l'équilibre plasmatique est atteint à des stades différents suivants les espèces. C'est le bovin qui l'atteint le premier après 4 heures, tandis que le mouton et le chameau n'atteignent ce stade qu'en 18 à 24 heures.

Ceci a des conséquences ; en effet le zébu urine 3 à 4 heures après avoir bu et perd rapidement une partie de l'eau, tandis que le mouton et le chameau n'urinent que la nuit ou le lendemain si l'abreuvement a été fait le matin. L'eau est retenue dans les tissus conjonctifs et relâchée dans la circulation de façon progressive.

5 - ECONOMIE DES PERTES (86)

- Par les Reins : l'animal privé d'eau peut l'économiser en la réabsorbant au niveau des reins. Cette économie d'eau par le rein est surtout très importante chez les rongeurs du genre Dipodomys et psammonys.

Chez les herbivores on peut avoir une baisse de la sécrétion urinaire résultant d'une baisse de la filtration glomérulaire.

- PAR LES PRODUCTIONS DU TUBE DIGESTIF : FECES

Dans les pays au climat tempéré, les fèces des animaux sont humides. Contrairement dans les pays chauds, lorsque l'animal est privé d'eau les fèces sont durs. Ceci est dû à une plus forte réabsorption de l'eau dans le colon.

Mais cette capacité de réabsorption varie selon les espèces :

- Chameau 38 %
- Mouton 45 %
- Zébu 60 %

1.42 - LA RESISTANCE A LA DESHYDRATATION

Une perte d'eau de 8 à 10 % entraîne la mort chez les animaux. Seré (+) rapporte que le chameau peut perdre 25 % de son poids sans effet. Il ajoute que, pour lutter contre la déshydratation nos animaux utilisent l'eau des différents secteurs hydriques de l'organisme.

- Le mouton utilise l'eau extracellulaire
- Le bovin " " plasmatique
- Le chameau " " digestive

De cette étude, il ressort que nos animaux disposent de moyens de défense contre la privation d'eau. Mais ces moyens ont bien sûr des limites.

Il est aussi à noter que le mouton et le chameau sont des animaux parfaitement adaptés au climat sahélien. Par conséquent l'élevage de ces animaux particulièrement le mouton est à encourager dans nos régions.

Après ce bref aperçu sur la physiologie de l'eau chez l'animal, nous allons essayer maintenant de voir comment l'animal arrive t-il à couvrir ces besoins.

(+) Professeur de physiologie à l'E.I.S.M.

2 - COUVERTURE DES BESOINS : L'HYDRAULIQUE PASTORALE

Une politique d'hydraulique pastorale ne date pas d'aujourd'hui. Un plan de travail allant de 1949 à 1953 fut mis sur pied par les services de l'élevage et des industries animales de l'ex.AOF

Les premiers puits modernes avaient débuté en 1904. Ce fut en 1918 qu'une politique d'hydraulique pastorale se fit sentir. A cette époque le Gouverneur en place écrivait dans un rapport :

" Combien par exemple l'exploitation de la viande de boucherie serait facilitée si nous pouvions rapidement installer sur les voies où s'achemine le bétail, des puits pour l'abreuvement des animaux".

Mais il faudra attendre les années 1932-33 pour voir les premiers puits strictement réservés aux pasteurs sur la voie de Matam Kaolack.

Progressivement des forages furent implantés grâce à la découverte de la nappe Maestrichtienne par la société "Hydraulique Afrique".

Tout ce programme avait pour but de "limiter les déplacements des pasteurs, réduire la transhumance, enfin stabiliser les nomades et par la même ^{occasion} /éviter au bétail l'épuisement de longs parcours en diminuant du même coup les risques de contagion". (39)

En 1953, 20 forages distants de 25 à 30 Km furent exécutés dans le Ferlo, rendant ainsi utilisables les routes conduisant des régions de production vers les centres de consommation tels que Dakar et Saint-Louis.

L'implantation de ces ouvrages hydrauliques se poursuit jusqu'à nos jours avec les conséquences que nous aborderons ultérieurement.

Après ce bref aperçu historique voyons maintenant les conditions d'abreuvement de nos animaux et les incidences qui en découlent.

2 1 - LES CONDITIONS D'ABREUVEMENT

2 1.1. Les différentes formes d'Abreuvement

2 - 1 - L'Abreuvement des Bovins Zébus

Les bovins sont le plus souvent abreuvés au niveau des points d'eau permanents que sont les forages et les puits modernes. Une partie du cheptel à la possibilité de s'abreuver au fleuve.

Dans la zone sylvo-pastorale l'abreuvement des bovins s'effectue tous les 2 jours. L'abreuvement journalier est exceptionnel. Le zébu supporte parfaitement ce mode d'abreuvement car comme l'explique Receveur "un bovin n'est pas un zébu qui jouit sur le plan physiologique d'une particularité très importante que nous-même avons vérifié plusieurs centaines ou même plusieurs milliers de fois : son homeothermie n'est pas parfaite, et peut adapter sa température interne en fonction de celle de l'extérieur".

Cette donnée est malheureusement méconnue : or, elle est primordiale pour expliquer comment l'abreuvement à jour sauté permet néanmoins un bon entretien du cheptel, et justifier les règles appliquées par la presque totalité des éleveurs du Sahel.

D'une façon générale, l'abreuvement a lieu entre 9 h et 13 h. Dès le lever du soleil, le bétail se dirige vers les points d'eau tout en paturant. La marche est lente au début, au bout d'un certain temps de pâturage, la vitesse de progression est accrue. L'abreuvement proprement dit s'effectue en plusieurs phases : dès l'arrivée au point d'eau, le bétail se dirige vers l'abreuvoir et absorbe une quantité importante d'eau. Après cette prise, les animaux se couchent à l'ombre pour assimiler la quantité d'eau absorbée. Une deuxième prise sera faite plus ou moins rapidement avant que le berger ne reconduise son troupeau le plus lentement possible au campement.

Pendant les périodes chaudes il peut arriver que le bétail se repose une seconde fois après la deuxième prise. Ainsi avant de quitter définitivement l'abreuvoir une troisième prise sera assurée.

Donc, comme on le voit l'éleveur respecte une des règles d'un abreuvement correcte : le fractionnement des prises dans le temps.

En ce qui concerne les veaux, ils ne vont pas à l'abreuvoir pour deux raisons ;

- La première c'est que ce sont des sujets fragiles qui ne supportent pas les grands déplacements.

- La seconde c'est d'éviter qu'ils têtent leurs mères, car la production lactée constitue pour l'éleveur une source d'alimentation et de devises.

C'est pour toutes ces raisons que les veaux sont abreuvés au niveau des campements avec de l'eau apportée par les femmes.

1.1.2 - L'ABREUVEMENT DES PETITS RUMINANTS

L'abreuvement est presque similaire à celui des bovins. En saison sèche les éleveurs amènent leurs animaux autour des points d'eau permanents. Mais malheureusement il ne se fait pas sans difficultés car les abreuvoirs sont souvent inaccessibles aux petits ruminants à cause du gros bétail.

C'est la raison pour laquelle les éleveurs s'organisent pour décaler les heures d'abreuvement des petits ruminants et des bovins. Ils creusent dans des troncs d'arbres où ils versent l'eau pour servir les petits ruminants.

En saison humide, le problème de l'abreuvement est facilité par la présence de points d'eau temporaires tels que les mares et les marigots. Seulement l'inconvénient est que ces points d'eau sont les lieux de prédilection de nombreux parasites internes.

1.1.3 - L'ABREUVEMENT DU CHEVAL (75)

Le cheval doit avoir à sa disposition de l'eau en permanence. L'abreuvement doit être étalé et progressif. Chaque fois que c'est possible, il est indiqué de fournir de l'eau fraîche au lieu de donner de l'eau ayant séjourné dans un fût.

Les palfreniers procèdent à 2 services par jour. Mais il s'avère plus judicieux de servir 3 à 4 fois par jour. Contrairement aux autres animaux, le cheval bénéficie d'une eau de bonne qualité. Il boit la même eau que son propriétaire. Pour donner du goût à l'eau certains palfreniers utilisent de l'eau ayant servi à tremper le riz ou le mil en vue d'une préparation culinaire.

1.1.4 - ABREUUREMENT DES VOLAILLES

Les volailles ne consomment qu'une petite quantité d'eau à la fois, donc il faut leur fournir en permanence de l'eau propre et fraîche. En élevage industriel quelques modalités pratiques sont à respecter :

- L'abreuvement à partir des mares est à éviter
- Si l'eau provient du puits, il faut procéder périodiquement à des contrôles bactériologiques ou physiques de l'eau.
- Les abreuvoirs doivent être à côté des mangeoires. L'eau ne doit jamais manquer. Elle doit être renouvelée fréquemment.
- Les abreuvoirs doivent être lavés et désinfectés une fois par jour.

Nous ne pourrions terminer cette étude des modalités d'abreuvement sans parler des abreuvoirs automatiques. Ils ne sont pas très répandus. On ne les rencontre que dans la ferme d'expérimentation comme SANGALKAM par exemple.

3 - INCIDENCES SUR L'EXPLOITATION DES TROUPEAUX

3 1. Incidence sur la conduite du troupeau

La répartition de l'eau conditionne deux types principaux d'élevage :

- Aux climats sahélien et sahélo-soudanésien correspond un élevage de type pastoral à base de Zébus et de petits ruminants.

- Au climat humide correspond l'élevage sédentaire.

Ce type de climat entraîne l'éclosion de maladies comme la trypanosomiase, la pasteurellose, la styptothricose, d'autre part il favorise la prolifération/indispensable à l'entretien de nombreux parasites internes (strongylose, distomatose).

31.1 - L'ELEVAGE PASTORAL

31.1.1 - Le Nomadisme : C'est un système d'exploitation dans lequel les animaux et les groupes pastoraux sont soumis à un ensemble de déplacements perpétuels et dans des directions imprévisibles. Il se rencontre dans les zones désertiques et sub-sahariennes. Il y'a de grandes superficies, mais seule une fraction se trouve sous la dépendance des puits et des points d'eau permanents. Les mouvements des pasteurs et de leur troupeau sont conditionnés par la recherche de ces points d'eau et des ressources fourragères.

31.1.2 - La Transhumance : C'est un ensemble de mouvements saisonniers de système ondulatoire et de caractère cyclique intéressant le plus souvent la totalité de la masse pastorale. On peut distinguer deux types de transhumance.

- La petite transhumance
- La grande transhumance

3 2 - INFLUENCE DE L'IMPLANTATION DES FORAGES DANS LE FERLO

Le ferlo dans son ensemble est quadrillé pour un certain nombre de forages. L'implantation de ces infrastructures hydrauliques a entraîné des modifications aussi bien au niveau des productions animales que dans la vie socio-économique des éleveurs.

Nous allons essayer de dégager les effets positifs et les effets négatifs.

3 2. 1 - LES EFFETS POSITIFS

- Avec la création des forages on a assisté à une sédentarisation des éleveurs, de véritables villages se sont transformés avec une forte densité de population.

- Le bétail est mieux suivi du point de vue sanitaire avec création des parcs nationaux à proximité des forages.

...../.....

- Sur le plan socio-économique une forte agglomération humaine a suscité la création d'infrastructures de développement social : Routes, Ecoles, Dispensaires.

- Le commerce du bétail est modifié, les dioulas viennent trouver sur place autour des forages ; les éleveurs qui vendaient leur bétail lors des transhumances.

3 2. 2 - LES EFFETS NEGATIFS

- Sur les Paturages

- On a noté une dégradation du stock fourrager due par piétinement, par surcharge, par surpaturage. En plus sous l'effet de la fumure animale, le remplacement d'un type végétal par un autre plus fragile.

- Sur l'Abreuvement

L'éleveur préfère amener son troupeau au forage plutôt qu'au puits. Il ne veut plus fournir d'effort pour exploiter ces puits qui sont le plus souvent abandonnés. Or, ils pourraient servir d'un point d'eau d'appoint lors des pannes fréquentes des pompes à eau.

- Sur le Plan Sanitaire

La cure salée effectuée lors des transhumances n'est plus possible. Les animaux s'abreuvent uniquement avec les eaux souterraines reconnues déséquilibrées en matières minérales.

Il en résulte alors des carences surtout en phosphore, une des causes du botulisme appelée dans la région du Ferlo la "maladie des forages".

- Sur le Plan Socio-Economique

L'élevage a toujours été caractérisé chez les Peulhs du Ferlo par son aspect "contemplatif" le nombre élevé des bovins constitue pour l'éleveur une assurance contre la maladie et la sécheresse.

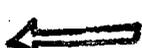
Cet éleveur qui était prêt à tout perdre pour sauver un bovin, a souvent tendance à négliger certaines méthodes ancestrales de conduite du troupeau qui n'étaient pas pourtant mauvaises.

CARTE II : REPUBLIQUE DU SENEGAL

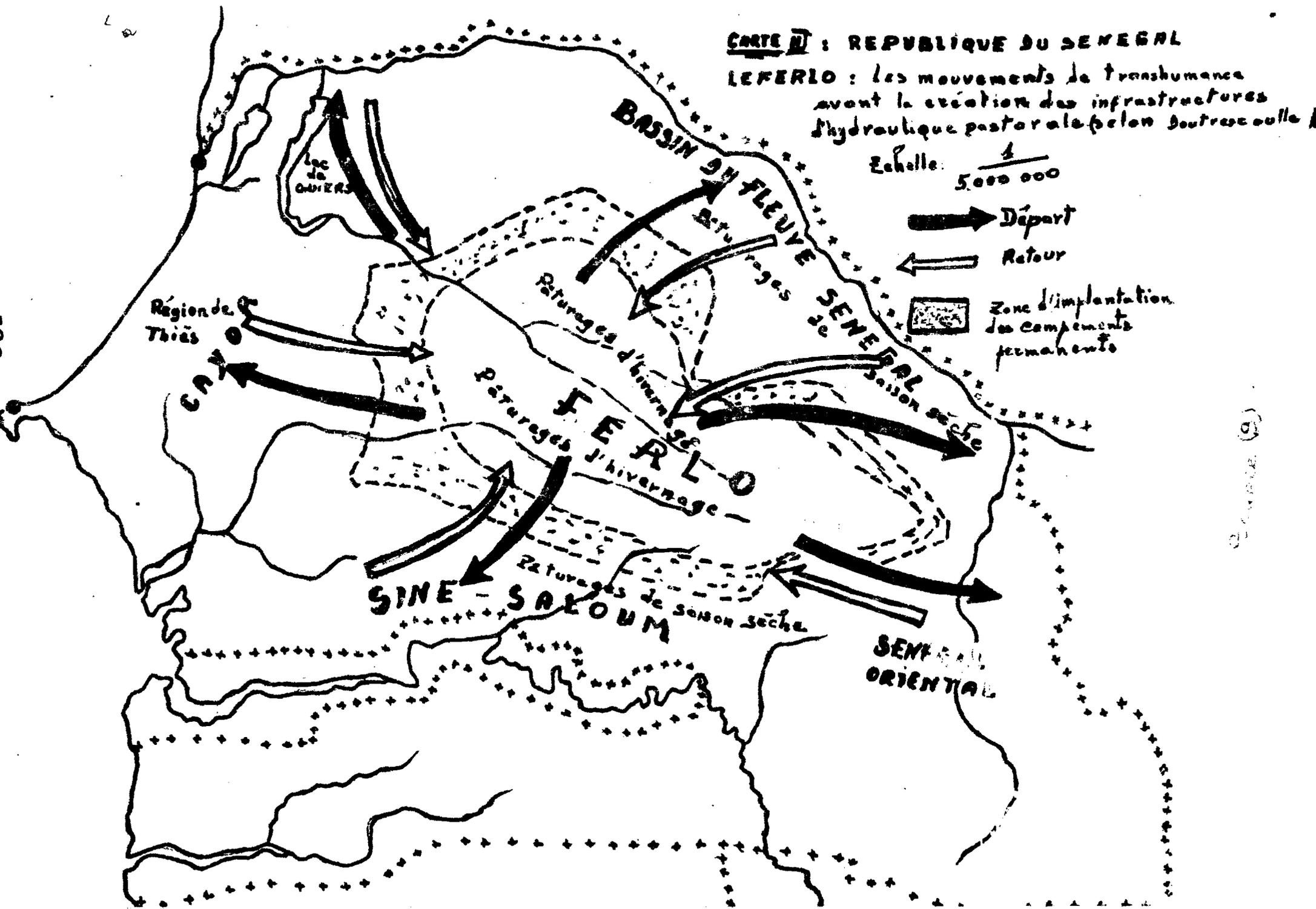
LEFERLO : les mouvements de transhumance avant la création des infrastructures hydrauliques pastorales selon DOUTREUILLE

Echelle: $\frac{1}{5\,000\,000}$

 Départ

 Retour

 Zone d'implantation des campements permanents



DOUTREUILLE (9)

Ainsi comme le rapportent P. CALVET et DOUTRE, ils réduisent l'amplitude de leur transhumance qui les portaient plus au Nord et à l'Ouest pour la cure natronée et phosphorée. Aujourd'hui ils tentent de se fixer dans le périmètre d'influence des différentes unités pastorales. Les animaux sont contraints à manger un fourrage insuffisant, sec et ligneux.

COURVILLE et COLL cité par ACHI évoquent par ailleurs, un changement psychologique de l'éleveur "Lui qui autrefois soignait, gardiennait, abreuvait lui-même son troupeau s'est vu libéré de ses responsabilités du fait des soins et des facilités d'abreuvement qu'on lui a procurés gratuitement, il a alors une mentalité d'assisté, les soins aux jeunes étant devenus l'apanage des femmes".

Avec l'évolution de la situation cet état d'esprit est non négligeable car il arriverait que l'eau et même le fourrage soient commercialisés comme moyen de production animale

D'une façon générale, l'implantation des forages dans le Ferlo a provoqué une modification du milieu et des habitudes des populations.

Ces infrastructures ont été conçues sans une analyse profonde de certains facteurs.

Les effets positifs sont notoires certes, mais avec une étude préalable plus sérieuse certains effets néfastes pourraient être évités.

3 3 - ROLE DE L'EAU DANS LA TRANSMISSION DES MALADIES

De nombreuses maladies sont transmises par l'eau. Ici nous ne ferons que citer quelques unes d'entre elles tout en essayant de montrer les relations qui existent entre la maladie et le milieu acquisiteur.

Trois grands types de maladies sont transmises par l'eau.

- Des maladies bactériennes
- Des maladies virales
- Des maladies parasitaires

33.1 - LES MALADIES BACTERIENNES

1 - Le charbon bactérien ou fièvre charbonneuse

C'est une maladie infectieuse virulente, inoculable commune aux divers espèces animales et à l'homme. L'agent pathogène est la bactérie charbonneuse.

Les symptômes sont caractérisés par une septicémie d'allure asphyxique avec des lésions de type hémorragique, associées à un ramollissement et hypertrophie de la rate.

La spore lorsqu'elle sporule peut résister longtemps dans le milieu extérieur. L'eau joue un rôle de réservoir pour cette spore. Elle est capable de la faire apparaître à la surface de la terre. En effet les années à charbon correspondent aux années de très grandes pluviométries ou de très grande sécheresse.

Quand la pluviométrie est importante, l'eau de ruissellement peut faire remonter en surface les spores et contaminer les pâturages.

Par contre, en année de sécheresse, l'herbe se raréfie et le bétail qui rase le sol pour se nourrir de boutures d'herbe s'infecte par les muqueuses.

2 - LE BOTULISME

C'est une maladie toxi-infectieuse due à l'ingestion d'aliments ou d'eau souillée de toxine ou de spores produits par un genre anaérobie *Clostridium botulinum*. Elle est caractérisée par des symptômes nerveux, paralysie ascendante pouvant aller jusqu'à la mort.

L'eau joue le rôle de véhicule dans cette maladie après sa pollution, les excréteurs de spores, cadavres d'animaux tels que les rongeurs.

Au Sénégal, cette maladie a été signalée pour la première fois dans la circonscription de Linguère sous le nom de "GUIDO".

CALVET, DOUTRE, PICART puis Doutre et Chambron ont montré que le botulisme connu sous le nom de "maladie des forages était due à deux foyers".

- Un foyer primaire d'origine hydrique. Les puits ou les abreuvoirs étant contaminés par les cadavres des mammifères (lézards, souris, chats etc...) constitue la source primaire de l'intoxication.

- Un foyer secondaire : constitué par les os : Le pica et l'ostéophagie dus à l'a~~phosph~~rophose. Les animaux dévorent leur congénères morts de botulisme, ^{et} contactent la maladie.

Cet a~~phosph~~rophose a pour origine la pauvreté en phosphore des eaux des forages et de l'herbe (paille en saison sèche).

3 - LES SALMONELLOSES

L'eau qui contient des salmonella est un danger permanent aussi bien chez l'homme que chez les animaux. La transmission est favorisée par l'abondance des salmonelles dans les *déjections*

D'une façon générale l'eau potable et les eaux résiduaires sont contaminés par les produits d'élimination de l'homme et des animaux contenant des salmonella et peuvent devenir à leur tour des sources d'infection.

33.2 - LES MALADIES VIRALES (Rôle indirecte)

Dans certaines maladies virales, l'eau joue un rôle de pôle attractif pour les secteurs qui ont une écologie particulièrement liée à l'eau.

Ce rôle de l'eau comme pôle attractif est surtout manifeste au niveau des grands rassemblements d'animaux permettant la transmission de certaines maladies comme la peste bovine, la fièvre aphteuse etc...

...../.....

En outre, l'eau peut jouer un rôle d'appel écobiologique pour les vecteurs de transmission comme les arthropodes piqueurs ; c'est ainsi, que le rôle de l'eau dans la transmission de la peste équine est manifeste.

33.3 - LES MALADIES PARASITAIRES

L'eau peut véhiculer des agents pathogènes responsables d'infestations intestinales telles que :

- Les strongyloses digestives et les coccidioses
- La fasciolose due à *Fasciola gigantica*

dont la distribution est liée à celle de son hôte intermédiaire *lymnaea natalensis* qui a besoin d'eau pour survivre.

Dans l'épidémiologie des maladies infectieuses et contagieuses animales l'eau joue un rôle triple.

- Réserve : l'eau peut-être contaminée par les salmonelles, la présence de la spore charbonneuse des spores botuliniques.

- Véhicule : l'eau joue un rôle passif en transmettant la plupart, des maladies infectieuses.

- Pôle attractif : l'eau joue un rôle d'appel écobiologique pour certains insectes et oriente indirectement l'épidémiologie de certaines maladies comme la rage, les arboviroses et toutes les maladies à transmission vectorielle (peste équine, anémie, infectieuse, blue tongue).

...../.....

LES AMELIORATIONS

Tous les efforts qui sont fournis pour l'amélioration des productions animales resteront vains ou seront de faible portée si une solution n'est pas apportée au problème de l'eau et l'alimentation.

Le premier et le plus difficile c'est de mettre à la disposition de nos animaux des moyens d'abreuvement suffisants et convenablement aménagés.

En saison sèche, les troupeaux se trouvent en face d'un véritable dilemme, dans les zones où il y'a des points d'eau, l'herbemanque du fait de la surcharge, tandis que dans les endroits où on trouve les pâturages il n'y a pas d'eau.

Les ressources hydrauliques et fourragères ne peuvent pas être dissociés pour une valorisation du cheptel. Un équilibre entre les trois facteurs eau-pâturage-bétail doit être respecté.

1 1 - AMELIORATION DE L'ABREUVEMENT DES ANIMAUX

1.1 - La Création de Points d'Eau Supplémentaires
permettra à :

- assainir les secteurs surexploités
- offrir d'autres pâturages jusqu'ici abandonnés par manque d'eau
- une meilleure utilisation des parcours de transhumance en retardant l'arrivée des animaux dans les zones de concentration.
- réduire les distances entre les forages trop longues (30 Km) ce qui éviterait des dépenses énergétiques inutiles.

Receveur rapporte que pour trouver la solution à adopter concernant l'écartement de deux points d'eau il faut se baser : (80)

- sur les distances actuellement parcourues par les animaux ; de l'abreuvoir au point de pâturage le plus éloigné.
- sur la distance maximale, sinon optimale qu'un zébu peut parcourir tout en conservant un état d'entretien satisfaisant.

- Sur les différentes possibilités de mise en valeur de la région sylvo-pastorale en adoptant souvent le type pastoral extensif, amélioré, soit l'exploitation intensive type ranching

1.2 - AMELIORATION DES CONDITIONS D'EXHAURE

- Pour certains ouvrages tels que les céanes et les puits traditionnels, le problème ne se pose pas, mais ces points d'eau ont un rendement médiocre et ne permettent pas un abreuvement suffisant.

- Quant aux puits profonds et forages, ils doivent être dotés de moyens d'exhaure permettant une sortie régulière et satisfaisante de l'eau. Ceci éviterait aux animaux des attentes prolongées et aux bergers un travail exténuant.

- Pour pallier ces difficultés, nous préconisons pour les puits peu profonds et forages-puits : les pompes manuelles la traction animale et l'installation d'éoliennes. Les éoliennes pourraient apporter une solution au problème de l'exhaure si les normes d'installation et d'utilisation étaient respectées ; et que les vents soient réguliers et assez forts pour faire monter l'eau.

- Pour les forages profonds la solution réside dans l'utilisation des moto-pompes solides, durables pour faire face aux panes fréquentes. Pour ce faire elles doivent être dotées d'un service "entretien et réparation" et un personnel qualifié et disponible à tout temps.

Cependant il y a une contrainte d'ordre économique : c'est le coût du carburant. C'est pourquoi, il est souhaitable d'envisager l'utilisation de l'énergie solaire pour le pompage de l'eau. Ceci réduirait considérablement le prix de revient du mètre cube d'eau.

Les efforts déployés au niveau de la S.I.N.A.E.S doivent être encouragés et poursuivis pour aboutir a des prototypes parfaitement adaptés aux conditions locales.

Il faut dire que même avec du matériel adapté si l'entretien fait défaut et le fonctionnement non réglementé ; les résultats escomptés resteront maigres.

- ENTRETIEN

Jusqu'ici les points d'eau sont entretenus par l'Etat. L'eau est servie gratuitement aux utilisateurs qui finissent par en faire un droit absolu. Les forages fonctionnent sans aucune structure économique. Il n'est prévu aucun fond pouvant permettre l'amortissement des investissements.

Très souvent des forages sont abandonnés pendant des jours voire des semaines par suite d'une défaillance de l'équipement d'exhaure. Cette situation peut-être catastrophique pour les animaux et les éleveurs qui désertent ainsi le forage pour aller vers un autre.

Les services d'entretien font ce qu'ils peuvent, mais ce sont les crédits qui manquent. Donc il est urgent qu'une solution soit trouvée. Nous pensons que les éleveurs doivent participer aux frais de fonctionnement et d'entretien des forages. Une solution à ces problèmes peut-être trouvée au sein des communautés rurales.

- FONCTIONNEMENT

Pour éviter une surexploitation des ouvrages, il faut réglementer leur fonctionnement ; en procédant à leur fermeture pendant la saison des pluies ceci obligerait les éleveurs à exploiter les mares d'eau temporaires. Pendant cette période la remise en état de certaines installations de surface et une révision des moteurs peuvent s'opérer.

Toutefois, les bornes fontaines seront ouvertes pour le ravitaillement en eau des populations.

1.3 - MISE EN VALEUR DES EAUX SUPERFICIELLES

Les eaux superficielles présentent une grande importance dans l'alimentation du bétail. Elles constituent des sources d'eau d'appoint non négligeable en hivernage. Leur exploitation pendant cette période de l'année permettra aux nappes profondes de se reconstituer. Seulement les eaux présentent deux inconvénients majeurs.

- Leur caractère temporaire pour la plupart
- La qualité de l'eau, douteuse pour la santé du bétail

Ces collections d'eau sont des réservoirs de nombreux germes.

Les améliorations à apporter se situent à deux niveaux :

- 1) au niveau des mares d'hivernages :
on peut prolonger leur durée d'utilisation en les surcreusant.
- 2) au niveau des cours d'eau permanents : le Fleuve Sénégal.

Pendant la période de crue, on peut faire des dérivations et créer ainsi de véritables mares artificielles.

Dans tous les cas, l'aménagement des abords, la création d'un dispositif de puisage sans pénétration des animaux dans l'eau permettront une amélioration des conditions sanitaires.

1.4- AMENAGEMENTS SECONDAIRES AUTOUR DES POINTS D'EAU

- LES PUITTS : Le bois étant rare, les abreuvoirs en tronc d'arbres sont appelés à disparaître. A la place nous préconisons des bassins en plastique.

- LES FORAGES : Les abreuvoirs cimentés en T sont à multiplier. En plus, dans le cadre du programme de reforestation des arbres doivent être implantés à proximité des forages pour permettre aux animaux de se reposer avant ou après la prise d'eau.

- LES MARES : Il faut prévoir des aires d'abreuvement pour éviter que les animaux qui viennent boire pénètrent dans l'eau et la souillent par leur immersion et leurs déjections. On prendra la précaution de tasser sur ces aires d'abreuvement des pierres ou du gravier pour mieux les matérialiser.

Un couloir assez large sera prévu pour mieux canaliser les animaux et éviter ainsi leur divagation.

.... /

1.5 - EDUCATION DES ELEVEURS

Créer des ouvrages et les équiper ne résout pas tout le problème. Il faut intéresser les éleveurs eux-mêmes à en saisir la portée.

Comme l'a si bien dit A. LONDIAYE cité par DERNEVILLE "Toute organisation qui ne sera pas née d'un mouvement ayant pour point de départ les intéressés eux-mêmes, ne sera pas très certainement pas viable car ceux pour qui elle est créée en saisissent difficilement la portée".

Donc dès le départ, l'éleveur doit être associé aux travaux de mise en place des ouvrages.

Ensuite, le service "Entretien et Réparation" doit l'initier à réparer certaines pannes mineures, à manipuler le matériel.

Un responsable élu au sein de la communauté rurale superviserà tout le matériel. Il aura la responsabilité aussi bien technique qu'administrative.

C'est seulement lorsqu'on aura assuré de l'eau en quantité suffisante que nos pâturages trouveront leur équilibre.

2 - LES CULTURES FOURRAGERES

L'alimentation constitue le poste le plus cher dans l'exploitation de nos troupeaux. Dans nos pays, les pâturages naturels sont presque les seules sources d'alimentation. C'est pourquoi nos efforts doivent porter sur l'amélioration des conditions d'exploitation de ces pâturages. Il faudrait pour cela, sauvegarder les pâturages existants avant de songer aux cultures irriguées.

2.1 - LES PATURAGES NATURELS

Ils constituent la base de l'alimentation. Avant d'entreprendre leur amélioration il est nécessaire d'abord de protéger le tapis graminien par une lutte contre les feux de brousse.

Cette lutte peut se présenter sous deux aspects

- Une lutte préventive
- Une lutte active.

Pour la lutte préventive, il faut étendre le réseau de pare-feux dans la zone sylvo-pastorale, renforcer l'encadrement administratif de prévention de lutte contre les feux de brousse, sans oublier de sensibiliser la population.

...../.....

Quant à la lutte active elle se situe à une redynamisation des comités de vigilance au niveau de chaque village ; et mettre à leur disposition des véhicules tout terrain munis de réservoirs d'eau.

- Les possibilités d'amélioration

1°) - Accélérer le processus de régénération en éliminant les végétaux non adaptés en :

- Apportant des engrais pour augmenter et améliorer la production.

- Multipliant les plantes fourragères locales

- Introduisant des plantes exotiques par semis.

2°) - Organiser plus rationnellement l'exploitation des pâturages par :

- La rotation

- La mise en défense temporaire ou prolongé de zones spécifiques et de certains parcours dégradés, en vue de leur régénération plus rapide.

2.2. - LES CULTURES FOURRAGERES INTENSIVES

Au Sénégal, de nombreuses espèces végétales ont été testées en station et plusieurs d'entre elles sont vulgarisées.

Parmi elles on peut citer :

- Le panicum maximum K 187 B (COTE D'IVOIRE)

- Le panicum maximum 5601 (SOTUBA)

- Pennusetum purpureum (KCOZOI)

- Brachiaria bizantha

- CHLORIS Gayana

- Andropogon gayanus

Le panicum maximum est l'espèce qui a donné le plus de satisfaction. Ils sont originaires des savanes humides d'Afrique tropicale.

Le K 187 B est originaire de Tanzanie, tandis que le 5601 a pour origine le centre de Sotuba proche de Bamako au Mali.

A la ferme de Sangalkam, c'est surtout la variété K 1876 qui est exploitée.

...../.....

L'irrigation y est assurée par 4 forages qui débitent au total 93 mètres cubes par heure. C'est le principe de l'irrigation par aspersion qui est appliqué.

A un certain stade de développement la plante est fauchée et distribuée à l'auge aux Montbeliards (animaux importés). Ce mode de distribution a été choisi pour les raisons suivantes :

- protection des animaux contre les parasites externes présents au pâturage.

- Contrôle plus précis de l'alimentation du bétail.

Après chaque fauche des prélèvements sont faits et des analyses biométaboliques sont effectuées au labo.

C'est ainsi qu'on a montré des variations en fonction de la saison. Les fourrages fauchés en saison sèche possède une valeur nutritive plus élevée d'où leur intérêt en période de disette.

C'est un fourrage très apprécié qui donne de bons rendements. Dans les périmètres irrigués ces plantes fourragères ont été sélectionnées, suivant différents critères entre autres :

- La résistance et leur adaptation aux conditions tropicales et l'économie d'eau, pourraient donner un potentiel fourrager important, dont le surplus peut être mis en réserve.

23 - CONSERVATION DES FOURRAGES

La production fourragère n'est pas uniforme tout le long de l'année. Il faut penser à garder le surplus de la production. Dès lors ; il se pose le problème de la conservation. L'herbe en abondance n'est d'aucun secours si on ne peut pas la conserver pour la période de disette.

Il existe deux grandes catégories de techniques de conservation

- La conservation par voie sèche ; la fenaison
- la conservation par voie humide ; l'ensilage

...../.....

23.1 - La fenaison

C'est une méthode de conservation des fourrages qui consiste à faucher l'herbe à un stade donné de son développement et de la faire sécher.

Le moment de la fauche correspond au stade où la valeur nutritive est la plus élevée. C'est ainsi que les graminées sont fauchées au moment de l'épiaison et les légumineuses au début de la floraison.

La teneur en matière sèche passe de 20 - 30 pour 100 à 80 - 90 pour 100.

La pratique de la fenaison est le plus souvent perturbée par les précipitations atmosphériques. C'est la raison pour laquelle on a souvent recours à une autre méthode de conservation : l'ensilage

23.2 - L'ensilage

C'est une technique qui consiste à conserver du fourrage humide en lui gardant une valeur nutritive aussi voisine que possible du frais.

Le processus réside en une fermentation bactérienne à partir des glucides qui produisent des acides gras Volatils et de l'acide lactique.

Les lieux de conservation varient suivant la présentation du fourrage.

- Si le fourrage est haché : il est ensilé dans des silos-fosses ayant 15 - 20 m de longueur sur 4 m de largeur et 12 mètres de profondeur.
- Si le fourrage est entier : il est ensilé dans des silo-meules. On creuse une fosse de 50 à 80 centimètres de profondeur pour maintenir la stabilité de la meule. Le sable retiré sert à recouvrir la meule.

Les plantes fourragères ayant une croissance saisonnière plus ou moins rapide, le pasteur a intérêt à récolter au moment optimal les fourrages non utilisés par l'animal pour les conserver.

Dans cette perspective l'ensilage offre les garanties d'une bonne conservation et d'une réduction considérable de pertes en unités fourragères.

C O N C L U S I O N S G E N E R A L E S

Cette étude nous a permis de cerner quelques aspects du problème de l'eau dans notre pays. Nous sommes conscients du fait que nous n'avons pas abordé d'une manière exhaustive toutes les questions se rapportant à cet élément vital. Une telle étude dépasserait largement le cadre de cette thèse.

Toutefois, nous avons essayé d'évaluer nos ressources en eau et voir comment d'adaptent-elles aux besoins fondamentaux de la vie :

- En matière d'hydraugraphie de surface, le réseau est mal réparti, et en raison de l'irrégularité des cours d'eau, l'eau n'est pas potable pour la consommation pendant certaines périodes de l'année.

- Quant aux eaux souterraines, elles constituent la principale source d'approvisionnement dans notre pays. En effet, le Sénégal possède un important stock d'eau souterraine mais leur utilisation pose un certain nombre de problèmes dus à la réalimentation des nappes souterraines et aux coûts d'exploitation.

Il existe deux principales nappes souterraines :

• La nappe phréatique : elle est d'une exploitation plus facile et peu coûteuse mais elle s'avère insuffisante devant les besoins grandissants de la population et du cheptel.

• La nappe maestrichtienne, elle, est d'un apport plus important mais beaucoup plus profonde. Son exploitation nécessite des investissements relativement élevés.

Le problème préoccupant pour cette nappe, c'est sa réalimentation.

Car le Sénégal a connu ces dernières années un cycle de sécheresse et les pluies n'ont pas permis une réalimentation satisfaisante des nappes souterraines.

...../.....

Il s'en est suivi une diminution de la production des ouvrages avec comme corollaire une baisse de la couverture des besoins.

- Pour les besoins urbains : l'eau est fournie par des forages qui sont exploités à leur maximum. C'est pourquoi il est opportun d'étudier toutes les techniques d'économie d'eau et de recyclage des eaux usées, afin de faire face à une urbanisation consommatrice d'une grande quantité d'eau. Les actions doivent se situer principalement au niveau de deux composantes : les industries et les usages domestiques.

- En ce qui concerne les besoins villageois : le problème préoccupant c'est la rareté des points d'eau et l'absence des moyens d'exhaure adéquats.

De nouveaux équipements hydrauliques supplémentaires doivent être conçus pour améliorer la condition de vie des paysans. L'achèvement et la remise en état des infrastructures existants s'imposent.

Parallèlement à ces efforts d'investissement, une éducation de base de la population doit être entreprise.

Une éducation sanitaire intense doit être menée au niveau de toutes les couches de la population. Il s'agit d'attirer l'attention de la population sur les inconvénients de l'eau polluée et de lui faire comprendre que les maladies liées à l'eau occupent une place prépondérante dans la morbidité et la mortalité dans nos pays surtout chez les enfants.

- Quant aux besoins agricoles : notre agriculture est entièrement dépendante du régime des pluies qui est très capricieux et très irrégulier si bien que les écarts de production d'une année à l'autre sont extrêmement importants

Pour sécuriser et stabiliser la production, des efforts doivent être déployés pour ouvrir à l'irrigation le maximum de terres possibles.

.... /

C'est dans ce cadre que sont entrepris différents barrages tant au niveau national que régional. Ainsi dans la vallée du Fleuve Sénégal, de grands projets de mise en valeur pour l'irrigation sont en cours.

Mais nous ne devons pas nous polariser sur les gigantesques projets et oublier les petits aménagements hydro-agricoles, qui demandent moins d'investissements et répondent mieux à certains de nos besoins ponctuels. De plus, ces projets à dimension réduite sont faciles à gérer par les collectivités.

- Enfin pour les besoins pastoraux le goulot d'étranglement se situe au niveau de la disponibilité de l'eau et du fourrage en quantité suffisante toute l'année.

Pour que l'abreuvement soit correctement assuré pendant toute l'année il faut :

- Une densification du maillage déjà en place pour une meilleure répartition des charges du bétail sur les pâturages, plus conforme au potentiel agrostologique.

- Un accroissement de la production des ouvrages en leur dotant de moyens d'exhaure mécanisés.

- Une participation de l'éleveur lui-même dans la gestion des infrastructures mises à sa disposition.

- Une exploitation plus rationnelle des eaux de surface avec amélioration des conditions sanitaires.

Ce modeste travail nous l'espérons permettra d'attirer l'attention sur l'importance de l'eau dans la vie de nos populations par son impact sur la santé publique, le rôle primordial qu'elle joue pour le choix et la conduite des spéculations dans les productions animales.

Comme l'a dit A. Saint-Exupéry "L'eau n'est pas nécessaire à la vie, l'eau c'est la vie".

B I B L I O G R A P H I E

=====

1. ANONYME

L'alimentation en eau de Dakar

In bull infor. Renseignement AOF n°203 1938 P. 419-420

2. ANONYME

Alimentation en eau de Dakar

In équipement de l'AOF : aperçu des réalisations du FIDES 1 Juillet 1950

3. ANONYME

La sécheresse en zone sahélienne : Causes, Conséquences, Etudes, des mesures à prendre. Académie des Sciences d'Outre-Mer Septembre 1975 P. 216 - 17

4. ANONYME

Problème de l'eau au Sénégal après 10 ans d'Indépendance - Archives nationales 1970

5. ANONYME

Possibilité de la nappe Maestrichtienne du Sénégal, note introductive. B.R.G.M. - Dakar 1962

6. ABEES (Marseille)

Eau potable et nuisance rurale Thèse du Doc. Vet. LYON N° 26 1965.

7. ADAM (J.É)

Les bovides au Sénégal - Elevage - Commerce
Paris 1925 Edit. A. CHALLAMEL.

8. ARRICHI (J) et CASANOVA

Eau et soleil : les pompes solaires à usage agricole sont-elles déjà opérationnelles ? In actuel développement 1975 (5)

- 9 - ATCHY (alidou)
Influence des forages sur la gestion du troupeau, cas
du Ferlo Rep. du Sénégal. L. N. E. R. V
- 10 - AUDRU (J)
Etudes des pâturages et les problèmes pastoraux dans
le Delta du Sénégal Oct. 1960.
- 11 - BA (O. Ousmane)
Contribution à l'étude de l'alimentation du bétail
(bovins essentiellement) dans le cadre du Gorgol Mau-
ritonée Thèse - Doct. Vét. 1966.
- 12 - BAILLERES (J.B.) et FILS
Besoins nutritifs et leur couverture, in nouvelle en-
cyclopédie agricole. Nutrition animale vol. III p.
24.20 - 20.25
- 13 - BARCNET (R.J.)
Evapotranspiration réelle. Evapotranspiration poten-
tielle et production agricole. L'eau est la production
végétale INRA PARIS P. 151 - 232.
- 14 - BOUDET (G)
Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures
fourragères I.E.M.V.T Ministère de la Coopération
Paris 1975 (4)
- 15 - BOYER (J) GROUZIZ (M)
Influence de certains facteurs du milieu sur le com-
portement hydrique et la croissance. O.R.S.T.O.M
- 16 - BOYER (J)
Etude écophysiological de la productivité de quelques
plantes fourragères du Sénégal.
Réaction des cultures aux facteurs du milieu croissan-
se - productivité. O.R.S.T.O.M

- 17 - BRASSEUR (G)
Le problème de l'eau au Sénégal
IFAN, Saint-Louis 1952 Etudes Sénégalaises.
- 18 - BERMOND (R)
Les analyses d'eau des forages du Sénégal
Service hydraulique Dakar 1953.
- 19 - BERMOND (R)
Moyens d'exhaure sans moteurs répondant aux besoins
et conditions d'emplois de l'Af. Occidentale. Minis-
tère Equipement.
- 20 - BRIGAUD (f)
Le climat du Sénégal en études sénégalaises n° 9
climat-sol-végétation C R D S phase n° 3 P. 109
- 21 - BRULHET (J)
La pollution des mers par les hydrocarbures D.O.P.M
- 22 - CADOT (R)
Recherches fourragères menées par l'I E M V T en
Afrique et au Madagascar. L.N.E.R.V
- 23 - CADOT (R)
Expérimentation sur les plantes fourragères rapport
CRZ Bouaké Minankro 21 P. L.N.E.R.V
- 24 - CADOT (R) GOULOMB (JC) RIVIERE (R) 1965
Les pâturages artificiels en savane en saison sèche
peu marquée. Rev. elev. Med. Vet. Trop. 18,3 -
307 - 312
- 25 - CALVET - PICART - DOUTRE
A^ophosphrose et botulisme au Sénégal rapport
L.N.E.R.V 1965

...../.....

- 26 - CHAMARD (ph.cl) SALL (Mamadou)
Le Sénégal géographie Dakar Abidjan
Nouvelles éditions africaines 93 pages 1977
- 27 - CHAUMENY (J)
Potentiel irrigable du bassin du fleuve Sénégal
Centre documentation O M V S Saint-Louis
- 28 - CHEVRET (J)
Rapport d'interprétation des résultats obtenus au
centre expérimental des éoliennes de Louga (SENEGAL)
Ministère de l'Équipement
- 29 - CHIN PO (TEP)
Ressources hydrauliques : le Sénégal
Archives Nationales
- 30 - COLAS (R)
La pollution des eaux collection que sais-je ? n°983
Presses Universitaires de France Paris 1968.
- 31 - CLAIRAMBAULT (J)
Influence de la pollution de l'eau sur la transhumance
des tribus du Sahel.
Bull service Zootechnique et Epizootique de l'AOF
Dakar Oct. 1938
- 32 - DAUCHY (S) I. DIOP BAYLET (K)
L'eau de consommation en milieu urbain tropical. Con-
sidérations d'ordre sanitaire sur le problème des
canaris à usage public et domestique.
Archives Nationales
- 33 - DESCHEIENS
Les grands barrages fluviaux tropicaux corollaires
épidémiologiques. La nouvelle presse Med. 9 Sept.
1972 1 - 31 . 2097 - 2059

- 34 - DIA (P.I)
L'élevage Ovin au Sénégal
Situation actuelle et perspective d'avenir thèse Doct.
Vet. n° 4 1979. Dakar
- 35 - DIALLO (A.K)
L'amélioration des conditions d'utilisation des pâtu-
rage naturels en zone sahélienne. L.N.E.R.V
- 36 - DIALLO (Hama)
Des problèmes d'eau et d'abreuvement du bétail dans
les régions de Mopti et Gao (Rep. Mali) thèse Doct.
Vet. Toulouse n° 55 1977
- 37 - DIALLO (I)
Contribution à la lutte contre les maladies conta-
gieuses animales du Sénégal. Le cas des bovins ;
bilan et perspectives. Thèse Doct. Vet. Dkr 1978 n°14
- 38 - DOUTRE (MP)
Fréquence au Sénégal du botulisme animal d'origine
hydrique. Rev. E.V.P.T 1969 22 (1) 29-31.
- 39 - DOUTRESSOUILLE (G)
L'élevage en Afrique occidentale Française Paris -
Editions Larousse 1947 - 299 P.
- 40 - DOUTRESSOUILLE (G)
L'élevage au Soudan Français ; son économie I M B E R
T Alger 52.
- 41 - D.S.P.A
Rapport 1960 - 1973
- 42 - ELOUARD (P)
Notions élémentaires d'hydrogéologie et problèmes de
l'eau au Sénégal Note africaine n° 102 - 1964
- 43 - FOLINS (G) et VALENZA (J)
Etude des pâturages naturels du Ferlo-Oriental
(Rép. Sénégal) Avril 1966.

44 - GERARD (R)

Les conséquences possibles de l'intensification fourragère - Cas de la seine Maritime : Pays de Bracy pays de Caucy thèse doct. Vet. Alfort 1972

45 - GOMEZ (OS)

Contribution à l'étude de la transhumance au Sénégal. Ses conséquences sur l'exploitation du Cheptel et sur le développement économique et social des populations pastorales. Thèse Doct. Vet. Dakar 1979.

46 - GRAVIERE (B.J.E.)

Le maïs dans l'alimentation des bovins Thèse doct. Vet. Toulouse.

47 - GRETILLAT (S)

Prophylaxie de la bilharziose par la destruction de ses vecteurs Af. Med. 1969 67 - 115 - 116.

48 - GUEYE (IS)

Situation actuelle de l'élevage sénégalais. Etude de la Phase d'extension du projet de développement de l'élevage dans la zone sylvo-pastorale annexe II production animale. SODESP.

49 - GUEYE (IS)

Projet de développement de l'élevage dans la zone sylvo-pastorale (SODESP) phase d'approche rapport FED 1974 - 75.

50 - GUEYE (IS)

Eléments pour un nouveau programme d'élevage ronéo-type 75 Pages Dakar Nov. 1973.

51 - HERVOUET (JP)

Les éleveurs riziculteurs du moyen delta du Sénégal Mem. Maîtrise géo. Dkr 1971.

52 - JARDIN (F) ET CHEVALIER (A)

Recherche sur la pollution des eaux marines par le développement des égouts urbains rev. Trav. off. Pêches maritimes 1938 11 (2) 213 - 229.

53 - LAURANT (F)

Le rôle de l'eau dans l'épidémiologie des maladies bactériennes et virales chez les animaux. Thèse doct. Lyon n°27 . 1972.

54 - LENIS (L)

La sédentarisation de l'élevage peulh dans le Nord de la Cote-d'Ivoire difficultés sociologiques zootechniques et pathologiques thèse doct. Vet.

55 - LE MASSON (J.M) et O.T DIAW

Données épidémiologiques de la Bilharziose urinaire dans le Delta du Fleuve Sénégal. S.A.E.D.

56 - LETITIA (OBENG)

Eau et la santé. Centre de documentation OMVS St-Louis

57 - L' N. E. R. V

Pour une utilisation des eaux de forage à des fins d'irrigation concernant le développement de l'élevage dans la région centre Nord Dkr 1972.

58 - LORGUE (G)

Contribution à l'étude de l'eau potable en Ked Vet. Méthodes de mesures - Résultats thèse doct. Vet Toulouse 1964.

59 - LY (BS)

Le problème de l'eau et de l'abreuvement du bétail dans le Nord-Est de la haute Volta thèse doct. Vet Toulouse 1971.

60 - MAHE

Hydraulique pastorale, Recueil de Med. Vet exotique 1937 P 145.

- 61 - MARRIL
Rapport sur une enquête relative à l'épidémiologie des bilharzioses en Mauritanie. Avril Oct. 1980 Paris secret.d'Etat aux relations avec les Etats de la Communauté 1960-2 Vol.
- 62 - MASSON
La production de la force motrice à partir du soleil. Son utilisation au pompage de l'eau. Ministère de l'Equipement.
- 63 - MATON
L'adaptation des besoins aux ressources hydrauliques ; l'exemple du Sahel.
- 64 - MATON
Sécheresse en Afrique ; la politique des grands barrages hydro-agricoles ; in actuel développement sept. 75 (3) 32 - 37
- 65 - MINISTERE DE LA COOPERATION
Mémento de l'agronome. J.F impressions 9997 Toulouse
- 66 - MINISTERE DE LA COOPERATION
La construction des puits en Afrique Tropicale et l'investissement humain.
- 67 - MINISTERE DE LA COOPERATION
Approvisionnement en viande de l'Afrique de l'Ouest Analyse de la situation actuelle et projection 1975-81 pour 6 Pays de la région, S E D E S
- 68 - MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
L'environnement Direction des Eaux et Forêts.
- 69 - MINISTERE DE L'EQUIPEMENT
Conseil Interministériel sur l'assainissement. 1969
- 70 - MINISTERE DU PLAN ET DE LA COOPERATION
Cinquième plan quadriannal de développement économique et social. 1977

- 71 - M'Baye Mamadou
Contribution à l'étude de l'alimentation du veau du Sénégal. Thèse doct. Vet. Dakar 1976 (4)
- 72 - Nababa (A)
Contribution à l'étude de la mise en valeur des zones irriguées : le cas du Sahel. thèse doct. Vet. Dakar 1975 n° 14
- 73 - N'Diaye (A.L)
Contribution à l'étude de l'élevage en Afrique Tropicale Nord. In ev. C E B V 1973 (6) p. 16-38
- 74 - N'Diaye (A.L)
Conditions de l'élevage en Afrique Tropicale Nord
Rapport à l'Acad. Vet France Dec. 1965 - 35 p.
- 75 - N'Diaye Magatte
Contribution à l'étude de l'élevage du cheval au Sénégal
thèse - doct - Vet. Dakar n° 15 1978
- 76 - O.C.A.M
Analyse de la situation économique des Pays de l'O.C.A.M
Etudes et Statistiques. Sep. 1973 (9) - 108 p.
- 77 - Pagot (J) et Delaine (R)
Besoins en eau des taurins et des zébus en Afrique Occidentale - Revue E M V P T. 1975
- 78 - POIREF (M) et CH. OLLIER
Irrigations : les réseaux d'irrigation
théorie - technique et économie des arrosages
- 79 - PREVOST (A) H.P. et DEMBELLE (M)
Premiers cas au Tchad de botulisme animale (type C)
Intoxication de dromadaire par l'eau d'un puits
Revue. E M V P T 1975 - 28 (1) 9-11

...../.....

- 80 - RECEVEUR (M)
Note sur les feux de brousse en fonction de l'élevage -
Amélioration des pâturages et transhumance saisonnière
au Tchad. Bull Agric. du Congo Belge Jui 1942 (II) x2.
1951-1964
- 81 - RIVIERE
Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu
tropical I.E.M.V.T 1977. 521 P.
- 82 - ROBINET (H)
L'eau et le développement de l'élevage au sahel.
Revue C E B V 1974 (7) 20-28
- 83 - ROBINET (H)
Reflexion sur l'association agriculture - élevage in Rev.
CEBV 73 (3) 22 - 29
- 84 - SENGHOR (A)
Association agriculture élevage facteur d'évolution du
milieu rural au Sénégal. Thèse Doct. Vet. Alport. 1965 n°29
- 85 - SENGHOR (Adrien)
Communication sur la politique de l'eau
Conseil National P.S. du 18 Juillet 1978
- 86 - SERRES (H)
Pourquoi le mouton en zone tropicale. Compte rendu tech-
nique IEMVT Production Animale
- 87 - SERRES (H)
Essai de bilan des politiques d'hydraulique pastorale.
GERAT. IEMVT 1977 136 p.
- 88 - SIMONET
L'eau. Besoins de l'organisme. Métabolisme. Influence de
l'abreuvement sur les productions animales.
Revue EMVPT 1956
- 89 - TALL (ASSANE)
Intégration agriculture-élevage pour une promotion rurale.
mémoire de fin de stage. ENAM 1978-79
- 90 - TOURE (M)
La "maladie des forages" au Sénégal. Thèse Doct. Vet.
Toulouse 1967.

INTRODUCTION :

PREMIERE PARTIE : Les ressources en eau et leur adaptation aux besoins de la Population.

Chapitre I : RESSOURCES EN EAU1 - EAUX DE PLUIES

- 1.1. Le climat
- 1.2. Les vents
- 1.3. Les précipitations

2 - EAUX DE SURFACE

- 2.1. Les Cours d'eau permanents ou perennes
 - 2.1.1. Le Fleuve Sénégal,
 - 2.1.2. Le Fleuve Gambie
 - 2.1.3. Le Fleuve Casamance
 - 2.1.4. Le Sine et le Saloum
 - 2.1.5. Le Ferlo

3 - EAUX SOUTERRAINES

- 3.1. Généralités
- 3.2. Inventaires des eaux souterraines
 - 3.2.1. Nappes phréatiques ou superficielles.
 - 3.2.2. Nappe du Cap-Vert
 - 3.2.3. Nappe du 16° Méridien à L'Oest
 - 3.2.4. Nappe du Continental terminal,
 - 3.2.5. Nappe du Maestrichtien
 - 3.2.6. Les eaux du socle;

Chapitre II : HYDRAULIQUE URBAINE ET AGRICOLE1 - HYDRAULIQUE URBAINE

- 1.1. Les Besoins
 - 111 Besoins quantitatifs
 - 112 Besoins qualitatifs
- 1.2. L'Assainissement

2 - HYDRAULIQUE AGRICOLE

- 2.1. les zones écologiques
 - 2.1.1 La zone atlantique
 - 2.1.2 la vallée du Fleuve Sénégal
 - 2.1.3 La zone sylvo-pastorale
 - 2.1.4 La zone centrale : bassin arachidier

...../.....

2.1.5 La zone de la basse et moyenne
Casamance

2.1.6 La zone de la haute Casamance
et du Sénégal Oriental,

2.2. Besoins eau des cultures

2.2.1 Estimation des besoins en eau de
la plante

2.2.2 Détermination de la réserve du
sol et de la dose d'arrosage

2.3. Systèmes d'irrigation

2.4. Mise en valeur des terres

2.4.1 Les aménagements hydro-agricoles

2.5. Projets nationaux et régionaux

DEUXIEME PARTIE : L'HYDRAULIQUE VILLAGEOISE ET PASTORAL

Chapitre I : Hydraulique villageoise

1 - Estimations des besoins

1.1 Besoins quantitatifs

1.2 Besoins qualitatifs

2 - Couverture des besoins

2.1 Les eaux souterraines

2.1.1. Les Puits

1 + Puits traditionnels

- Céanes

- Puits perennes

2 + Puits modernes

3 + Problème de l'exhaure

2.1.2. Les Forages

2.2.2.1 forages - puits

2.1.1.2 forages - équipés

2.1.3. Entretien des Ouvrages

2.1.3.1 des puits

+ Brigade des puits

2.1.3.2 des forages

+ Structure de la SOMI

+ Fonctionnement

2.1.4 Coût des ouvrages

2.2 Les eaux pluviales

2.3 Les eaux superficielles : Mares et marigots,

3 - Pollution des eaux

3.1 Pollution bactériologique,

3.2 Pollution chimique

Chapitre II : Hydraulique Pastorale et Propositions d'amélioration

A) L'hydraulique Pastorale:

1 - Besoins spécifiques en eau des animaux,

1.1 Hygiène de l'abreuvement

1.2. Importance et rôle de l'eau dans l'organisme animal

1.2.1 Importance

1.2.2 L'eau dans l'organisme : son rôle

1.2.2.1 les secteurs hydriques

1.2.2.2 bilan

...../.....

1.2.2.3 Rôle de l'eau

1.3 Besoins en eau et leurs variations

1.3.1 besoins qualitatifs

1.3.2 besoins quantitatifs

1.3.2.1. besoins normaux

- bovins
- moutons
- chèvres
- cheval
- chameau
- âne

1.3.2.2. les variations

- 1 - facteurs intrinseces
- 2 - facteurs extrinseces

1.4 Adaptation des animaux à la soif

1.4.1 Mécanismes d'économie d'eau

1.4.1.1. Sacrifice de l'homéothermie

1.4.1.2. Mécanisme de la thermolyse directe

1.4.1.3. Mécanisme de la thermolyse indirecte

1.4.1.4. Retention tissulaire de l'eau

1.4.1.5. Economie des pertes

1.4.2 Résistance de la Déshydratation

2 - Couverture des besoins : hydraulique pastorale.

- Conditions d'abreuvement
- les différentes formes d'abreuvement
 - des bovins zébus
 - des petits ruminants
 - du cheval
 - des volailles

3- Incidence sur l'exploitation des troupeaux

3.1 Sur la conduite du troupeau

3.1.1. l'élevage pastoral

3.2 Influence de l'implantation des forages dans le Ferlo

3.2.1. les effets positifs

...../.....

3.2.2. les effets négatifs

3.3 Rôle de l'eau dans la transmission des maladies

3.3.1. Maladies bactériennes

3.3.2. Maladies virales

3.3.3. Maladies parasitaires

B) Propositions d'améliorations

1.1 amélioration de l'abreuvement des animaux

1.2.1.1. Création de points d'eau supplémentaires

1.3.1.2. Amélioration des conditions d'exhaure

1.4.1.3. Mise en valeur des eaux superficielles

1.4.1.4. Aménagement secondaire des points d'eau

1.4.1.5. Education des éleveurs

2.1.2 - les cultures fourragères

2.1.2.1. Paturages naturels

2.1.2.2. Cultures fourragères intensives

2.1.2.3. Conservations des fourrages

4.2.3.1. fenaison

4.2.3.2. ensilage

CONCLUSIONS :

BIBLIOGRAPHIE :

Le Candidat

VU

LE DIRECTEUR

de l'Ecole Inter-Etats des Sciences
et Médecine Vétérinaires

LE PROFESSEUR RESPONSABLE

de l'Ecole Inter-Etats des Sciences
et Médecine Vétérinaires

VU

LE DOYEN

de la Faculté de Médecine
et de Pharmacie

LE PRESIDENT DU JURY

Vu et permis d'imprimer

Dakar, le

LE RECTEUR PRESIDENT DU CONSEIL PROVISOIRE
DE L'UNIVERSITE DE DAKAR

SERMENT DES VETERINAIRES DIPLOMES DE DAKAR

Fidèlement attaché aux directives de Claude BOURGELAT, fondateur de l'Enseignement Vétérinaire dans le monde, je promets et je jure devant mes Maîtres et mes Aînés :

- D'avoir en tous moments et en tous lieux le souci de la dignité et de l'honneur de la profession Vétérinaire.

- D'observer en toutes circonstances les principes de correction et de droiture fixés par le code de déontologie de mon pays.

- De prouver par ma conduite, ma conviction, que la fortune consiste moins dans le bien que l'on a, que dans celui que l'on peut faire.

- De ne point mettre à trop haut prix le savoir que je dois à la générosité de ma patrie et à la sollicitude de tous ceux qui m'ont permis de réaliser ma vocation.

Que toute confiance me soit retirée s'il advient que je me parjure./-

*

*

*