

**APPROVISIONNEMENT
EN LAU
DES COMMUNAUTES RURALES**

RAPPORT DE STAGE
OPHEYLISSEM 6-10 SEPTEMBRE 1982

71 COTA 82-3414

ERRATUM

Veillez prendre note que Monsieur Marc JACOBS
I.C.S.
C.P. 124
Praia
CABO VERDE

est un participant au stage dont le nom devrait figurer en page 153;

COTA

COLLECTIF D' ECHANGES POUR LA TECHNOLOGIE APPROPRIEE

rue de la Sablonnière, 18-1000 Bruxelles-Belgique-T:02/2181896

Bruxelles, le 14 février 1983.
Nos réf. : MT/NM/1384

Madame, Monsieur,

Avec nos meilleurs compliments nous vous transmettons ci-joint le rapport du stage auquel vous avez participé du 6 au 10 septembre 1982.

L'équipe du COTA,

COTA COLLECTIF D'ECHANGES
POUR LA TECHNOLOGIE APPROPRIEE AS.B.L.

71
COTA 82

RUE DE LA SABLONNIERE, 18 - B-1000 BRUXELLES - TEL: 02/218.18.96
COMPTE BANQUE CREDIT COMMUNAL 068-0777310-76

LIBRARY KD 3414
International Institute
for Community Water Supply

**APPROVISIONNEMENT
EN EAUX
DES COMMUNAUTES RURALES**

RAPPORT DE STAGE

OPHEYLISSEM 6-10 SEPTEMBRE 1982

AVANT-PROPOS

Du 6 au 10 septembre 1982, le COTA a organisé un stage de formation et d'information sur l'utilisation dans les P.V.D. de technologies appropriées pour la résolution de problèmes d'approvisionnement en eau.

Lors de ce séminaire destiné en particulier aux volontaires et coopérants belges ainsi qu'aux ressortissants des P.V.D., nous nous sommes efforcés de fournir une information sur les diverses techniques utilisables, mais aussi sur les conditions de leur application.

Les information théoriques ou purement techniques ont été illustrées par les exposés d'expériences vécues des orateurs invités ou de stagiaires, et les débats ont permis une confrontation d'idées et d'expériences tant sur la technologie elle-même que sur son "appropriation" aux utilisateurs et par les utilisateurs.

Nous remercions vivement les orateurs et les stagiaires pour leur participation active, et espérons que cette rencontre aura été fructueuse à toutes et à tous,

l'équipe du COTA,

TABLE DES MATIERES

<u>Hydrologie, besoins en eau</u>	Page
Hugues Dupriez et Philippe De Leener Présentation de tableaux descriptifs sur l'économie de l'eau	7
Suzette de Beer (Frères des Hommes) - A quelles conditions un projet technique peut-il être adapté aux besoins d'une population ? L'expérience de Frères des Hommes	11
Xavier Van Caillie - Principe d'une méthode d'éva- luation du bilan hydraulique, évaluation du débit de rivières, rendement de puits. Expérience au Zaire.	21
 <u>Construction de puits et forages</u>	
Jos Besselinck - Système de construction de puits cuvelés par petits éléments.	33
Pierre Peligry (FED) - Politique de la Division Hydraulique du FED dans ses projets d'approvision- nement en eau.	47
Jean-Louis Chlecq- Forages, construction de puits, de retenues par des systèmes manuels. Expérience en Haute-Volta.	61
Jean-Marie Huon - Construction de puits et formation de puisatiers au Mali.	71
 <u>Moyens d'exhaure</u>	
Bernard Gay (DELLO) - Pompes manuelles, exhaure à traction animale, éoliennes d'exhaure, aqualiennes.	75
Exhaure à traction animale (notes sur le modèle CNRA-GOSSAS-ENDA).	91
Fernand Platbrood - Visite de ses ateliers à Couvin, où il construit des éoliennes et pompes à main.	95
Joop Van Meel (SWD) - Exhaure par éolienne. Expérience au Cap Vert.	99

<u>Captage de sources, adductions, citernes d'eau de pluie</u>	Page
Jean-Paul Bartier (AIDR) - Technique de captage de sources, petites adductions. Expérience au Rwanda.	107
Jean-Claude Bruffaerts (CEPAZE) - Construction de citernes d'eau de pluie. Expérience à Haïti.	121
Luc Tytgat - Résultats d'une enquête sur les besoins en eau d'un village rwandais.	131
<u>Traitement de l'eau</u>	
Jan Teun Visscher (IRC Eindhoven) - Système et applications de la filtration lente sur sable et autres traitements.	135
Liste et adresse des orateurs.	151
Liste et adresse des participants.	153

Exposé de Hugues DUPRIEZ et Philippe DELEENER

Approvisionnement des communautés rurales en eau :
politique et économie de l'eau.

L'eau est un facteur essentiel à la vie. Son abondance ou sa rareté rendent la vie possible, risquée, difficile, agréable, impossible. Sa localisation détermine de nombreux comportements sociaux. Ses qualités peuvent engendrer divers problèmes sanitaires ou agricoles.

Il n'y a pas de problématique générale de l'approvisionnement en eau. Il n'y a que des problématiques particulières à chaque communauté locale ou régionale. Le nombre de paramètres qui interviennent lorsque l'on veut établir un plan d'approvisionnement en eau, est toujours très élevé. Il faut tenter de les reconnaître tous. L'analyse proposée au cours de cet exposé, peut aider à cette reconnaissance.

L'envergure des problèmes techniques, économiques et sociaux qui sont posés aux communautés est d'autant plus importante que l'eau est un facteur rare et limitant. Dans les cas de rareté, il est important de mettre au point de véritables politiques de l'eau, pour chaque terroir et région, sans quoi, l'approvisionnement à court terme peut provoquer l'épuisement des ressources à moyen et à long terme.

Qui dit "politique de l'eau" dit "contrôle" de cette politique. en effet, lorsque l'on mène des actions dans le domaine de l'eau, il faut éviter plusieurs types d'écueils:

- + entreprendre de lutter contre les effets plutôt que contre les causes, en particulier en polarisant l'effort sur des solutions techniques marginales et peu intégrées dans le milieu,
- + sous-estimer les risques économiques, sociaux et écologiques de mauvaises politiques,
- + sous-estimer le caractère collectif et communautaire d'une maîtrise réelle des ressources et de l'approvisionnement en eau.

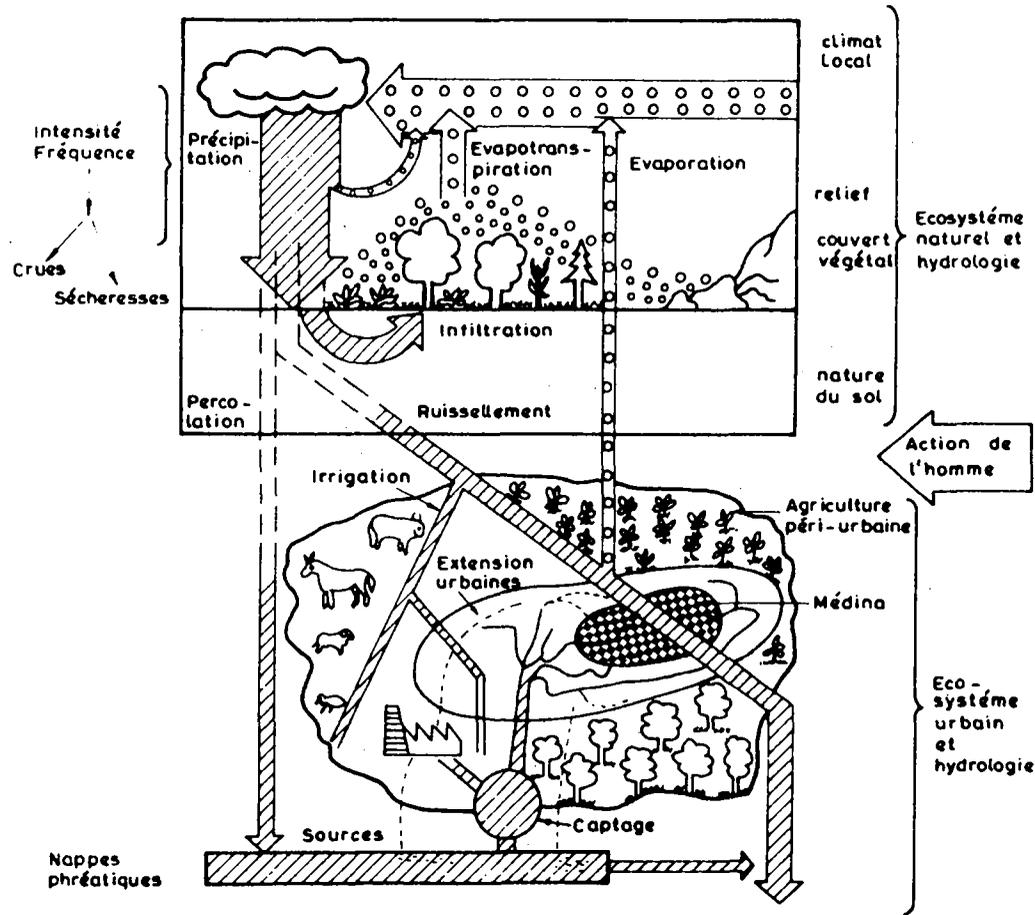
L'exposé est fondé sur une approche analytique globale des ressources en eau d'un terroir et de ses utilisations, ainsi que sur les facteurs qui influencent les unes et les autres. Lorsqu'on a établi un tel bilan analytique, il est possible de hiérarchiser pour chaque cas particulier, l'importance des paramètres et les types d'action à mener.

On illustrera l'analyse au moyen de plusieurs exemples, dont en particulier, celui de l'île de Santiago du Cap Vert et celui d'un terroir moré en Haute Volta.

6-9-82
Hélécine.

LE CYCLE DE L'EAU POUR UNE PETITE REGION DU MAROC ET LES ACTEURS INTERESSES

A. MODELISATION DES ELEMENTS IDENTIFIES

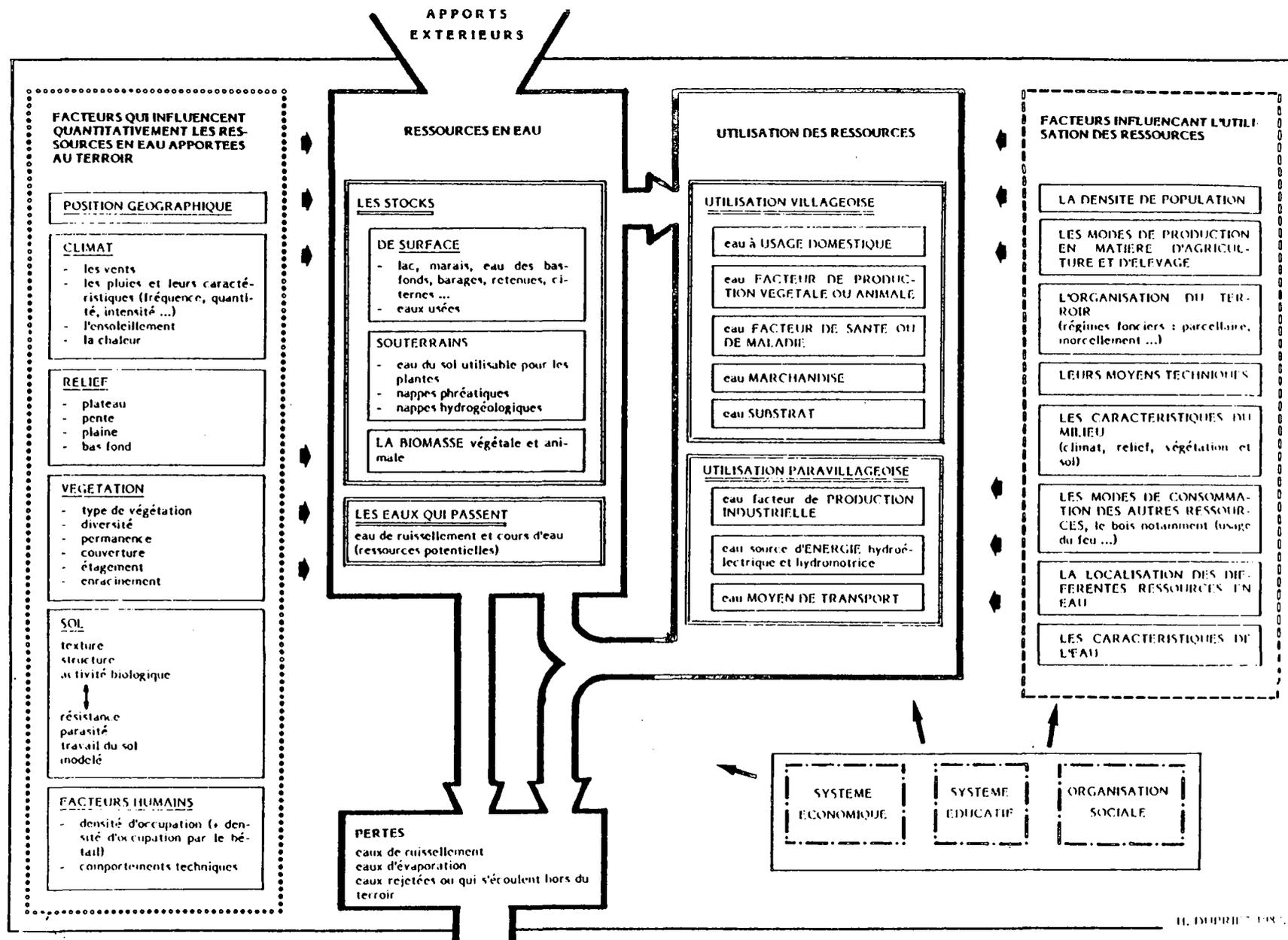


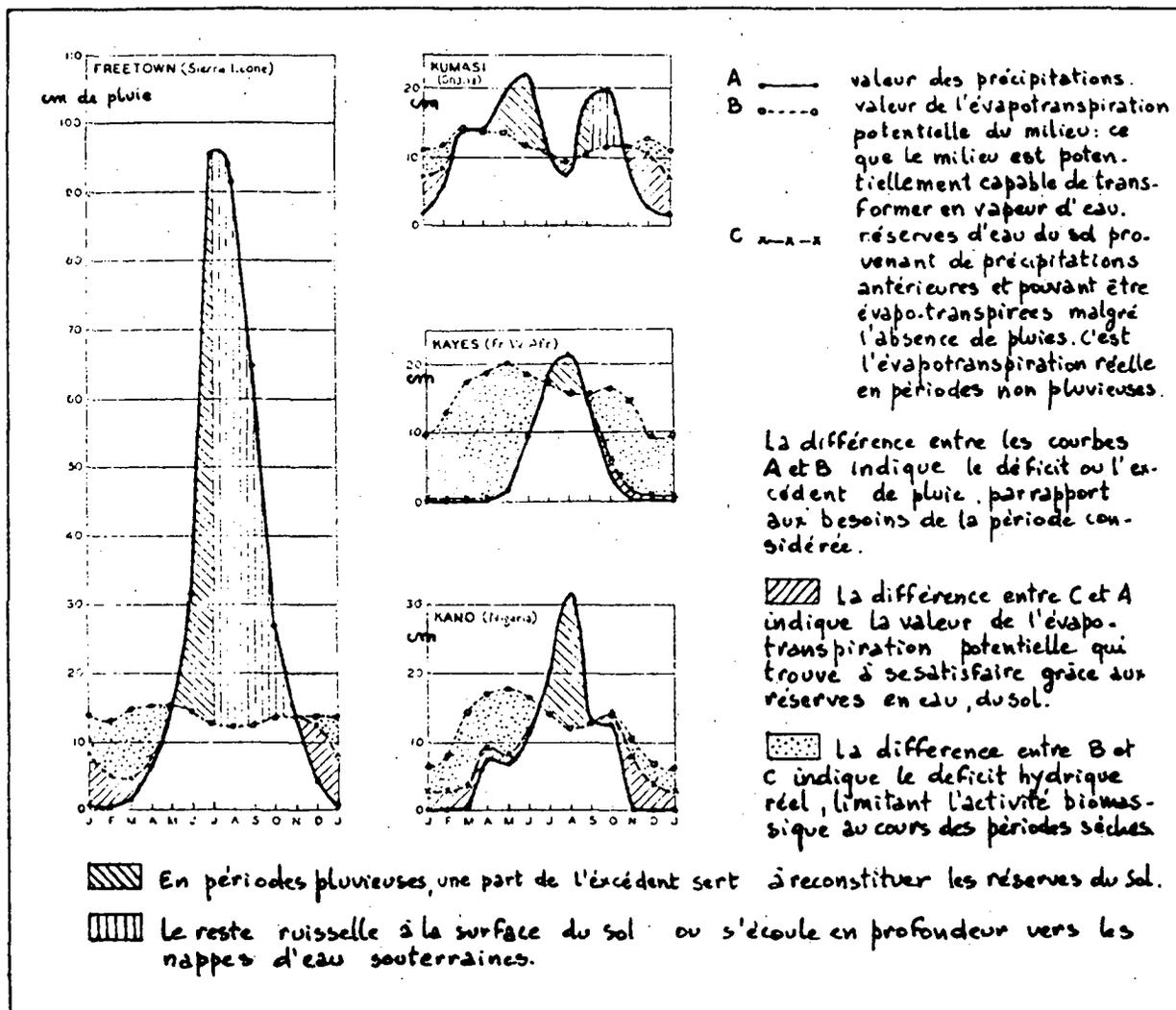
B. IDENTIFICATION DES ACTEURS ET DE LEURS OBJECTIFS PAR RAPPORT A L'EAU

Types d'acteurs	Types d'objectifs	Eléments importants
Forestiers	Protection et accroissement de la forêt	Eau, terres protégées, transports.
Eleveurs	Protection et accroissement des troupeaux	Pâturages, eau.
Agriculteurs	Accroissement de leurs productions - Maintien et accroissement de leur niveau de vie	Terres cultivables, eau, débouchés, transports.
Industriels	Accroissement du profit	Eau, débouchés, déchets industriels, main d'oeuvre.
Population	Niveau de vie, qualité de la vie	Eau, espace d'habitat, espace de loisir, alimentation.
Eaux et forêts	Amélioration et maintien du patrimoine naturel exploitation	Espace naturel, forêt, ressources hydrologiques.
Services urbains de l'eau	Distribution de l'eau	Importance de la population à satisfaire, Dimension et caractéristiques urbaines.
Services urbains de l'assainissement	Evacuation et traitement des eaux usées	Volume à évacuer, modes d'évacuation et de traitement.
Municipalité	?	?
Autorités locales et régionales	?	?

C. IDENTIFICATION DES PROBLEMES







Bilans hydriques de quelques stations ouest-africaines(1)

* Data from D. C. Joshi & Carter, *Climates of Africa and India* according to Thornthwaite's 1931 Classification (Johns Hopkins University, Laboratory of Climatology, Publications in Climatology, Vol. VII, No. 3, Final Report, Genetion, N.J., 1951), p. 426, and material provided directly by Dr. C. W. Thornthwaite.

A quelles conditions un projet technique peut-il être
adapté aux besoins d'une population ...

Exposé de Suzette DE BEER
Frères des Hommes

PLAN

Brève présentation de Frères des Hommes

Expérience de puits en Haute-Volta 1971-1978

Evaluation du programme

Autres évaluations et réflexions sur les projets

- démarrage d'un projet
- attitudes des bénéficiaires
- existence de la réalité socio-culturelle
- la notion de besoin

Conclusion : critères pour une prise en charge par la population
place de la technique
évaluation
conclusion.

Depuis 4 jours, vous étudiez ensemble les divers aspects techniques de l'approvisionnement en eau des communautés rurales - spécialement africaines.

Cet après-midi, je voudrais élargir la réflexion. En effet, le développement a trois dimensions et est composé de trois facteurs indissociables : les facteurs techniques, économiques et humains. C'est sur ce dernier aspect que je souhaite vous communiquer un peu de l'expérience de FRERES DES HOMMES. Puis, à partir de celle-ci, partager avec vous les réflexions et conséquences que nous en avons tirées pour notre travail actuel.

Présentation de FRERES DES HOMMES

Venons-en à l'expérience concrète de FRERES DES HOMMES. FDH est une O.N.G. qui a 17 ans d'existence, et de présence de volontaires sur le terrain.

Des projets purement assistancialisés dans le tout début, (cantines scolaires), FDH est passé rapidement à des projets dits "intégrés", c'est-à-dire prenant en compte tous les aspects du développement d'une région ou d'un village donné. Les projets concernent principalement le milieu rural dans les trois continents : Afrique, Asie, Amérique Latine.

Sous l'influence des volontaires en place et des évaluations sur le terrain, FDH évolue sans cesse. Depuis deux ans, nous nous voulons principalement une force d'appui, un soutien à des groupes locaux qui, sur place, prennent des initiatives pour leur propre développement. Nous travaillons donc actuellement avec des partenaires locaux et en réponse à des initiatives venant directement des pays du Tiers-Monde.

Puits (exhaure de l'eau)

En ce qui concerne le thème de la session : les problèmes de l'exhaure de l'eau, FDH en a l'expérience en Inde, Haute-Volta, Zambie et en Bolivie en ce qui concerne l'irrigation.

C'est en Haute-Volta que l'expérience est la plus complète. Nous y avons mis en cours un programme puits entre 1971 et 1978. La construction d'un puits n'était pas une fin en soi, mais était inscrite dans un programme de développement global, concernant les écoles, l'agriculture et la santé. Le but de ce programme était double : d'une part fournir aux villageois de l'eau durant l'année, y compris en saison sèche

d'autre part, permettre aux villageois de développer des cultures maraîchères irriguées de façon à améliorer l'alimentation et les revenus de la population (qui pouvait vendre les surplus sur les marchés voisins).

En ce qui concerne les écoles, il s'agissait de fournir aux élèves une alimentation plus diversifiée, d'avoir un revenu complémentaire pour l'école. Mais un des objectifs principaux du programme visait à brancher davantage les élèves sur les réalités villageoises, afin de les y intéresser et de freiner l'exode rural dû, notamment, au fait que l'enseignement est inadapté.

Les puits furent toujours construits avec la participation des paysans. La population creusait la fouille jusqu'à l'eau, fournissait sable et gravier et de la main-d'oeuvre pendant toute la durée du chantier. FDH, de son côté, fournissait le reste : main-d'oeuvre spécialisée, matériaux et outillage. Plus d'une bonne centaine de puits ont été ainsi creusés.

L'évaluation de ce programme a fait ressortir les constatations suivantes :

- Ce qui est apparu d'emblée positif, c'est que tous les puits construits ont été utilisés et même beaucoup utilisés. Certains servaient à plusieurs villages.

- Tout autour de certains puits sont apparus des périmètres maraîchers irrigués qui ont eu les effets escomptés : améliorer l'alimentation et donc la santé et améliorer le revenu des paysans touchés par le programme. Ils correspondaient donc à un besoin réel.

Cependant, des problèmes sont apparus, qui ont été autant de pistes de réflexion pour FDH.

1. Dans le cas des écoles, les instituteurs demandaient un puits, plus pour le village ou pour eux-mêmes que en vue d'organiser une activité parascolaire (jardins irrigués, maraîchage, organisation des élèves ...) prévue dans le programme de FDH. Cette situation provoque l'appropriation du puits par l'instituteur qui détourne à son profit le travail de la collectivité (par ex. en refusant l'accès du puits quand il le souhaite).
2. Autre problème : les puits étaient en général peu entretenus. A quoi est dû ce manque d'entretien ? Tout d'abord à notre conception du travail : puisque le puits est le bien du village qui l'a construit ensemble, le village doit s'organiser pour l'entretien et les réparations. Or nous avons ignoré que le village est hétérogène et qu'il y a, à l'intérieur de celui-ci, des luttes d'influences politiques ou claniques, ce qui crée souvent des problèmes dès le début des travaux.

Traditionnellement en Haute-Volta, un puits n'est pas creusé par tout le village, mais par quelques familles auxquelles il appartient, qui l'entretiennent et l'approfondissent quand c'est nécessaire. Quand il s'agit du puits de l'école ou du village, personne ne s'en sent responsable. En outre, si le puits a été creusé avec des moyens techniques plus ou moins sophistiqués, les villageois identifient le puits avec les moyens techniques utilisés pour sa réalisation, réclamant ces mêmes moyens pour l'entretien. Ils sont donc en dépendance technologique.

Ceci pose une autre question : l'investissement humain, c'est-à-dire la participation des villageois au chantier implique-t-il vraiment la participation effective de la population à la conception et à la réalisation du projet ?

Cet investissement humain peut à la limite n'être qu'un moyen de se procurer de la main-d'oeuvre gratuite et se donnant l'illusion et la satisfaction de réaliser un projet intégré, pris en charge par les gens et qui correspond aux besoins.

L'investissement humain, en tant que tel, n'est pas un gage de prise en charge par la population des réalisations qui sont faites avec elle. Les gens ne sont pas pour autant, associés dès l'origine à la conception du projet et les moyens techniques et financiers sont trop souvent hors de proportion avec ceux du village.

Le risque est donc que les gens ne soient que les acteurs passifs d'une action qui les dépasse sur tous les plans et qui, peut-être, ne correspond même pas aux intérêts réels des villageois, comme nous l'avons vu dans le cas de l'instituteur, confisquant à son profit le puits creusé par tous, ou lorsque, par exemple, ces puits permettent la création de périmètres maraîchers où l'on cultive des produits destinés à l'exportation (fruits et légumes en contre-saison par exemple).

D'autres projets de Frères des Hommes ont aussi été évalués. Tout cela nous a amenés aux réflexions suivantes :

Caractéristiques d'un projet

Lorsque nous voulons commencer un projet, nous, européens, nous procédons ainsi :

1. La définition de l'objectif à atteindre (simple : production de telle culture, ou complexe : organisation d'une infrastructure sanitaire ou autre) en réponse aux besoins.
2. La mise au point des moyens nécessaires pour atteindre ces objectifs (argent, personnel, matériel, organisation, connaissances techniques ...).
3. Une définition de la collaboration des populations locales.
4. Un calendrier des réalisations et des étapes.

Un fait qui pose problème : les attitudes des "bénéficiaires"

Tous ces éléments semblent objectivement la meilleure réponse possible aux carences locales en matière de développement. La population rurale concernée devrait donc logiquement avoir une attitude positive et participante à l'égard des projets de développement.

Or l'on constate des attitudes très variées que l'on peut classer de trois façons :

1. La réaction du tout ou rien : naissance d'un espoir sans bornes, bien proche de la démission de ses propres responsabilités pour s'en remettre complètement à l'aide ; ou alors un rejet pur et simple dû à la crainte de la nouveauté et au désir de préserver l'état actuel des choses.
2. Le scepticisme : c'est l'attitude la plus générale après une première expérience. Cela est dû non seulement au fait d'une attente disproportionnée, mais aussi parce que le projet n'a pas pu tenir ses promesses, souvent par l'insuffisante mise en place des conditions de continuité après l'arrêt du projet proprement dit.
3. Le désir sélectif : d'une part, la population accepte à court terme les avantages qui lui sont offerts, tout en évitant de s'engager globalement pour un développement collectif.
Et d'autre part, les projets sont utilisés comme moyen de promotion individuelle.

Ceci amène une déception des promoteurs du projet et amène à des jugements de valeur : les paysans préfèrent le bénéfice personnel au développement communautaire, la population n'a pas compris la valeur du projet et, ou, on ne l'a pas assez sensibilisée ou encadrée ...

Il y a encore une autre explication : on peut penser au contraire, que ces attitudes qui aboutissent à mal interpréter ou à rejeter les projets sont le résultat logique de leur conception et de leur réalisation.

Le rejet d'une greffe n'est pas une réaction perverse de l'organisme, mais la réponse à l'agression d'un corps étranger.

Quiconque a vécu en milieu rural africain a pu voir comme justement les projets de développement apparaissent par bien des côtés comme des corps étrangers :

- ils le sont visuellement, physiquement, par l'infrastructure, les moyens utilisés et le personnel étranger.
- psychologiquement : les villageois ne se sentent pas partie prenante. Même s'ils ont été consultés lors d'une enquête du milieu, la forme que revêt finalement l'information qui en est tirée n'a plus rien à voir avec le type habituel de perception et d'expression de la population qui se sent étrangère et impuissante.
- ils le sont réellement puisque - après l'apport extérieur en personnel et en argent - peu d'éléments restent incorporés à la vie quotidienne de la population et sont devenus partie intégrante de son système socio-culturel.

Ce rejet de la greffe est trop fréquent pour être accidentel et l'on peut penser qu'il n'est que la réponse à un autre rejet qui l'a précédé : LE REFUS DE PRENDRE EN COMPTE, DANS LES PROJETS DE DEVELOPPEMENT, LA REALITE SOCIO-CULTURELLE QU'ILS SONT CENSES DEVELOPPER.

Existence de la réalité socio-culturelle africaine

Le milieu local africain n'est pas une table rase où l'on peut plaquer quelque chose appelé développement. Il a déjà ses propres centres de pouvoir et son propre fonctionnement. Chaque domaine vital a déjà son propre responsable, reconnaissable et reconnu par l'ensemble du groupe, ayant des relations déterminées avec les autres : chef de terre, guérisseur et prêtre, corporation, associations par âge et sexe. La légitimité d'une décision est liée à la légitimité de la personne ou du groupe qui l'a prononcée et ce consensus fait qu'elle est normalement appliquée. Mais cela n'exclut pas les tensions, mais implique la résolution à l'intérieur et selon les règles du système.

Ainsi, le milieu isole dans l'apport extérieur éventuel ce qui lui convient et lui donne une signification nouvelle dans le contexte local. Au contraire, la dynamique du projet de développement est enracinée à l'extérieur du milieu concerné. On ne tient pas compte que le milieu lui-même pourrait modifier le projet.

Les centres de pouvoir sont à l'extérieur du milieu concerné (argent). On introduit dans le milieu non pas des assistants mais aussi des contre-pouvoirs : le médecin est plus l'opposé du guérisseur que son expression complétée, de même l'agronome par rapport au chef de terre ou à l'agriculteur le plus compétent, le professeur vis-à-vis des personnes chargées de l'initiation. LE PROJET DE DEVELOPPEMENT, AU LIEU DE PROMOUVOIR LES VALEURS ET DE DYNAMISER LES STRUCTURES DU MILIEU, TROP SOUVENT, LES DEVALUE ET LEUR SUBSTITUE NOS PROPRES SYSTEMES DE REFERENCE.

La notion de besoin

Le projet de développement est censé répondre à un manque, à un besoin. Il serait donc normal que le projet ait une relation très proche avec la réalité socio-culturelle de ceux qui souffrent de ce manque.

Or, comme exprimé plus haut, le besoin est transposé d'abord en réalité objective, quantifié hors du jugement du groupe intéressé. Le besoin de se nourrir, par exemple, ou d'élever ses enfants, est traduit en quantités de calories ou en revenu par tête, le besoin d'eau sera traduit en puits, en irrigation, barrages ...

L'ampleur du besoin est déterminée par l'écart entre la situation locale et une situation définie comme idéale. Celui qui ressent le besoin est dépossédé de la maîtrise culturelle de sa situation et n'aura ni la possibilité de définir ses propres priorités : indépendance alimentaire, maintien de la solidarité dans le groupe, accroissement du revenu, intégration des vieillards dans la société ...

Le projet de développement opère une double distorsion du besoin reconnu par la population locale :

- IL SUPPRIME SES COMPOSANTS SPECIFIQUES, QUI CONSTITUENT SON FOND VITAL (PARCE QUE JUGES SUBJECTIFS ,SENTIMENTAUX ...)
- IL LE COLORE D'ELEMENTS QUI CONSTITUENT LE FOND DE CE BESOIN DANS LA SOCIETE DEVELOPEE ET QUE CELLE-CI CONSIDERE COMME UNIVERSEL.

Une étude scientifique est nécessaire, mais il faut aussi une connaissance de l'intérieur grâce à l'intégration et une solidarité même affective et cela demande des qualités humaines et du temps.

Bien des anecdotes existent pour montrer les effets de cette distorsion. En voici deux, relatives à un besoin simple et prioritaire dans nombre de villages africains : le besoin en eau potable.

- Il était une fois un village où les femmes devaient faire jusque 15-20 km par jour pour aller chercher l'eau à la rivière. Un organisme européen finança le forage de puits à grande profondeur avec un matériel moderne, sans que la population puisse participer concrètement à cette opération. Malgré l'ampleur du besoin que le puits permettait de satisfaire, les villageois ont fini par reboucher le puits avec des pierres : l'économie de temps énorme réalisé dans la journée des femmes n'avait pas été comblé par une autre organisation et d'autres activités. Cela avait provoqué des disputes et des palabres ressenties comme plus dommageables que la difficulté d'accès à l'eau.

- Dans un autre village, la solution retenue avait consisté à pomper l'eau dans la rivière, la stocker dans un château d'eau pour la redistribuer dans des bornes fontaines. Là, la population avait largement été mise à contribution comme main-d'oeuvre. Il était entendu que les villageois se cotiseraient pour payer le fuel pour le moteur pompe et les réparations. Tout alla bien tant que le projet fut sur place. Au moment où il fallu se côtiser, réunions, menaces arrêt de distribution d'eau, rien n'y fit. Jusqu'au jour où une animatrice fit remarquer que seuls les hommes parlaient aux réunions ... Finalement, les femmes prirent la parole et dirent qu'elles comprenaient que les hommes n'étaient pas intéressés par cette affaire puisque c'étaient les femmes qui devaient rapporter l'eau sur la tête. Elles se chargèrent elles-mêmes d'organiser les cotisations et l'entretien.
Depuis lors l'eau coule aux bornes-fontaines...

Pour qu'il y ait une véritable prise en charge par les villageois, il faut : - et nous avons ici la concrétisation de ce dont je parlais tout à l'heure - tenir compte de la réalité socio-culturelle

- 1° que le projet vienne réellement d'eux
- 2° qu'ils y soient associés dès la conception afin de réfléchir sur la méthode et les moyens à utiliser
- 3° que le but, les moyens soient réfléchis, déterminés et assumés par eux
- 4° que les moyens techniques et financiers soient maîtrisés et maîtrisables par eux.

Ce 4ème point va certainement vous faire réagir, puisque c'est le thème même de votre réflexion.

Une technique, c'est quoi ?

La technique n'est pas neutre.

Il est bien évident qu'une technique doit être adéquate au besoin de satisfaire et, pour cela, tenir compte de la situation locale. Cela signifie bien sûr que la technique de forage dépend de l'état du sol et du sous-sol, de la profondeur de la nappe phréatique etc ... Plus fondamentalement, dans l'optique de la prise en charge par la population de son propre développement, cette adéquation de la technique dépend de la situation économique et sociale où s'insère l'action :

- interviennent ici le rapport entre le degré de sophistication du matériel et les savoir-faire existants ou assimilables pendant l'action
- le rapport entre la complexité de l'organisation nécessaire à la mise en oeuvre de la technique et la possibilité de mettre en place cette organisation à un rythme compatible avec l'évolution personnelle et collective des gens.

C'est surtout dans ces domaines que l'hétérogénéité de la population fait que le choix de la technique et le rythme de l'action auront des répercussions importantes ! La majorité pourra se développer ou, au contraire, l'écart entre les privilégiés et les autres va s'accroître : la neutralité n'existe pas, il faut en être conscient. Il ne suffit pas de dire que l'on cherche la participation de la population et le service des plus pauvres, il faut chercher les moyens de s'en assurer et avoir la patience de modifier le rythme et les méthodes.

Pour cela, il faut évaluer le travail.

L'évaluation peut se faire selon une grande diversité de critères. On peut compter les puits. Il peut être plus éclairant de voir le pourcentage de puits utilisés et non-pollués après plusieurs années. Ce qui est plus important, c'est de voir dans quelle mesure tel ou tel projet a aidé les gens à se développer, à devenir plus autonomes, plus capables de vaincre par eux-mêmes les causes naturelles ou socio-politiques de leur pauvreté.

En ce sens, une véritable évaluation ne peut se faire qu'avec leur participation.

En conclusion, je voudrais dire que c'est l'expérience même de Frères des Hommes, réunie pendant de nombreuses années d'actions au ras-du-sol, qui nous incite à travailler maintenant avec des partenaires locaux, et en étant surtout un point d'appui à des initiatives prises sur place ; à nous dire que quoi que nous fassions, quelles que soient nos intentions et notre bonne volonté ce que nous faisons n'est pas neutre et que nous ne pouvons pas toujours en prévoir les conséquences...

Il faut donc qu'une association comme la nôtre, qui se veut au service des plus défavorisés, soit toujours très attentive à ne pas perdre de vue cet objectif.

QUELQUES QUESTIONS DE BASE EN HYDROLOGIE
 EN VUE DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU DES COMMUNAUTES RURALES
 EXEMPLES AU ZAÏRE

par Xavier VAN CAILLIE, géologue hydrologue conseil,
 14, drève de la Marmotte, 1328 OHAIN Belgique

Après une vue d'ensemble sur l'eau du sol et les nappes aquifères (.1), nous présentons le bilan hydrologique adapté à la région à partir des données météorologiques (.2), la mesure et l'estimation des débits au flotteur et par des formules empiriques (.3) et la détermination du rendement des nappes aquifères (.4).

.1 L'eau du sol et les nappes aquifères.

La présence d'eau dans le sol et dans le sous-sol d'une région est liée aux conditions climatiques aussi bien qu'à la nature du sol et des formations géologiques du sous-sol, à la pente et à la couverture végétale. C'est le "milieu" terrestre dans son ensemble qui reçoit les précipitations et les restitue soit, sous forme de vapeur, à l'atmosphère, soit aux cours d'eau, directement par le ruissellement, ou indirectement par l'intermédiaire des nappes aquifères.

Il convient de distinguer le sol du sous-sol. Ce sont deux milieux différents, tant par leur origine que par le mode de circulation des eaux. Le sol forme, avec la végétation et la faune, un milieu de vie qui reçoit des quantités d'eau atmosphérique plus ou moins abondantes et plus ou moins intenses. L'intensité possible des pluies est une des caractéristiques de l'atmosphère régionale. Elle engendre du ruissellement dans la mesure où les surfaces de sol sont découvertes, peu perméables et en pente. Ces trois conditions doivent être réunies, pour provoquer du ruissellement et, par conséquent, des crues dans les cours d'eau.

Une partie importante des précipitations pénètre dans le sol plus ou moins rapidement en fonction de sa propre perméabilité et de l'importance du couvert végétal dont les racines favorisent généralement l'infiltration. La nature du sol détermine sa plus ou moins grande perméabilité. L'ensemble des vides présents dans un sol ou dans une roche constitue ce qu'on définit comme la porosité totale. Celle-ci varie d'une roche ou d'un sol à l'autre, entre 35 et 50 %. Ces vides peuvent se remplir d'eau complètement ou partiellement.

L'eau contenue dans les sols et dans les roches du sous-sol y est retenue, notamment par des forces de capillarité, formant ce qu'on appelle l'eau de rétention. Une autre partie de l'eau présente dans une roche ou un sol saturé, s'échappe d'elle-même sous l'action de la gravité, c'est l'eau de gravité ou l'eau libre. Cette eau de gravité circule librement dans les sols et dans les roches du sous-sol sous l'action de son propre poids. Les règles de l'hydraulique dans les terrains plus ou moins perméables, sont d'application pour les nappes aquifères. Dans les sols, l'eau libre descend vers le bas, c'est à dire vers le sous-sol. Là, elle rencontre des formations plus ou moins perméables. La perméabilité des roches est sa faculté de laisser passer l'eau plus ou moins vite. Elle se mesure en centimètres par seconde. Les roches perméables ont des perméabilités de plus de 0,01 cm/s. Les roches peu perméables ont une perméabilité comprise entre 10^{-7} et 10^{-3} cm/s. Les roches, dont la perméabilité est inférieure à 10^{-7} cm/s, sont imperméables.

La perméabilité du sous-sol, comme celle du sol, est également liée à la présence d'ouvertures telles que des fissures, ou même des cavités plus importantes praticables par l'homme, les grottes. On parle alors de perméabilité en grand. L'eau y circule très rapidement. La perméabilité propre du matériau peut être court-circuitée par la perméabilité en grand dans certaines régions.

La nappe aquifère n'est autre chose que l'eau contenue dans une roche ou un sol plus ou moins perméable. Cette eau peut circuler vers les points bas du relief ou vers les puits et forages d'exploitation. La vitesse de circulation dépend de la nature de la roche perméable, le débit disponible de l'épaisseur de la couche saturée. Le débit des puits dépend également de la "charge", c'est à dire de la différence de niveau entre l'eau dans le puits et le "toit" de la nappe environnante. Les conditions d'exploitation d'une nappe souterraine sont réglées par l'ouvrage de captage et par

les caractéristiques du terrain et de la nappe aquifère elle-même. La reconnaissance géologique et hydrologique est un préliminaire obligé à tout autre travail. Elle peut être complétée par des reconnaissances géoélectrique ou sismique en vue de préciser la localisation et l'importance des ouvrages à réaliser pour que le captage soit d'une rentabilité optimale.

Des travaux souterrains tels que les forages, sont très coûteux et parfois peu rentables comparés aux captages superficiels. Les sources et zones de sources, ainsi que les cours d'eau, constituent par eux-mêmes un système de drainage des nappes aquifères qu'il est parfois plus intéressant de capter que l'eau souterraine. Le choix des dispositifs de captage et la détermination des débits disponibles, font suite à une prospection hydrologique de surface, qu'il est possible de comparer au bilan hydrologique établi à partir des données météorologiques mensuelles de la région. La mesure des débits en période d'étiage et la détermination des aires de ruissellement peuvent se combiner avec un bilan hydrologique adapté à la région pour préciser les ressources en eau disponibles.

.2 Le bilan hydrologique adapté à la région à partir des données météorologiques.

Le point de départ de ce bilan est constitué par les données météorologiques. On peut partir des données journalières, mais les valeurs mensuelles sont suffisantes pour une approche régionale. Les précipitations forment les entrées du bilan. Leur intensité détermine l'importance éventuelle du ruissellement, qui engendre les crues. Les quantités d'eau non ruisselées sont infiltrées dans le sol où une partie est mise en réserve, tandis que le reste s'infiltré plus bas vers les nappes aquifères. L'eau stockée dans le sol est utilisée par la végétation et évaporée : c'est l'évapotranspiration. L'eau infiltrée vers les nappes aquifères fait monter leur niveau et provoque un accroissement du débit des sources.

Le volume des précipitations sur le bassin versant étudié est calculé à partir des pluies enregistrées, dont la valeur a été pondérée en fonction des superficies sensées être représentées par les stations pluviométriques. Le relief et l'altitude peuvent jouer un rôle dans cette pondération (méthode de THIESSEN).

L'analyse de quelques crues permet d'évaluer les surfaces qui engendrent du ruissellement et le pourcentage des pluies intenses concernées.

La différence entre les pluies et les volumes ruisselés donne le volume infiltré dans le sol, pour ces surfaces. On effectue un premier bilan au niveau du sol. La fraction du sol utilisée par la végétation dépend de sa nature. La proportion d'eau retenue dépend de la nature du sol lui-même. Dans la région de Kinshasa, 15 % du volume du sol sont disponibles pour le stockage de l'eau infiltrée et forment le volume d'eau de rétention. Une fois ce stock reconstitué, l'excédent des eaux de pluies infiltrées descend vers la nappe aquifère. L'eau retenue par le sol est évaporée par la végétation en fonction des conditions climatiques du mois. On calcule l'évapotranspiration potentielle de la végétation en fonction du type de végétation et des valeurs moyennes mensuelles de la température, de l'humidité relative, de la pression de vapeur d'eau, de l'insolation relative, de la vitesse du vent et du déficit de saturation. La formule utilisée est celle de PENMAN. Cette formule a été adaptée à la région de Kinshasa par BERNARD, FRERE (BULTOT, 1962, 1971) et DUPRIEZ (1964).

La formule de PENMAN est utilisée pour le calcul de l'évaporation potentielle de la nappe d'eau libre qui sert de référence au calcul des évapotranspirations potentielles des différents milieux végétaux. On calcule successivement :

- l'évaporation potentielle de la nappe d'eau libre : V_w ,
- l'évaporabilité de la nappe d'eau libre : H_w (pour $r = 0,06$),
- l'évaporabilité de la forêt : H_f (pour $r = 0,13$),
- l'évaporabilité de la savane : H_s (pour $r = 0,18$ en saison des pluies et $0,23$ en saison sèche),
- le coefficient réducteur: V_w/H_w est appliqué mensuellement à l'évaporabilité du milieu considéré (H_f, s) pour obtenir l'évapotranspiration potentielle de ce milieu (ET_f, s).

Formule de PENMAN pour le calcul de l'évaporation potentielle de la nappe d'eau libre :

$$V_w(\text{mm/j}) = \frac{AH + 0,27 E}{A + 0,27}$$

(avec H calculé pour $r = 0,06$)

$$E = 0,2625 \cdot e_a(1 - h')(1 + 0,5261 u_2)$$

$$H = R(1 - r)(0,18 + 0,55 S) - B \left[0,56 - 0,092 (0,75 \cdot e_a \cdot h')^{0,5} \right] (0,10 + 0,90 S) \quad (1)$$

$$\text{avec } B = 2,0189793 \cdot 10^{-9} (273 + t)^4$$

$$A = 0,4166667 \cdot d$$

avec : e_a = la pression de vapeur saturante à la température moyenne donnée (t°) du mois (en mb)

h' = l'humidité relative (en 1/100)

u_2 = la vitesse du vent en m/sec à 2 m de hauteur (ou $\frac{\log 6,6}{\log(i/0,3048)}$. ui pour le vent à i m)

R = la radiation extraterrestre mensuelle moyenne au milieu du bassin versant (en mm de vapeur d'eau par jour), voir table 11-6 VEN TE CHOW (1964)

r = l'albedo des différents milieux (0,06 pour l'eau; 0,13 pour la forêt; 0,23 pour la savane en saison des pluies et 0,18 en saison sèche)

S = le rapport entre l'insolation réelle et l'insolation possible

t = la température moyenne mensuelle

d = la pente de la courbe de tension de vapeur d'eau à la température moyenne de l'air (en mb^2).

(1) H_f et H_s sont calculés séparément.

L'application mensuelle du coefficient réducteur à H_f et à H_s donne les valeurs de l'évapotranspiration potentielle de la forêt, ET_f , et de la savane, ET_s .

Table 11-6. Midmonthly Intensity of Solar Radiation on a Horizontal Surface, in Millimeters of Water Evaporated per Day, or the Value R in the Penman Equation*

Latitude, deg	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
North												
90				7.9	14.9	18.1	16.8	11.2	2.6			
80			1.8	7.8	14.6	17.8	16.5	10.6	4.0	0.2		
70		1.1	4.3	9.1	13.6	17.0	15.8	11.4	6.8	2.4	0.1	
60	1.3	3.5	6.8	11.1	14.6	16.5	15.7	12.7	8.5	4.7	1.9	0.9
50	3.6	5.9	9.1	12.7	15.4	16.7	16.1	13.9	10.5	7.1	4.3	3.0
40	6.0	8.3	11.0	13.9	15.9	16.7	16.3	14.8	12.2	9.3	6.7	5.5
30	8.5	10.5	12.7	14.8	16.0	16.5	16.2	15.3	13.5	11.3	9.1	7.9
20	10.8	12.3	13.9	15.2	15.7	15.8	15.7	15.3	14.4	12.9	11.2	10.3
10	12.8	13.9	14.8	15.2	15.0	14.8	14.8	15.0	14.9	14.1	13.1	12.4
0	14.5	15.0	15.2	14.7	13.9	13.4	13.5	14.2	14.9	15.0	14.6	14.3
South												
10	15.8	15.7	15.1	13.8	12.4	11.6	11.9	13.0	14.4	15.3	15.7	15.8
20	16.8	16.0	14.6	12.5	10.7	9.6	10.0	11.5	13.5	15.3	16.4	16.9
30	17.3	15.8	13.6	10.8	8.7	7.4	7.8	9.6	12.1	14.8	16.7	17.6
40	17.3	15.2	12.2	8.8	6.4	5.1	5.6	7.5	10.5	13.8	16.5	17.8
50	17.1	14.1	10.5	6.6	4.1	2.8	3.3	5.2	8.5	12.5	16.0	17.8
60	16.6	12.7	8.4	4.3	1.9	0.8	1.2	2.9	6.2	10.7	15.2	17.5
70	16.5	11.2	6.1	1.9	0.1			0.8	3.8	8.8	14.5	18.1
80	17.3	10.5	3.6						1.3	7.1	15.0	18.9
90	17.6	10.7	1.9							7.0	15.3	19.3

* After Criddle [138].

NOTE: Values from a table by Shaw [145] multiplied by 0.86 and divided by 59 give the radiation in millimeters of water per day.

C'est à partir des précipitations infiltrées et de l'évapotranspiration potentielle du milieu que le bilan au niveau du sol est effectué en tenant compte du stock préexistant et du déstockage final du mois. THORNTHWAITE (1957) a donné la relation entre ce déstockage et l'évapotranspiration potentielle pour différentes réserves d'eau maximales disponibles dans le sol (tableaux disponibles au COTA). L'évaporation réelle est donnée par la différence entre le stock initial et le stock final du mois. Pour les mois, pour lesquels les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle, c'est la valeur cumulée des évapotranspirations des mois déficitaires qui détermine le stock final du mois. Le bilan au niveau du sol est effectué pour chaque type de couverture végétale et de situation climatique particulière éventuelle (plaine, plateau).

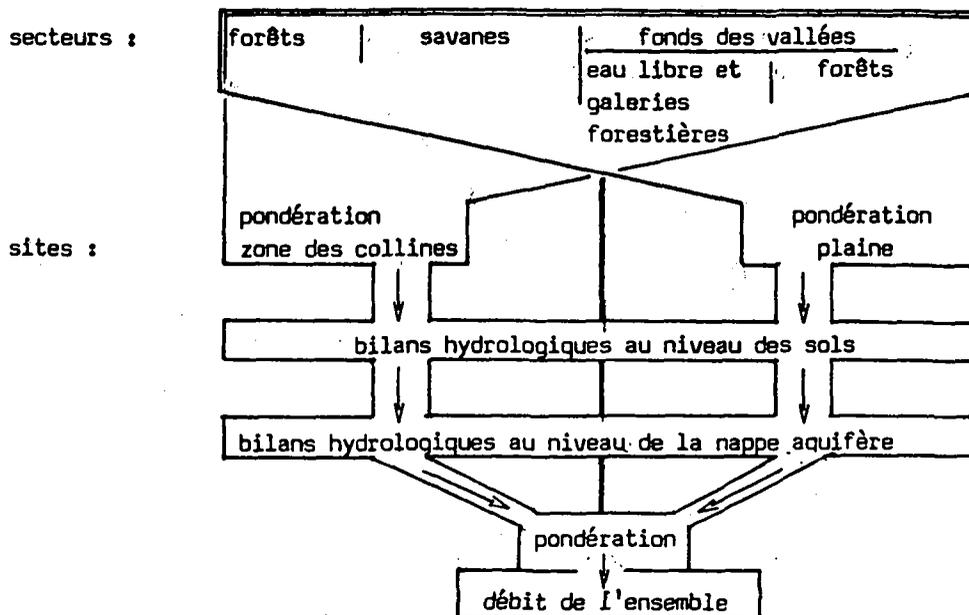
Un second bilan est effectué au niveau de la nappe aquifère. Les eaux de la nappe aquifère s'écoulent vers les sources qui alimentent les cours d'eau. L'analyse des débits des cours d'eau permet de dégager les débits de base, de basses eaux, d'étiage et de hautes eaux. En période de basses eaux, la baisse de débit permet de calculer le coefficient de tarissement des nappes aquifères. Le débit minimum interannuel, appelé débit de base, est une constante de l'alimentation des cours d'eau à partir des eaux souterraines. Le bilan hydrologique au niveau de la nappe aquifère tiendra compte des caractéristiques déterminées à partir des débits des cours d'eau en période de basses eaux et d'étiage extrême. Les éléments essentiels sont : le débit de base et le coefficient de tarissement. On calcule le débit à partir de la formule de MAILLET (CASTANY, 1968).

Le bilan général est effectué en sommant les bilans partiels calculés au niveau de la nappe pour les portions de bassin versant situées dans des conditions morphoclimatique ou de couvert végétal différentes.

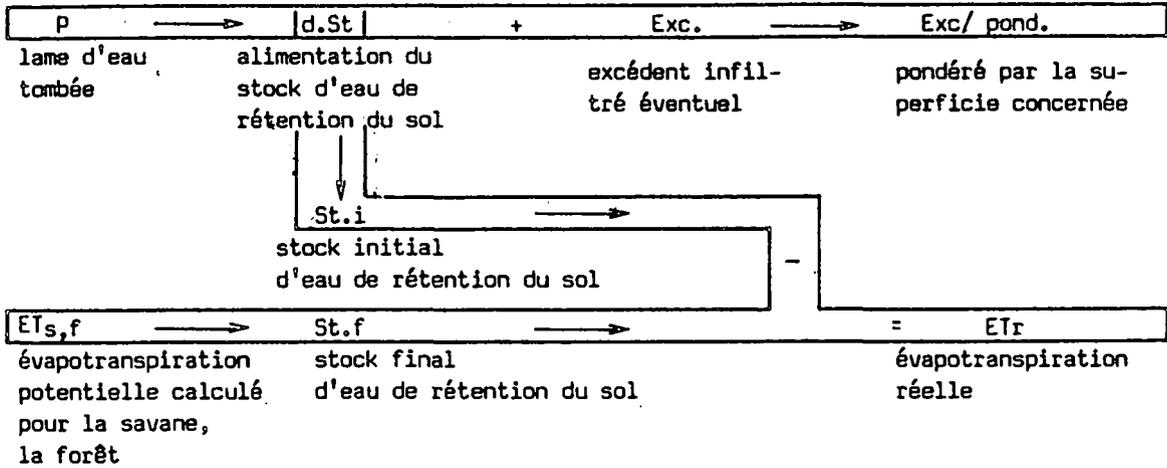
Les schémas ci-après reprennent la procédure à suivre. Cette procédure nous a permis de calculer les débits d'un ensemble de bassins versants de la région de Kinshasa. Les résultats obtenus sont bien corrélés avec les débits en période de basses eaux. Le modèle utilisé peut être adapté en fonction des conditions locales et des valeurs mesurées. Dans une région à aménager, la connaissance des basses eaux est primordiale. Les basses eaux conditionnent en effet les ressources minimales disponibles. Il faut d'ailleurs en tenir compte pour assurer au cycle biologique naturel un minimum vital avant toute mise en valeur.

L'exploitation des réserves souterraines est conditionnée par l'alimentation des nappes aquifères, dont nous venons de voir qu'elle dépend du bilan d'eau au niveau du sol.

Schéma général du bilan hydrologique de la "Ville-Est" à Kinshasa.



par type de couvert végétal :



pour le fond des vallées :

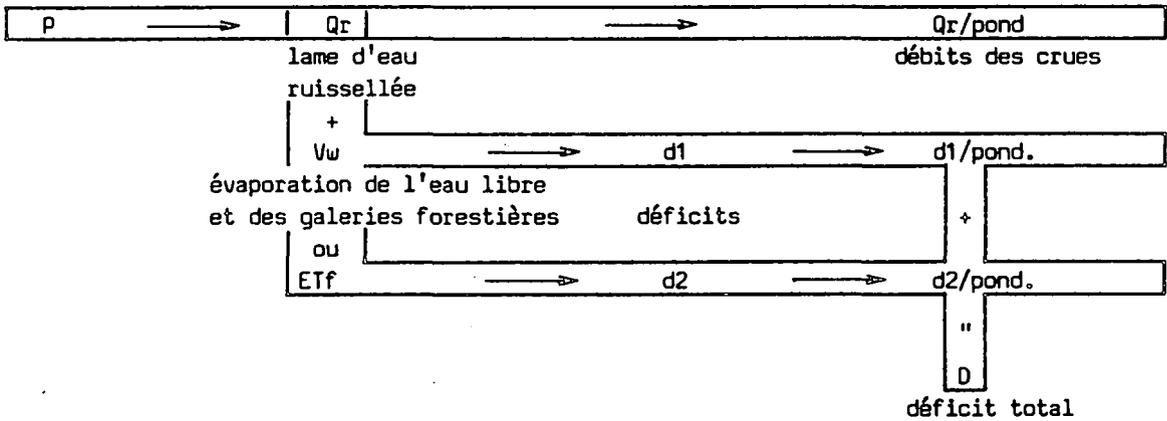
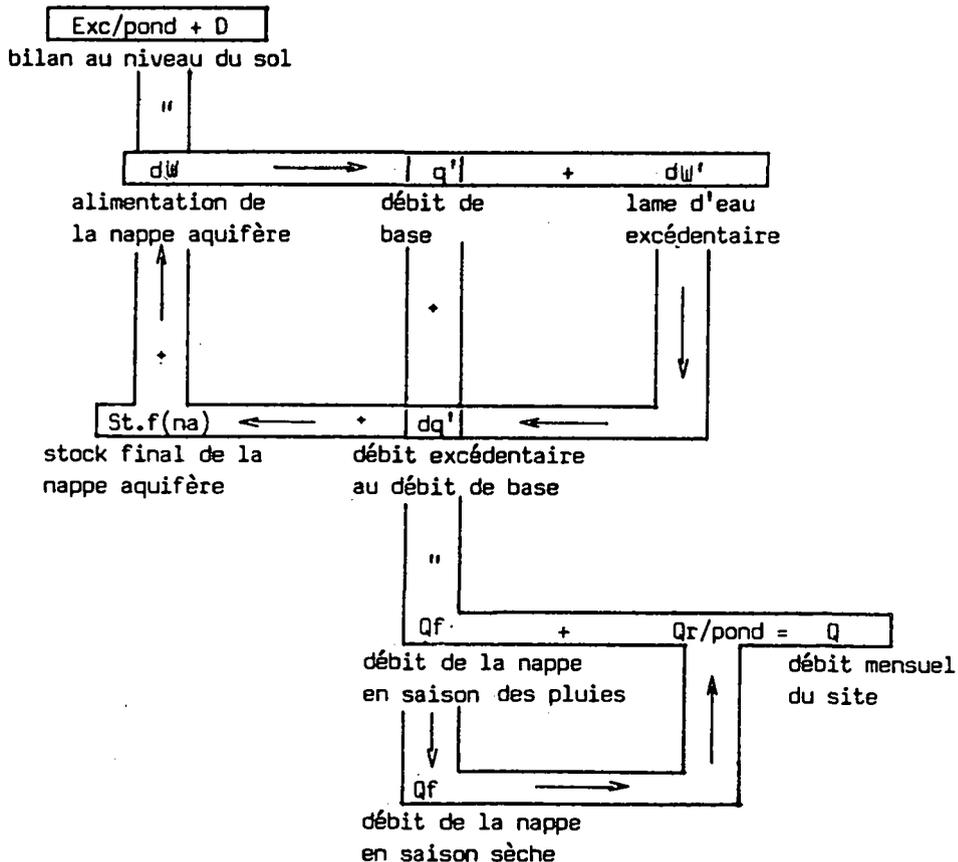


Schéma du bilan hydrologique pour chaque site au niveau de la nappe aquifère.



.3 La mesure et l'estimation des débits.

.31 La mesure du débit au flotteur.

Le cours d'eau est balisé dans une section de jaugeage la plus rectiligne et la plus régulière possible. Deux lignes de visée (n° 1 et n° 2) sont établies en amont et en aval de la section (fig. 1). La distance entre les deux lignes est constante et connue : d . Différents filets d'eau sont repérés et déterminent des sous-sections, S1, S2 et S3, correspondant à des vitesses qui semblent différentes.

Un flotteur constitué d'un bouchon lesté d'une vis, pour pénétrer dans la lame d'eau superficielle, est lancé bien en amont de la ligne de visée n° 1, afin d'acquérir la vitesse de l'eau. L'observateur n° 1 lance un "top" au passage du bouchon dans sa ligne de visée; l'observateur n° 2 fait à son tour de même. Les durées sont prises au chronomètre, à 0,1 seconde près. Les mesures sont répétées dans chaque sous-section, afin de s'approcher de la moyenne des vitesses superficielles réelles.

Les profondeurs, t , largeur, L et pente de l'eau, I , sont mesurées afin de comparer les résultats avec l'application des formules empiriques. Le débit de chaque sous-section est calculé à part, l'ensemble forme le débit du cours d'eau. On notera la vitesse superficielle moyenne, V_m , et la vitesse superficielle maximum, $V_o \text{ max}$. En appliquant un coefficient empirique, \bar{c} ou \bar{b} , à la vitesse superficielle moyenne ou à la vitesse superficielle maximum, on obtient une évaluation de la vitesse moyenne dans la section S . Dans la région de Kinshasa, pour huit ruisseaux situés en milieu naturel, les valeurs moyennes de ces coefficients sont :

types de ruisseaux	\bar{c}	\bar{b}	\bar{cc}	L	\bar{t}
larges, peu profonds et sableux	1.00	0.72	0.97	3 à 5m	< 80 cm
étroits, profonds et enherbés :	0.88	0.63	0.84	1 à 2m	> 80 cm

On peut également appliquer le coefficient \bar{cc} au débit brut formé par la somme des débits calculés à partir de la seule vitesse superficielle moyenne dans chaque sous-section. Ce coefficient correspond à la moyenne des rapports entre les débits calculés à partir de \bar{c} et de \bar{b} et les débits bruts pour la région de Kinshasa.

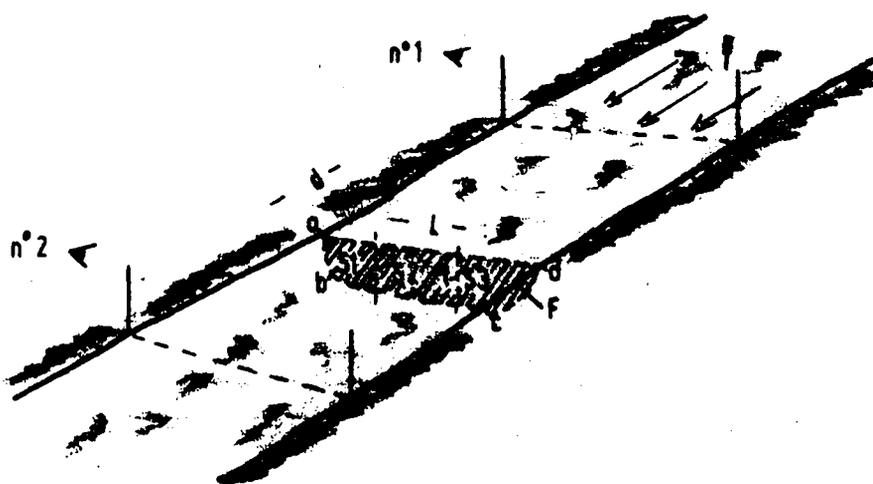


FIG. 1 - Schéma d'une station type de jaugeage au flotteur

- .32 Formules pour le calcul des débits à partir des caractéristiques morphologiques, d'après "L'assainissement agricole", OLLIER et POIREE (1981).

Q = le débit,

R = le rayon hydraulique, c'est à dire la section, S, divisée par le périmètre mouillé, p,
ou p = la distance a-b-c-d (voir fig. 1),

I = la pente de la ligne d'eau dans le chenal,

U = la vitesse moyenne du courant dans la section S.

Formule de Bazin.

Dans les canaux de construction récente, la plupart des aqueducs de captage ont été établis d'après cette formule qui a donné jusqu'à ce jour satisfaction. Elle résulte de l'étude comparative des résultats fournis par plus de 700 expériences exécutées en France, dans les pays d'Europe, aux Etats-Unis, etc..., sur des canaux et aqueducs rectangulaires, trapézoïdaux, circulaires et demi-circulaires de diverses dimensions.

Elle est la suivante :

$$U = \frac{87 \sqrt{RI}}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

avec :

$$Q = SU,$$

γ est un paramètre variable avec la nature de la paroi.

M. Bazin classe les parois en six catégories pour lesquelles les valeurs de γ sont données par le tableau ci-dessous :

Catégories	γ	Nature des Parois
N° 1	0,06	Parois très unies. Ciment lissé, bois raboté.
N° 2	0,16	Parois unies. Planches, briques, pierres de taille, etc...
N° 3	0,46	Parois en maçonnerie de moellons
N° 3 bis.....	0,85	Parois de nature mixte. Sections en terre très régulières, rigoles revêtues de perrés, etc.
N° 4	1,30	Canaux en terre dans les conditions ordinaires.
N° 5	1,75	Canaux en terre, présentant une résistance exceptionnelle: fonds de galets, parois herbées, etc...

On trouve dans les tables dressées à cet effet les différentes valeurs de $\frac{\sqrt{RI}}{U}$ ou de $\frac{U}{\sqrt{RI}}$ pour des valeurs du rayon moyen R comprises entre 0,05 et 20, suivant les valeurs de γ .

Formule de Manning-Strickler.

A la formule de Bazin, qui fut très employée en France surtout dans le calcul des fossés et émissaires d'assainissement à ciel ouvert, les ingénieurs de beaucoup de pays étrangers (Pays-Bas, Grande-Bretagne, etc...) et maintenant de France, préférèrent la formule de Manning qui s'exprime de la façon suivante :

$$U = \frac{R^{1/6}}{n} \sqrt{RI} = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}.$$

Le coefficient n doit être pris égal à :

0,015 pour les canalisations en béton;

0,025 pour les drains ouverts en terre damée;

0,04 pour les fossés gazonnés.

.4 La détermination du rendement des nappes aquifères.

Les mesures de débits des puits doivent permettre une exploitation rationnelle des ouvrages de captage et de la nappe aquifère. Une exploitation "sauvage" aboutirait à une désorganisation de la trame filtrante qui s'installe dans la formation aquifère aux alentours du puits. L'entraînement de particules dans le puits ou le colmatage du terrain environnant sont les conséquences possibles du dépassement du point critique.

Seules des mesures précises et la détermination de la courbe de rendement sont à même de déterminer le débit d'exploitation optimum de l'ouvrage.

L'exploitation rationnelle d'une nappe aquifère doit en outre prendre en considération son alimentation à partir de l'infiltration à travers le sol. Une exploitation dépassant l'alimentation naturelle conduit à une baisse du niveau de la nappe et à une surexploitation éventuelle si elle s'étend sur plusieurs années. Des travaux de suralimentation peuvent par ailleurs modifier le bilan des eaux souterraines et améliorer la rentabilité d'ouvrages existants.

La qualité des eaux souterraines dépend de la nature des roches traversées qui leur apportent des matières dissoutes parfois nocives. L'infiltration rapide des eaux dans le sol provoque une pollution de la nappe aquifère par les matières organiques, les nitrates et les bactéries, qui excluent la mise en consommation. Une nappe exploitée pour l'alimentation en eau doit être protégée des infiltrations directes dans l'environnement immédiat des ouvrages et par une couche de protection intermédiaire entre le sol et le sous-sol. Cette couche existe fréquemment dans la nature. L'infiltration dans le sol entraîne des particules fines qui s'accumulent en profondeur formant un horizon moins perméable qui joue le rôle de filtre contre les pollutions. Le captage des nappes doit se faire en-dessous de cet horizon protecteur.

En période de basses eaux, et plus particulièrement au moment de l'étiage, les cours d'eau sont alimentés par les seules nappes souterraines. A ce moment, il est possible de déterminer les zones les mieux alimentées le long d'un cours d'eau, en effectuant des jaugeages en série à intervalles réguliers. Les augmentations anormales de rendement par unité de surface de bassin versant, dénoncent la présence de sources plus abondantes dans le lit même du cours d'eau ou dans la plaine alluviale.

La procédure d'analyse des débits des puits a été décrite par CASTANY, en 1967, dans son ouvrage intitulé : "Traité pratique des eaux souterraines" (voir extrait ci-après). Le lecteur, plus particulièrement intéressé par ce type de problème, y trouvera la description complète des cas possibles ainsi que de nombreux exemples.

Nous donnons ensuite des exemples d'application de certaines procédures d'essais de pompage effectués dans la région de Kinshasa.

Extrait de "Traité pratique des eaux souterraines", CASTANY, 1967.

ESSAIS DE POMPAGE SUR UN PUIT

Les essais de débits par pompage sur un puits sont en général conduits par application des lois du régime d'équilibre, donc de l'hypothèse de Dupuit et des formules qui en découlent. Les résultats obtenus ne sont interprétables que si l'expérience est effectuée en écoulement permanent, c'est-à-dire à débit et niveau constants pendant une durée suffisante, au moins 72 h. D'où le nom de *méthode par stabilisation*.

But des essais de débits.

Le but général des essais de débits est tout d'abord le nettoyage du sondage et le décolmatage des fissures et interstices aquifères, important surtout avec l'emploi des forages à injection de boue. Ils permettent de déterminer le niveau piézométrique des nappes et la composition chimique de l'eau par prélèvements d'échantillons.

Les essais de débits permettent :

- De construire expérimentalement :
 - Les graphiques débit-niveau en fonction du temps de pompage ;
 - La courbe rabattement-débit ;
 - La courbe de remontée ;
- D'obtenir des indications directes, approchées, sur les facteurs déterminant la productivité du captage :
 - Perméabilité ;
 - Réserves et possibilité de débit de la nappe captée ;
 - Fréquence et volume des apports (alimentation).

La courbe rabattement-débit ou courbe caractéristique du forage permet

de déterminer, ainsi que nous l'avons montré page 267, les caractéristiques du captage :

- Débit critique, débit utile de pompage ou débit instantané (débit d'exploitation) ;
- Débit spécifique.

Le débit instantané est exprimé par la relation entre les débits et les niveaux dynamiques dans le puits par rapport au niveau piézométrique, ou rabattement, en fonction du temps. Ce sont les fonctions débit-temps et niveau-temps.

Le débit spécifique a été défini comme la relation rabattement-débit (p. 261).

Exécution des essais de débits.

Les essais de débits par pompage réalisent trois opérations :

- Essai global permettant de construire les graphiques débit-temps et niveau-temps ;
- Etablissement de la caractéristique du forage ;
- Etablissement de la courbe de remontée.

Essai global.

L'essai global a pour but de réaliser une stabilisation, débit-niveau constants, un *palier de pompage*. Il correspond donc à l'hypothèse de Dupuit, à une forme d'équilibre du cône de dépression. Il aboutit à la construction du graphique des variations de niveaux et de débits en fonction du temps de pompage.

Le principe repose sur l'exécution d'un pompage à débit et niveau constants. Ces conditions impératives pour l'interprétation des résultats par application de la formule de Dupuit sont obtenues par approximations successives.

Exécution. — Le puits ou forage est préalablement nettoyé et curé, jusqu'à écoulement d'eau claire. Cette opération préliminaire est importante surtout avec l'emploi des appareils de forage à injection et des rotaries. La crépine d'aspiration doit être placée à moins de 5 m du fond de l'ouvrage. La durée totale du pompage sera au moins de 72 h sans interruption. Elle peut atteindre 2 à 3 semaines, durée optimum et souhaitable. La conduite de refoulement atteindra plusieurs centaines de mètres pour éviter la réalimentation.

Le pompage est exécuté par paliers de débits, en général au nombre de trois. Un premier palier de 48 h en moyenne suivi de deux régimes de pom-

CASTANY. — Eaux souterraines.

25

page de 12 h. Le rythme des débits est imposé par la nature du terrain aquifère (tableau 16-1). Dans les matériaux à granulométrie fine, la première stabilisation est effectuée avec un débit relativement faible ayant pour but d'assurer la formation du filtre et d'éviter l'entraînement des petits éléments. Puis on augmente l'intensité du pompage. Par contre, dans les couches à

TABLEAU 16-1. — Rythme des pompages dans les essais de débits.

MATÉRIAU AQUIFÈRE	1 ^{er} palier		2 ^e palier		3 ^e palier	
	intensité	durée	intensité	durée	intensité	durée
Roche perméable en petit : Granulométrie fine.	minimum	48 h	moyenne	12 h	maximum	12 h
Roche perméable en grand : Granulométrie grossière	maximum	48 h	moyenne	12 h	minimum	12 h

forte granulométrie et surtout dans les roches perméables en grand, le premier palier est réalisé avec un débit important voisin du maximum. Les fissures et vides sont ainsi dégagés. Par la suite, on diminue le débit. Dans les deux cas, le débit maximum doit être au moins égal à celui évalué pour la formation aquifère et supérieur à la production demandée. Souvent on effectue un quatrième palier de courte durée à fort débit afin de tracer expérimentalement la chute de la courbe correspondant au dénoyage du puits.

Lorsque les renseignements sur les possibilités de débits de la nappe étudiée sont peu connus, le rythme des pompages est effectué par approximation. Un premier palier est réalisé avec un débit quelconque. Suivant les résultats, on augmente ou diminue l'intensité des pompages suivants.

Les mesures de débits et de niveaux simultanées doivent être effectuées avec la plus grande précision, car de leur exactitude dépend la valeur des résultats obtenus. Elles auront lieu de 15 mn en 15 mn tant que la stabilisation n'est pas atteinte. Puis le régime d'équilibre obtenu, toutes les 30 mn. Lors du premier palier elles peuvent, après 24 h, avoir lieu toutes les heures. Les débits sont mesurés effectivement et non estimés d'après les normes indirectes comme la puissance du moteur, la consommation d'énergie, etc.

L'évaluation des débits est effectuée en général avec un bac taré, de plusieurs centaines de litres (1 000 litres). Le temps de remplissage est chronométré. Le bac est placé de telle sorte que pour le remplir seuls des dépla-

cements horizontaux du tuyau soient nécessaires, afin d'éviter les variations de la vitesse d'écoulement à la sortie.

Tous les incidents survenus au cours du pompage et en particulier les arrêts sont notés. Dans ce cas suivre la remontée de l'eau dans l'ouvrage. A la reprise effectuer les mesures selon le rythme prévu au début de l'opération.

Toutes les observations obtenues au cours des essais sont notées soigneusement : prélèvements d'eau, mesures de températures et de résistivités, propreté de l'eau, etc.

Des prélèvements d'eau, deux litres en moyenne, sont effectués après 6 h de pompage, puis à intervalles de 6 ou 12 h. La résistivité et la température de l'eau pompée sont mesurées périodiquement.

Droite rabattement-débit spécifique.

Si l'essai de débits a été effectué correctement et si l'horizon aquifère remplit les conditions nécessaires à l'application de la loi de Dupuit, le graphique rabattement-débit spécifique est approximativement une droite.

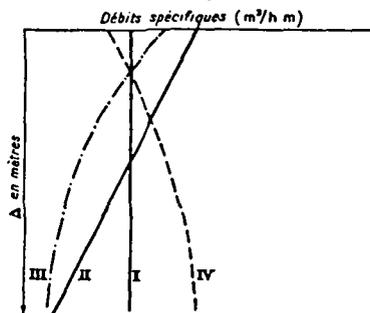


FIG. 16-9. — Types de droites et courbes rabattement-débit spécifique. I, nappe captive. II, nappe libre. III, pertes de charge. IV, essai défectueux.

Nous pouvons observer quatre cas (fig. 16-9) :

- Droite parallèle à l'axe des rabattements (I). Le débit spécifique est constant. C'est le cas des puits artésiens affectés de faibles rabattements ;
- Droite oblique (II). Le débit spécifique diminue en fonction des rabattements. Nappes libres pour des débits inférieurs au débit critique ;
- Courbe à convexité dirigée vers l'axe des Δ dans un puits artésien perturbé par des pertes de charge anormales (III) ;
- Courbe due à un essai de débits défectueux (IV).

Quelques cas concrets d'essais de débits par la méthode d'équilibre.

Nous citerons quelques cas concrets d'essais de débits afin de préciser le principe d'application de la méthode d'équilibre.

Forage de Bletterans

Des essais de débits exécutés dans un forage de reconnaissance de faible diamètre, captant une nappe libre d'alluvions à Bletterans, ont donné les résultats suivants :

Essais globaux. — L'essai de débits fut de courte durée (24 heures) et réalisé avec trois paliers de pompages (tableau 16-5 et fig. 16-11).

TABLEAU 16-5. — Tableau des essais de débits du forage de Bletterans.

Date	Heure	Q (m³/h)	Niveau (1) dynamiq.	Δ (m)	Observations
25-11-1956	10,20 h	—	0,3	—	Début de pompage.
	10,30 h	13,38	0,45	0,15	Eau claire.
	11 h	13,70	0,46	0,16	
	11,30 h	14,04	0,46	0,16	
	12 h	14,28	0,46	0,16	
	12,02 h	—	—	—	Panne, arrêt de pompage.
	12,15 h	—	—	—	Départ.
	12,30 h	14,28	0,46	0,16	
	13 h	14,04	0,46	0,16	
	13,30 h	14,04	0,46	0,16	
	13,35 h	—	—	—	Baisse de régime de la pompe.
	15 h	8,83	0,38	0,08	
	15,10 h	—	—	—	Arrêt.
	15,30 h	—	—	—	Départ.
16,30 h	9,41	0,37	0,07		
17 h	10,32	0,38	0,08		
17,30 h	10,20	0,38	0,08		
18 h	10,20	0,38	0,08		
18,30 h	10,08	0,38	0,08		
19,30 h	10,08	0,39	0,09		
19,35 h	—	—	—	Changement de régime.	
21 h	7,78	0,37	0,07		
21,20 h	—	—	—	Changement de régime.	
22 h	12,24	0,41	0,11		
22,30 h	12,24	0,42	0,12		
22,40 h	—	—	—	Arrêt.	

(1) Profondeur du niveau dynamique par rapport au terrain naturel.

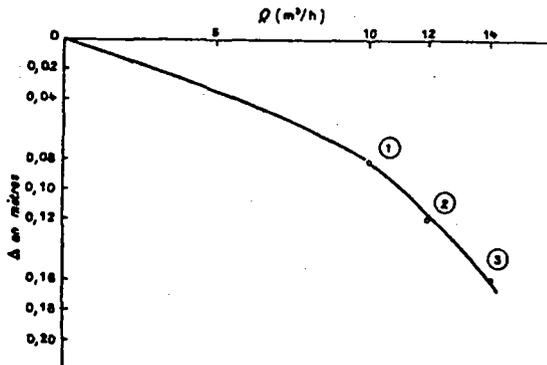


FIG. 16-12. — Courbe caractéristique. Forage de Bletterans. (1), palier de pompage.

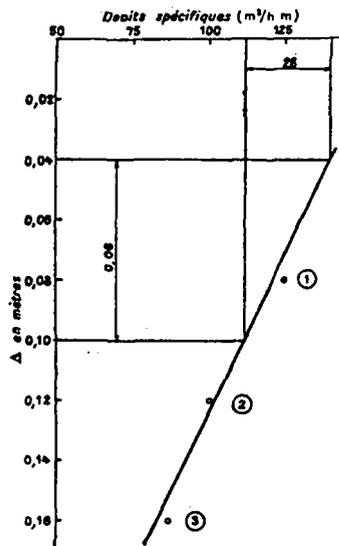


FIG. 16-13. — Droite rabattement-débit spécifique. Forage de Bletterans.

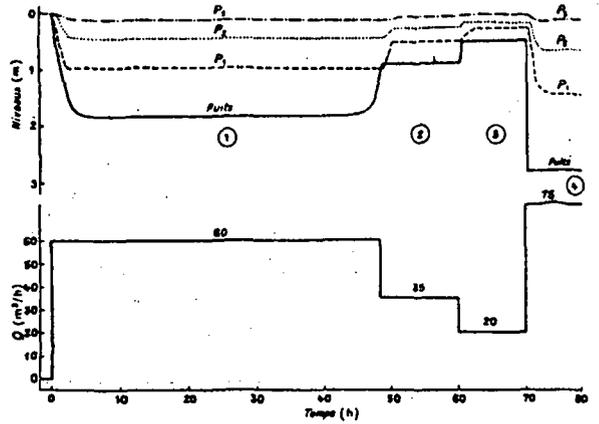


FIG. 16-11. — Essai de débits global. Forages de reconnaissance de Bletterans (Jura). D'après M. J. LIENHARDT et de MAUTORT.

L'étude du tableau de pompage montre la réalisation de trois stabilisations à niveau et débit constants (tableau 16-6).

TABLEAU 16-6. — Résultats des essais globaux du forage de Bletterans.

Essais globaux	Rabattements (m)	Q (m³/h)	Débits spécifiques (m³/h·m)
1 ^{er} palier.....	0,16	14	87
2 ^e palier.....	0,08	10	125
3 ^e palier.....	0,12	12	100

Courbe caractéristique. — D'après les données du tableau 16-6, nous construisons la courbe caractéristique (fig. 16-12).

Nous observons un fléchissement de la courbe au-delà de 10 m³/h. Il est dû vraisemblablement au faible diamètre du forage qui entraîne des pertes de charge sensibles dans le tubage.

CONCL. — Essai satisfaisant.

Droite rabattement-débit spécifique. — Nous construisons la droite rabattement-débit spécifique d'après les données du tableau 16-6 (fig. 16-13).

Cette droite nous permet de calculer la constante C de la formule $Q = C(2H - \Delta)\Delta$:

$$C = \frac{28}{0,06} = 466.$$

La formule du puits serait :

$$Q = 460(2H - \Delta)\Delta.$$

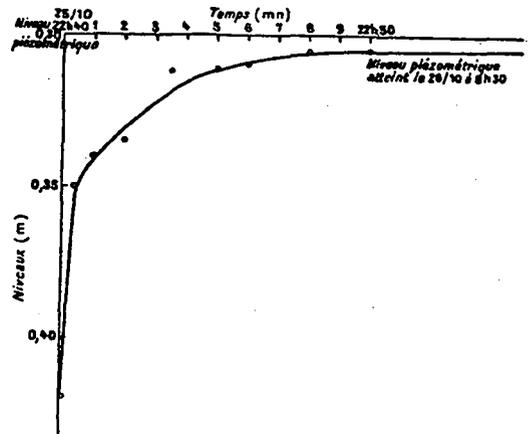


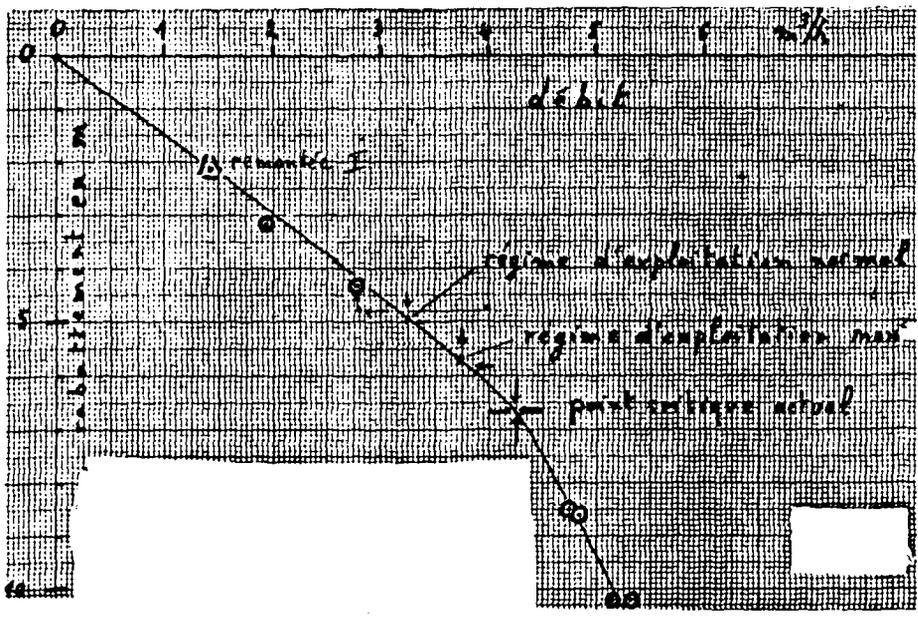
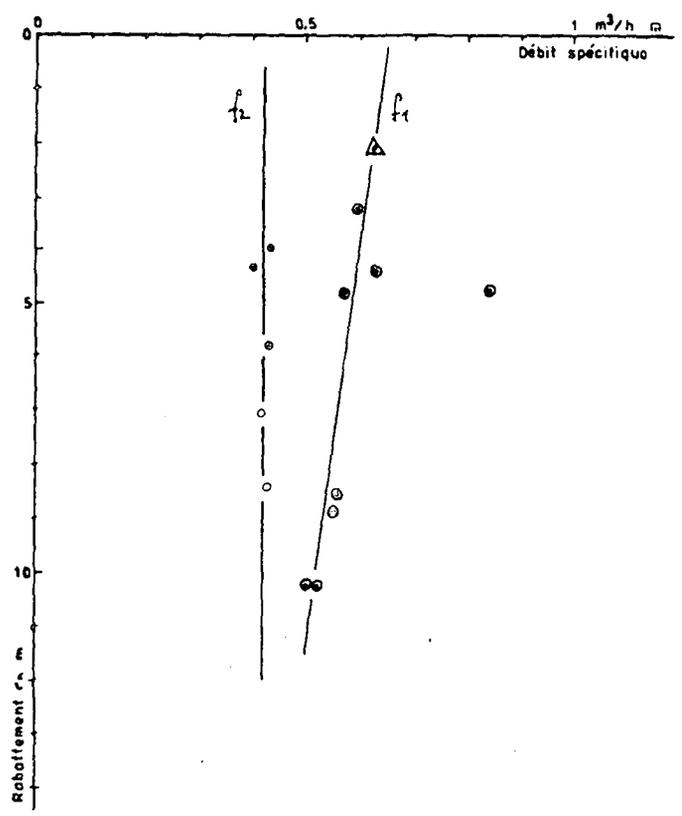
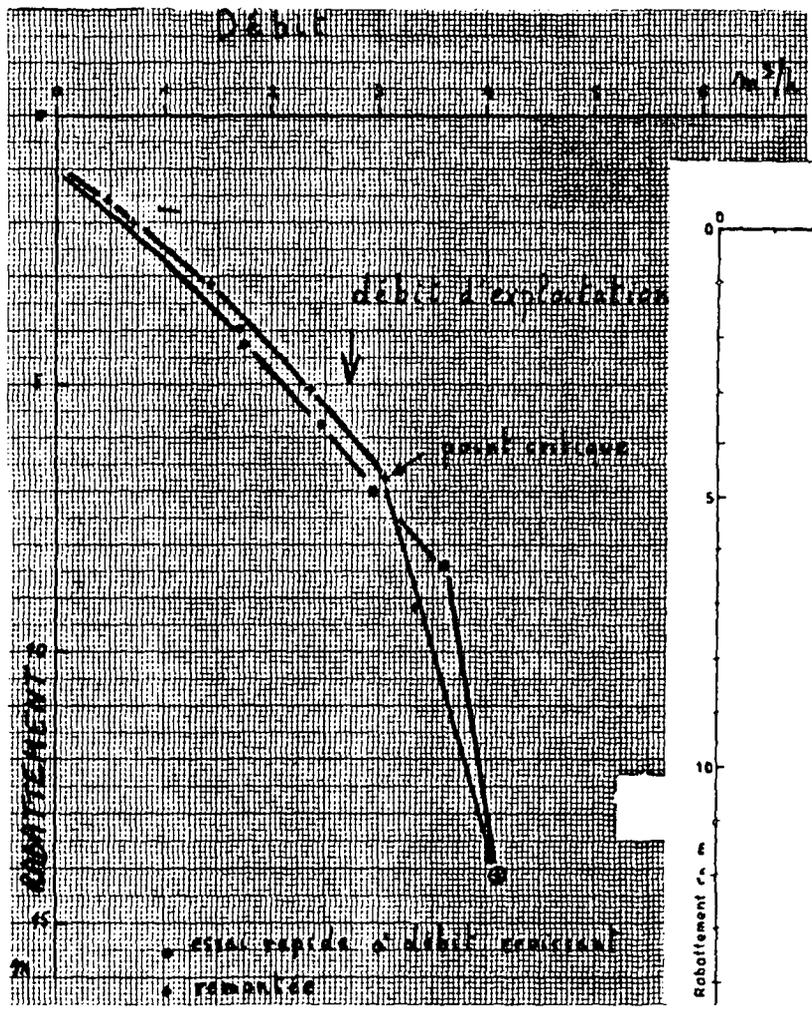
FIG. 16-14. — Courbe de remontée. Forage de reconnaissance de Bletterans (Jura). D'après M. J. LIENHARDT et de MAUTORT.

Forage de Contrexéville.

Des essais de débits effectués par M. Minoux sur un forage à Contrexéville captant la nappe captive du Muschelkalk moyen a donné les résultats suivants :

Essais globaux. — Les données des essais globaux sont résumés sur le graphique figure 16-15 et le tableau 16-7.

Exemples de relations débits-rabattements pour des forages de plus de 30 m dans les sables moyens à grossiers de la région de Kinshasa.



Bibliographie

- BERNARD.E. et FRERE.M., 1956, Une expression de l'évaporation potentielle d'une surface naturelle en climat tropical, *Miscellanea Geofisica*, Serviço Met. Angola, Luanda.
- BULTOT. F., 1962, Sur la détermination des moyennes mensuelles et annuelles de l'évaporation réelle et de l'écoulement dans le bassin congolais, *Académie Royale des Sciences d'Outremer*, VIII, 1962-4, p. 816-838.
- BULTOT. F., 1971, L'atlas climatique du bassin congolais, T.1, Les composantes du bilan de rayonnement, INEAC, Kinshasa, 193 p, 26 fig., 104 cartes.
- CASTANY.G., 1967, *Traité pratique des eaux souterraines*, Dunod, Paris, 661 p.
- CASTANY.G., 1968, *Prospection et exploitation des eaux souterraines*, Dunod, Paris, 717 p.
- DUPRIEZ.G., 1964, Contribution à l'étude du bilan du rayonnement total et de ses composantes en région équatoriale africaine, ARSOM, Bull. Séances 1964-3, p.568-616, 11 fig, 9 tabl.
- DUPRIEZ.G., 1964, L'évaporation et les besoins en eau de différentes cultures dans la région de Mvuazi (Bas-Congo), Publ. INEAC, Série Scientifique n° 106, 106 p, 23 fig., 37 tabl.
- OLLIER.C. et POIREE.M., 1978, *Assainissement agricole*, Eyrolles, Paris, 519 p.
- PENMAN.H., 1948, Natural evaporation from open water, bare soil and grass, *Proceedings of the Royal Soc., series A*, CXCI, 1032, London.
- THIESSEN.A., 1911, Precipitation average for large areas. *Monthly Weather Review*, Vol. 39, New York.
- THORNTHWAITE.C. et MATTER.J., 1955, The water balance. Publ. in *Clim.* VIII,1, Drexel Institute of Techn. Centerton, New Jersey.
- THORNTHWAITE.C. et MATTER.J., 1957, Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. Drexel Institute of Techn. Publ. *Climatology*, X, 3, p.183-311.
- VAN CAILLIE.X., 1983, *Hydrologie et érosion dans la région de Kinshasa, analyse des interactions entre les conditions du milieu, les érosions et le bilan hydrologique*, thèse de doctorat déposée à la Katholieke Universiteit Leuven.
- VEN TE CHOW, 1964, *Handbook of applied hydrology*, University of Illinois, Graw Hill Book Compagny, London.

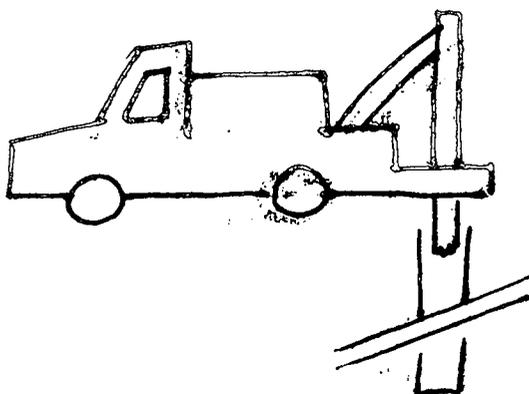
CONSTRUCTION ET APPROFONDISSEMENT
DE PUIITS CUVELES

Jos Besselinck

Jos Besselinck a été technicien dans un projet en Haute-Volta pour le volet s'intéressant à la technologie rurale, et plus particulièrement aux techniques concernant l'eau.

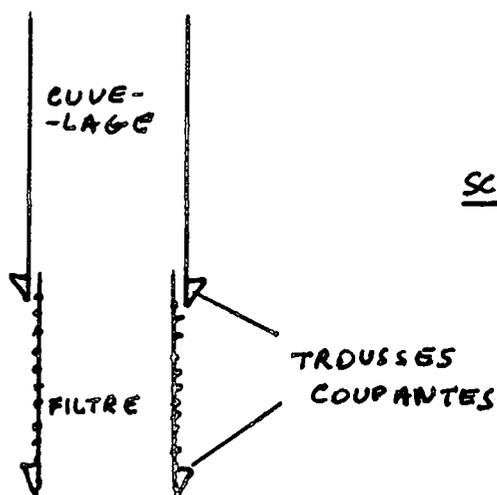
Il y a, *grosso modo*, en Haute Volta, six techniques de fonçage de puits ou forage.

- 1°) Le forage : permet de descendre au-delà de 100 m, mais constitue une technique très professionnelle.



SCHEMA 1

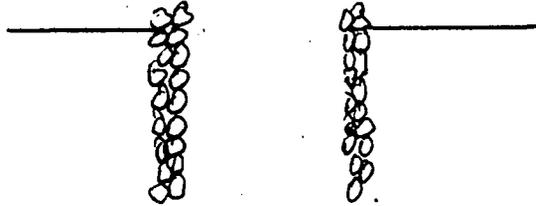
- 2°) Le cuvelage : au moyen de buses en béton armé de fabrication locale ou transportées par camion au chantier même.



SCHEMA 2

Ces deux premières techniques sont prônées par des organismes nationaux ou internationaux. Les quatre techniques suivantes sont utilisées par les petites O.N.G.

3°) Cuvelage par cailloux cimentés ou non

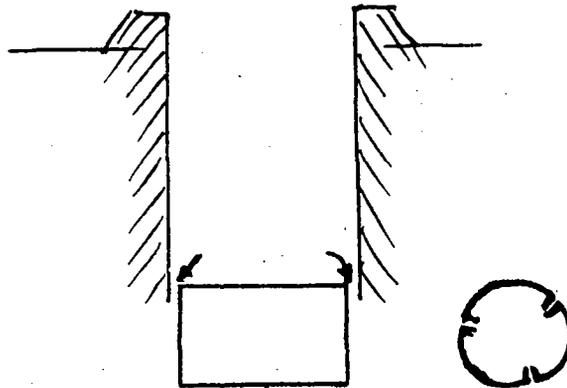


SCHEMA 3

L'inconvénient de ce système réside en le peu de confiance que lui accorde les gens.

4°) Cuvelage en béton au moyen d'un moule posé dans le puits

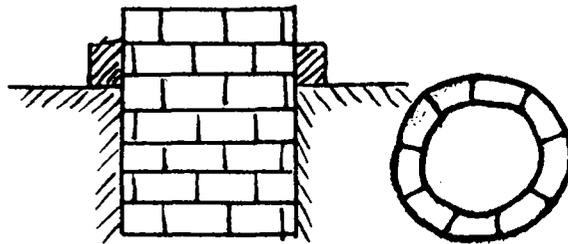
On place le moule et on jette derrière celui-ci des cailloux, puis un béton liquide. Cette technique et la suivante sont souvent utilisées par les missionnaires.



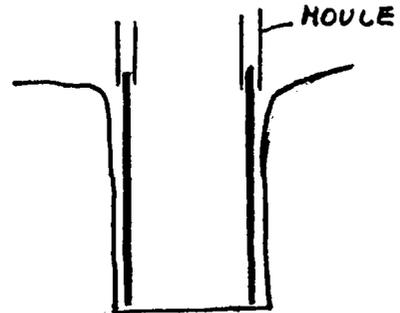
SCHEMA 4

MOULE METALLIQUE
INTERNE EN 3 PIECES

5°) Cuvelage par petits éléments en béton préfabriqués de 50-60 cm



SCHEMA 5



SCHEMA 6

6°) Cuvelage en béton coulé en surface

On place des moules métalliques à l'intérieur et à l'extérieur entre lesquels on coule le béton. On prolonge en fait la colonne par le haut.

Le but du projet de développement, qui fonctionnait au départ sur fonds extérieurs, et recouvrait la préfecture de TOMA, était de permettre aux associations de villageois de poursuivre d'eux-mêmes les objectifs fixés avec l'appui éventuel de systèmes de crédits.

Dans cette région, l'accès à l'eau n'est pas le problème majeur, puisqu'elle se trouve à 5 m environ de profondeur, contrairement au Nord de la Haute-Volta.

Commentaires des six solutions présentées : il s'agissait de choisir une solution susceptible d'être diffusée au niveau villageois.

Solution 1 et 2 : ces solutions sont trop coûteuses pour être envisagées dans le cadre d'une diffusion. En effet, après avoir pris contact avec les organismes qui prônent ces solutions, on s'aperçut qu'ils ne pouvaient fournir plus d'un puits par village, à grands frais, alors qu'au paravant les habitants disposaient d'un puits par cour.

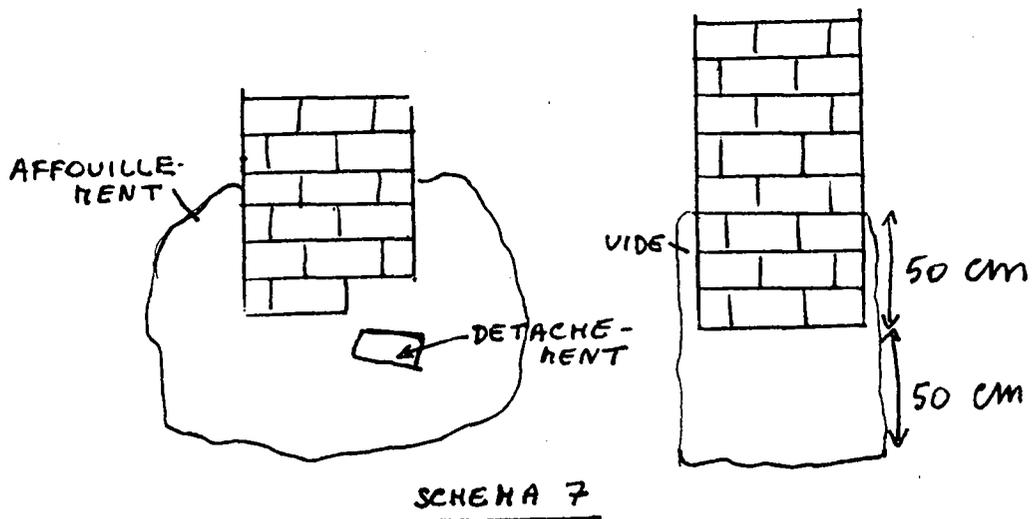
Solution 3 : ce système est bien connu mais, comme signalé plus haut, n'inspire guère confiance aux gens.

Avant 1960, chaque maison avait son propre puits, qui ne descendait pas au-delà de la couche latéritique dure, ne nécessitant pas de cuvelage, et procurant une eau pure parce que filtrée (cfr. fig. 7).

Dix ans plus tard, la couche argileuse étant atteinte, l'eau devint rougeâtre et diminuait en quantité. Des effondrements dans la couche argileuse prirent naissance sous la couche latéritique.

Solution 4 : ce système posait le problème de coût du moule (20.000,- FB pour un mètre de hauteur) qui dépassait le pouvoir d'achat du villageois. L'organisation prônant ce système possédait deux ou trois moules, et les mettait à la disposition des villageois. Le nombre restreint de moules limitait le nombre de puits car les villageois ne s'organisant pas spontanément, chaque puits nécessitait un certain travail d'animation. D'autre part, les puits avaient un diamètre variable. Le ciment coûtant cher, il fallait ajuster au plus près le moule au diamètre initial du puits pour l'économiser (un mètre de puits nécessite deux sacs de ciment à 2.500 FCFA).

Solution 5 : l'organisation qui avait choisi ce système a ensuite hésité à le promouvoir, d'une part parce que les éléments étaient fabriqués là où il y avait une main-d'oeuvre qualifiée (maçons), et non à côté du puits, et d'autre part à cause de la difficulté de trouver du sable, matériau nécessaire à la construction des éléments. L'approfondissement présentait un certain danger si les éléments n'étaient pas cimentés entre eux. En effet, en cas d'affouillement derrière les parois, les éléments risquaient de se détacher et de tomber sur la personne qui creusait. Il fallait ainsi creuser 50 cm, placer les éléments, éventuellement les cimenter et ainsi de suite.



Mais le danger reste entier, car le vide derrière les éléments n'était pas comblé et les parois restaient suspendues. Le système s'avérait ainsi trop lent et générateur de danger.

Solution 6 : cette solution était bonne sauf si l'on envisage un approfondissement ultérieur. On laissait ainsi un vide derrière les parois pour permettre à la colonne de descendre plus tard. *
Ce système n'était pas applicable dans tous les sols et notamment dans la région du projet. Le terrain y étant argileux, le cuvelage ne descendait pas de lui-même.

Solution préconisée

Il s'agissait d'introduire un système applicable par les villageois eux-mêmes, permettant des approfondissements successifs, s'adaptant à l'approfondissement d'anciens puits dont les diamètres sont variables, et en fin de compte qui soit plus économique que les solutions précédentes.

Le cuvelage par éléments a été choisi, les éléments étant fabriqués dans un moule en bois dont le prix est de 4.000 FCFA environ. Ce moule permet de fabriquer 3.000 à 4.000 briques. L'inclinaison des parois obliques du moule est réglable pour adapter le cuvelage aux diamètres des puits à approfondir. L'utilisation d'un gabarit facilite ce réglage (voir fig. 8 et 9). Le bois du moule est soit importé (coût : 4.000 FCFA), soit trouvé sur-place par les menuisiers les plus débrouillards.

On coule dans le moule un béton fait avec les matériaux trouvés sur-place : gravier, mauvais sable, mauvais ciment. Les dimensions du moule ont d'ailleurs dû être augmentées lors des essais pour assurer une solidité suffisante des briques, tout en conservant un poids abordable. Les dimensions finalement retenues sont données en fig. 9.

Le béton utilisé doit être sec et ensuite tassé dans le moule. On démoule environ 10 secondes après. On laisse un creux, au moyen d'un bloc de bois, à la fois pour économiser du béton, pour permettre de saisir les éléments, et pour constituer des "marches" afin de descendre dans le puits.

Construction d'un puits neuf

On creuse à la profondeur voulue (voir fig. 10.1). En surface, le sol végétal, trop meuble, est dégagé sur un plus grand diamètre. La base du trou est élargie pour permettre de réaliser une ceinture en béton. Enfin, on maintient toujours une fosse pour puiser régulièrement et rapidement l'eau qui s'y accumule. On réalise ensuite une ceinture en béton autour d'une rangée d'éléments cimentés (voir fig. 10.2). Le reste de la colonne est posé le lendemain sans cimenter, afin de laisser des fentes pour l'entrée de l'eau, mais également pour réaliser des économies en ciment. Seule, la partie supérieure est cimentée pour éviter l'entrée d'eau polluée (voir fig. 10.3).

*Note d'un participant : au Sénégal, on laissait des barres d'acier dépasser (3 barres de 20 mm, dépassant de 50 cm) de la margelle. On reprenait ultérieurement le cuvelage pour approfondir.

Au cas où l'on n'atteint pas directement la nappe à cause des risques d'effondrement des parois, il est possible d'effectuer les travaux par étapes successives (voir fig. 11).

Approfondissements et restauration de puits non cuvelés

L'état des vieux puits approfondis sous la couche latéritique se présente en général comme indiqué à la figure 7.

On dégage d'abord la boue pour pouvoir poser une ceinture en béton armé, moulée dans des anneaux en tôle que l'on enlève ensuite (fig. 12.1.). Les éléments sont posés par après, sans cimentage, mais sont retenus par un grillage de fil de fer.

On procède ensuite au creusement par havage, c'est-à-dire que l'on enlève la terre sous la ceinture de béton afin que la colonne descende sous son propre poids (fig. 12.2).

L'élargissement du puits provoqué par l'érosion est ensuite comblé au fur et à mesure que l'on place les éléments. On remonte ainsi jusqu'à la couche latéritique (fig. 12.3).

L'approfondissement ultérieur du puits se fait comme indiqué à la figure 13.

Durée de réalisation d'un cuvelage

Pour un puits de 1,5 m de diamètre, deux personnes moulent 50 briques tous les jours, fournissant 2,5 m linéaire de cuvelage. La difficulté réelle est de trouver l'eau et le sable. Le travail d'approfondissement briques faites, exige trois personnes et nécessite une semaine et demi par 5 mètres.

Formation des puisatiers

Les puisatiers n'étaient pas choisis par le projet, mais envoyés par les associations villageoises. Comme ils étaient pour la plupart illetrés, l'enseignement se faisait par la pratique : on montrait combien d'éléments constituaient un puits de 5 m, etc ...

Dès que quelques menuisiers et puisatiers étaient entraînés à leurs techniques respectives, d'autres étaient mis en contact avec eux, apprenaient sur le tas et retournaient ensuite dans leur village, dès que leur formation était achevée. Le salaire du puisatier était soit réglé avec les villageois à l'amiable, soit était fixé à 1.000 FCFA/jour sans l'amortissement du matériel.

Conclusions

A la fin du projet, aucune assistance technique n'était plus nécessaire, mais parallèlement à la rénovation et l'approfondissement des puits, qui en soi ne résolvent pas le problème du manque d'eau, un travail d'information était entamé pour trouver des solutions à la descente de la nappe phréatique.

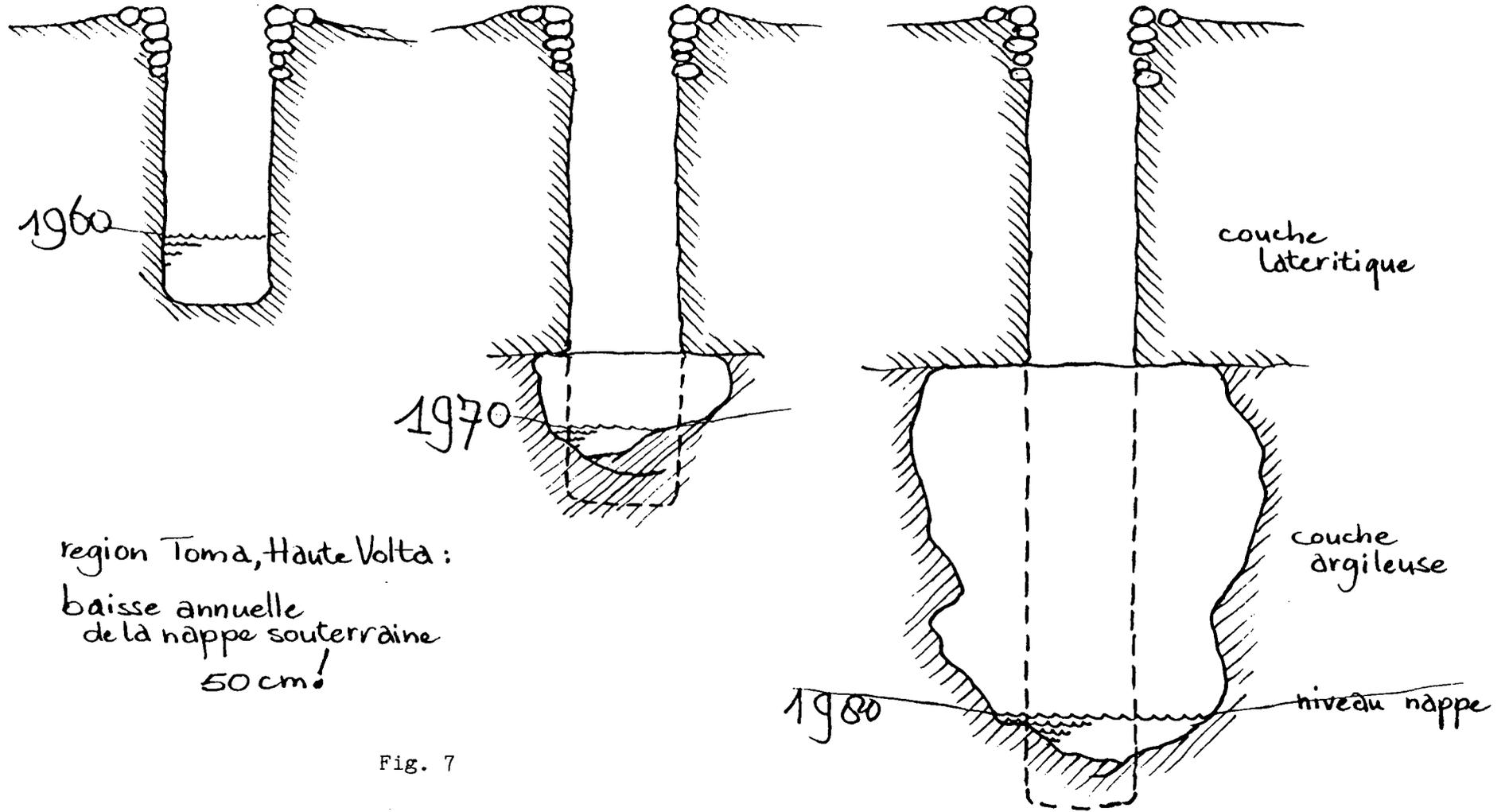


Fig. 7

DIAMETRE PUIITS
 NOMBRE PAR
 COUCHE

5	110
6	125
7	140
8	155
9	175
10	190

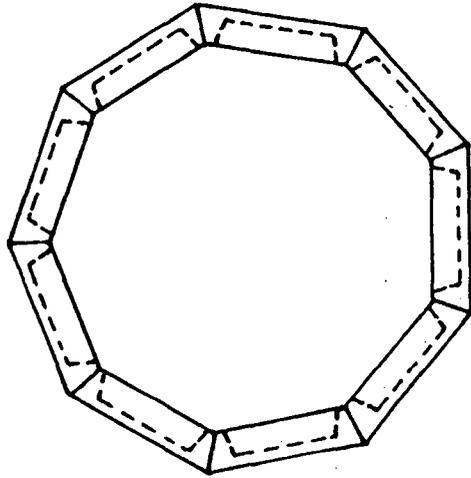
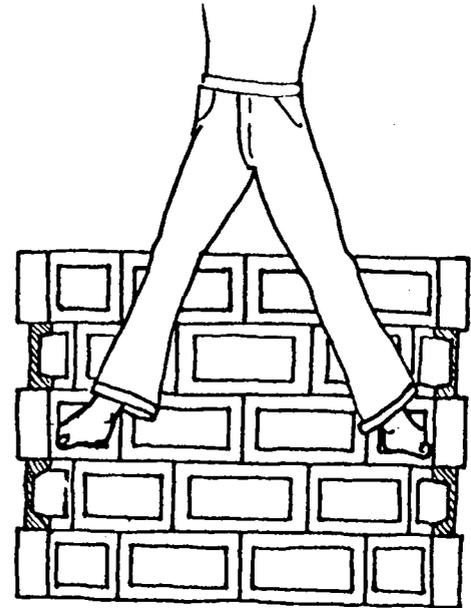
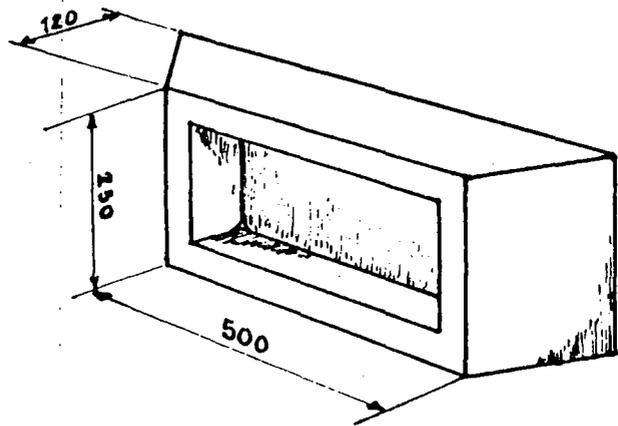
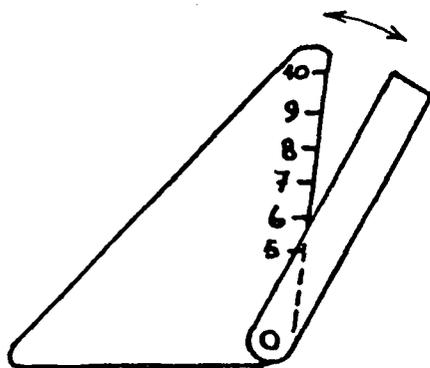
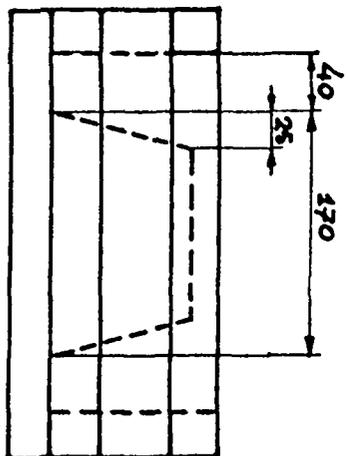


Fig. 8



25 briques =
 1 sac ciment + 2 brouettes sable + 3 brouettes gravier



gabarit

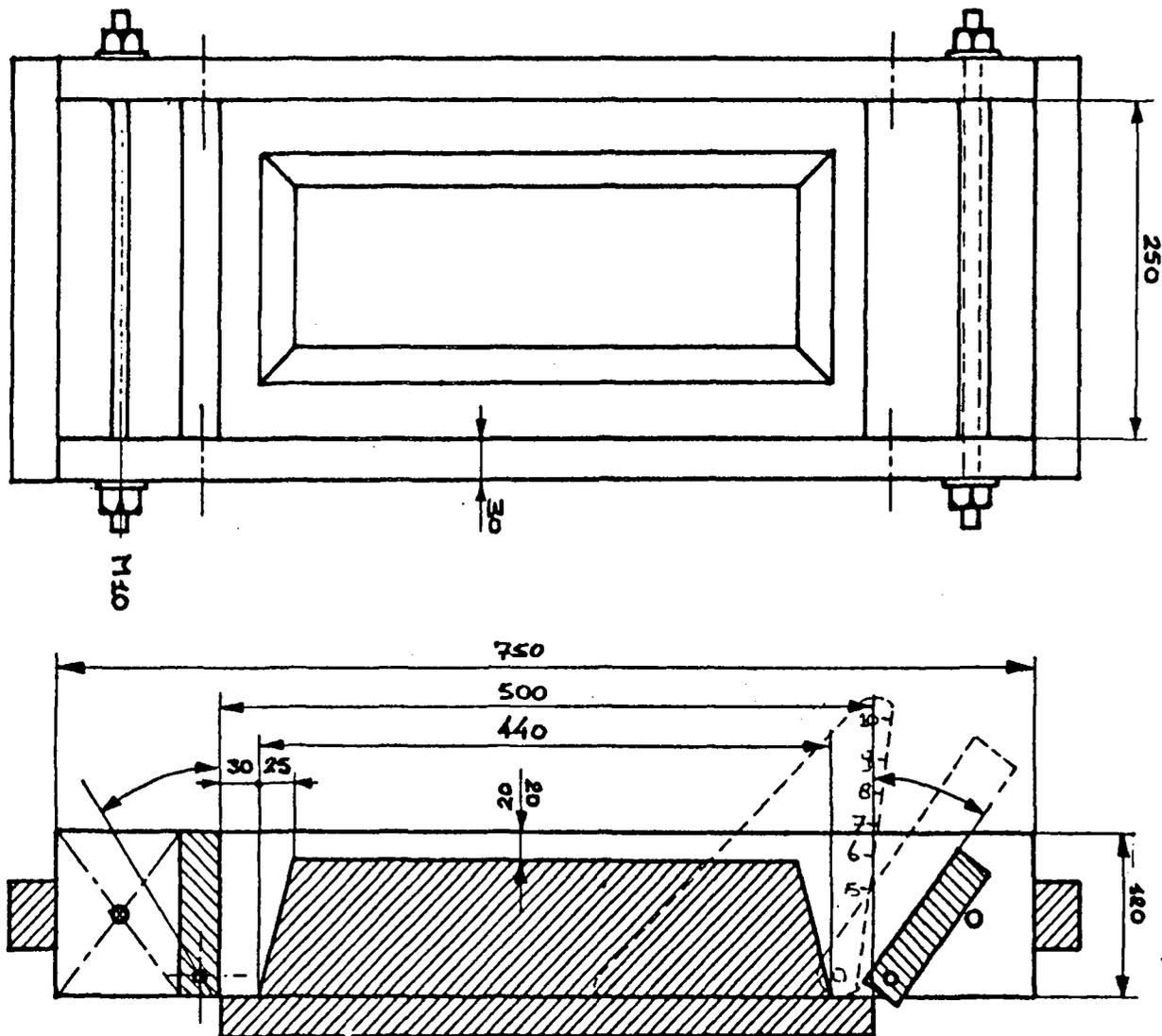


Fig. 9 : plan du moule

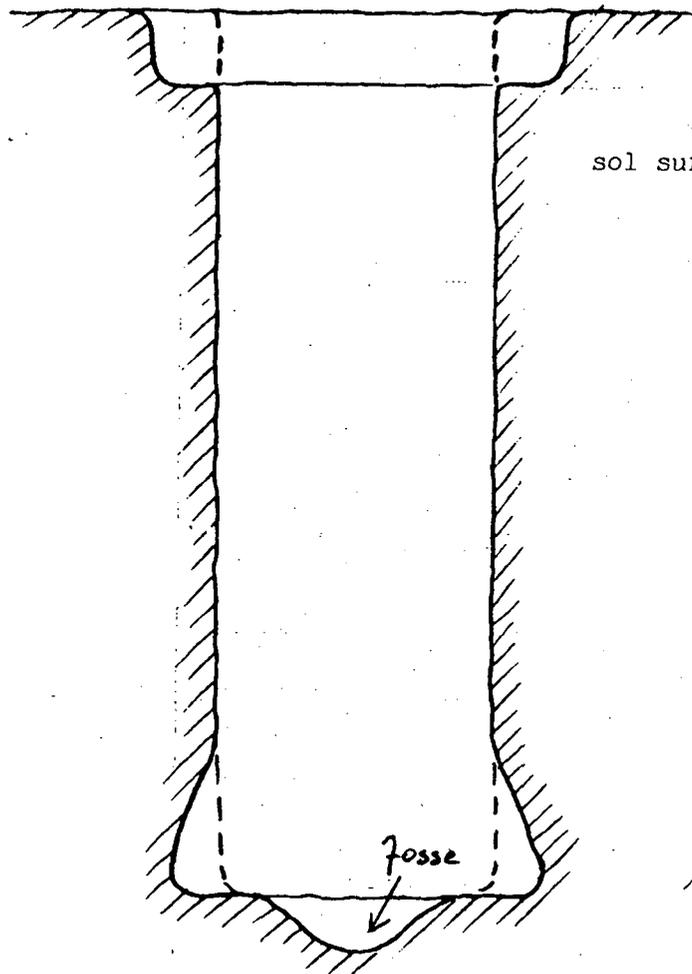


Fig. 10.1

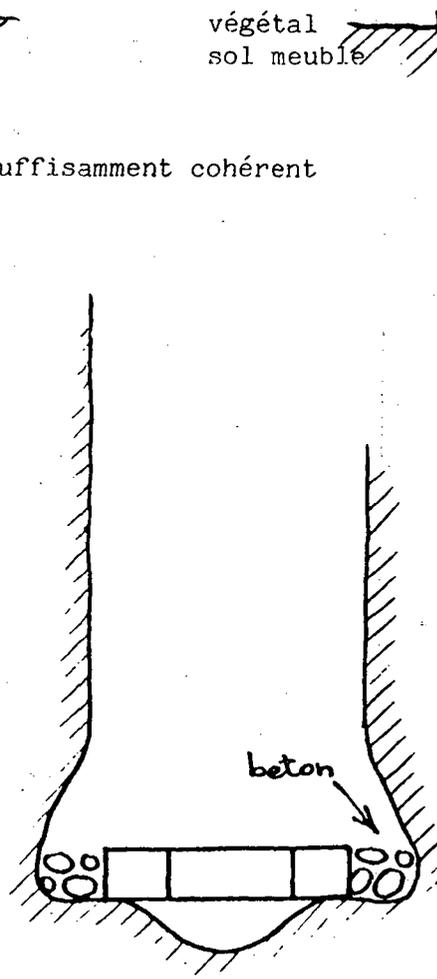


Fig. 10.2

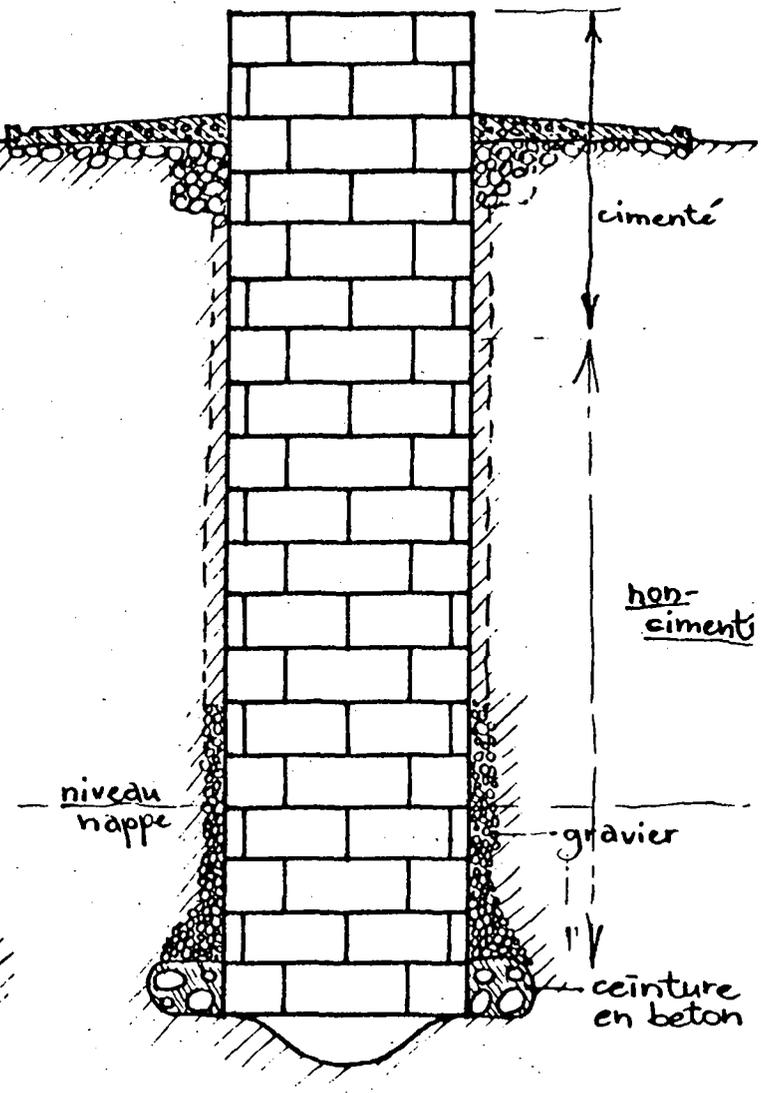


Fig. 10.3

Fig. 10 : puits neufs

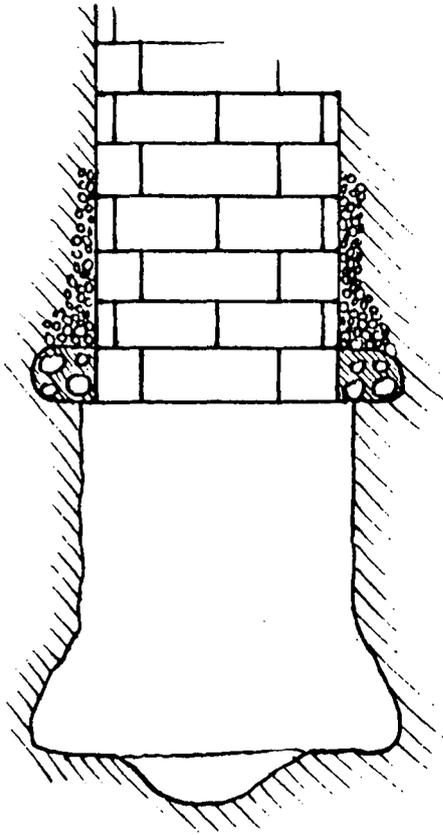


Fig. 11.1

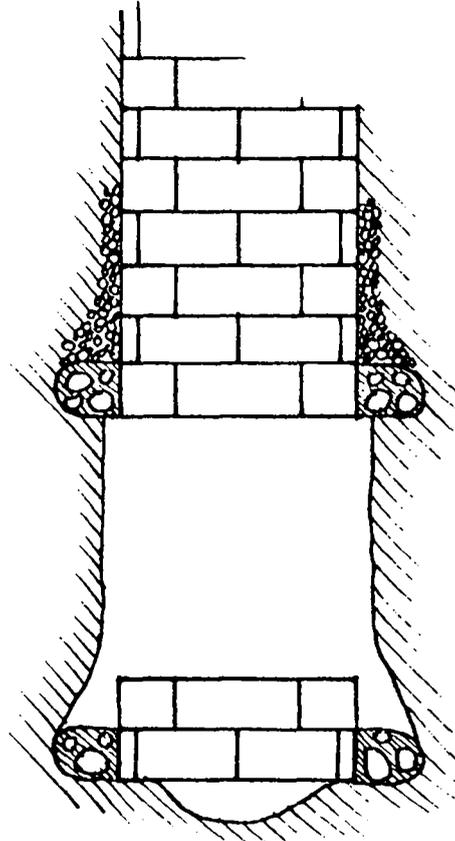


Fig. 11.2

Fig. 11

céinture en béton

etc.

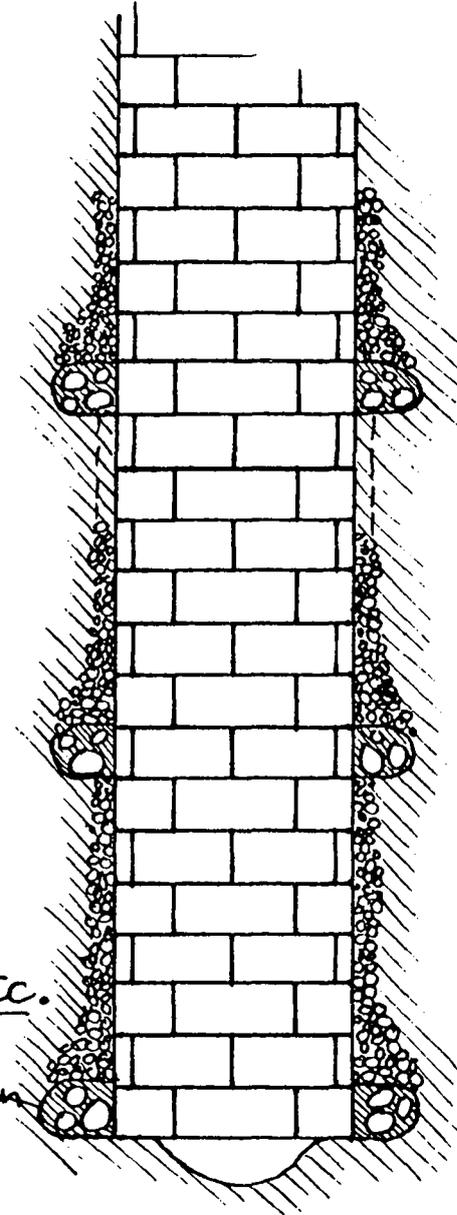


Fig. 11.3

non-cimenté !

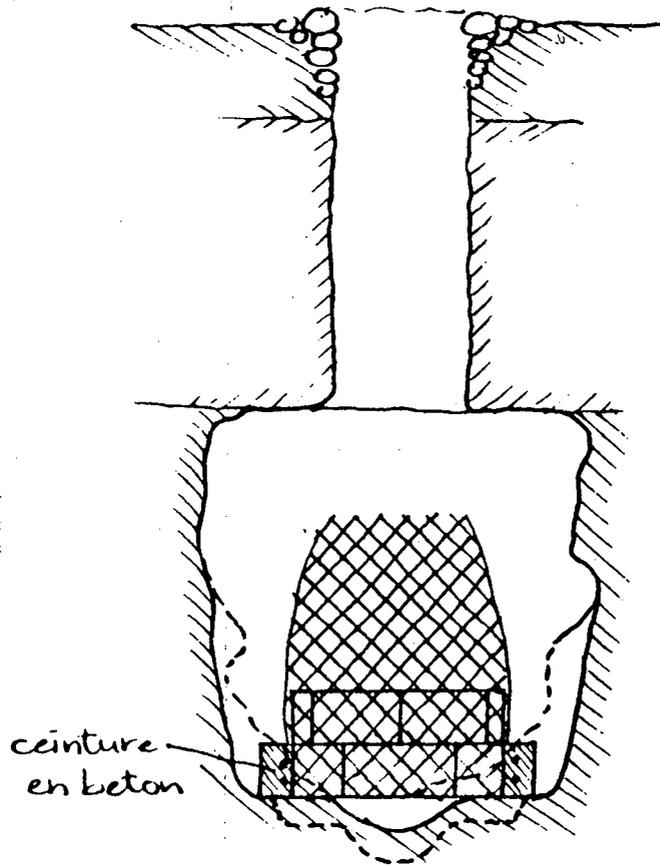


Fig. 12.1

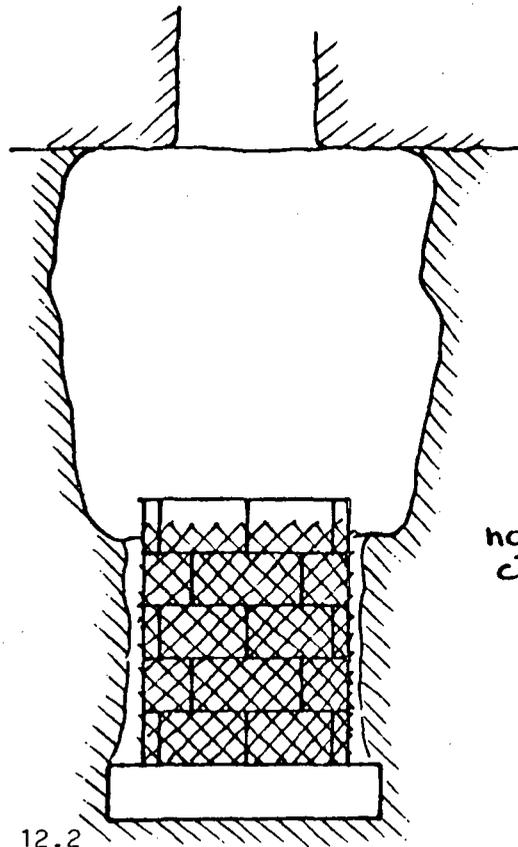


Fig. 12.2

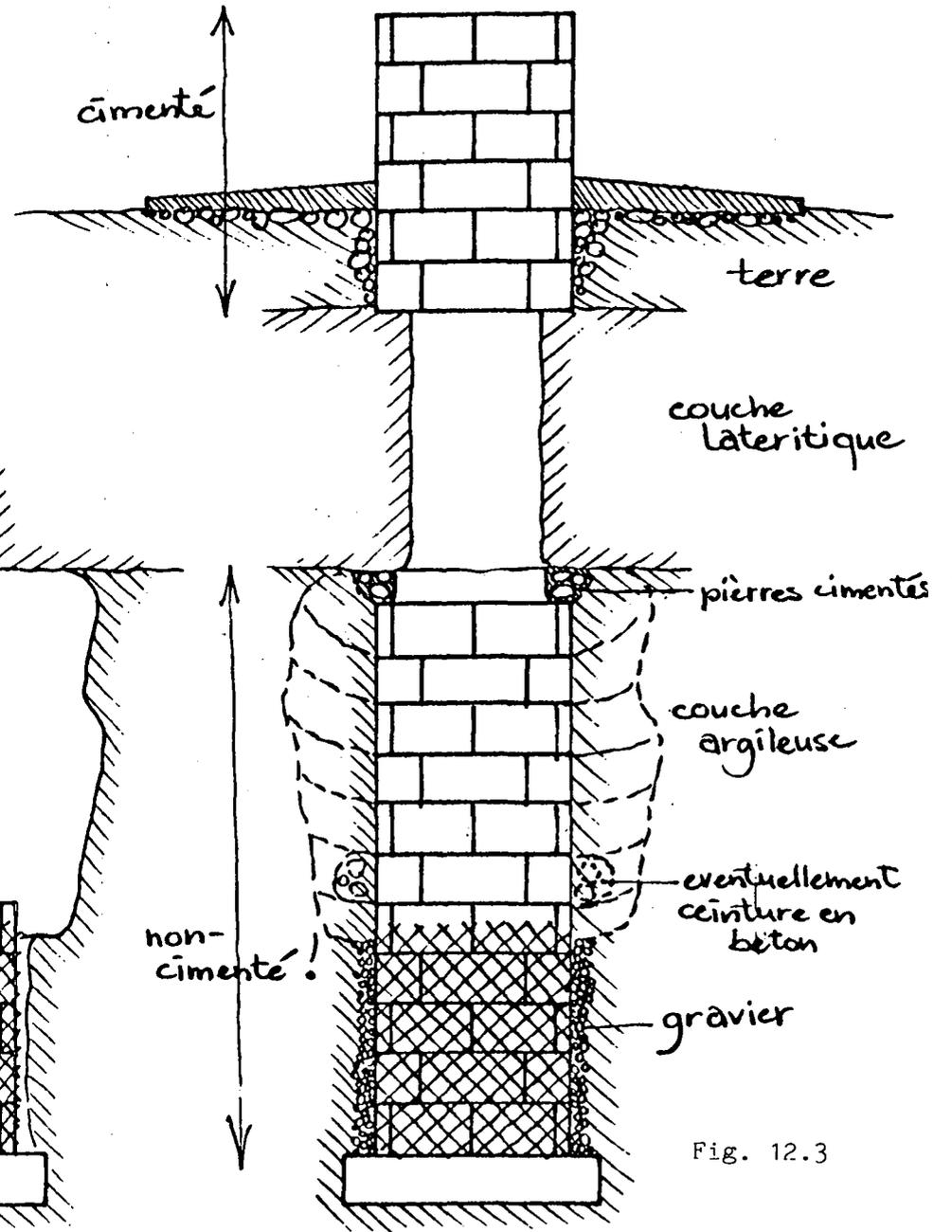
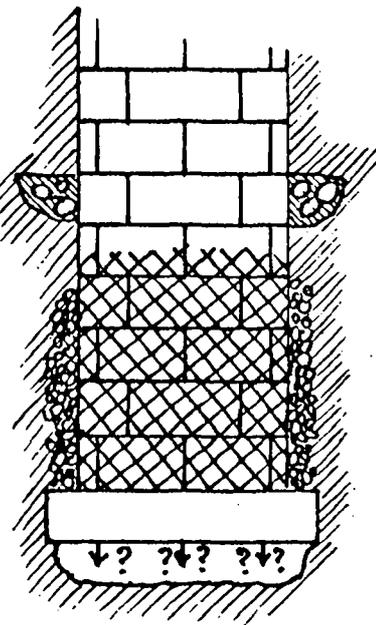


Fig. 12.3

Fig. 12

Fig. 13.1



APPROFONDISSEMENT:
est-ce que l'ancienne buse descend ?

- Ⓐ OUI: descendez la buse et construisez ensuite dessus (sans grillage et non-cimenté)
- Ⓑ NON: construisez une nouvelle buse dessous etc.

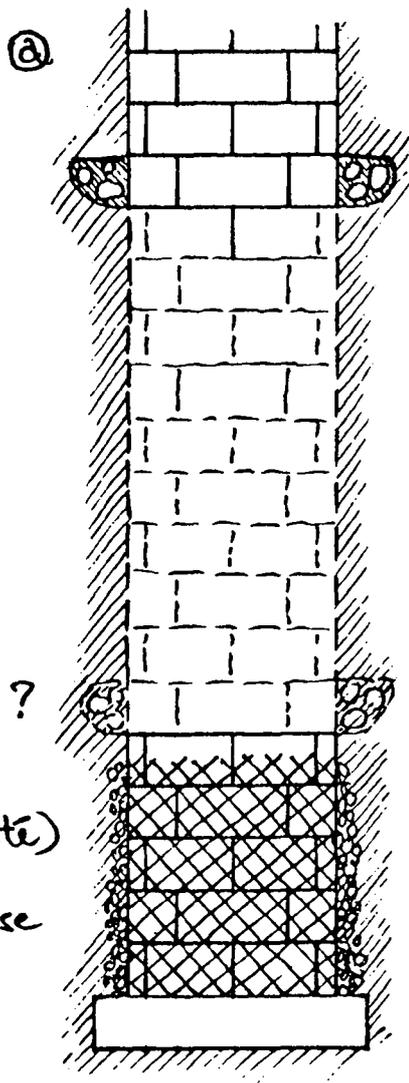


Fig. 13.2

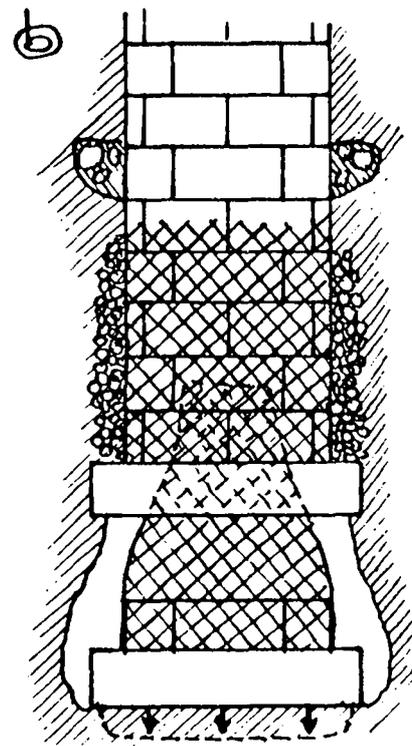


Fig. 13.3

Fig. 13

HYDRAULIQUE VILLAGEOISE

=====

intervention de Monsieur Pierre PELIGRY

I. NATURE DU PROBLEME

L'approvisionnement en eau des populations rurales, appelé aussi Hydraulique villageoise, a pour objectif de satisfaire un besoin humain élémentaire et, parfois même, dans les régions arides, représente un facteur de survie. L'Hydraulique villageoise doit donc être bien différenciée de l'hydraulique urbaine et aussi de l'hydraulique pastorale et de l'irrigation qui ont d'autres objectifs.

L'Hydraulique villageoise vise d'abord un objectif social : satisfaire un besoin humain prioritaire des populations rurales qui représentent environ 80 % de la population totale des pays en développement; mais elle a aussi un objectif économique : contribuer au développement économique du monde rural.

Les programmes d'Hydraulique villageoise financés par la Commission des Communautés Européennes et les autres aides bilatérales ainsi que multilatérales s'inscrivent généralement dans le cadre de la "Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement 1981-1990" instituée par les Nations-Unies. Mais déjà dans les années 1976-1978, la Commission avait procédé à l'évaluation ex-post de projets d'investissements financés sur les ressources communautaires et à partir de ses propres réflexions enrichies des apports des experts A.C.P. avait établi une politique communautaire* dans le secteur de l'Hydraulique villageoise. Les actions communautaires s'appuient largement sur les conclusions de ce document qui, par ailleurs, inspirent les opérations financées par un grand nombre d'autres bailleurs de fonds.

Toutefois, l'application d'une telle politique communautaire se heurte aux politiques nationales des pays bénéficiaires ainsi que, parfois, aux exigences propres aux aides extérieures. Des actions communautaires

* "Principes de base dans le secteur de l'approvisionnement en eau potable" rédigés à Bamako en novembre 1979 et approuvés par le Conseil des Ministres C.E.E.-A.C.P.

financées sur ressources Se F.E.D. constituent déjà des projets pilotes* intégrant des objectifs à court terme - satisfaction des besoins en eau - dans une perspective à long terme, - conservation du patrimoine (ressources en eau, investissements) et modification du comportement des populations bénéficiaires et des responsables politiques. Des actions exceptionnelles dans le secteur de l'Hydraulique villageoise, financées hors du cadre établi de la Convention de Lomé II, appuieraient les options communautaires déjà prises dans le contexte des programmes indicatifs en cours et démontreraient la volonté de la Commission de poursuivre le dialogue avec les pays bénéficiaires sur la base de la politique communautaire déjà connue. Elles apporteraient une contribution non négligeable à l'action engagée dans le cadre de la Décennie de l'Eau Potable dont on estime en général que les objectifs ambitieux mais fondés sur des situations réelles risquent fort de ne pas être atteints non seulement en raison du manque de financements extérieurs mais surtout des contraintes internes auxquelles les programmes sont confrontés.

II. LES CONTRAINTES

1. Hydraulique villageoise : priorité ou élément d'une stratégie de développement

Assurer un meilleur approvisionnement en eau des populations rurales est une priorité exprimée par tous les responsables des pays en développement et par les institutions internationales telles que l'O.N.U. et reconnue par la majorité des sources de financement. Devant la situation peu satisfaisante existant en milieu rural, on doit cependant constater que les programmes actuels sont loin de répondre aux besoins annoncés et que, en particulier, l'aide communautaire dans ce secteur ne traduit pas suffisamment la volonté politique des pays bénéficiaires d'améliorer - à court et à long termes - l'Hydraulique villageoise.

* Notamment en Haute-Volta, en Guinée et au Bénin.

Au contraire, trois arguments militeraient pour développer les actions dans ce secteur :

- eau facteur d'amélioration de la santé;
- eau facteur de développement rural;
- eau facteur d'amélioration des conditions de vie.

1.1. On admet généralement que le bienfait le plus considérable de l'amélioration en qualité et en quantité de l'eau mise à disposition des populations rurales concerne la santé publique et de nombreux projets d'Hydraulique villageoise sont rapidement justifiés par cet argument.

En réalité, il est maintenant établi que l'eau saine et disponible en quantité suffisante est une condition nécessaire de l'amélioration de la santé mais elle n'est pas une condition suffisante. Même après la réalisation d'un point d'eau moderne, bien d'autres occasions de pollution existent et un programme de construction de points d'eau ne produira ses pleins effets sur l'état sanitaire des populations que s'il est accompagné de tout un ensemble d'actions dans le domaine de l'hygiène du milieu (médecine préventive, curative, assainissement, habitat, nutrition) mais plus particulièrement d'un ensemble de mesures éducatives visant à promouvoir l'hygiène et à faire prendre conscience aux villageois qu'ils sont eux-mêmes responsables de leur santé.

Une stratégie de l'Hydraulique villageoise ne peut être dissociée d'une stratégie dans le domaine de la santé.

1.2. Un second argument avancé pour justifier la priorité à donner aux projets d'Hydraulique villageoise est que disposer d'eau en quantité suffisante est la condition nécessaire pour promouvoir un grand nombre de petits projets de développement à l'échelle du village : cultures maraîchères irriguées, élevage du petit bétail, élevage de bétail de trait ou de bétail laitier, etc...

L'évaluation des projets réalisés montre que si la condition est bien nécessaire, elle n'est pas suffisante et que l'impact des réalisations effectuées a été généralement nul. On peut en conclure que, chaque fois que les conditions locales permettent de disposer de quantités d'eau dépassant les besoins humains minima, une étroite coordination avec la programmation de développement rural doit être envisagée afin que le surplus d'eau disponible soit effectivement utilisé pour des projets de développement.

Une stratégie de l'Hydraulique villageoise ne peut être dissociée de la stratégie de développement rural.

- 1.3. Il est bien connu que le portage de l'eau (et dans une certaine mesure le puisage) représente une dépense d'énergie importante et souvent excessive lorsque les distances de transport deviennent considérables. La réalisation d'un point d'eau à proximité du village entraîne, sans aucun doute, une réduction de la peine et de ce fait contribue à l'amélioration des conditions de vie des femmes et des enfants, pourvoyeurs traditionnels en eau pour les besoins du ménage et souvent aussi pour les besoins du petit bétail. Mais l'évaluation des projets montre que le gain de temps obtenu par l'amélioration de l'alimentation en eau est rarement utilisé pour développer de nouvelles activités.

De ce point de vue aussi, les projets de développement de l'Hydraulique villageoise ne peuvent être séparés de l'action pour le développement rural.

La conclusion de cette rapide analyse est que les programmes d'Hydraulique villageoise méritent certainement d'être prioritaires par leur objectif social : fournir une eau saine, en permanence, à la moindre peine aux populations rurales. Mais ces programmes ne produiront leurs pleins effets sur le milieu rural que s'ils sont étroitement liés avec les actions sanitaires et avec les actions pour le développement économique du milieu rural.

En définitive, une stratégie de l'Hydraulique villageoise ne devrait être conçue et mise en oeuvre qu'indépendamment d'une stratégie globale de développement rural.

Or, les besoins en eau potable des populations étant manifestement criants, la planification de l'Hydraulique villageoise se limite trop souvent à une programmation de points d'eau (court terme) sans programmation ou même coordination avec les mesures complémentaires permettant un véritable développement rural (long terme).

2. Besoins en points d'eau villageois

Les approches stratégiques étant souvent différentes suivant les pays, les priorités et les méthodes retenues pour la programmation de l'Hydraulique sont très diverses et une certaine incohérence doit être constatée dans ce domaine. Aussi est-il difficile de connaître, actuellement, les besoins de l'Hydraulique villageoise d'un pays ou d'une région donnés, dans une perspective à long terme*.

Toutefois, dans le but de démarrer effectivement des actions dans ce domaine, les programmes d'Hydraulique villageoise sont essentiellement établis sur les bases suivantes :

- objectif fondamental d'ordre social : assurer une quantité d'eau saine, permanente et d'accès facile, par exemple 10-15 litres par personne et par jour; réduire la distance entre un village et le point d'eau, par exemple moins de 2 km ou 500 m suivant les cas; prendre en compte toute communauté de plus de 100 ou 300 habitants;
- objectif d'ordre sanitaire : améliorer la qualité de l'eau consommée pour réduire les maladies d'origine hydrique.

Cette méthode permet, en général, de définir rapidement des quantités assez approchées d'ouvrages à réaliser par départements, pays ou régions; et l'établissement d'un programme de base n'exige que la con-

* A titre d'exemple, les besoins en points d'eau pour la région du Sahel seraient de 50 000 à 100 000 pour l'an 2000, suivant les institutions spécialisées.

naissance de données relativement simples : structure et localisation de l'habitat. Toutefois, comme il sera indiqué plus loin, la programmation d'un point d'eau dans un village donné devrait supposer une adhésion des populations au projet (participation villageoise - point 6.).

Dans les régions où les ressources en eau sont abondantes et quand le point d'eau fournit une quantité d'eau supérieure aux stricts besoins humains, il est possible de valoriser l'investissement en promouvant des actions de développement rural.

Les administrations centrales ne disposent généralement pas de ces inventaires qui doivent être entrepris avant la réalisation de chaque programme ou projet.

3. Ressources en eau

Dans le cas bien défini de l'Hydraulique villageoise, le recours aux eaux souterraines est, du point de vue sanitaire, préférable aux eaux de surface et, par ailleurs, les experts estiment que pour les seules fins de l'Hydraulique villageoise, les eaux souterraines - même si elles sont très inégalement réparties dans l'espace et exploitables dans des conditions très différentes - existent en quantité suffisante.

Il vaut la peine de rappeler les deux types de terrains fondamentalement différents du point de vue des ressources en eau souterraines, en raison de leurs implications :

3.1. Les zones de terrains sédimentaires récents : les ressources y sont très amplement suffisantes pour les besoins de l'Hydraulique villageoise.

Il peut ne pas en être de même pour les besoins pastoraux et surtout pour les besoins de l'irrigation, plus importants que ceux de l'Hydraulique villageoise; c'est le cas notamment des nappes "fossiles" qui ne sont plus alimentées aujourd'hui et dont l'assè-

chement aurait des conséquences fâcheuses pour l'alimentation humaine. Cet aspect illustre la nécessité d'une politique globale de l'eau.

3.2. Les zones de socle ou de terrains sédimentaires anciens : l'eau n'y est pas accumulée en nappes continues mais se trouve localisée dans des poches de roches altérées ou dans des fissures ou fractures dans la roche saine. Dans ce cas, les ressources y sont beaucoup plus limitées et doivent être réservées à l'alimentation en eau humaine. Elles sont aussi plus difficiles à localiser et à exploiter; mais les techniques mises au point dans ce domaine réduisent les risques d'erreur d'implantation et les coûts d'investissements. Il importe que ces techniques - d'études et de réalisation - soient bien diffusées dans tous les pays ayant des besoins en Hydraulique villageoise, ce qui n'est pas encore le cas aujourd'hui.

4. Choix technologiques : puits, forages, systèmes d'exhaure et de distribution

A l'exception des sources et des réserves d'eaux superficielles, deux types d'ouvrages sont actuellement réalisés pour l'Hydraulique villageoise : les puits de grand diamètre ($\pm 1,50$ m) et les forages (± 100 mm). Chaque ouvrage présente ses mérites et ses inconvénients; aucun d'eux ne doit être a priori exclu lors d'une programmation sérieuse.

Les systèmes d'exhaure peuvent être le système traditionnel (cordes et récipient) ou la pompe manuelle. Jusqu'à aujourd'hui encore, les pompes solaires ont un coût d'investissement trop important pour les seuls besoins de l'Hydraulique villageoise; de même, l'exhaure par motopompe est d'un coût trop élevé incompatible avec les ressources monétaires des populations rurales.

Dans tous les cas, l'entretien des systèmes d'exhaure a un coût non négligeable qu'il convient de prendre en compte lors de la programmation.

Au stade actuel, la plupart des pays n'ont pas encore effectué des choix bien clairs entre les différentes solutions techniques qui ont des incidences non négligeables au niveau des coûts d'investissements et de la maintenance, des modalités de réalisation et de l'organisation de la maintenance.

5. Maintenance des équipements

Les évaluations ont montré que l'entretien des ouvrages est indispensable - quel que soit le système d'exhaure retenu, tout système a besoin d'un entretien - si l'on veut assurer le fonctionnement continu des installations et éviter que les populations ne reprennent trop vite la pratique d'une alimentation en eau de mauvaise qualité hygiénique; elles montrent aussi que la grande majorité des pays n'ont pas mis en place les moyens - matériel, hommes, finances - pour assurer un entretien convenable.

Le problème de la maintenance mérite donc une mention spéciale. Il se pose à deux niveaux : celui de l'organisation et celui du financement; ce dernier sera traité au point 8. ci-après.

Il concerne essentiellement l'entretien des ouvrages : puits et forages et l'entretien des systèmes d'exhaure : pompes manuelles et dans les cas exceptionnels motopompes et pompes solaires. L'entretien de chacune des quatre catégories demande des compétences spécifiques et du matériel spécialisé. Chaque catégorie demande donc l'organisation d'une maintenance particulière.

Les expériences les plus anciennes ont amené les pays à avoir recours à des formules "lourdes" et "administratives" telles que structure na-

tionale très centralisée, d'Etat ou à caractère privé qui ont conduit en général à des échecs. Actuellement, la recherche de formules légères, faisant appel :

- à des entreprises spécialisées;
- aux artisans ruraux (ayant reçu une formation professionnelle complémentaire);
- aux "animateurs" ruraux;
- aux populations elles-mêmes, convenablement sensibilisées et formées (hommes chargés du premier niveau d'entretien-réparation, femmes responsables du contrôle sanitaire du point d'eau et chargées de veiller à un usage convenable de l'eau du point de vue sanitaire, semble de beaucoup préférable, car représentant un meilleur coût-efficacité.

Actuellement, la plupart des pays, sensibilisés à ce problème d'organisation de la maintenance, n'ont pas encore choisi une solution adaptée à leur complexe national, et l'on ne peut que regretter que des projets financés avec des ressources différentes soient construits sur des principes de maintenance différents d'une région à l'autre, sinon dans une même région, et parfois sans aucune considération pour l'aspect "maintenance".

Il apparaît, donc, nécessaire de ne déclencher une opération Hydraulique villageoise qu'après avoir prévu le ou les systèmes de maintenance sous peine de voir rapidement anéantis les efforts importants réalisés dans ce type d'opération.

6. Participation des populations villageoises

Les évaluations ont nettement mis en évidence que les effets attendus des opérations d'Hydraulique villageoise ne pouvaient être pleinement atteints qu'avec la participation des populations bénéficiaires :

utilisation d'une plus grande quantité d'eau, usage d'une eau saine dans des conditions hygiéniques, protection du point d'eau, entretien de l'exhaure.

La participation villageoise est nécessaire à toutes les phases du programme (conception, réalisation, entretien), mais elle implique une campagne de sensibilisation pour les aspects sanitaires et une action de formation pour l'entretien (responsable villageois, artisan-réparateur pour plusieurs villages).

En outre, il apparaît que la participation financière des villageois pour couvrir les charges de renouvellement et d'entretien de l'exhaure est indispensable non seulement pour motiver les populations pour le bon usage des équipements mais aussi pour en assurer l'entretien. Cette participation est justifiée par le fait que d'une part l'entretien par les villageois est plus efficace (du point de vue rapidité) et moins coûteux qu'un service national et que dans la majorité des cas les villages ont les ressources (finances, hommes) pour cette prise en charge et, d'autre part, que l'Etat ne dispose pas des ressources financières et humaines.

Toutefois, un trop grand nombre de responsables politiques des pays en développement ne veulent pas envisager cette participation financière des villageois mais ne sont pas pour autant en mesure de dégager du budget de l'Etat les ressources nécessaires.

Par ailleurs, du côté des bailleurs de fonds, les approches concernant la maintenance peuvent être très divergentes selon que sont privilégiées l'incapacité de l'Etat à financer ou à organiser l'entretien ou l'incapacité des villageois à financer les coûts récurrents.

Il apparaît, donc, nécessaire qu'une décision concernant la participation villageoise - incluant les aspects financiers - soit prise d'abord

au niveau politique puis que les mesures qui en découlent des points de vue technique, administratif et institutionnel soient imposées à l'ensemble des programmes prévus dans un même pays.

7. Organisation des moyens nationaux affectés à l'Hydraulique villageoise

Les évaluations ont montré clairement qu'une politique nationale de l'eau (affectation et gestion des ressources en eau) devrait être formulée, en cohérence avec la politique nationale de développement et l'analyse précédente des contraintes a montré les difficultés des pays à formuler ces politiques. Cette situation explique en grande partie le contraste entre le fait que l'Hydraulique villageoise figure parmi les priorités dans le plan de développement et que la réalisation des travaux - donc la satisfaction des besoins - progresse à un rythme très lent.

Certes le manque de moyens financiers - mis en avant de façon constante par les pays en développement - est une raison valable mais bien insuffisante. Deux constatations complètent cette première raison :

- une dispersion et une mauvaise organisation des moyens affectés à l'Hydraulique villageoise dues à une insuffisante définition des politiques;
- le fait que l'accent a été mis sur les moyens matériels pour l'exécution de travaux neufs et pas assez sur les moyens humains.

C'est ainsi que le personnel qualifié, en nombre insuffisant, se trouve chargé de tâches aussi diverses que la programmation, la conception technique des ouvrages, les implantations, le contrôle de l'exécution, le suivi de l'après-projet, etc...

Au début des années 1980, l'insuffisance numérique et l'insuffisance en qualification restent un problème majeur pour le développement de l'Hydraulique villageoise.

Cette situation explique, également, l'insuffisance de la maintenance des ouvrages qui amène à inclure souvent aux programmes de travaux neufs la réhabilitation d'ouvrages récents rendus inutilisables par un entretien insuffisant.

8. Moyens financiers

Les besoins en ressources financières sont très importants en raison même des immenses besoins en points d'eau, exacerbés par la sensibilisation faite au niveau des institutions internationales et par les retards accumulés au niveau de la réalisation.

Il est encore difficile d'en apprécier même des ordres de grandeur de coûts du fait même de l'imprécision des besoins en nombre d'ouvrages définis en fonction de critères différents. C'est ainsi, par exemple, que pour une région bien connue du Sahel (Haute-Volta, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal), le nombre d'ouvrages à réaliser d'ici l'an 2000 varie selon des rapports a priori sérieux de 50 000 à 100 000.

Sur la base du chiffre minimum, le niveau d'investissements en valeur 1981 serait de 1 200 M ECU soit 300 M ECU pour la période 1981-1985 alors que la Commission a été sollicitée par ces mêmes Etats A.C.P. pour un montant de ± 25 M ECU (dont seulement 10,5 M ECU engagés).

Le coût de l'entretien et du renouvellement des systèmes d'exhaure pour 10 000 ouvrages représente environ 16,5 M ECU pour cinq ans.

Si le premier coût - investissements - doit en grande partie être pris en charge par la Communauté Internationale, il faudrait appliquer une politique telle que les coûts récurrents soient supportés par les populations bénéficiaires. Toutefois, il est possible que dans certains cas exceptionnels - à examiner avec attention afin de ne pas amener les Etats à céder à la facilité -, la Communauté Internationale participe au financement des charges récurrentes.

Etant donné le caractère social de ce type d'activités, il convient d'appliquer des modalités de financement très douces : soit la subvention, soit les prêts à faible taux d'intérêt.

Les financements de matériel lourd d'exécution à des taux commerciaux ont pourtant dans quelques cas alourdi la dette des Etats qui ne disposaient plus, par la suite, des moyens financiers pour fonctionnement (par exemple, d'un atelier de forage) qui correspondent, en fait, à des coûts d'investissements.

Mises à part ces bavures, les plus grandes difficultés proviennent de l'incapacité des Etats bénéficiaires à coordonner ces moyens financiers et à les intégrer dans une véritable politique et une véritable programmation de l'Hydraulique villageoise.

L'EXPERIENCE DE JEAN-LOUIS CHLEQ A TITAO HAUTE-VOLTA

Jean-Louis CHLEQ nous a fait part de sa vaste expérience du "Terrain", notamment à Titao, où il s'est mis à la disposition des villageois depuis 1976.

Jean-Louis CHLEQ nous a plus particulièrement exposé sa pratique dans la construction de gabions et de forages manuels.

LES MICROBARRAGES DE GABIONS

L'érosion hydraulique, accentuée par la disparition du couvert végétal, entraîne des quantités énormes de sol (1,2 mètres en 10 ans, soit 160 tonnes par hectare et par an !).

La réponse à ce phénomène n'est pas aisée, surtout qu'il soulève des problèmes sociologiques comme par exemple le surpâturage.

Il est également possible de lutter contre la désertification par des moyens techniques, notamment par l'aménagement de microbarrages constitués de gabions. Le principe de ce moyen de lutte est relativement simple ; il s'agit d'interposer au ruissellement de l'eau une masse qui, en réduisant la vitesse de l'eau, d'une part facilitera son infiltration dans le sol, et d'autre part permettra une décantation partielle des terres qu'elle véhicule.

L'implantation des microbarrages se fait sur des sites critiques où l'eau de ruissellement affouille fortement le sol, par exemple aux "noeuds" des marigots.

Les éléments du barrage, les gabions, offrent une solution durable et ne nécessitent, pour leur construction, que peu d'apport extérieur : du treillis et des pierres, un petit outillage et bien-entendu de la main-d'oeuvre.

Le treillis est tressé sur place, aux dimensions requises, avec du fil de fer galvanisé. Les blocs de pierre sont débités à la barre à mine dans la latérite avoisinante.

Le choix du gabion dans la construction des microbarrages s'imposait par rapport à l'utilisation du béton, compromise par la mauvaise qualité du ciment disponible et par les dangers de fissuration de l'ouvrage posé sur des sols trop "élastiques" (érosion éolienne).

La réalisation des gabions et des microbarrages

Les gabions se présentent sous forme d'un parallépipède d'un mètre de large, de deux mètres de long et de cinquante centimètres de haut. Ils sont constitués de blocs de pierre enserrés dans du treillis (schéma 1).

La première opération consiste en le creusement de fondations. On ouvre une tranchée suffisamment profonde pour bénéficier d'un sol résistant ; la verticalité des parois est contrôlée au moyen d'un fil à plomb.

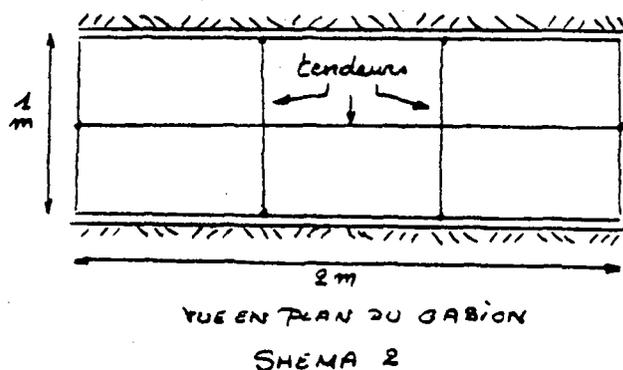
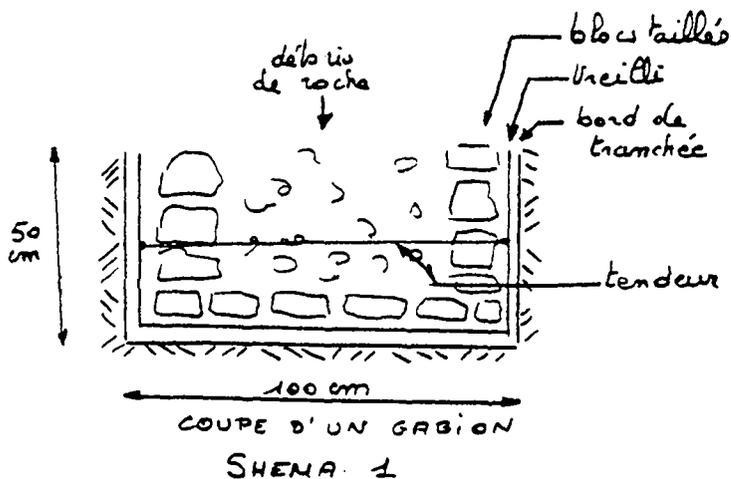
Ensuite, on pose le treillis sur le fond de la tranchée et contre les parois ; on y place les pierres grossièrement taillées, les beaux morceaux sur les côtés extérieurs et les éclats au centre comme noyau.

A mi-hauteur du gabion, on place des tendeurs qui soutendront les parois latérales (schéma 2). Après cette opération, on continue le remplissage de l'armature, et pour terminer on ligature solidement les bords du treillis. L'ensemble forme alors une masse de 1,6 à 1,8 tonnes. Le barrage est formé par la juxtaposition et la superposition des gabions solidement ancrés au sol et solidarisés entre eux.

En quelques mois, jusqu'à un mètre de terre s'est déposée en amont du microbarrage. Les arbres reverdissent dans cette zone que l'on peut ainsi remettre en culture. Les terres accumulées emmagasinent suffisamment d'eau pour permettre la culture du mil, qui y arrive à maturité complète (90 jours de saison des pluies et 120 jours pour le cycle du mil).

Le système complémentaire de diguettes

La création d'un réseau complémentaire de diguettes permet l'aménagement et la protection d'une plus grande superficie. Actuellement, c'est un groupe de jeunes qui les construit, au rythme de 2 kms par an.



LE FORAGE MANUEL

Il est parfois nécessaire ou préférable de chercher de l'eau à grande profondeur et, pour ce faire il faut procéder à un forage.

La technique du forage manuel utilisée par le "Groupement d'artisans du Yatanga" (G.A.R.Y.), permet d'atteindre des profondeurs de 40 à 50 mètres. Cette technique a été développée par le G.A.R.Y. qui utilise du matériel conçu et réalisé sur place.

La technique du forage comporte plusieurs opérations dont :

- le forage proprement dit, qui se fait en deux opérations alternatives : le perçage et le placement d'une gaine métallique (casing)
- ensuite le tubage et l'enlèvement de la gaine métallique
- le placement du filtre, la phase de développement et la protection en surface du forage terminant les opérations.

Description de la technique

1. Le forage

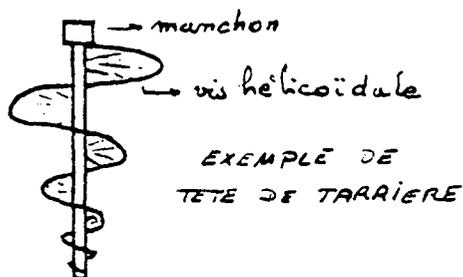
Le forage se fait en deux opérations alternatives : le perçage et le placement de la gaine métallique.

1.1. Le perçage

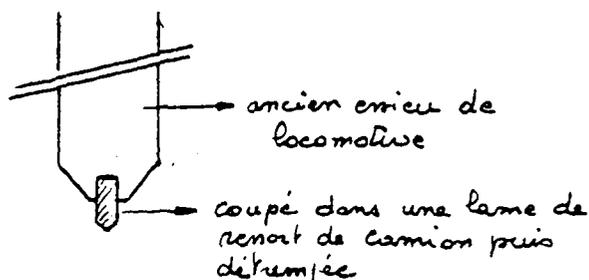
Le perçage s'effectue à l'aide de deux outils différents, choisis en fonction de la dureté du sol.

En sol tendre : on utilise une tarière à vis hélicoïdale (schéma 3). La tarière s'enfonce dans le sol par un mouvement de rotation ; on la retire régulièrement pour évacuer les terres.

En sol dur : on utilise un trépan de 50 kg. Le trépan utilisé à Titao est constitué d'une tête fabriquée avec un essieu de locomotive et une lame de ressort de camion. La liberté de mouvement de la tête étant assurée par un émerillon (rotation) et un ressort ou coulisseur (mouvement vertical) (schéma 4 et 6).

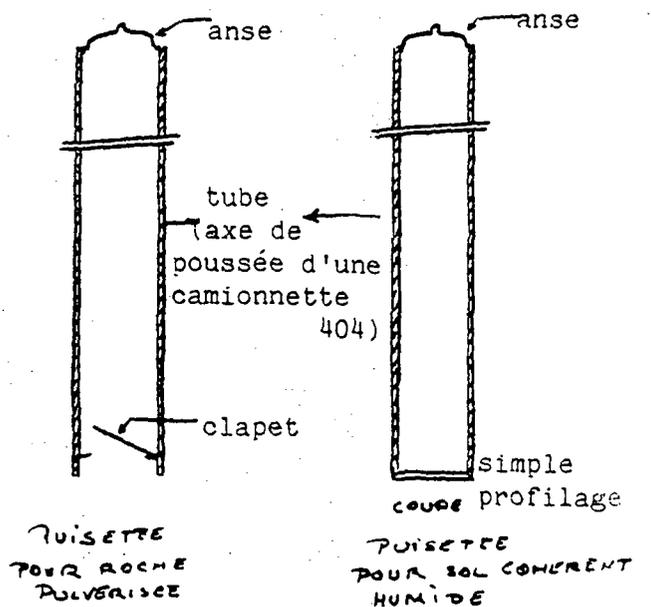
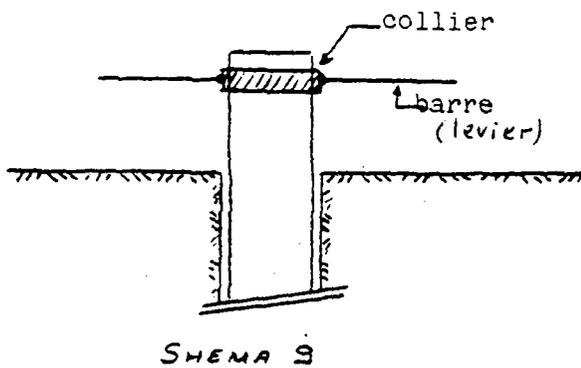
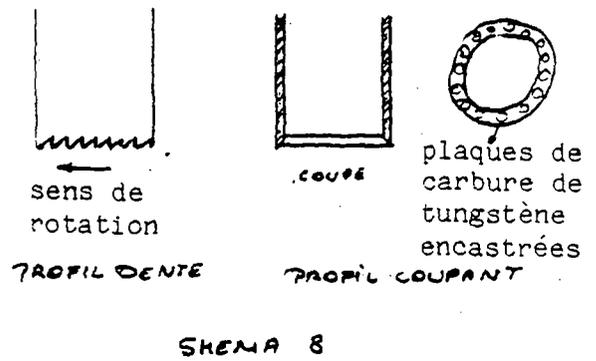
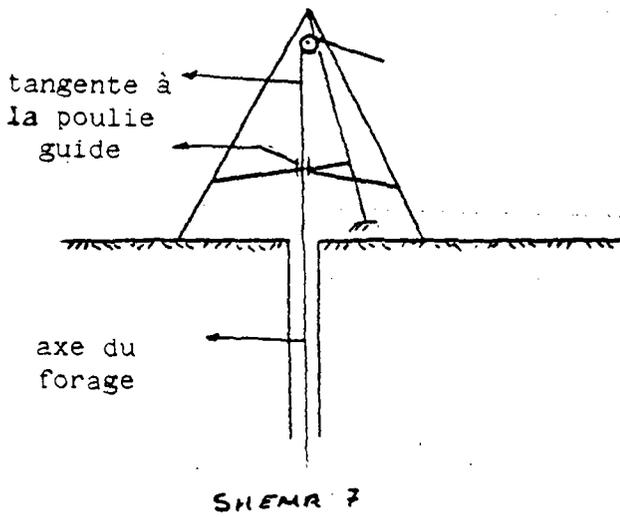
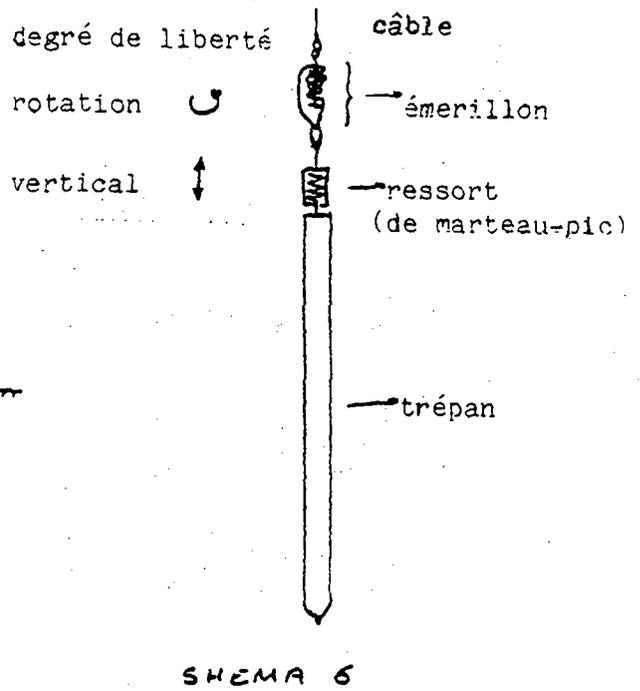
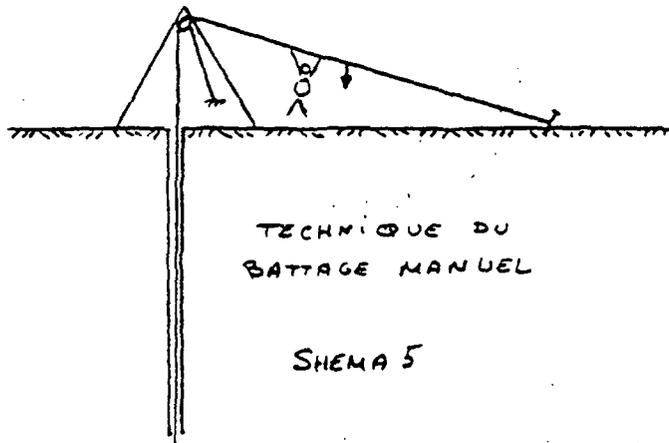


SCHEMA 3



TÊTE DE TRÉPAN (BATTAGE)

SCHEMA 4



Utilisation du trépan : on commence par creuser un trou d'un mètre de profondeur qui servira de guide. On installe ensuite une chèvre, de façon à ce que la tangente à la poulie soit dans l'axe du trou, un guide servant de repère. (Schéma 7).

La technique utilisée est celle du battage. Le trépan est relié à un câble qui passe par la poulie et dont l'extrémité est reliée à un piquet. Le câble tendu est successivement "rabattu" et relâché (schéma 5). La fréquence des coups et la hauteur de chute sont fonction de la dureté du sol : on peut compter de 10 à 30 coups par minute pour une hauteur de 10 à 30 centimètres.

Il est indispensable de sortir la tête du trépan très régulièrement afin d'évacuer les poussières avant que le trépan ne se coince, auquel cas, le forage serait à recommencer.

Les poussières en suspension dans l'eau sont évacuées du trou par une puisette constituée d'un tube muni d'une anse et d'un clapet (schéma 10).

Le fond du forage doit être constamment mouillé, il faut en outre assurer une entière liberté de mouvement de la tête du trépan (schéma 6).

1.2. Le placement d'un casing de 178 mm de diamètre

Le casing est un tubage en acier de dimension standard (\emptyset extérieur 178 mm, \emptyset intérieur 166 mm) utilisé pour les forages industriels. Chaque tube a une longueur de deux ou trois mètres, ce qui facilite la manutention.

Le premier tube introduit a une tête à profil denté ou à profil coupant (schéma 8). Le choix de la tête dépend de la nature du terrain.

L'enfoncement du casing se fait par rotation et par fonçage. On force le casing à pivoter à l'aide d'un collier sur lequel sont placés des leviers (schéma 9).

Le fonçage se fait également à l'aide d'une masselotte qui bat l'extrémité du tubage. Un casque de battage protège l'extrémité du tube.

Pour effectuer un travail correct, deux précautions sont à prendre : bien respecter la verticalité du casing en s'aidant du guide solidaire de la chèvre, bien lubrifier l'extrémité du tube avec du lait de kaolin ce qui facilitera les mouvements du tube, tant à l'introduction que lors du retrait de celui-ci en fin des travaux.

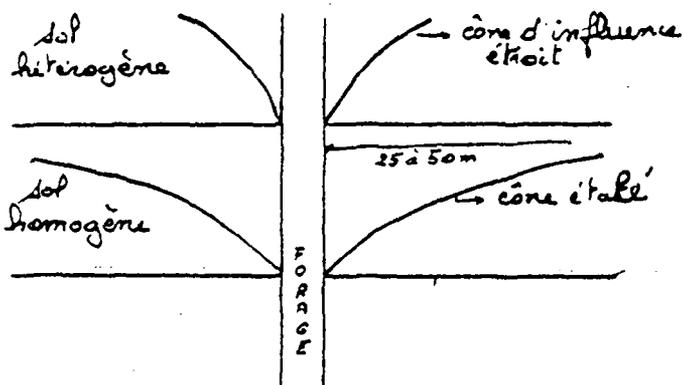
Pour éviter tout collage, il faut également animer le tube d'un louvoisement et ce, deux ou trois fois par jour, pendant toute la durée des travaux.

2. Profondeur du forage

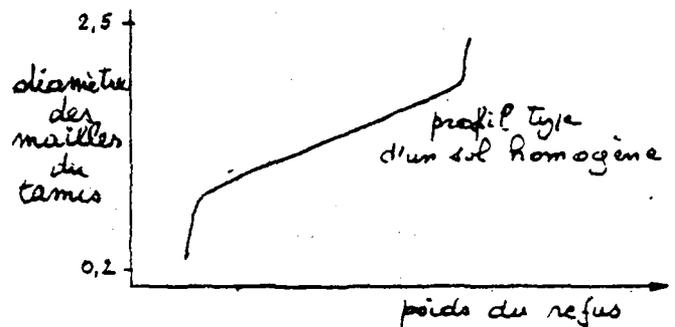
La profondeur optimale du forage se détermine par des analyses granulométriques. On commence celles-ci dès que l'on a atteint des couches humides.

Ces analyses permettent de déterminer le degré d'homogénéité des éléments constituant la couche traversée, ce qui donne une bonne appréciation de la perméabilité de cette couche. De cette perméabilité dépend l'étendue du cône d'influence du forage et donc la quantité d'eau drainée (schéma 11).

Au fur et à mesure de l'avance du forage, on trace des courbes granulométriques (schéma 12). Dès que l'on atteint un sol imperméable, on arrête bien entendu le forage.



SCHEMA 11



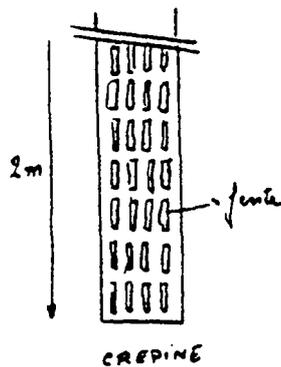
SCHEMA 12

3. Tubage et enlèvement de la gaine métallique

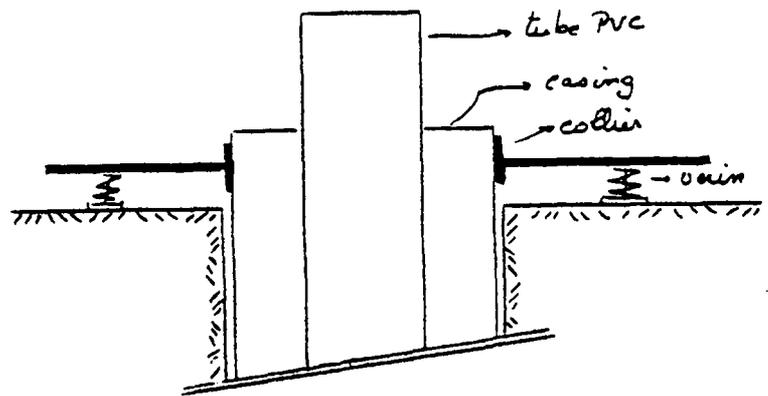
3.1. Le tubage en P.V.C.

Le perçage et le casing terminés, on procède à la mise en place du tubage définitif en P.V.C. Le premier tube servira de crépine sur laquelle on porte toute l'attention. On veillera plus particulièrement au bon dimensionnement des fentes percées dans le tube. La largeur des fentes aura deux fois la dimension moyenne des éléments constituant la couche atteinte (se référer aux courbes granulométriques voir schémas 11 et 12).

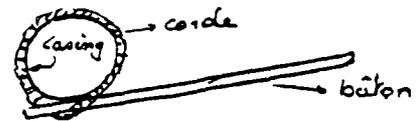
En surface, on aura soin de laisser dépasser le tubage par rapport au niveau du sol.



SCHEMA 13



SCHEMA 14



SCHEMA 15

3.2. Enlèvement du casing

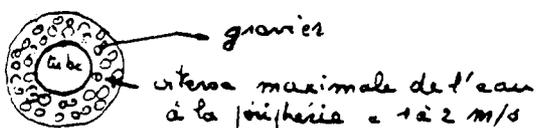
Le tubage définitivement en place, le casing est récupéré. Le collier décrit plus haut (schéma 9), utilisé avec des verins de 5 tonnes glissés sous les leviers permet d'extraire le casing (schéma 14).

Le casing est ensuite remonté à l'aide d'un treuil pouvant développer deux tonnes de traction. Au fur et à mesure du retrait, le casing est dévissé. L'outil utilisé dans ce cas se compose d'une corde et d'un bâton de quatre mètres. Ce matériel évite d'abîmer l'extérieur du casing (schéma 15).

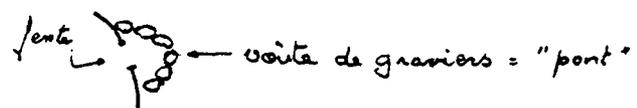
4. Mise en place du filtre et développement

Dans l'espace laissé par le casing, on introduit un filtre de gravier ; le diamètre du gravier est de deux à trois fois supérieur à la largeur des fentes de la crépine. (Schéma 16).

A ce stade intervient une phase importante : "le développement". Cette opération consiste à imprimer un mouvement de va et vient à l'eau contenue dans le tube afin de charrier un maximum de sable. Le flux et reflux de l'eau est provoqué par le va et vient d'un piston introduit dans le tubage. Le piston se compose d'une rondelle de bois entourée de caoutchouc.



SCHEMA 16



SCHEMA 17

L'eau chargée de sable est évacuée régulièrement à l'aide d'une puisette (schéma 10).

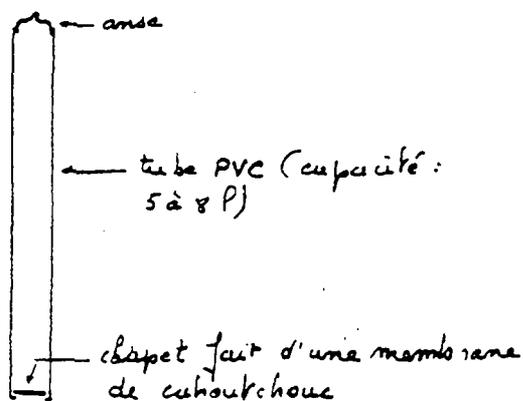
Ces opérations sont prolongées tant que l'eau est chargée de sable, ce qui peut prendre plusieurs semaines (deux, trois semaines).

La phase de développement sert à éviter la formation de "ponts", voûtes formées autour des fentes de la crépine (schéma 17). Elle crée également un filtre naturel. Le gain dû à cette opération n'est pas négligeable, puisqu'elle permet d'augmenter le débit du forage du deux à dix fois. Quant à la zone d'influence du forage, elle ne dépasse pas un rayon de 25 à 50 mètres.

5. L'exhaure

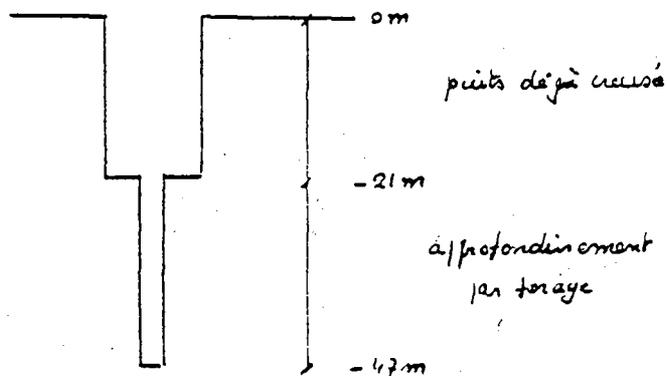
L'exhaure se fait à l'aide d'une puisette de fabrication simple : un tube en P.V.C. muni d'une anse et d'un clapet de caoutchouc (capacité de 5 à 8 litres). Une corde en nylon est préférable à la corde traditionnelle. Le débit limité par l'exhaure manuelle est de 200 litres par heure, pour une profondeur de 40 mètres. (Schéma 18).

Dans cette région, le moyen d'exhaure est traditionnellement individuel (seau et corde), ce qui pose un problème pour l'entretien collectif des pompes qu'on installerait sur les puits.



PUISSETTE

SHENA 18



SHENA 19

6. Equipe, vitesse de forage, prix

L'équipe de forage comprend un puisatier avec son aide et une équipe de 8 personnes déléguées par le village, car le travail est très dur.

La profondeur maximale atteinte jusqu'à présent est de 40 mètres.

La vitesse d'avancement est fonction du sol :
sur granite : 1,75 m en 15 jours (record : 17 cm en un jour)
dans l'argile : 5 à 6 m par jour.

La durée des forages était ainsi de 6 mois, pour les premiers à 40 m de profondeur, et de 3 mois pour la même profondeur lors des derniers forages. Il faudrait arriver à effectuer un forage par mois pour concurrencer les méthodes modernes, qui font un forage par jour mais à un prix prohibitif.

Quant au coût du forage, il faut compter pour le dernier matériel utilisé 40.000 à 50.000 FF, à doubler si l'on tient compte du transport. Son utilisation ne coûte cependant rien. Les premiers équipements avaient toutefois été réalisés avec des matériaux trouvés localement.

Actuellement, les équipes de forage fonctionnent sur un budget extérieur annuel de 150.000 FF, ce qui représente 70 à 75 % des investissements. Cette part diminue annuellement, on espère atteindre le seuil d'"autodéveloppement", c'est-à-dire de viabilité économique.

7. Approfondissement du puits

Cette technique est également adaptée à l'approfondissement de puits : on a ainsi réalisé un approfondissement de 26 mètres à partir d'un puits de 21 mètres (schéma 19).

CREUSEMENT DE PUITES

Expérience de Jean-Marie HUON.

Le projet est un programme d'hydraulique pastorale comprenant le creusement de 50 puits et la formation de puisatiers, mandaté par un service régional Malien et six coopératives de populations nomades. Ce programme concerne le nord du Mali (260.000 km²) et 40.000 "personnes", toutes nomades.

La gestion des pâturages

Ces puits ne sont creusés que là où il y a une gestion des pâturages, assurée par les coopératives de nomades. On attribue en effet à l'élevage une part importante de la progression du désert, d'où les tentatives de sédentarisation des populations et la promotion de cultures inexistantes jusqu'à présent.

Les puits sont creusés à 50 km minimum d'interdistance pour éviter le surpâturage. Théoriquement il faut prévoir séparément un puits pastoral et un puits pour l'agriculture. Le premier empêche en effet l'agriculture par la simple présence des animaux. Le deuxième puits n'est réalisé qu'à la condition d'établir un périmètre maraîcher, accompagné de la plantation de quelques palmiers. Les matériaux et le matériel de construction du puits sont dès lors délivrés par le projet.

Parallèlement, il est essentiel de réalimenter les nappes par des aménagements tels que gabions, barrages souterrains. Actuellement le niveau de la nappe descend de 1 m tous les deux ans environ.

Les coopératives et leur engagement

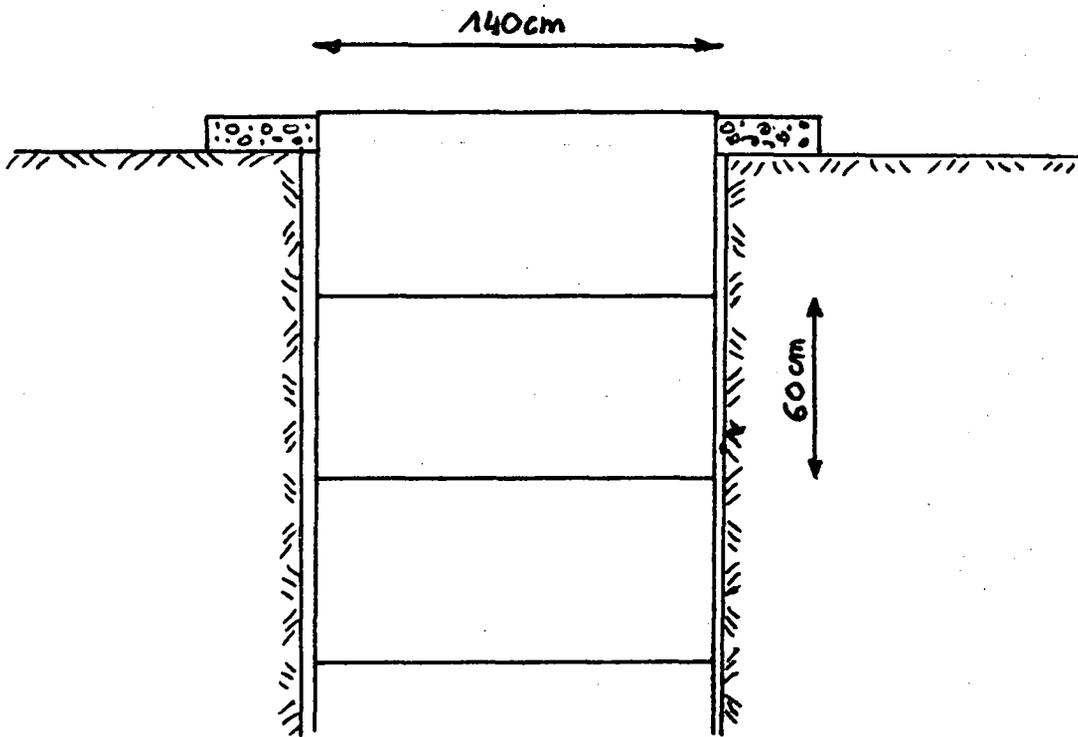
Les représentants sont nommés par les tribus nomades conscientes de la nécessité de la conversion vers l'agriculture. Elles se réunissent après les pluies (vers octobre) et décident de la campagne de creusement des puits, de leur emplacement dans la région concernée.

Chaque coopérative délègue un puisatier pour former l'équipe permanente de travail. Après le projet, ceux-ci assureront l'entretien des puits, qui se comblent rapidement de sable, jusqu'à un mètre tous les deux ans. De plus, la fraction de population intéressée par le puits contribue à la nourriture, au déblaiement de matériaux et à l'approvisionnement en sable, gravier ... Elle nomme en outre une commission chargée de surveiller et gérer le puits.

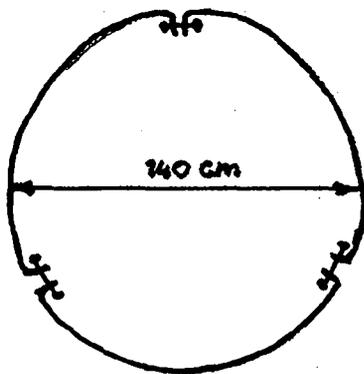
Un homologue malien, payé par l'Etat s'occupe de la gestion des chantiers, des contacts avec les populations, la commission et les coopératives.

Creusement des puits dans les sols tendres

Les puits doivent répondre à des normes précises, inspirées d'Europe, le débit minimum exigé étant de 2 m³/h (pour l'élevage). Dans la région, la nappe phréatique stable se trouve entre 20 et 50 m. Après une étude de prix, il s'est avéré que le cuvelage métallique était le plus économique dans les sols sablonneux. De plus, on obtient ainsi un ensemble monolithe, suspendu à la margelle (dessin 1).



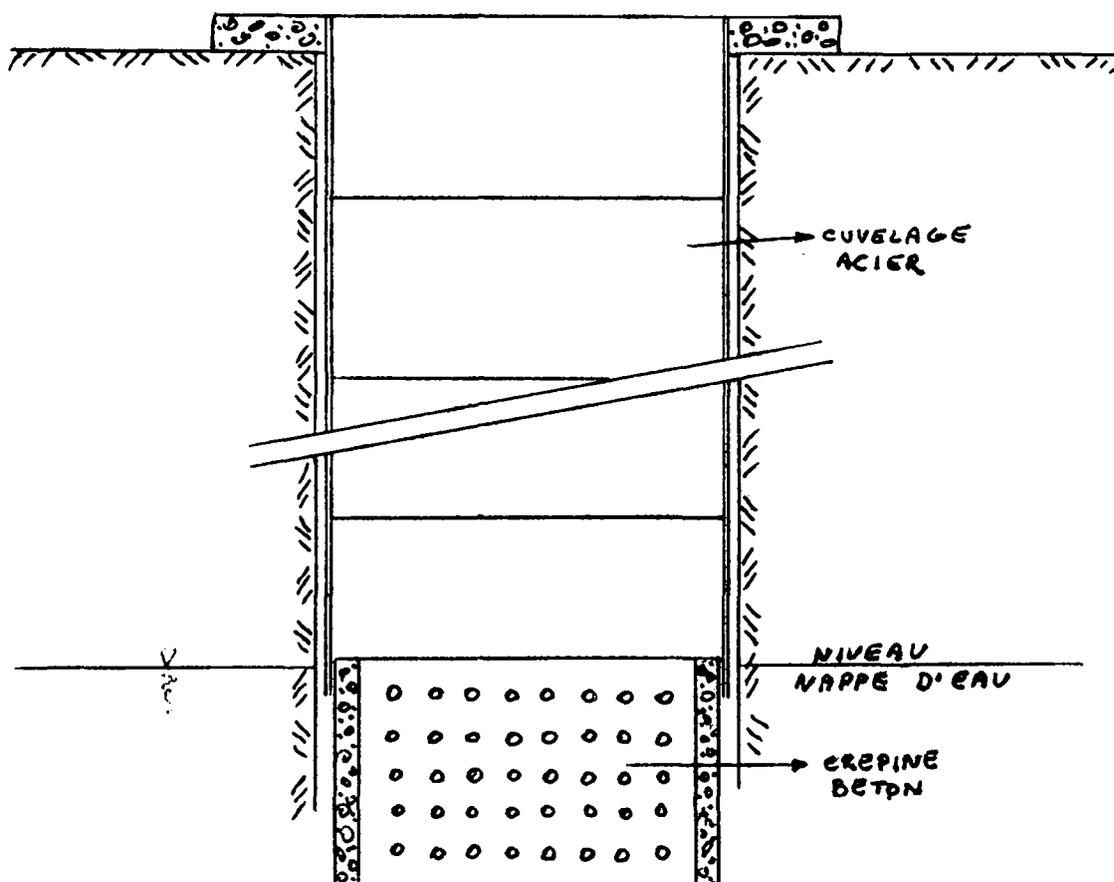
DESSIN 1



DESSIN 2



Les cerceaux ont un diamètre de 1,40 m, et sont constitués de trois éléments de 0,60 m de hauteur. On creuse par étage de 60 cm et on place au fur et à mesure les éléments boulonnés entre eux et aux éléments supérieurs. (dessin 2)



DESSIN 3

Par ce cuvelage, on descend à 10-15 m au maximum, sans entrer dans la nappe d'eau. A ce niveau, on descend des buses en béton de diamètre inférieur, trouées pour former la crépine. Ces buses sont coulées sur place dans des moules métalliques. (dessin 3)

Le cuvelage en tôle galvanisée revient à 5.000 FB/mètre et est garanti 50 ans par la firme (RAMCO, France). Le principe du cuvelage en tôle date de l'époque coloniale française au Tchad. De nombreux puits construits de cette façon existent encore actuellement. Le seul défaut est la présence de boulons sur les parois car les utilisateurs ont l'habitude de glisser leurs puisettes en peau le long des parois. Très rapidement ils acquièrent cependant l'habitude de maintenir la puisette au milieu du puits. Dans ce cas, l'eau est puisée manuellement et versée dans une barrique.

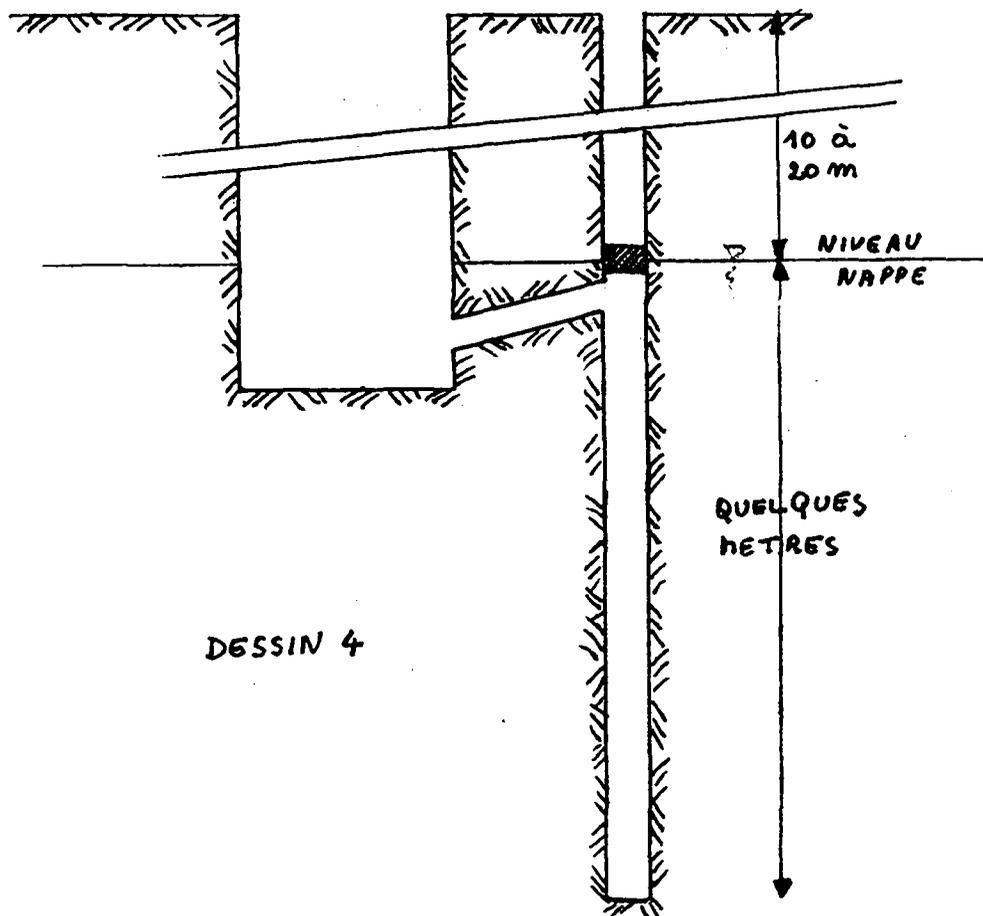
Il est à noter que le cuvelage en béton serait revenu un peu plus cher, car pour répondre aux normes exigées par le contrat, il aurait dû faire 10 cm d'épaisseur et aurait utilisé par mètre 250 kg de ciment, dont l'approvisionnement est difficile, la qualité médiocre et le coût élevé. Le matériel (les tôles galvanisées) est acheminé depuis la France, débarqué à Alger et amené par un camion du projet au Mali. Ce trajet revient nettement moins cher que la voie habituelle via ... car le Mali est enclavé. De plus, les pertes, disparitions de matériel sont fréquentes.

Creusement de puits dans les sols durs avec forage d'alimentation

Dans les sols durs, on commence par faire un forage qui entre profondément dans la nappe. L'eau remonte toujours de 10 à 20 m dans le forage (par pression artésienne). Le forage se fait avec un "marteau fond de trou", monté sur camion et prend un jour.

A environ un mètre de forage, on creuse le puits. La progression dans la roche est lente - 50 cm par jour dans la roche dure, 100 à 150 cm dans le schiste -. On utilise des marteaux pic et parfois de la dynamite. Lorsqu'on atteint le niveau auquel l'eau remonte dans le forage, on descend le puits encore de quelques mètres et ensuite on relie le forage au puits. L'eau du forage alimente ainsi le puits.

Ce système permet de creuser le puits moins profondément et de réduire généralement le temps de travail à moins d'un mois. L'équipe des puisatiers maîtrise parfaitement l'utilisation du matériel. L'expatrié reste responsable de l'entretien et des réparations.



POMPES MANUELLES, EXHAURE A TRACTION ANIMALE
EOLIENNES D'EXHAURE, AQUALIENNES

Exposé de Bernard GAY *

INTRODUCTION

Il apparaît comme un lieu commun d'affirmer que la mise à disposition de grandes quantités d'eau aux populations des pays sahéliens est une des conditions essentielles de leur développement. L'eau joue un rôle primordial dans la vie de tous les jours où elle conditionne hygiène et santé, ainsi que dans la production agricole et l'élevage.

Le manque d'eau constitue un facteur limitant de développement. Certains pays industrialisés, tels les U.S.A. ou ISRAEL, ont montré quels résultats on peut atteindre lorsque, dans les mêmes conditions de climat, on apporte l'eau nécessaire.

Toutefois, avant de proposer ou de financer des solutions techniques à tout va, il est utile d'examiner à long terme les effets de ces installations. Dans les pays d'Afrique de l'Ouest par exemple, on constate que, fréquemment, les matériels performants qui avaient été importés, ne donnent pas satisfaction :

- l'entretien indispensable n'est pas assuré : les pièces sont chères, ou non disponibles. Les réparateurs sont parfois à plusieurs centaines de km et c'est rapidement la panne ;
- le coût d'achat en est trop élevé. Sans aide, le paysan ne peut renouveler ni entretenir son matériel.

De plus en plus, on prend conscience que le développement de matériels simples, achetables, réparables dans le pays, sans aide extérieure, est une nécessité. Au siècle dernier, on comptait en France un artisan pour un paysan et toutes sortes de matériels étaient en fonctionnement. En Afrique, on a un artisan pour 10 paysans. L'expansion de l'artisanat en milieu rural est très certainement un passage indispensable.

C'est cette démarche qu'adopte notre association I.T. DELLO dont le domaine d'activité couvre la petite hydraulique en milieu rural et le pompage par énergies renouvelables en particulier.

1. LES BESOINS

Proposer un matériel de pompage, c'est d'abord connaître les besoins, en quantités, en fréquence, en qualité.

* Cette intervention s'articulait sur un montage de diapositives.

* Les besoins domestiques : boisson, cuisine, bain, lessives.

On sait que 80 % des maladies sont liées à l'eau : à sa carence comme à sa pollution.

Eau de puits bonne mais puits fermé = mieux.

Actuellement, la consommation est de 10 à 20 l/pers./jour.

Le débit des puits, la pénibilité du puisage, le transport de l'eau, limitent ces quantités, surtout à certaines époques de l'année.

* L'irrigation :

Un hectare en culture irriguée nécessite 40 à 120 m³/jour. Seuls de gros moteurs diesel ou électriques peuvent irriguer des surfaces de plusieurs hectares.

En énergies renouvelables, on s'intéresse à l'irrigation de champs d'une surface inférieure à un hectare. En fait, généralement les pluies assurent le gros de la production céréalière annuelle et certaines cultures de rente (coton).

Les jardins apportent un complément de revenu et/ou une amélioration qualitative de l'alimentation. Ils permettent d'autre part de travailler et de produire pendant la saison sèche où il n'y a rien d'autre à faire.

On trouve toute sorte d'organisation pour les jardins = collectifs ou individuels - Jardin des hommes ou des femmes. Les femmes ont souvent l'habitude de petits travaux de jardinage qu'elles réalisent avec succès.

Un petit jardin a donc besoin de 6 à 8 m³ par jour. Si l'eau est à 10 m dans le puits, cela représente 8 heures de travail. Quand l'eau est plus profonde, l'effort à fournir est proportionnellement plus élevé.

Enfin, il faut prendre garde qu'avec la sécheresse le niveau de l'eau ne descende et que le puits ne puisse plus assurer le débit nécessaire à la surface initialement choisie.

* L'élevage

Une bonne couverture des besoins en eau du cheptel contribue bien évidemment au maintien de sa condition physique. C'est un facteur important pour les femelles produisant du lait.

Un boeuf boit de 20 à 50 litres par jour suivant la saison. 100 boeufs équivalent donc un petit jardin. Il faut compter 4 litres/jour pour les petits ruminants. En fin de saison sèche, les mares sont sèches et il faut puiser souvent toute l'eau pour les animaux.

2. LE POINTS D'EAU

Il peut s'agir de puits, de marigots ou bien du fleuve. Installer une pompe sur la berge d'un marigot ou sur la dalle d'un puits pose des problèmes techniques tout différents.

- * Les puits : leur qualité va conditionner leur débit et leur pérennité. Il sera donc souvent nécessaire de commencer par améliorer le puits existant : cimentation des parois, buses de captage au fond, dalle de fond, etc ... De même, l'approfondissement en fin de saison sèche est presque toujours nécessaire. Margelle et dalle anti-bourbier ont pour rôle d'éviter la pollution de puits.

3. LE MATERIEL TRADITIONNEL

Une part importante de notre action prend pour point de départ les outils traditionnels de puisage :

Parmi quelques moyens traditionnels voici quelques exemples :

- * Le picotah : (schéma 1)

Celui-ci demande évidemment la présence de deux personnes. Le premier en se déplaçant sur le balancier, fait varier son oscillation, le second vide le seau à la sortie du puits.

- * La pompe à godets

Son principe est vieux comme le monde et se comprend aisément sur le schéma 2.

- * Corde et seau

La corde et le seau font partie des moyens traditionnels. C'est qu'ils constituent un système présentant de très nombreux avantages :

- propriété individuelle (familiale) ne posant pas de problèmes liés à l'utilisation collective ;
- coût d'achat extrêmement restreint. Une outre est souvent fabriquée à partir de récupération ;
- permet de puiser à plusieurs sur le puits ce qui remplit un rôle social important ;
- s'adapte à tous points d'eau, toutes profondeurs, tous utilisateurs : enfants, femmes, hommes ;
- réparations faciles, diagnostic instantané.

L'emploi de la poulie permet de mieux développer l'effort. Le système corde + seau est actuellement celui qui marche le mieux en zone rurale. Ses deux inconvénients sont de mobiliser une grande énergie pour un travail pénible et d'être un vecteur de pollution des eaux.

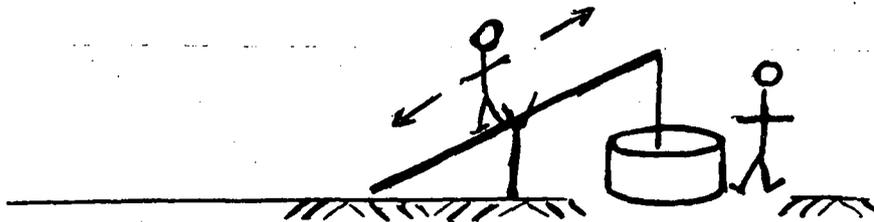


schéma 1: le picotah

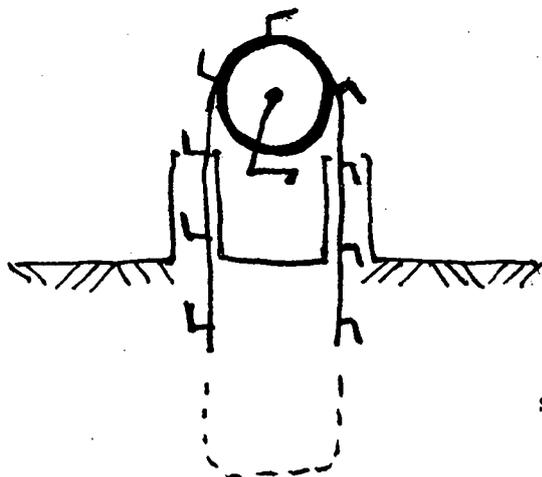


schéma 2: pompe à godets

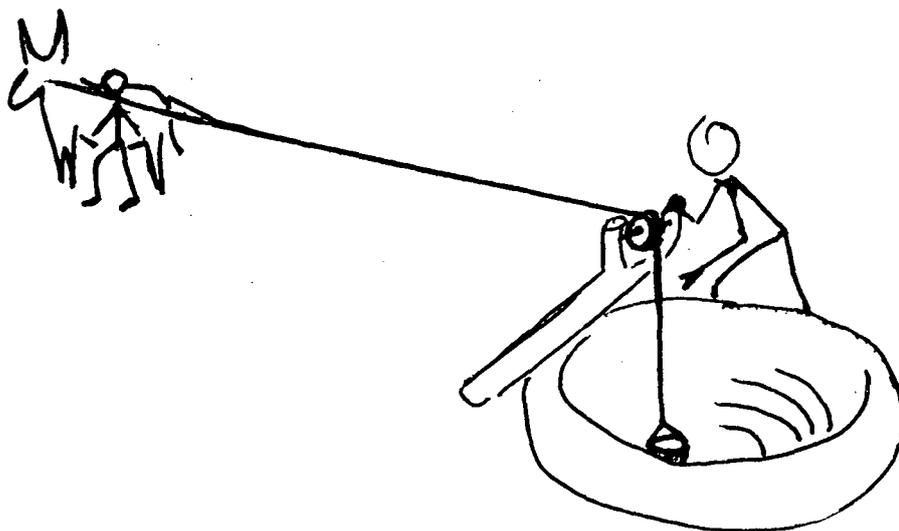


schéma 3: délou

* Le Délou

C'est le même système mais à énergie animale. On le trouve en diverses régions, qu'il soit à vidange automatique ou non (schémas 3 et 4). Deux boeufs fournissent la puissance de 8 à 10 personnes. Lorsque les animaux sont dressés, ils marchent seuls. Ceux-ci tirent 50 litres d'eau.

La corde traîne par terre. Ceci constitue un des inconvénients majeurs de ce système. En effet, au retour la corde entraîne en redescendant dans le puits du sable qui ensable peu à peu le puits et le pollue. Le deuxième inconvénient est le retour des boeufs à vide. Cela représente une perte de temps importante. C'est un temps de repos relatif pour les animaux.

Un poulain ou un âne peut être attelé au délou ; il réalise le travail de deux à trois personnes. Néanmoins, il mobilise une personne pour le guider, plus une autre pour vider le seau. Le gain de temps est donc faible, le travail est toutefois moins pénible.

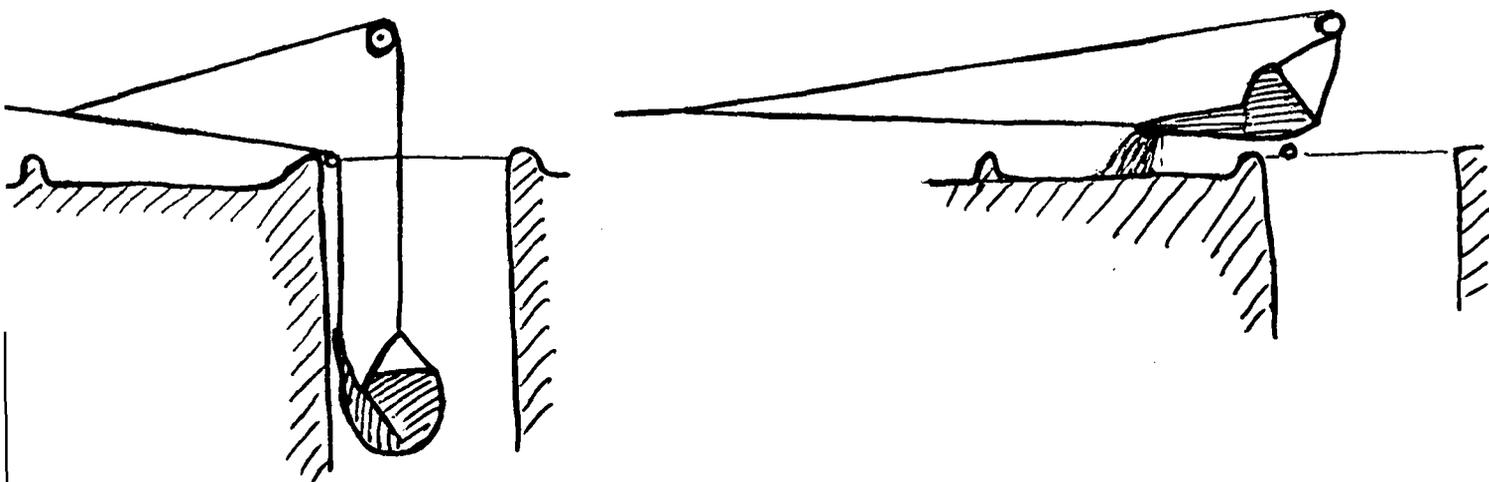


schéma 4: délou à vidange automatique

4. LE MATERIEL APPROPRIABLE

Les outils traditionnels sont bien développés car ils sont bien appropriables : à la portée des gens, de faible coût, d'entretien facile. Des outils nouveaux proposés sont souvent non maîtrisables par les populations. Ils résultent d'une technologie industrielle trop sophistiquée.

Nous pensons que le matériel industriel est bien souvent inadapté. L'entretien même simple pose des problèmes d'approvisionnement car les pièces sont usinées et spéciales. Leur coût souvent est hors des possibilités du paysan.

Nous pensons qu'une voie est à trouver entre ce matériel industriel performant mais non maîtrisable et le matériel traditionnel .

Il s'agira donc : - soit de diffuser un matériel traditionnel tel quel ou amélioré ;
- soit de s'inspirer de certains traits techniques pour retrouver le même type de technologie sur un matériel nouveau .

4.1. Exemple d'amélioration d'un système traditionnel = le manège Guéroult *

Ce manège a été mis au point par Monsieur GUEROULT de l'hydraulique à Dakar au Sénégal, il y a plus de dix ans; sa diffusion fut confiée au CNRA et il a été suivi pendant de longues années par Monsieur PLESSARD, du CNRA à Bombay. Six à huit exemplaires ont été installés, mais il y a 2 ans le programme du CNRA était arrêté. Il reste deux exemplaires en fonctionnement normal à Koumbidia. Ses inconvénients sont les coûts d'investissement et d'entretien importants (7.000 FF). Le père Lebègue a proposé un système plus léger et moins cher (7 installés) dans la région de Grossas (puits de 40 à 50 m) .

Le principe est de tendre la corde, qui est ici un câble, en hauteur pour qu'elle ne touche pas le sol et de faire travailler deux seaux alternativement : un à l'aller des animaux, l'autre au retour. Les animaux sont attachés par une cane au câble qui est tendu par le poids des seaux. En bout de leur trajet, un obstacle les arrête et ils n'ont plus qu'à tourner et revenir vers le puits.

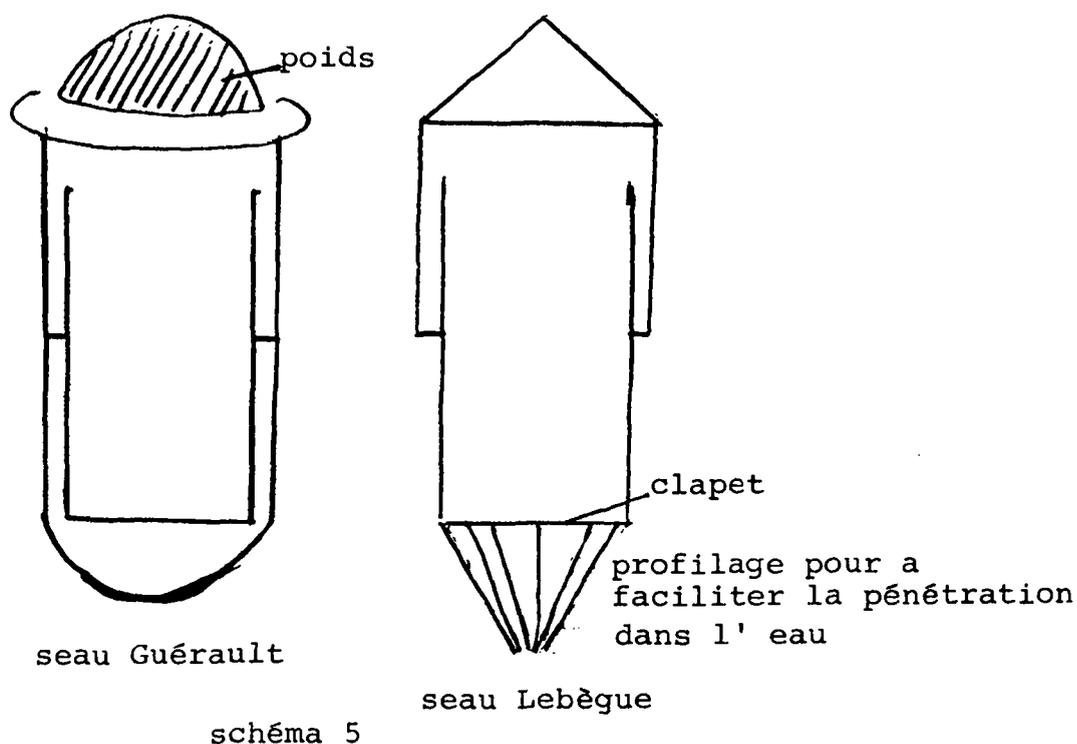
Le seau est vidé manuellement. Aucun système de vidange automatique n'a encore été réalisé car sur des puits de moyenne et de grande profondeur, les seaux se balancent beaucoup et tournent sur eux-mêmes. D'autre part, dans ce manège Guéroult, les seaux se heurtent fréquemment lorsqu'ils se croisent.

Les seaux du manège Guéroult original (40 litres) avec son contrepoids de 40 kg assurent la tension du câble et permettent au seau de s'enfoncer dans l'eau (schéma 5).

Une des améliorations du père Lebègue a été la construction d'un seau allégé, muni d'un clapet à la base (schéma 5). Des améliorations sont également apportées au niveau des câbles et des poulies (et structure). Par exemple des poulies plus larges permettent d'utiliser des câbles réparés avec serre-câbles (un câble complet = 2.500 FF).

Les problèmes qui subsistent sont : le coût initial de l'installation, le coût de l'entretien, l'acquisition et l'entretien des boeufs. C'est une infrastructure qui est, jusqu'à présent, toujours communautaire. Comme tous les systèmes à gros débit, il s'agit de soigner la distribution de l'eau. Un système de tuyau alimente des réservoirs plus éloignés. A Koumbidia deux manèges ont été montés sur le même puits. Cela fait quatre seaux qui ont à se croiser dans le puits. Pour un ouvrage de 2 m de diamètre cela est possible, mais on ne peut, bien entendu, en puiser à la main en même temps.

* pour plus de détails, voir, à la suite de ce rapport, le document intitulé "Exhaure d'eau à traction animale".



4.2. Exemple d'outils nouveaux, nés de matériel traditionnel

* Le système Sahores : manège asin - pompe à piston

C'est un système qui, pour la partie manège, est issu du traditionnel Mothe de Ceylan où un animal en tournant, fait monter alternativement deux seaux qui se vident automatiquement (voir schéma 6).

L'amplitude du mouvement alternatif est ici utilisée pour actionner un piston à course longue à la place de seaux.

Un contrepoids simule le deuxième seau et permet d'utiliser l'effort des deux-demi tours.

Le manège peut être très simple. La valeur du bras de levier est réglable permettant de s'adapter au type d'animal utilisé : un ou deux ânes. Ce manège est destiné à des ânes uniquement, car l'effort fourni par une paire de boeufs est tel qu'il entraîne un dimensionnement posant de gros problèmes techniques.

La pompe n'a quant à elle, rien de traditionnel. Il s'agit là d'une pompe PVC (pompe mas 75) d'un coût très faible (5 à 10 % du coût d'une pompe de commerce).

Même les poulies peuvent être de construction artisanale si l'on a très peu d'argent.

* L'éolienne Sahores (voir schéma 7)

Cette éolienne, sur laquelle nous reviendrons, a été mise au point à partir de l'observation des éoliennes crétoises qui ont parsemé la Crète pendant 1.000 ans.

On est arrivé maintenant à un modèle complètement différent dans lequel on retrouve toutefois l'idée de légèreté et de la sauvegarde par grands vents.

EOLIENNE SAHORES - FICHE TECHNIQUE

Moulin américain (à axe horizontal) produisant sous l'effet du vent, un mouvement rectiligne alternatif.

<u>L'éolienne</u> :	. diamètre de la roue	2,60	m
	. surface de voilure	3,70	m ²
	. vitesse de rotation nominale	1	t/s
	. seuil de démarrage : vent de	2	m/s
	. puissance nominale	75	W (1/10 ch)
	. hauteur minimale axe/sol	4	m
<u>La pompe</u> :	. diamètre du piston	60 à 100	mm
	. course du piston	10 à 20	cm réglable
	. profondeur d'exhaure	15 m	: pompe à piston
		30 m	: hydropompe
	. débit (HMT 12 m)	vent 4 m/s	: 1 m ³ /h
	vent 6 m/s	: 1,6 m ³ /h	

Description (voir schéma) :

- ROUE : 16 pales en tôle.
- REGULATION : Les pales sont munies d'un système élastique simple qui permet leur mise en drapeau dès que le vent atteint 8 à 10 m/s. Elles reviennent à leur position d'origine au fur et à mesure que le vent diminue.
- DERIVE : D'une surface de 1,5 m², son rôle est d'orienter la roue face aux vents.
- TRANSMISSION DU MOUVEMENT : Un système simple de bielle-manivelle communique à une tringle le long du mât, un mouvement alternatif de haut en bas, de 20 cm de débattement.
- MAT : Il est maintenu par 4 haubans (câbles ou cordes) et s'articule sur le sabot. Ceci permet à deux personnes de dresser ou de coucher très facilement l'éolienne.

L'éolienne commande la pompe par l'intermédiaire d'un balancier. Ceci a pour double avantage :

- . de pouvoir placer la machine à côté du puits, laissant le libre accès à ce dernier.
- . suivant la vitesse du vent, le débit de pompage est réglable par simple déplacement de l'axe du balancier.

La présence d'un contrepoids sur le balancier, ainsi que la grande légèreté de la roue, permet un démarrage du pompage pour de très faibles vitesses de vent (2 m/s).

L'ensemble est fabricable localement, à l'aide de matériaux courants. Si besoin est, cette fabrication peut admettre une très grande rusticité.

Roue : rayons bois ou aluminium
câbles acier ou cordes nylon

Dérive : toile ou tôle
montants en bois,
bambous ou aluminium

Tête et mécanisme : bois, métal ou mixte

Haubans : câbles ou cordes nylon

Balancier : bois ou fer

Mât : bois,
ou fer

Tuyauterie de pompe ; PVC ou
fer galvanisé

Pompe : autoconstruction
ou pompe du commerce

I.T.D. 81/03

EOLIENNE SAHORES

DIFFERENTES VERSIONS

schéma 7

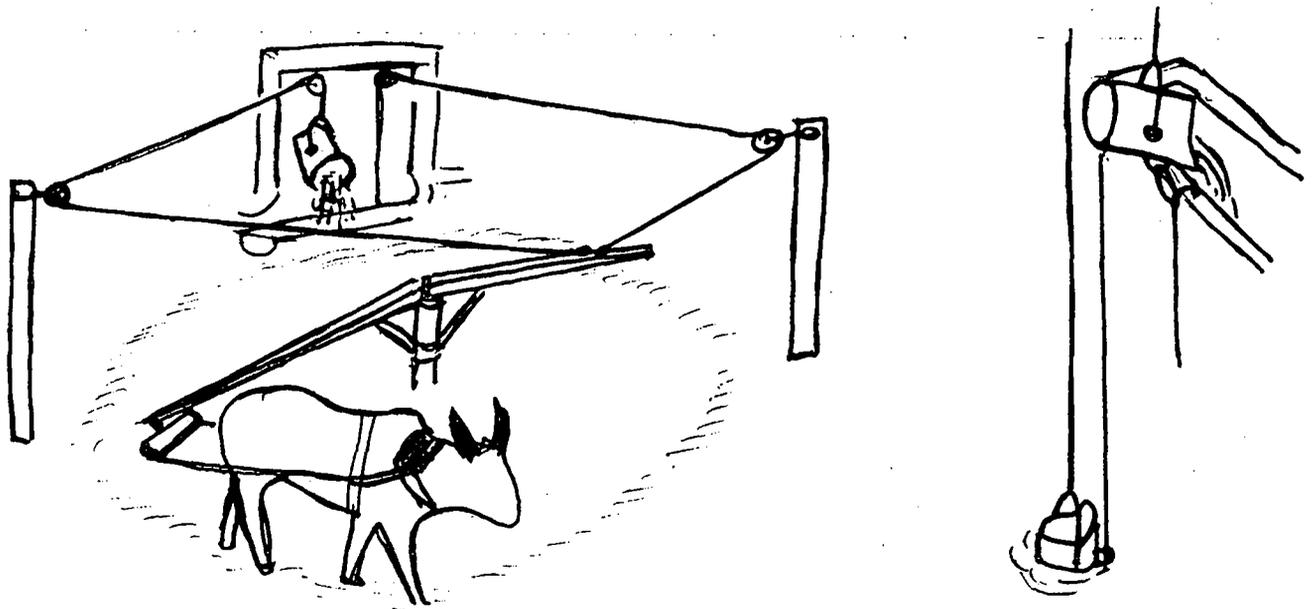


schéma 6: Mothe de Ceylan

5. EXEMPLES DE MATERIEL NOUVEAU : Pompe PVC MAS 75

La pompe MAS 75 pour laquelle, si le principe en est vieux comme Adam, un certain nombre d'idées originales ont été mises en oeuvre. La pompe est fabricable n'importe où. Son entretien ne nécessite aucune pièce rare ou de matériaux sophistiqués. Le propriétaire est indépendant de tout système commercial d'après-vente.

6. L'ACTION DE I.T. DELLO

Notre association, l'Institut Technique Dello, a pour but principal de faire connaître et de répandre ces matériels artisanaux. Basés en France dans l'Oise, nous abordons cette diffusion selon trois grands thèmes d'action.

6.1. France = tests, adaptations et information :

- * Concernant l'éolienne Sahores, déjà au point depuis plusieurs années, nous ne réalisons que des tests d'usure ou des adaptations suivant les conditions du milieu dans lequel elle aura à fonctionner (schéma 7). Dans ce but, et également pour bien maîtriser cette technique, nous avons fait quelques implantations en France. L'éolienne de Verberie sert également - et principalement - à informer nos visiteurs.
- * En matière d'éolienne à axe vertical, nous collaborons à la mise au point de cette panémone, sur laquelle a travaillé Jean Guastalla. Le système est beaucoup plus simple, moins onéreux mais trouve rapidement ses limites : puissance très faible, forts risques aux vents violents. L'attache des pâles est aussi un des points délicats. La liste des matériaux nécessaires est assez courte : contre-plaqué, bois, tôle. La machine - comme l'éolienne Sahores - se couche au sol pour favoriser l'entretien.
- * Tests également sur le "système d'exhaure intégré" type pompe PVC mis au point et réalisé par Jean Sahores. Commandée à la main par énergie éolienne ou bien par corde de transmission d'un manège à asin, c'est une pompe à piston qui couvre actuellement les profondeurs d'eau de 0 à 30 m.
- * Une autre machine réalisée par Jean Sahores est l'aqualienne (schéma 8). Il s'agit d'une roue couplée à deux pompes qui tourne sous l'action du courant d'une rivière. L'ensemble flotte au fil de l'eau et pompe de l'eau jusque sur la berge. Le courant minimum nécessaire est de 0,5 m/s. Le débit et la hauteur de refoulement possible dépendent de la vitesse du courant. Pour un petit courant, on dispose de 20 m³ jour à 5 mètres d'altitude et ce, 7 jours sur 7. Aucun système de régulation ni d'orientation n'est à prévoir. Un déflecteur doit seulement protéger la roue de corps flottants si besoin est. Les pompes sont toujours du type PVC MAS 75 bielle manuelle. Le tout est d'un coût modeste.



INSTITUT TECHNOLOGIQUE DELLO
MOULIN ROUGE 60410 VERBERIE

AQUALIENNE

Cette machine a été conçue pour élever l'eau d'une rivière afin d'irriguer les rives, l'énergie de pompage étant celle du courant de la rivière.

Une turbine hydraulique à axe horizontal est placée face au courant, totalement immergée, suspendue sous une structure flottante, l'ensemble étant ancré à la rive.

L'axe de la turbine porte une manivelle qui entraîne directement la tige de piston d'une ou deux pompes alternatives refoulantes. L'eau ainsi refoulée est évacuée vers la rive par un tuyau de type "arrosage".

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

La turbine:

.diamètre 0,70 m
.courant minimal 0,30 m/s
.tirant d'eau 0,85 m
.vitesse de rotation 10 à 40 t/mn

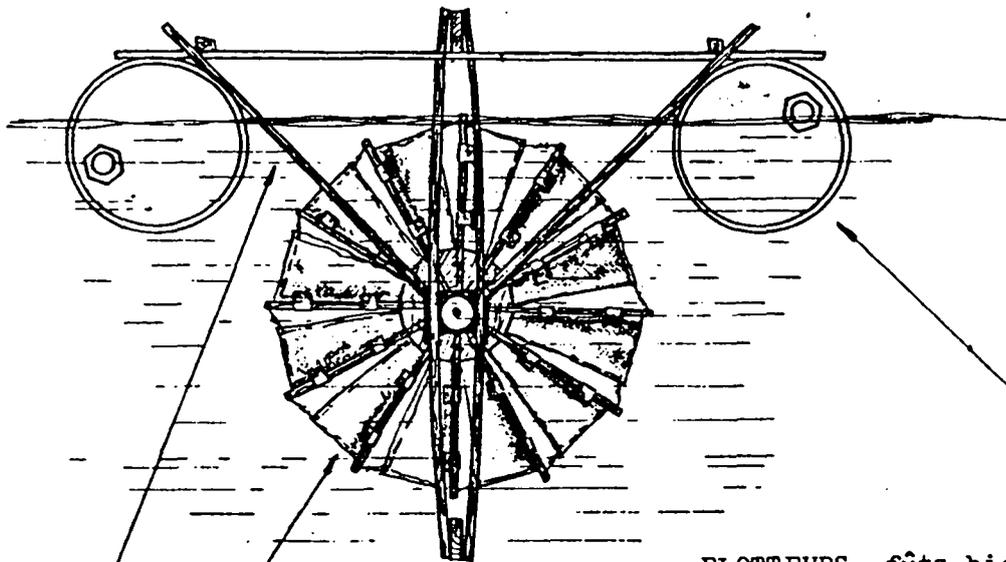
L'équipement de pompage:

.1 ou 2 pompes
.diamètre de 40 à 80 mm
.course de 10 à 30 cm
.HMT jusqu'à 25 mètres

Performances:

-pour un courant de 1 m/s 10 m³/jour à 10 m HMT
30 m³/jour à 4 m HMT
-pour un courant de 0,30 m/s 3 m³/jour à 4 m HMT

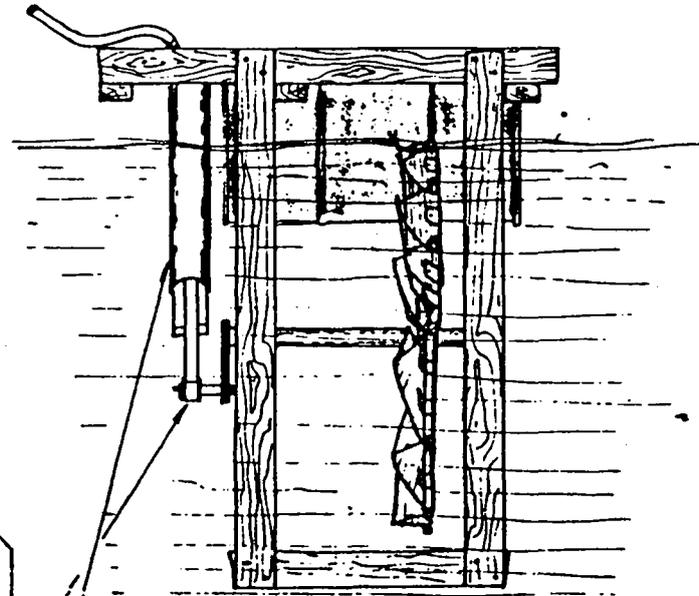
Il est à noter que les débits indiqués sont constants 24 h sur 24, les seules fluctuations étant saisonnières.



FLOTTEURS: fûts, bidons,
chambres à air ou calebasses

TURBINE: pales en tôle quelconque
montées sur des rayons en bois ou
en bambou

CHASSIS: en métal ou en bois le
chassis est assemblé par boulons
ou ligatures



POMPE: autoconstruction ou pompe du
commerce, de 40 à 80 mm de diamètre.
Course réglable de 10 à 30 cm.

MECANISME: l'axe, reposant sur des
paliers en bois dur, se termine dans
sa partie arrière par une manivelle
de longueur réglable en prise direc-
te sur la commande de pompe.

AQUALIENNE

6.2. Démonstration dans les pays du Tiers-Monde

- * La présentation de maquettes sert à expliquer aux populations le type de matériel proposé. De la sorte, nous préparons par une mission préalable, lorsque c'est possible, le démarrage de l'opération de diffusion. Nous prenons aussi la mesure de l'intérêt des villageois (ou villageoises) pour ce matériel, de leurs critiques et de leurs réactions. Suivant ce premier contact, nous adaptons certains éléments ou modifions même carrément le projet initial. Nos maquettes sont également présentes à certaines expositions comme aux journées internationales sur l'énergie renouvelable à Nairobi par exemple (septembre 1981).
- * L'implantation de premières machines qui amorcent le premier stade de la diffusion. L'ITD a réalisé trois opérations importantes de ce type en matière d'éoliennes : au Sénégal, en Haute-Volta et en Inde. Dans chaque cas, le souci a été d'installer les premiers exemplaires de démonstration directement sur des sites où le besoin était réel et donc dans des conditions réelles d'utilisation, mais ce ne fut pas toujours possible. En Haute-Volta, nous en sommes déjà arrivés à la production de quelques exemplaires par un atelier de forgerons. Tout projet de diffusion a toutefois besoin de s'appuyer sur une structure d'animation locale. La vulgarisation de ces matériels doit également suivre certains critères : financement par l'acquéreur, formation de l'acquéreur, et que cet acquéreur soit également l'utilisateur. On dit généralement que la fiabilité de ces matériels simples est moins bonne que celle de matériels industriels. C'est-à-dire que le nombre d'interventions d'entretien et de réparations sera plus élevé. Toutefois, ces interventions sont dès le départ à la portée des utilisateurs et mènent à une meilleure habilité des gens.

6.3. Formation d'artisans

Le complément de la démonstration est la formation d'artisans. Ceux-ci doivent en fin de compte savoir fabriquer seuls les matériels. Nous réalisons avec eux, partie ou tout des premiers exemplaires, nous appuyant au maximum sur leurs outils et leur savoir-faire. Lorsque c'est possible, nous réalisons des gabarits. Parfois, tout est fait à la main. Parfois, perceuse et soudure sont utilisées. C'est, en général, seulement après plusieurs exemplaires réalisés que la formation sera suffisante et que l'artisan sera autonome. Un complément d'équipement pourra même parfois être nécessaire pour mieux valoriser le temps de l'artisan.

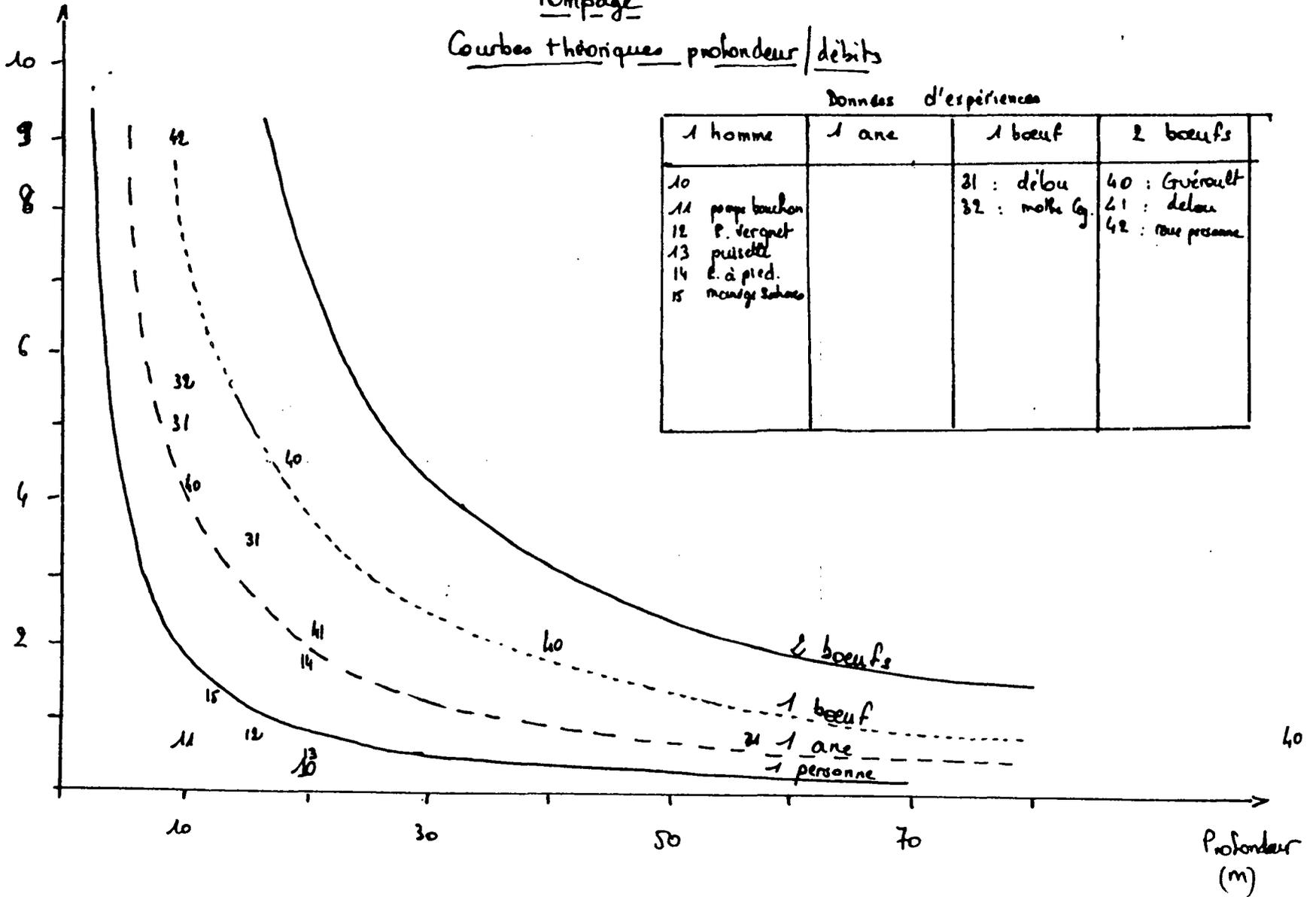
m³/h Débit

Pompage

Courbes théoriques profondeur/débits

Données d'expériences

1 homme	1 ane	1 bœuf	2 bœufs
10		31 : délou	40 : Guéroult
11 pompe bouchon		32 : molle G.	41 : délou
12 P. Verquet			42 : roue presonne
13 pissette			
14 E. à pied.			
15 moulin à sautoir			



EXHAURE D'EAU PAR TRACTION

=====

NOTE AU DOSSIER

ANIMALE

transmis par

=====

P. PELIGRY

MICRO-REALISATION/DOCUMENTS DE BASEVOLET : HYDRAULIQUE VILLAGEOISE**OBJET : Exhaure d'eau à traction animale****1. Objectif du système :**

- augmentation du débit notamment pour des puits de grande profondeur de 40 à 80 m.
- meilleure condition de santé.

2. Rappel :

La modernisation de l'exhaure d'eau à traction animale traditionnelle a été démarrée en 1974 avec un modèle développé au CNRA :

- contenu du seau augmente d'environ 20 l à 50 l
- profondeur maximale : 30 à 40 m
- coût en 1974 : 500 à 600.000 F CFA

Environ 4 puits ont été équipés avec ce système.

Le système d'installation relativement lourd et cher a été repris et amélioré par les Pères de la Mission Catholique de GOSSAS. Leur système plus léger et adapté au puits d'une plus grande profondeur est repris par ENDA et vulgarisé par ce dernier.

Les Pères de GOSSAS ont installé environ 5 systèmes, ENDA a mis en place le premier au village de KISSANG dans la zone de Koumpentoum ; un deuxième a été prévu dans la même zone.

3. Description

- l'installation actuellement vulgarisée par ENDA est la suivante :

1. un portique d'une hauteur de 3,5 m sur le puits
2. un tour de rappel à une distance d'environ la profondeur du puits plus 15 m

NB- Jantes de charrette (SISCOMA/SISMAR) sont utilisées comme poulie : moins chères et d'une meilleure disponibilité en cas de changement.

3. système de seaux de 50 l chacun (2 + 1 réserve)
4. un déversoir à côté du puits (ou sur le bord du puits) plus tuyauterie vers deux bassins
5. deux bassins
6. besoin de personnel pour l'exhaure animale : 2 hommes soit un pour la paire de boeufs et un pour le déversoir.

4. Les débits

Pour un puits d'une grande profondeur de 55 à 60 m les débits sont les suivants :

- l'exhaure traditionnelle par les femmes en m³/h :

En prenant une moyenne de 4 à 5 femmes en même temps par puits on n'obtient qu'un débit maximum d'environ 1 m³/h.

- l'installation d'un système d'exhaure à traction animale :

Avec une paire de boeufs "normale" on obtient un débit de 2 à 2,5 m³/h donc au moins le double d'un "débit traditionnel".

NB - une bonne paire de boeufs arrive à une moyenne de 3 m³/h pendant 4 heures de travail par jour.

- les débits par jour :

Une paire de boeufs peut travailler 4 h par jour. L'exhaure d'eau par jour s'élèvera pour :

1 paire de boeufs à	8 m ³ /jour	
2 paires de boeufs à	16 m ³ /jour	
		etc...

NB - Exemple GOSSAS en saison sèche : pour un puits d'une profondeur de 40 m : 4 paires de boeufs sortent 50 m³/jour.

Exemple de GOSSAS en condition normale : pour un puits d'une profondeur de 40 m l'exhaure d'une paire de boeufs est en moyenne de 12,5 m³ pour une période de travail de 4 heures. Les villageois appliquent un système d'exhaure avec 4 paires de boeufs donc 16 heures par jour en saison sèche. L'exhaure moyenne pendant cette période est de 50 m³ par jour.

5. Les coûts (estimation provisoire par ENDA)

a) Coût du matériel pour l'installation y compris deux bassins	environ	400.000 F CF
b) Coût supplémentaire : main d'oeuvre spécialisée, transport de matériel, vulgarisation et suivi équipe ENDA (3 missions plus 10 jours pour l'installation)	environ	<u>200.000 F CF</u>
	TOTAL	600.000 F CF

6. Observations

- Sur le plan technique une amélioration sera nécessaire au niveau de la fixation du seau de 50 l : les soudures de fixation aux points de rotation se cassent et pourraient être remplacées par un axe (problème restant : l'étanchéité du seau).

Traditionnellement, les puits sont à usage collectif et l'eau est gratuite. Chaque utilisateur possédant son propre matériel d'exhaure ; poulie, corde et outres. Ici, il faut que l'ensemble des utilisateurs gèrent le système en commun, d'une part gèrent les besoins et la satisfaction correcte de ces besoins en eau, d'autre part prévoient une cotisation pour le remplacement ou la réparation des seaux et câbles, ainsi que l'entretien des paires de boeufs qui ne serviront qu'à cette tâche. Le passage du système traditionnel à ce nouveau système fait donc appel à une certaine monétarisation de l'eau et à une organisation sociale développée. En particulier, ce système a créé d'importants conflits en certains endroits avec les éleveurs Poulhs, qui utilisant le système sans pour autant tenir compte des besoins des autres gens, en particulier pour le jardinage. Ceci est un problème important, qu'il faut régler dès le début de l'opération.

Il s'agit donc d'une organisation au niveau du village qui est entièrement nouvelle. L'exhaure n'est fait que par les hommes et il faut donc une certaine entente entre les sexes.

VISITE DE L'ATELIER DE FERNAND PLATBROOD

Durant le stage, un après-midi fut consacré à la visite des ateliers de Fernand Platbrood, à Cul de Sarts près de Couvin.

Dessinateur industriel de formation, celui-ci a d'abord travaillé pour le compte d'une firme du bassin caroloringien. Lors de missions en Afrique, il se rend compte que le matériel que le Nord fournit au Sud est peu ou pas utilisable par les populations locales ; en effet, il est bien trop sophistiqué et sa réparation n'est souvent pas possible, par manque de techniciens et pièces de rechange sur place.

Il lui apparaît alors évident qu'il faut créer de nouveaux matériels, basés sur des principes élémentaires, qui soient adaptés aux conditions locales et puissent être employés sans manuel d'instructions dans le Tiers-Monde. Il faut de surcroît qu'ils soient maîtrisables de A à Z, et donc, il faut installer sur place les unités de production, d'entretien et de réparation.

Fort de cette évidence, Fernand Platbrood quitte alors son emploi, s'installe comme artisan indépendant, et, en relation avec des gens de terrain et des artisans wallons, s'attelle à mettre au point cet "autre matériel".

Ses principales réalisations sont entre autres :

- une presse manuelle (il existe une version avec un moteur de 1,5 chv), pour la fabrication de briques en terre stabilisée, pour le moulage de briques en terre cuite, de tuiles, de carreaux de pavement, de pierres à lécher par le bétail, de briquettes de combustibles ...
- pompe manuelle ou pour éolienne
- des éoliennes de pompage
- hache-tiges.

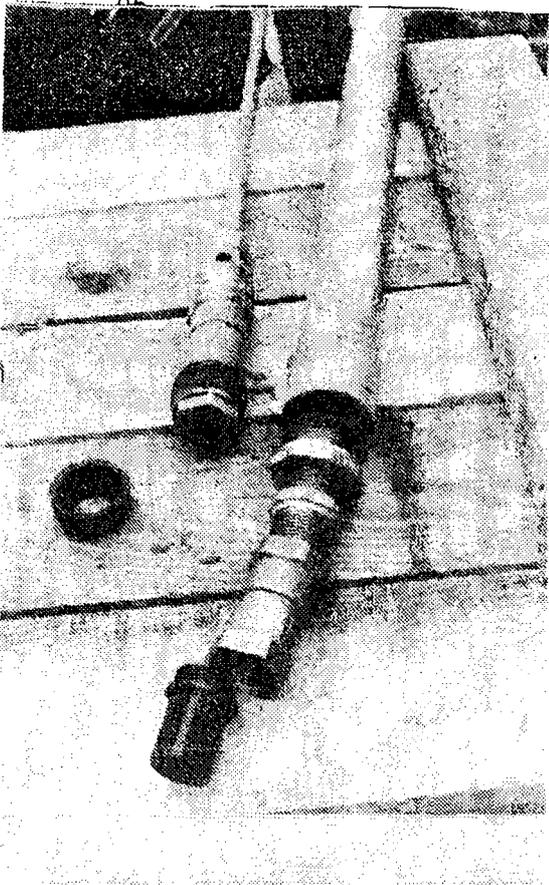
Dans le cadre du stage sur l'eau, nous étions particulièrement intéressés par la pompe et deux éoliennes de pompage

1. Pompe (voir photo 1)

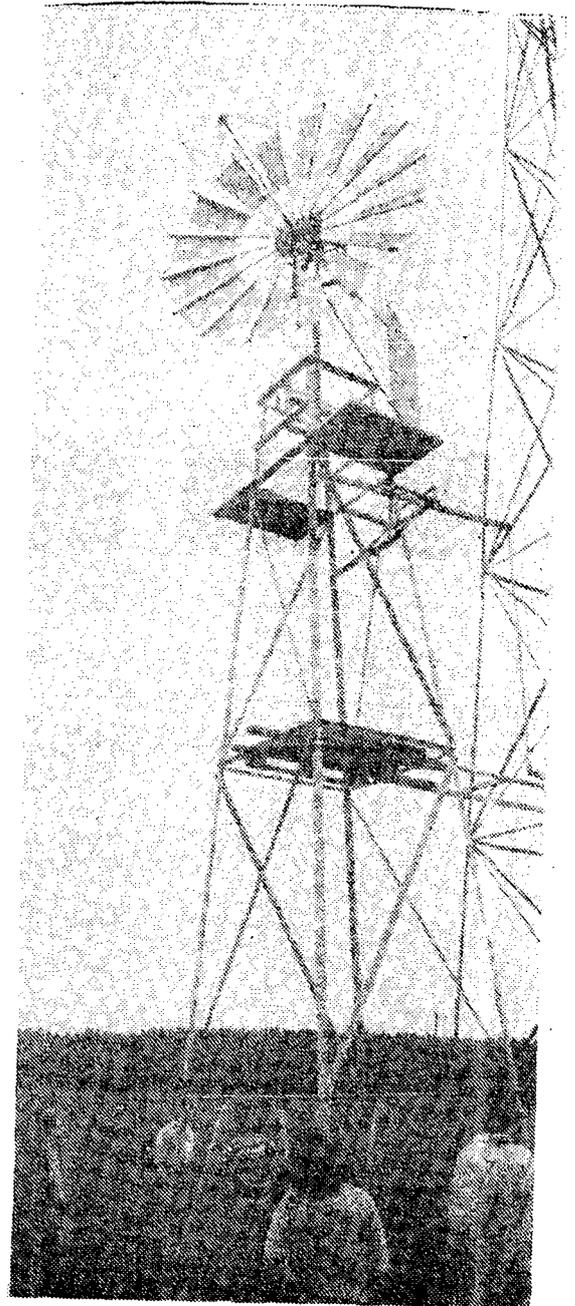
Sa conception est basée sur un inventaire de tous les problèmes rencontrés par les pompes commerciales connues au Sénégal, et bien sûr, sur les possibilités de fabrication sur place.

En particulier, il convient d'éviter des fuites au niveau de la pompe et surtout de réaliser celle-ci avec un maximum de raccords de tuyauterie achetés en milieu urbain en Afrique.

Actuellement, 14 pompes de ce types sont en service dans le Tiers-Monde.

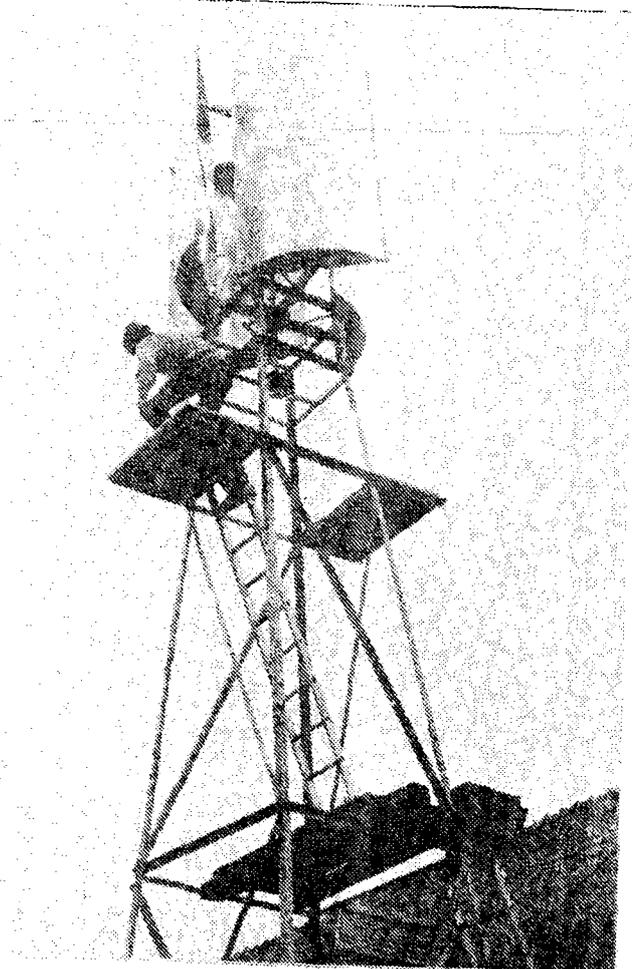


← photo 1



↑ photo 2

← photo 3



Caractéristiques techniques de la pompe

Tube inoxydable Ø 48,2 mm

Longueur : 500 mm

2 manchons 6/4" soudés aux extrémités

Entrée et sortie de la pompe : 1"; crépine et clapet : 1"

L'étanchéité entre le piston et le tube inoxydable est réalisée par un joint en cuir.

Sur le piston est monté un 2ème clapet identique à celui sur l'aspiration.

Tube de 1/4" pour la commande de la pompe

Tuyau de 1" pour la remontée de l'eau.

Exemple d'utilisation

Forage d'une profondeur de 43 m.

Niveau moyen de l'eau : 28 m.

Débit maximum enregistré avec un vent moyen de 40 Km/H: 2,5 m³/Heure.

Course de la pompe 200 mm

2. Eolienne horizontale DELLO-ADAUA (voir photo 2)

Version métallique

Ø 2,70 m - 16 pales

Course de pompage : 200 mm

Régulation par 8 ressorts qui commandent la rotation des pales.

Mise à l'arrêt automatique lorsque le vent atteint 80 Km/heure

Pylône de 9 m avec deux plateformes pour l'entretien.

Remontée de l'eau sans presse-étoupe à 7 m au-dessus du sol pour un stockage facile.

3. Eolienne verticale (voir photo 3)

Hauteur : 1,90 m - Ø de l'éolienne fermée : 1,40 m

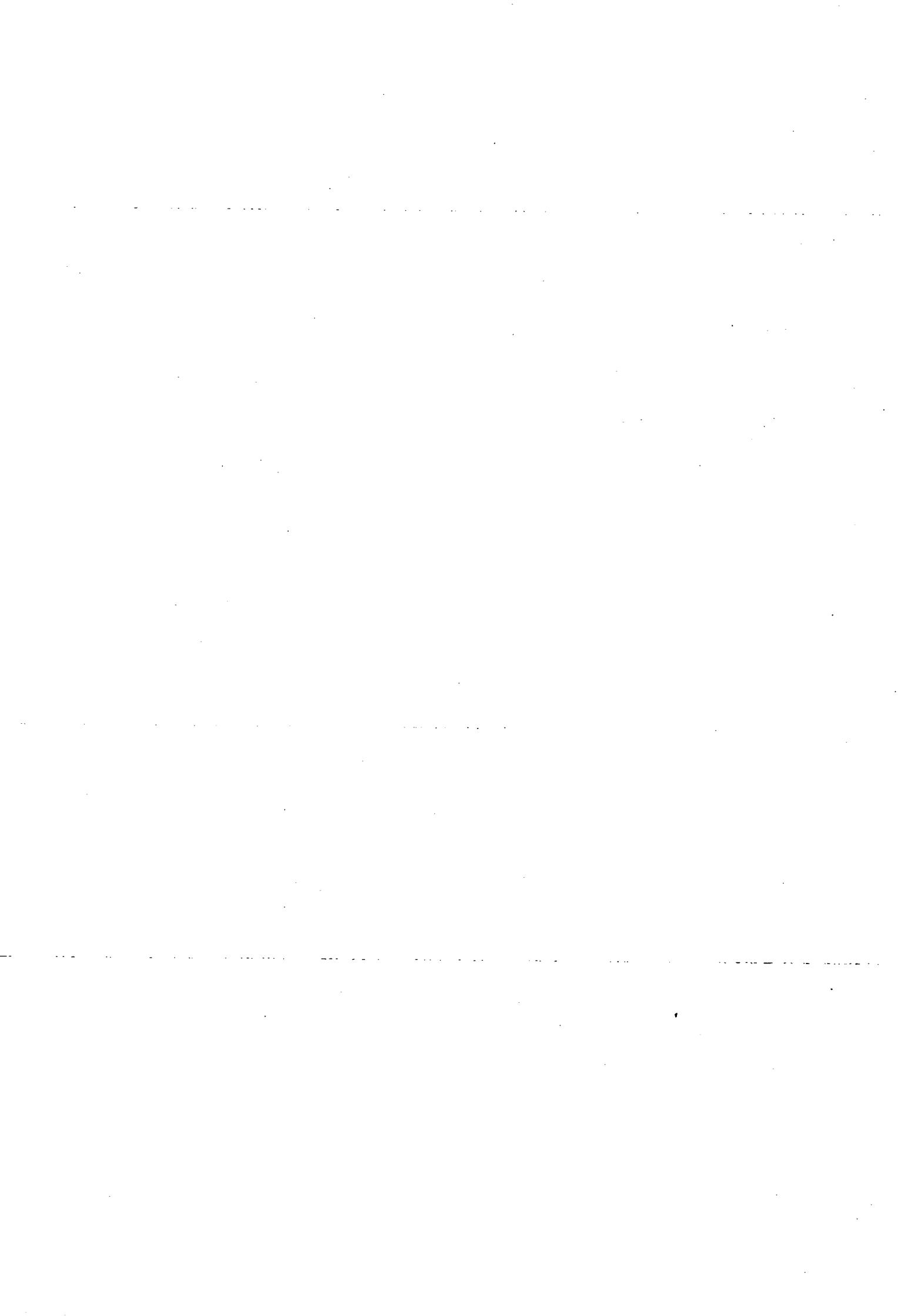
Régulation par deux ressorts - max : 80 T/m

Axe central de 40 mm monté sur 2 roulements

Pylône de 9 m avec 2 plateformes pour l'entretien.

Ce type d'éolienne est mieux adaptée à faire tourner un alternateur que de pomper de l'eau.

Puissance : 1,5 à 2 KW.



EXHAURE EOLIENNE

QUELQUES EXPERIENCES EN REPUBLIQUE DU CAP VERT

Joop van Meel SWD
Comité Consultatif pour
l'énergie éolienne au
Tiers-Monde
Université de Technologie de
Eindhoven
Nederland.

Intervention pour le stage du COTA, Opheylissem, Belgique
9/9/1982 sur l'approvisionnement en eau des communautés
rurales

Actuellement, l'énergie éolienne est à la mode. C'est de la technologie appropriée, c'est de l'énergie renouvelable, c'est de la technologie douce. Il n'y a presque aucune organisation d'aide de développement qui ne veuille promouvoir l'application de cette forme d'énergie gratuite. Mais ce n'est pas le miracle. C'est une technologie comme les autres. Il faut que les machines soient bien faites, il faut que l'entretien soit régulier, il faut que les installations soient bien adaptées au régime du vent, aux caractéristiques de la nappe, au type d'utilisation.

EXPERIENCES EN REPUBLIQUE DU CAP VERT

Les îles du Cap Vert sont situées dans l'Océan Atlantique à la hauteur du Sénégal, à environ 550 km de la côte occidentale de l'Afrique. L'archipel, comptant neuf grandes îles et six îles plus petites, se divise en deux groupes. Un groupe est situé en aval du vent alizé (Sotavento) et un autre groupe en amont du vent alizé (Barlavento). La superficie totale est de 4.000 km² avec une population de 300.000 habitants.

Le climat du Cap Vert est fonction de trois masses d'air principales. L'une souffle du Nord-Est pendant 8 mois par an, d'octobre à juin. Son humidité et sa fraîcheur influencent les sols et la végétation exposés au Nord-Est à partir d'une altitude déterminée. L'autre masse d'air, très chaude et sèche, vient du Sahara (Est), surtout d'octobre à juin, mais elle est de faible durée et peu fréquente. La dernière, humide, venant du Sud, provoque les pluies - malheureusement très irrégulières - pendant les mois d'août à octobre, la période des pluies.

L'irrégularité des pluies et une sécheresse prolongée (plus de dix ans) ont mis en difficulté la production agricole et ont rendu les conditions de vie extrêmement dures et difficiles, provoquant une émigration d'un grand nombre de Cap Verdiens vers les Etats-Unis, le Portugal, la France, la Hollande

En 1975, le Cap Vert est devenu indépendant du Portugal.

PROBLEMES D'EAU
SITUATION DE L'EAU SOUTERRAINE

Les îles du Cap Vert qui se situent dans la zone du Sahel sont très sèches. La plupart de la superficie des îles est utilisée pour l'élevage (chèvres, moutons, bovins). A cause de la mauvaise nutrition du bétail, la production de lait est très faible. Le produit principal est la viande. Pendant les mois de juillet et août, les mois de pluie, les terres sont semées de maïs et de haricots. A cause de la sécheresse qui frappe le Cap Vert comme toute la zone du Sahel, les récoltes ont été très mauvaises pendant les 12 dernières années.

Par contre, les terrains irrigués connaissent une production assez élevée en légumes et fruits : bananes (qui sont même exportées), oignons, pommes de terre, patates douces, canne à sucre, ...

L'approvisionnement en eau potable est très difficile. Dans les zones rurales, les femmes font parfois plus de quatre kms pour aller chercher une boîte de 20 litres d'eau pour la consommation domestique.

Quant à la situation de l'eau souterraine, il existe un contraste assez grand entre les îles élevées et les îles planes.

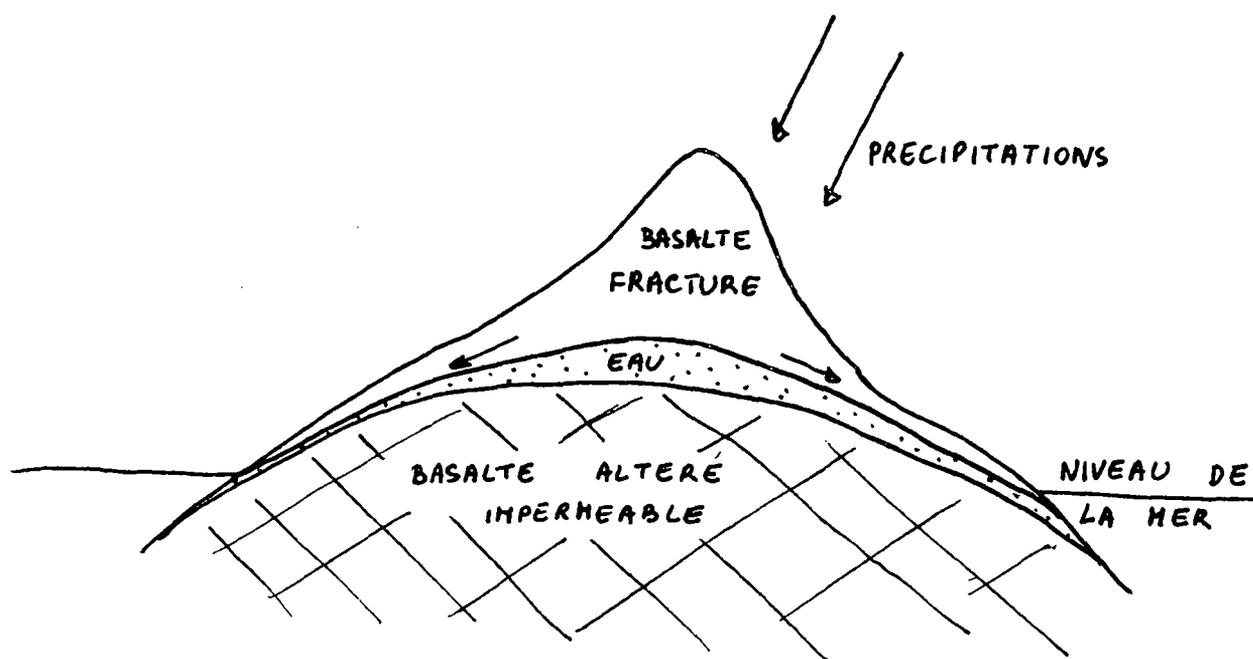
Les îles élevées

La plupart des îles sont assez élevées (sommets de 1.500 à 3.000 mètres de hauteur). Dans les zones basses, il y a peu de précipitation : 300 mm par an ou moins encore, répartis souvent sur 2 à 3 jours. Les zones hautes sont plus arrosées, surtout les versants N.E. exposés aux vents alizés.

Une partie importante de cette précipitation ne provient pas de la pluie, mais de la condensation de l'humidité des nuages.

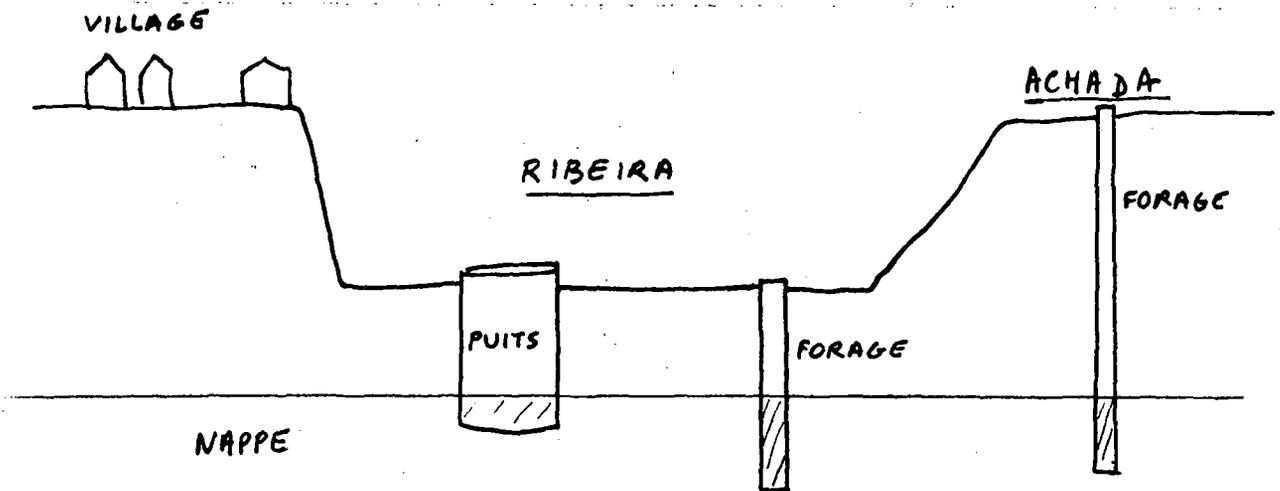
Pour l'approvisionnement en eau potable, il existe d'ailleurs des expériences de condensation sur des panneaux de treillis fin.

La situation de l'eau souterraine sur les îles élevées est indiquée schématiquement ci-après :



Les bases des îles élevées consistent en basalte altéré, presque imperméable. Dans le basalte fracturé, plus jeune, que l'on trouve au-dessus du basalte altéré, il existe une nappe souterraine, dont l'eau coule lentement vers la mer (périodes de dizaines d'années). Les zones hautes de ces îles sont assez verdoyantes ; au-dessus de 1.500 mètres il y a des forêts. La production de l'agriculture dite sèche, qui dépend des pluies, est meilleure que dans les autres zones. Même pendant les années les plus sèches il y a toujours quelque production . C'est pour cette raison que les zones hautes sont très peuplées. L'approvisionnement en eau potable se réalise à partir de sources et de galeries , autrement dit par gravité. Il reste cependant encore beaucoup de zones où la situation de l'eau est assez pénible. Récemment on a commencé à faire des forages (50 à 100 mètres de profondeur, des débits de 1 à 10 m³/h).

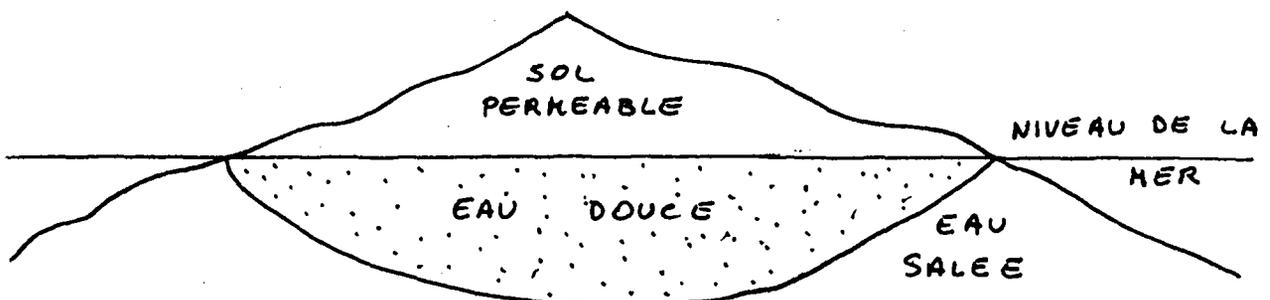
Les zones basses consistent en de bas plateaux s'étendant le long de la mer ; ceux-ci sont très secs ; la production agricole y est minimale. Sur ces "Achadas" on trouve des troupeaux de chèvres. Ces plateaux monotones sont coupés par des vallées aux parois raides, presque verticales, le fond est couvert d'une végétation très dense. La plupart des terrains irrigués se situent dans ces ribeirras :



Au fond des ribeiras le sol est constitué de sédiments ; on peut creuser des puits de 10 à 30 mètres de profondeur, ayant des débits de 1 à 40 m³/h. Sur les achadas, il est impossible de faire des puits : le sol (basalte) est trop dur et le niveau d'eau est trop bas. Actuellement on fait des forages de 50 à 100 mètres de profondeur, ayant des débits de 1 à 20 m³/h.

Les îles basses

Sur les îles basses la situation est tout à fait différente. Comme il n'y a pas des zones hautes qui provoquent les précipitations, elles sont plus arides. Sous le sol de ces îles, il existe une couche d'eau douce (ou parfois saumâtre) qui flotte sur l'eau salée marine :



Etant donné les faibles précipitations, il existe un équilibre très précaire entre l'eau douce et l'eau marine. Le niveau d'eau n'est pas profond, le sol est assez perméable ; le pompage est donc facile. Cependant il faut pomper prudemment afin d'éviter une remontée d'eau salée dans le sous-sol. Sur deux de ces îles planes, les ressources en eau douce sont tellement limitées, que l'approvisionnement des villes est assuré par des installations de dessalement d'eau de mer.

L'EXHAURE EOLIENNE

L'une des premières impressions que l'on a au Cap Vert, c'est que le vent y est assez fort, ce qui permet sûrement l'utilisation de l'énergie éolienne. Pendant 8 mois par an, d'octobre à juin, on rencontre un vent fort et constant : c'est l'alizé du Nord-Est (vitesse moyenne de 6 à 8 m/s sur les achadas). Pendant les autres mois, le vent est plus irrégulier, mais encore assez fort (4 à 6 m/s sur les achadas).

Il existe déjà une longue tradition d'utilisation d'éoliennes au Cap Vert. On y trouve aussi des petites éoliennes en bois, assez rustiques, qui pompent l'eau de mer vers les salines. Les pales, les tours, même le cylindre et le piston sont faits en bois. Seuls l'arbre coudé et la tringle sont en acier. Les éoliennes sont orientées à la main.

Le type d'éolienne le plus répandu au Cap Vert est le type Américain. A l'île de Sao Vicente, il y a plusieurs ateliers qui fabriquent ce type d'éolienne : multipale, construite en acier, pompe à piston, hélice de deux mètres de diamètre, hauteur de pompage de 6 à 20 mètres, débit de 0,5 à 1 m³/h, tour de 6 mètres de haut. Cette production a commencé en copiant des "Aermotors" Américains. On a ensuite adapté les machines aux conditions Cap Verdiennes : au Cap Vert, le vent est beaucoup plus fort qu'aux Etats-Unis. Pour cette raison, on a réduit la hauteur des tours (6 mètres au lieu de 12 mètres) et on a branché des pompes plus grosses aux éoliennes, sans augmentation du diamètre de l'hélice.

Actuellement ces éoliennes sont surtout développées au îles basses : (hauteur de pompage : 10 à 20 mètres ; débit : 0,5 à 1 m³/h).

La capacité de pompage est assez réduite, de telle façon qu'elles ne provoquent pas facilement une remontée d'eau marine dans les puits.

Sur les îles plus élevées, il faut des éoliennes plus puissantes. Dans les ribeiras le niveau d'eau est également à 10 - 20 mètres, mais les débits que l'on peut atteindre sont beaucoup plus importants : jusqu'à 20 ou 40 m³/h.

Sur les achadas (les plateaux) et dans les zones hautes, il faut pomper à partir de forages d'une profondeur de 50 à 100 mètres, et où le niveau d'eau est de 40 à 60 mètres. Comme les forages sont

extrêmement chers, il faut les exploiter au débit maximal, entre 1 et 20 m³/h. Pour l'exhaure de débits jusqu'à 5 m³/h à partir de forages de 6 pouces de diamètre, on peut utiliser des éoliennes de type Américain de 2,50 à 7,50 m de diamètre. Le diamètre des pompes à piston pour des débits supérieurs à 5 m³/h, est de plus de 6 pouces. Or, l'on ne fait pas actuellement de forages plus larges que 6 pouces. Par conséquent pour l'exhaure des débits supérieurs à 5 m³/h, il faut utiliser des aérogénérateurs actionnant des pompes électriques submersibles.

Lors de la comparaison entre l'exhaure éolienne et l'exhaure par motopompe, un des aspects les plus importants concerne les coûts. On est en train de faire des études précises sur ce point. D'une façon globale, dans les zones bien ventées, le coût du pompage éolien est de 25 à 50 % plus bas que celui du pompage par motopompe (coût par m³ d'eau pompée). Suivant les circonstances (profondeur, distance), le coût de l'eau, tirée des nappes souterraines, varie de 4 à 10 francs belges, y compris le forage, les réservoirs, les canalisations, les pompes.

En dehors des coûts il y a bien d'autres aspects qui sont importants : la sécurité d'approvisionnement, par exemple, qui est primordiale pour l'approvisionnement domestique, mais aussi pour l'irrigation des cultures sensibles, comme les légumes. Au Cap Vert la fiabilité des éoliennes de type Américain est très bonne, peut-être même meilleure que celle des motopompes. Le vent est très régulier. Avec un réservoir de un à deux jours de capacité, l'approvisionnement fait peut-être défaut trois ou quatre fois par an.

Une fois par mois, on fait un petit entretien (graissage, contrôle). Les pannes sont assez rares ; en moyenne une réparation importante tous les ans ou tous les deux ans, et une petite réparation tous les 2 à 6 mois.

Le service d'installation, d'entretien et de contrôle des éoliennes fait partie du Ministère du Développement Rural. Actuellement, ce service comprend des techniciens Cap Verdiens et deux conseillers hollandais de SWD, organisation dont je parlerai tout de suite. Les frais de fonctionnement du service sont financés par le gouvernement Cap Verdien, excepté le salaire des deux coopérants. Une partie importante des investissements est financée par la coopération internationale : achat des éoliennes, achat d'outils, construction d'un atelier. Dans le futur, le service pourra devenir indépendant par la vente de l'eau.

Le SWD

Actuellement je travaille au SWD, Steering Committee Wind energy Developing countries, comité consultatif pour l'énergie éolienne dans le tiers-monde.

Le but de ce groupe est de donner un support compétent et une assistance aux gouvernements, instituts et personnes des pays en voie de développement, qui travaillent à la réalisation de l'utilisation de l'énergie éolienne dans leurs pays.

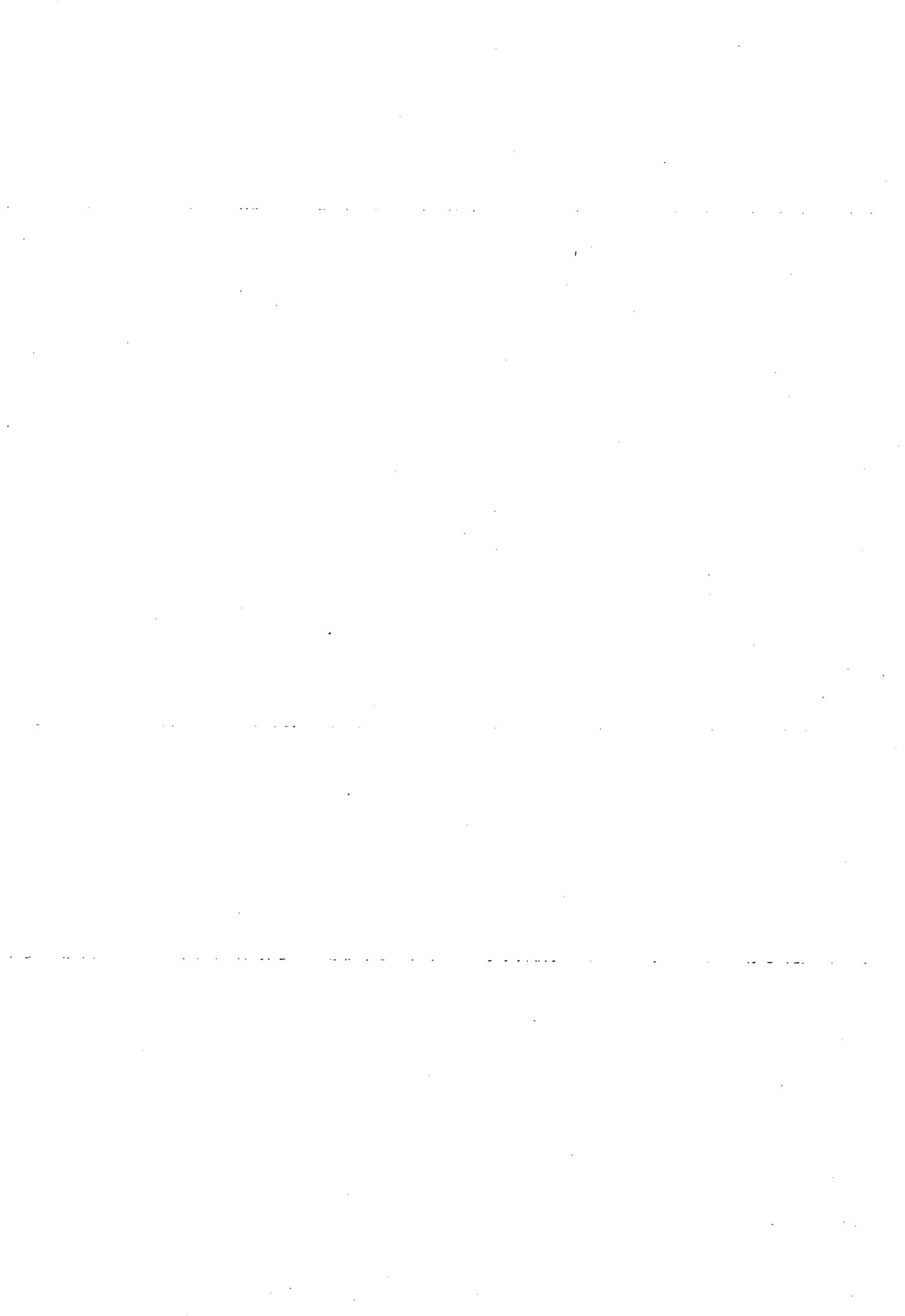
Le groupe a également pour but de promouvoir dans ces pays l'intérêt pour l'énergie éolienne et ses possibilités.

Pour la réalisation de ces objectifs, le groupe établit annuellement des programmes d'études, de recherche et d'application.

L'exécution des programmes est financée par le Ministère de la Coopération des Pays-Bas.

Les instituts suivants participent au projet :

- Université de Technologie de Eindhoven
- Université de Technologie de Twente
- Le bureau d'ingénieurs conseils DHV à Amersfoort
- Université Agricole de Wageningen.



LE CAPTAGE DE PETITES SOURCES
EN REPUBLIQUE RWANDAISE

SEPTEMBRE 1982

S O M M A I R E

PRELIMINAIRES

1. Généralités
2. Les travaux de captage
 - 2.1. Les piquetages des tranchées
 - 2.2. L'excavation de la tranchée d'amenée
 - 2.3. Le creusement du drain proprement dit
 - 2.4. Le placement du tuyau collecteur
 - 2.5. Aménagement de la tranchée d'amenée
 - 2.6. La prise d'eau
 - 2.7. La protection du drain et de l'ensemble du captage
 - 2.8. Venue d'eau en un ou plusieurs points bien localisés
3. Coût d'un captage
4. Conclusions.

P R E L I M I N A I R E S

En République Rwandaise, l'A.I.D.R. possède une expérience de plus de trente ans dans le domaine de l'hydraulique rurale.

Pour situer notre action, au cours de l'exercice 1982, l'A.I.D.R. :

- assure l'entretien permanent de 58 adductions d'eau potable (41 adductions gravitaires et 17 adductions par pompage) réparties sur l'ensemble du territoire (1.000 km de conduites, 1.810 réservoirs représentant une capacité de stockage de 8.300 m³ correspondant à un débit annuel de l'ordre de six millions de mètres cubes et desservant 100.000 familles) ;
- conçoit dans son bureau d'études avec des cadres rwandais (ingénieurs et topographes), 22 projets d'alimentation en eau en zones rurales ;
- assure la direction et la réalisation de 26 chantiers d'adductions d'eau ;
- a réalisé pour le compte de l'UNICEF, depuis trois ans, le captage et l'aménagement de 5.600 sources.

Nous attirons l'attention sur le fait qu'un projet d'adduction d'eau est une réflexion constante et profonde. Celle-ci s'étend du captage au point de distribution final, et ce en tenant compte des vœux et de la participation de la population rurale.

Les effets économiques secondaires de ces projets pour ces populations sont importants. Soulignons le fait que, pour la réalisation de nos chantiers, nous utilisons uniquement de la main-d'oeuvre locale sans faire appel à l'utilisation d'engins mécaniques de chantier.

Nous formons également des chefs de chantier et des fontainiers chargés par la suite de l'entretien de l'adduction qu'ils ont eux-mêmes réalisée.

1. Généralités.

A première vue, la réalisation d'un captage semble une chose facile et à la portée de chacun. Il n'en est rien. Ce travail simple en soi, il faut l'avouer, si l'on maîtrise la technique, est une opération spécifique et délicate. Elle demande de la part du réalisateur non seulement une bonne connaissance de l'hydrologie et de la géologie mais aussi, vu la diversité des cas rencontrés, une longue pratique de terrain.

Avant d'envisager la technique propre d'un captage, notons que l'on rencontre en République Rwandaise trois sortes d'émergences. Celles-ci nécessitent toutes trois des petits aménagements ou de petites modifications au principe général du captage qui fait l'objet du paragraphe suivant.

L'émergence peut se faire dans des terrains sablonneux voir graveleux, c'est le cas de sources situées en tête de vallées. Dans ce cas, la venue d'eau n'est pas localisée en un ou plusieurs endroits. Elle est diffuse tout au long de la ligne d'émergence. Généralement, le sable ou le gravier repose sur une couche imperméable argileuse.

Par contre, lorsque le sous-sol est de nature gréseuse (roche à perméabilité moyenne), les venues d'eau sont alors localisées ponctuellement. L'eau sort d'une faille ou d'un clivage.

Dans le cas où la nature du sous-sol est très perméable, ce qui est le cas de la région des laves, l'eau apparaît sous forme d'un ruisselet sortant d'un massif rocheux.

La qualité de l'eau au point d'émergence dépend donc de la nature des couches de terrain à travers desquelles l'eau de pluie s'est infiltrée.

Avant de procéder à la réalisation d'un captage, il faut définir les critères à prendre en considération qui justifieront le travail. Ceux-ci sont d'ordre sanitaire, hydrologique et financier. Il faut remarquer qu'ils répondent tous aux vœux et aux soucis des consommateurs

Prenons par exemple, le cas d'une localité rurale avec des infrastructures sociales, administratives et sanitaires à alimenter et où dans les collines avoisinantes plusieurs sources sont potentiellement captables. Pour chaque site, il faut envisager séparément :

- la qualité de l'eau en considérant ses composantes physico-chimiques et bactériologiques compatibles avec les normes internationales d'utilisation.
- le débit d'étiage qui est à comparer à l'estimation des besoins à assurer aux consommateurs aux horizons $T + 10$ et $T + 20$ (T étant l'année de référence au moment de la prospection).
- les frais d'investissements et les frais annuels d'entretien du captage.
- la distance du site du captage aux centres de consommation en considérant le tracé économique de la conduite à placer. Ce tracé économique est fonction de la nature des tuyaux à placer (PVC ou acier) et des pressions de service (pour les PVC PN 6-10 ou 16)

L'examen et les conclusions de ces études conditionnent le choix d'un captage.

2. Les travaux de captage.

Les travaux de captage proprement dits, sont en relation directe avec le caractère propre de l'émergence.

Nous considérons d'abord le captage des venues d'eau selon une ligne d'émergence et en second lieu l'émergence en plusieurs points ponctuels.

Pour réaliser un véritable captage, sept opérations différentes sont à mener successivement, à savoir :

1. les piquetages des tranchées.
2. l'excavation de la tranchée d'amenée.
3. le creusement du drain proprement dit.
4. le placement du tuyau collecteur.
5. l'aménagement de la tranchée d'amenée.
6. la prise d'eau.
7. la protection générale du captage.

Envisageons maintenant ces divers travaux dans le détail.

2.1. Les piquetages des tranchées.

Avant toutes opérations de terrassements, on procède au piquetage de la tranchée d'amenée et de la tranchée du drain. (voir schéma n° 1)

Le Chef de chantier débute par le piquetage de la future tranchée d'amenée en partant du point d'émergence situé dans le thalweg. Ce point est matérialisé par un piquet PI. Un second piquet PII est placé dans l'axe du thalweg en amont du piquet PI. La différence de niveau entre les piquets PI et PII varie de 1,5 à 2 m.

Du piquet PII, parallèlement à la courbe de niveau et donc parallèlement à la ligne d'émergence, nous matérialiserons la tranchée du drain par les piquets PIII et PIV .

2.2 Excavation de la tranchée d'amenée.

Après les travaux de piquetage, on procède à l'excavation de la tranchée d'amenée qui se fait de l'aval vers l'amont à partir du piquet PI. La largeur de cette tranchée est de 0,60 m. La longueur entre

PI et PII est variable selon la pente naturelle du terrain. On prolonge de quelques mètres cette excavation de part et d'autre du piquet PII (voir schéma n° 2).

Pour la réalisation d'un captage acceptable, il faut impérativement que le fond de ces tranchées soit horizontal. Il faut approfondir ces tranchées et ce, par couches successives d'une épaisseur de 0,10 m jusqu'au niveau de la couche imperméable. Celle-ci est atteinte lorsque n'apparaissent plus d'émergences ascendantes (voir schéma n° 3) ; la nappe est alors rabattue et stabilisée (voir schéma n° 4).

2.3. Le creusement du drain proprement dit.

Le drain est creusé selon la ligne d'émergence de part et d'autre du piquet PII et ce, jusqu'au moment où n'apparaissent plus de nouvelles venues d'eau dans la paroi collinaire.

2.4. Le placement du tuyau collecteur.

Cette opération constitue la phase principale du captage. Dans le drain, dont le fond est rigoureusement horizontal et imperméable, est placé un tuyau PVC perforé sur les 3/4 de son diamètre. Le diamètre intérieur minimum de celui-ci est de 63 mm (voir schéma n° 5). Ce tuyau sert à collecter toutes les eaux du drain et à les canaliser, via le tuyau d'amenée vers la prise d'eau. Il est ensuite entouré par une couche de 0,40 m d'épaisseur de graviers calibrés.

Pour empêcher le comblement des vides et interstices par des entrées d'argile ou de terre meuble lors du remblayage, on recouvre ce lit de gravier par une feuille plastique qui elle-même est maintenue par un bouchon d'argile de 0,40 m d'épaisseur.

Le remblayage jusqu'au niveau du sol se fait successivement par couches de 0,20 m de terre damée et arrosée. Ce procédé a pour but prin-

cipal d'éviter la pollution du captage par les eaux d'infiltration au droit de celui-ci.

2.5. Aménagement de la tranchée d'amenée.

Après le placement dans le drain du tuyau collecteur, nous donnons à la tranchée d'amenée une pente de 2% (voir schéma n° 6). Le fond de cette tranchée, ainsi que les parois latérales (0,6 m de hauteur) sont tapissés par une couche d'argile (voir les coupes AA' et BB' du schéma n° 6).

Le tuyau d'amenée est ensuite posé sur ce fond stabilisé. A une inter-distance d'un mètre, un barrage d'argile (de 0,6 m de haut et de 0,3 m de large) est construit transversalement à l'axe de la tranchée. Celle-ci est ensuite remblayée par des couches de terre damées et arrosées (0,20 m d'épaisseur).

Le choix du diamètre du tuyau d'amenée dépend du débit de la source et de sa pente fixée à 2%. Le débit de la majorité des petites sources varie entre 5 et 25 l/min.

Comme le débit d'une source varie avec les saisons, nous prévoyons, par mesure de sécurité, un tuyau capable d'évacuer deux fois le débit mesuré lors des premières prospections. Cette marge nous permet d'éviter la mise sous pression du drain qui aurait pour conséquence la destruction du captage.

Pour les débits de 5 à 25 l/min, nous plaçons un tuyau PVC de 40 mm de diamètre intérieur, dont le débit maximum est de 42 l/min (marge de sécurité 17 l/min). Pour les débits supérieurs de 25 l/min à 80 l/min, nous avons adopté un tuyau PVC de 63 mm de diamètre intérieur qui peut évacuer un débit maximum de 160 l/min (marge de sécurité au moins 80 l/min).

2.6. La prise d'eau.

La prise est généralement construite en éléments pré-fabriqués en béton (voir schéma n° 8). Le choix de son emplacement dépend :

- de la pente du tuyau (fixée à 2%). En général, au Rwanda, la pente du terrain est supérieure à cette valeur et la réalisation de cette conduite ne pose aucun problème.
- le tuyau d'amenée doit aboutir à la surface du terrain. Nous avons fixé cette condition pour éviter tout creusement à l'aval du drain.
- de la longueur minimum de la conduite qui a été fixée à 12 m afin de protéger le drain contre le passage des usagers.

La prise est aménagée de façon à permettre un remplissage aisé des récipients.

2.7. La protection du drain et de l'ensemble du captage.

L'ensemble du captage est protégé par une clôture végétale de façon à en interdire l'accès aux usagers et au bétail (voir schéma n° 8). Il est à noter que le site entier du captage est déboisé mais aussi entièrement débroussaillé.

L'expérience nous a montré que des racines de certaines espèces arbustives peuvent aller chercher l'eau à des distances de l'ordre de 30 m tant horizontalement que verticalement. Les systèmes radiculaires se développent dans les drains jusqu'à boucher complètement le tuyau collecteur. Le captage est protégé contre l'érosion par le placement d'un tapis de moëllons.

De plus, en amont du captage (+ 10 m), un fossé de protection semi-circulaire est excavé. Ce dernier a un double but :

Schéma N°1
Piquetage

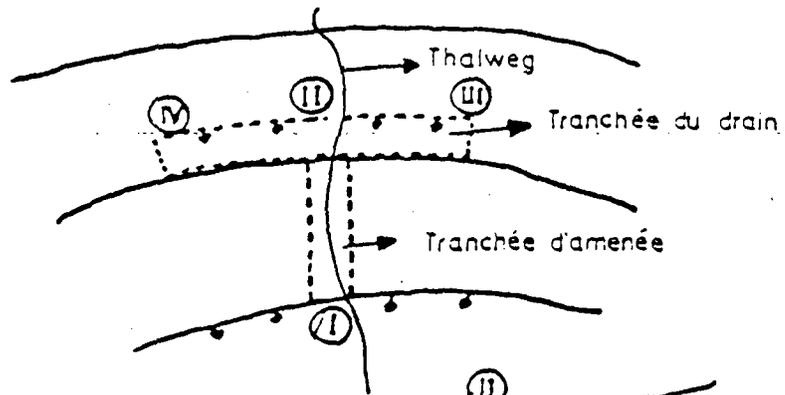


Schéma N°2 Excavation tranchée d'amenée

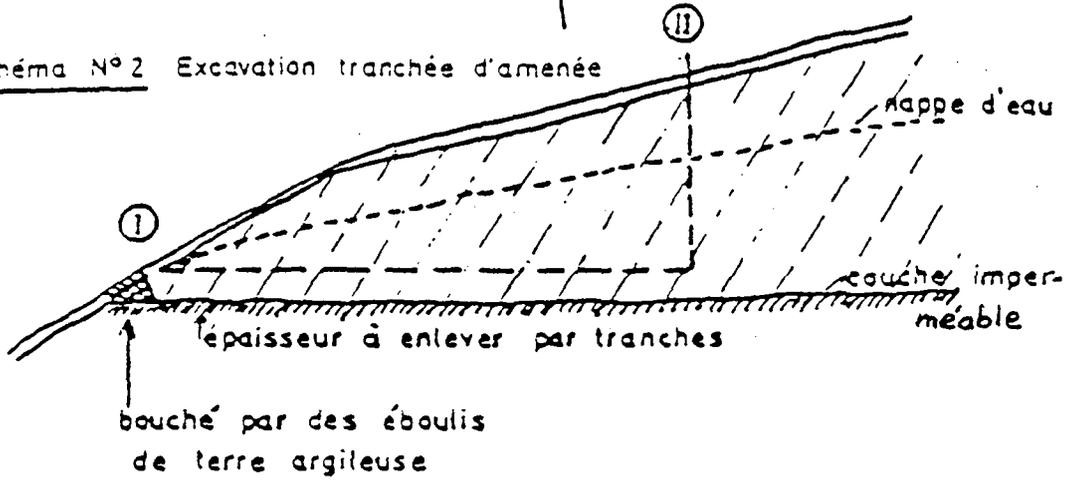


Schéma N°3 Emergences ascendantes

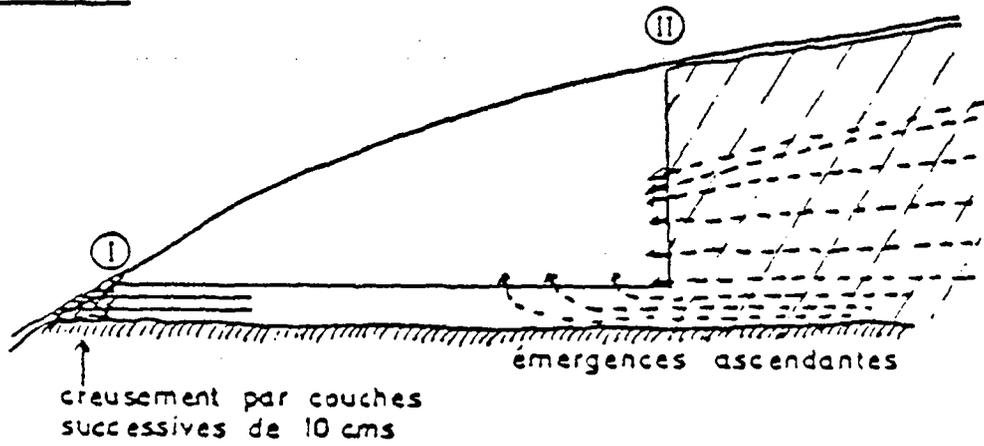
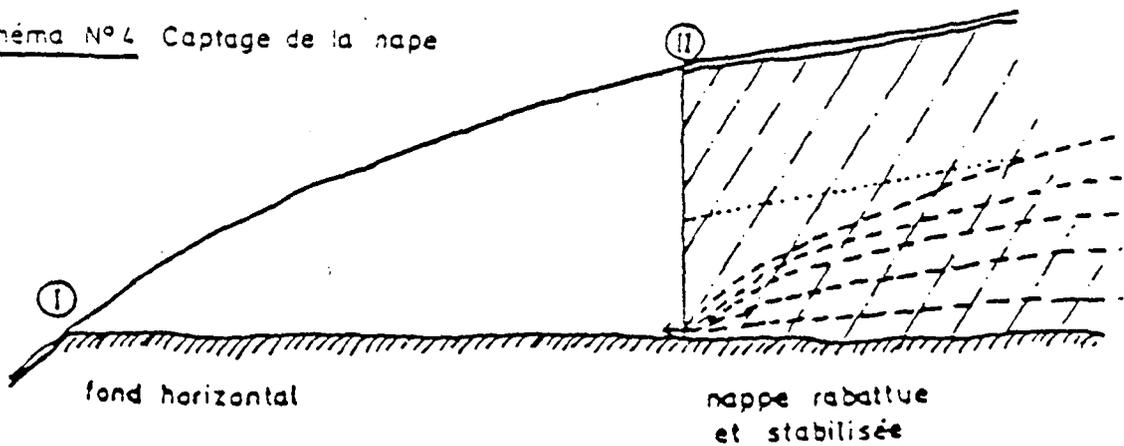


Schéma N°4 Captage de la nappe



- a) interdire tout accès et toute culture sur le drain ;
- b) collecter et évacuer en aval du captage et de la prise d'eau, toutes les eaux de pluie et de ruissellement aux environs du captage. Celles-ci risqueraient de polluer les eaux captées ou d'emporter la terre en surface du drain.

Si les conditions culturelles locales le permettent, il est avantageux de creuser en amont du fossé de protection (à une distance minimum de 50 m) une ou deux tranchées de réalimentation. Celles-ci doivent alors être curées une fois par ans.

2.8. Venue d'eau en un ou plusieurs points bien localisés.

Ce cas se présente en général quand l'émergence d'eau est située dans une roche de perméabilité moyenne ou grande. Il a l'avantage de réduire sensiblement les travaux de terrassement. Au lieu de devoir creuser un drain d'une longueur plus ou moins importante, il suffit en général de nettoyer soigneusement l'endroit (ou les endroits) d'émergence dans la roche saine et de placer ensuite le tuyau perforé (la crépine) qui dans ce cas n'a que quelques dizaines de cms de longueur. Si plusieurs venues d'eau apparaissent à faible distance, elles sont à capter séparément. Leurs tuyaux d'amenée seront réunis en une conduite d'amenée principale qui, elle, aboutit à la prise. Les derniers aménagements sont semblables au cas précédent.

3. Coût d'un captage.

Quel est le montant des investissements à prévoir pour réaliser un captage ?

Il est évident que ce coût varie en fonction de la taille du captage. En effet, chaque captage est un cas particulier.

Pour s'en convaincre, il suffit de ne prendre en considération que les travaux de terrassements en déblais à réaliser pour atteindre la couche imperméable. Cette profondeur dépend des conditions topographiques et géologiques locales et varie d'un site à l'autre.

De cette profondeur dépendent également les cubages des remblais de différentes natures à mettre en oeuvre : gravier, argile et terres damées.

Les gîtes d'exploitation de ces matériaux peuvent exister ou non à proximité du chantier. Dans la négative, il faut également prévoir des frais d'extraction, de manutention, de transport et de mise en oeuvre.

Il est évident que le poste des terrassements tant en déblais qu'en remblais est le plus important vis-à-vis des autres matériaux tels que tuyaux PVC, feuille plastique et ciment.

Les terrassements peuvent également être exécutés par la population en travaux communautaires, mais sous la direction technique d'un cadre de l'A.I.D.R.

Il en est de même pour l'approvisionnement du chantier en matériaux locaux : gravier, argile, sable et moëllons.

Pour captage d'une petite source tel que réalisé dans le cadre du projet UNICEF (5.600 unités) dans les préfectures de Kibuye, Kigali, Kibongo, Gitarama, Butare, Gikongoro et Cyangungu, le montant des investissements à prévoir, compte tenu de la participation de la population, est de 35.000 F.Rw., se répartissant comme suit :

- coût contrôle et transports :	F.Rw.	18.750
- fourniture de 250 kg de ciment :		9.500
- 60 m de fer à béton Ø 6 :		1.250
- 12 m tuyau PVC :		3.800
- 1,5 tuyau galvanisé 2" :		1.700

Par contre, pour un grand captage, tel que celui de l'adduction de Musaza, près de Rusumo, et entièrement réalisé par l'A.I.D.R., le montant total des investissements (sans la participation de la population) est de l'ordre de 900.000 F.Rw.

Les caractéristiques propres au captage sont :

- débit 11/sec
- 30 m de longueur de drain à 4 m de profondeur
- 25 m de longueur de tranchée d'amenée
- 60 m de longueur de fossé de protection
- 220 m de clôture
- 2.500 m² de bananeraie à indemniser aux paysans.

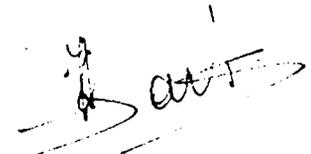
4. Conclusion.

La formule de réalisation des captages de petites sources, décrite aux paragraphes précédents, est parfaitement adaptée aux conditions de la République du Rwanda.

Elle a l'avantage, tout en étant basée sur des critères techniques,

- d'être simple dans sa conception
- d'être réalisable avec de la main-d'oeuvre non spécialisée
- d'utiliser pour sa réalisation une faible quantité de matériaux importés

- de nécessiter des prestations réduites pour l'encadrement technique
- de former sur le tas des responsables chargés de l'entretien futur des infrastructures
- d'apporter aux populations rurales un mieux-être à un coût relativement peu élevé.



Ir. J.P. BARTIER

x

x

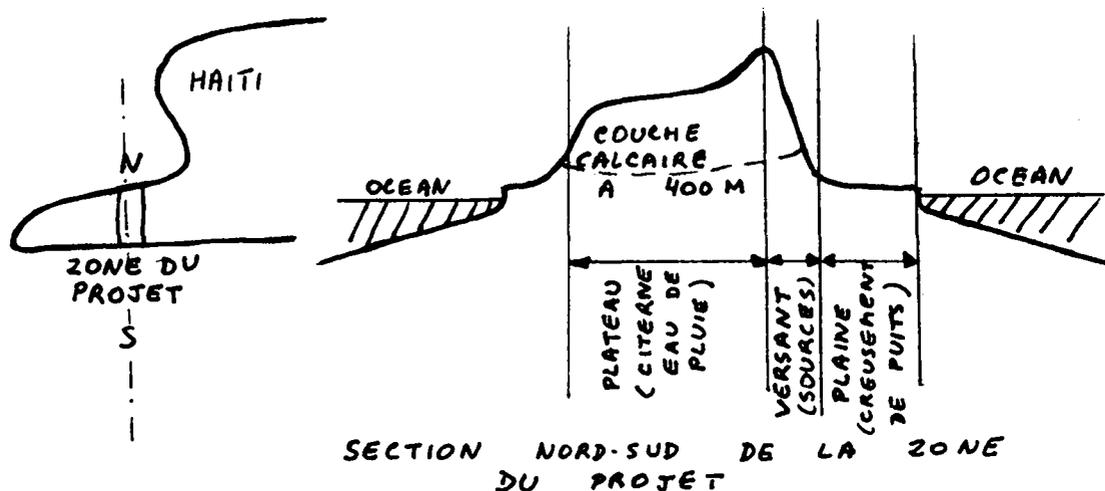
x

CONSTRUCTION DE CITERNES D'EAU DE PLUIE

Expérience à Haïti

Exposé de J.C. Bruffaerts
Transcrit par le COTA.

Haïti est le pays le plus pauvre du monde et reçoit par habitant, la plus grande aide étrangère en Amérique Latine, fréquemment détournée au profit de la bourgeoisie.



La construction des citernes d'eau de pluie s'inscrit dans un projet agricole du Ministère Français des Relations extérieures d'amélioration des techniques agricoles.

On observe dans les jardins haïtiens un mélange apparemment incohérent des cultures, mais cette technique (cultures associées) semble en fin de compte bien adaptée à la survie : il y a toujours quelque chose à manger quelles que soient les conditions météorologiques.

L'axe du projet consiste à donner de nouveaux moyens pour augmenter la productivité en améliorant par exemple la petite hydraulique agricole : construction de citernes au lieu de grands barrages trop centralisés et renforçant le pouvoir de quelques uns.

La région du plateau reçoit plus de 2000 mm d'eau par an. Cette eau n'est pas retenue, elle s'écoule ou s'infiltré jusqu'à une nappe d'eau souterraine inaccessible (couche calcaire à - 400 m). Dès lors, les gens descendent aux sources sur le versant, le trajet dure une à deux heures de marche, sur des pentes escarpées et limite ainsi les quantités d'eau transportables : 5 litres/personne/jour au maximum. Le bétail ne descend que deux fois par semaine aux sources.

Le projet de construction de 350 citernes sur le plateau a été introduit à la C.E.E. sans limite de temps, permettant ainsi de les construire au fur et à mesure de l'organisation des paysans. Le rythme actuel est de 50 citernes par an.

La zone du projet est divisée en sous-zones (\pm 1 km²) pour pouvoir organiser efficacement le travail :

- le matériel est mobilisé par sous-zones
- il y a rapidement une densité suffisante de citernes, évitant un excès de demande d'eau sur une seule citerne
- pour 10 citernes construites aux paysans, une doit être donnée à un Tonton Macoute.

Les matériaux et l'encadrement sont fournis de l'extérieur; le travail du paysan consiste au creusement et au transport des matériaux.

Des stages de formation sont organisés pour enseigner

- la construction des citernes
- l'emploi du ciment (il y a une production locale de chaux, mais elle consomme trop de bois et pèse sur la déforestation; or il y a une cimenterie près de Port au Prince).

La récolte des pluies pour une citerne nécessite une toiture en tôle, et ne bénéficie ainsi qu'aux familles relativement riches. On essaie d'associer une famille qui possède une toiture en tôle avec trois familles dont l'habitation a une toiture de paille. Le problème d'appropriation des citernes apparaît très vite, en cas de litige, du fait de leur emplacement; il n'y a pas de garantie de partage total de l'eau. Il y a même risque de renforcer les inégalités sociales en fonction des familles qui peuvent s'acheter une toiture en tôle ou non.

De plus, l'investissement en temps est très grand : 80 jours de travail. Ceci n'est à nouveau pas à la portée de tous, du fait que les plus pauvres "vendent" leurs journées de travail libres. Les plus vieux ont souvent de trop petites cases ou des tôles dégradées.

L'organisation en coopératives n'existe pas à cause de l'habitat dispersé, ainsi qu'un individualisme et une méfiance très grande des autres : pour vivre heureux, il faut vivre caché. On a essayé de travailler au niveau des entités religieuses, mais très vite le sacristain devenait Tonton Macoute.

Du côté des autorités, on ne peut rien espérer car on est trop loin de la capitale. On peut reprocher au projet d'être une simple assistance, de ne pas favoriser les populations à défendre elles-mêmes leurs propres intérêts. Il conduit plutôt au sous-prolétariat : leur niveau d'alimentation reste insuffisant et les besoins fondamentaux ne sont toujours pas remplis. Une solidarisation entre eux reste possible mais l'exploitation se fait à tous les niveaux : chacun tente de tirer profit du voisin, de ceux qui vivent autour.

En ce qui concerne la prise en main du projet, on trouve de plus en plus d'agronomes haïtiens choisis par le responsable du projet et qui sont parfois payés par le gouvernement. Il reste actuellement un seul volontaire français sur place.

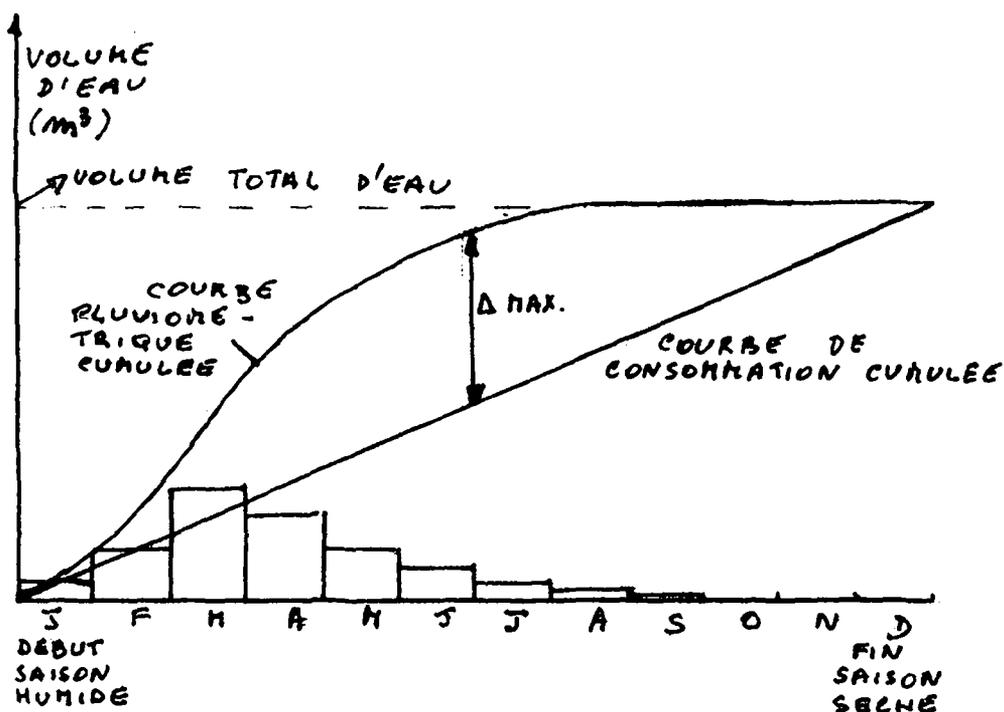
Emplacement et volume de la citerne

Les maisons ont une charpente en bois et un enduisage de terre. Elles ont une forme rectangulaire et un toit à quatre pentes.

On cherche alors le point le plus bas de la toiture, d'où partira la conduite qui mène l'eau vers la citerne. Celle-ci est enterrée, le dessus est couvert d'une dalle sur laquelle on peut sécher des aliments et d'autres produits (café ...).

Calcul du volume

1°) On relève la pluviométrie (fourni par l'Institut météo existant).



EXEMPLE THEORIQUE

2°) On établit la courbe pluviométrique cumulée

pour une toiture de 30 m², une pluviométrie moyenne de 2,2 m
on a : $30 \times 2,2 = 66$ m³ soit environ 60 m³ récupérables par an

3°) On trace la courbe de consommation cumulée

soit 60 m³ disponibles → 5 m³/mois consommables

4°) On détermine le volume de stockage qui est la plus grande différence entre les deux courbes, soit pour la région concernée 12 m³ environ.

Ceci donne une valeur théorique, il faut en effet tenir compte du calendrier agricole, du niveau d'investissement permis pour une citerne, et voir quand le problème du manque d'eau se pose.

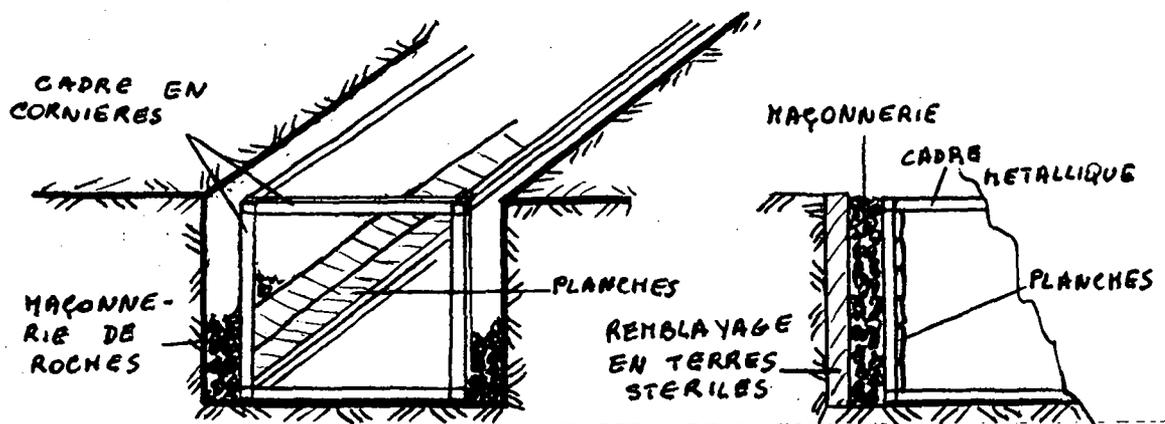
Méthode de construction de la citerne

a. fouille : la citerne est entièrement enterrée pour maintenir la fraîcheur de l'eau et dans un souci d'intégration à l'habitat.

b. fondations : dépend de la nature du terrain
sol dur : pas de fondation
sol meuble ou hétérogène : ferrailage de la dalle de béton.

c. élévation des murs

- si des roches sont disponibles près du chantier, elles peuvent convenir pour faire des murs en maçonnerie. La technique appliquée dans le projet consiste à construire un cadre en cornières métalliques qui est descendu dans le trou de fouille.



On maçonne derrière des planches appuyées contre la cornière. Ceci permet d'éviter l'utilisation du fil à plomb, et d'obtenir une surface plane qui conduit à une économie ultérieure en enduit.

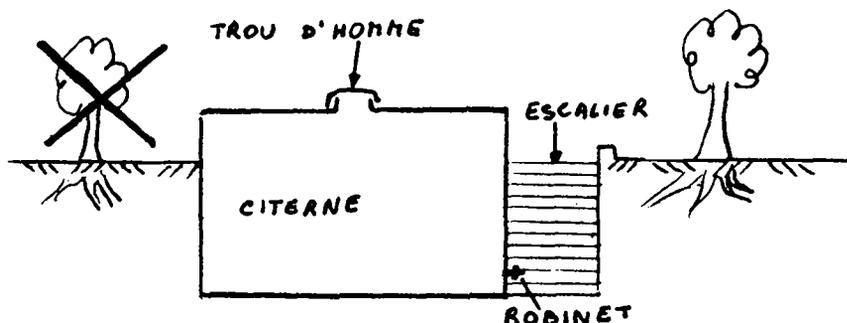
Actuellement, on essaie de former des maçons afin d'éviter ce système artificiel.

- Si ces matériaux ne sont pas disponibles, on a recourt au parpaing fabriqué sur place.

d. étanchéité de la citerne

- à l'intérieur de la citerne, on enduit les murs d'un lait de ciment avec un pinceau, on appuie fortement avec une truelle pour serrer les grains de sable et ciment pour parfaire l'étanchéité. Les coins sont arrondis au moyen d'une bouteille.
- à l'extérieur des murs, on soigne le rejointoyage pour éviter la pénétration du mur par des racines d'arbre.

e. accès au robinet

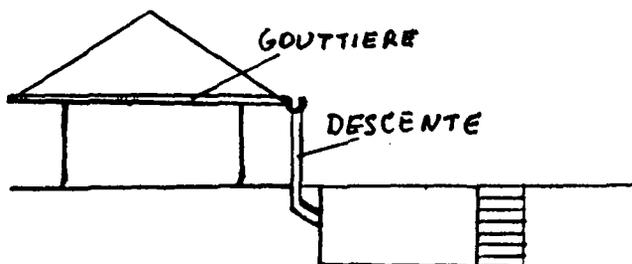


Le robinet ne peut être placé au fond de la citerne afin que son tarissement soit un signal d'alerte appelant l'économie d'eau. On puise alors l'eau par le trou d'homme. Le robinet utilisé est le même que pour les tonneaux de vin.

f. couverture de la citerne

On réalise une dalle en béton armé avec trou d'homme.

g. collecte de l'eau de pluie (gouttières)



Les gouttières sont réalisées en tôle mise en forme.

Forme de la gouttière : 

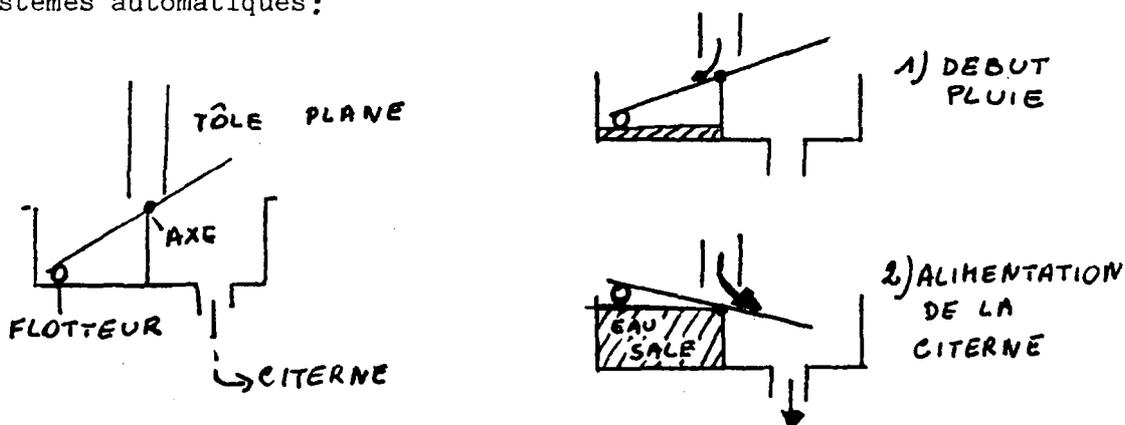
Il faut nécessairement des toits en tôle. D'abord pour éviter des gouttières très larges pour les toitures de paille.



La paille pose le problème de propreté : l'eau diffuse dans la paille et le mil, matière utilisée ici, et de mauvaise qualité.

La descente d'eau, en P.V.C., ne peut être appuyée contre la maison du fait du débordement du toit, si l'on veut éviter de devoir faire un retour. On rigidifie le tuyau P.V.C. en le coulant dans un béton. Cela assure en même temps une protection contre les animaux, enfants...

Parfois, pour éviter que la poussière du toit ne rentre dans la citerne avec l'eau, on détourne la première pluie. Il existe des systèmes automatiques :



On aurait pu réaliser plusieurs citernes alimentées par un même toit et reliées entre elles par un système de vases communicants, mais les conditions topographiques ne le permettaient pas.

Conservation de la potabilité

La conservation de l'eau de pluie, en ce qui concerne sa potabilité, se fait sans problème durant la saison sèche, soit trois mois. On peut y mettre, comme au Brésil, des pierres à chaux qui permettent de maintenir la potabilité sur une période de 7 mois. De plus, la chaux augmente l'imperméabilité des parois par des dépôts.

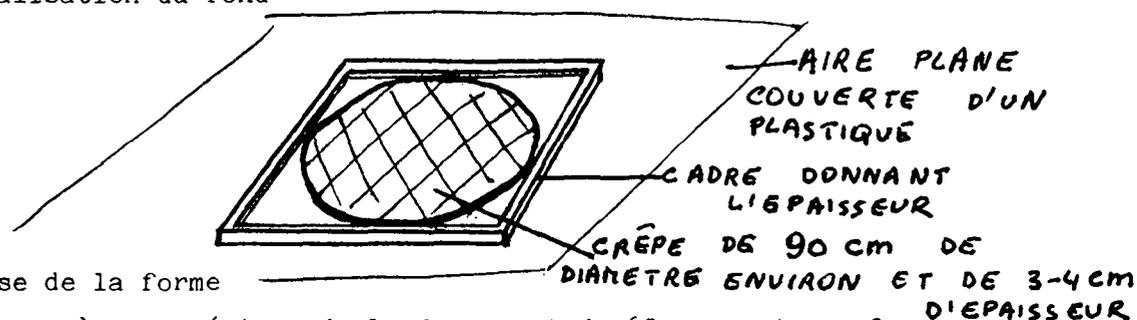
Construction de jarres en fibro-ciment (diapositives)

Le problème essentiel du paysan est le petit stockage d'eau de 200 à 600 litres, parfois 2 m³. Les jarres constituent un moyen rentable avant de passer aux citernes proprement dites, nettement plus coûteuses. De plus, elles peuvent être rentrées dans les cases (jarres de 600 litres).

A Haïti, le fibro-ciment est constitué d'un mortier armé de fibres de sisal. Ces fibres n'améliorent que très peu la résistance à la traction (20 à 30 %), mais bien la résistance aux chocs. La forme de la jarre est donnée par un sac de plastique bourré d'herbe. Les formes varient en fonction des artisans.

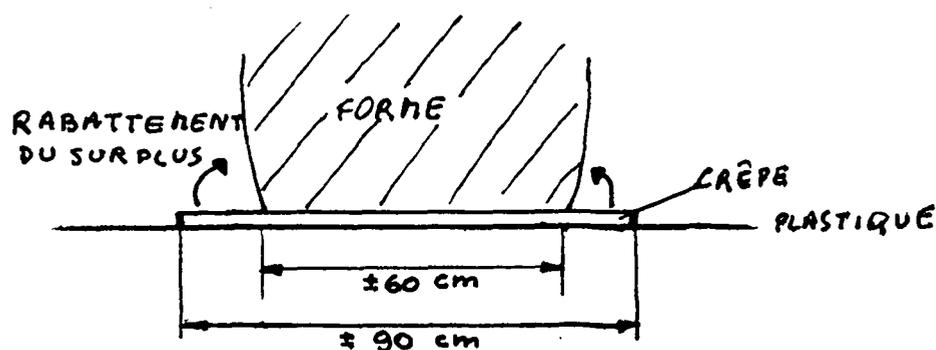
Les phases de réalisation sont successivement :

1°) réalisation du fond



2°) pose de la forme

Le diamètre inférieur de la forme est de 60 cm environ. On rabat contre la forme ce qui dépasse.



3°) enduisage

On enduit par couches successives de 15 mm, entre lesquelles on attend au maximum 5 à 6 heures.

L'épaisseur des parois fait 2 à 3 cm.

4°) réalisation du col



L'ouverture est reserrée au moyen d'une bande en matériau rigide circulaire, et l'on réalise un col de 3 à 4 cm d'épaisseur.

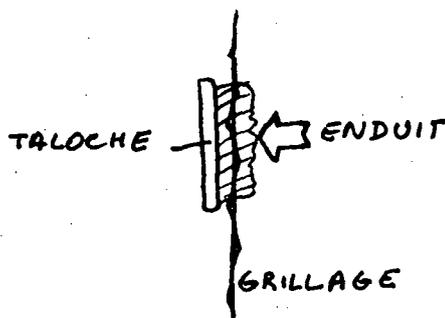
5°) séchage

La jarre doit être réalisée en une seule journée. Pour éviter un séchage trop rapide qui conduirait à un craquèlement, on humidifie régulièrement l'enduit en prenant soin de tout protéger du soleil. La durée du séchage est de 4 à 5 jours.

6°) Curage

Avant d'utiliser la jarre pour l'eau potable, celle-ci doit être lavée plusieurs fois. La jarre n'est cependant pas faite pour être déplacée fréquemment.

En Thaïlande, le procédé est quelque peu différent. On réalise la forme de la jarre au moyen d'un grillage à poule qui constitue l'armature (citerne en ferro-ciment). On place une personne de part et d'autre du grillage, la première tient une taloche et la seconde bourre avec le mortier les mailles du grillage.



Parfois, au lieu du grillage, on tisse du bambou, que l'on enduit de crépis ensuite (citerne en bambou-ciment).

Autres applications de la technique

- Tuyaux : on peut construire des tuyaux de la même façon en réalisant un long cylindre comme moule intérieur que l'on retire 24 h à 48 h plus tard. Attendre plus longtemps, conduirait à ce que les fibres collent au sac.
Pour des diamètres supérieurs à 4" (≈ 10 cm), cette technique permet d'obtenir des conduites meilleur marché qu'en P.V.C.
La conduite peut être renforcée au moyen d'un treillis de poule.
- Installation de biométhane : la cuve peut être réalisée en ferrociment.
- Plaques ondulées (méthode ITDG)

Le coût peut être inférieur de 20 à 30 % à la tôle. Mais ce n'est pas d'office plus économique du fait que le coût est en grande partie la main-d'oeuvre. Il procure cependant de l'emploi. Les plaques ondulées en ferrociment ont une bonne résistance à la corrosion, mais présente cependant divers désavantages : du fait du poids et de leur rigidité elles nécessitent une charpente plus solide, et de meilleure qualité que pour les tôles. D'autre part, la manutention est plus difficile.

Fabrication

On réalise sur une plaque plane, une mince feuille de fibrociment à l'intérieur d'un cadre en bois qui sert de guide.

On place cette feuille dans un moule donnant la forme d'une tôle ondulée. Après un ou deux jours de séchage, avant durcissement complet, il faut percer les trous destinés à introduire des crochets de fixation. I.T.D.G. préfère réserver des fils plastique pour nouer aux lattes de la charpente, car il est souvent difficile d'ajuster exactement les trous et les bois de la charpente.

- Expérimentation d'une citerne enfouie

Les phases successives de réalisation du prototype étaient les suivantes :

- 1°) creusement d'une tranchée circulaire de 20 cm de profondeur ; on coule un béton pour réaliser un anneau.
- 2°) On affouille au centre de cet anneau en maintenant les parois verticales.
- 3°) On projette un enduit de ciment sur parois pour les stabiliser et on continue ainsi par couches successives jusqu'à une épaisseur de quelques centimètres en prenant soin d'armer avec un grillage à poule.

Autres applications de la technique

- Tuyaux : on peut construire des tuyaux de la même façon en réalisant un long cylindre comme moule intérieur que l'on retire 24 h à 48 h plus tard. Attendre plus longtemps, conduirait à ce que les fibres collent au sac.
Pour des diamètres supérieurs à 4" (≈ 10 cm), cette technique permet d'obtenir des conduites meilleur marché qu'en P.V.C.
La conduite peut être renforcée au moyen d'un treillis de poule.
- Installation de biométhane : la cuve peut être réalisée en ferrociment.
- Plaques ondulées (méthode ITDG)

Le coût peut être inférieur de 20 à 30 % à la tôle. Mais ce n'est pas d'office plus économique du fait que le coût est en grande partie la main-d'oeuvre. Il procure cependant de l'emploi. Les plaques ondulées en ferrociment ont une bonne résistance à la corrosion, mais présente cependant divers désavantages : du fait du poids et de leur rigidité elles nécessitent une charpente plus solide, et de meilleure qualité que pour les tôles. D'autre part, la manutention est plus difficile.

Fabrication

On réalise sur une plaque plane, une mince feuille de fibrociment à l'intérieur d'un cadre en bois qui sert de guide.

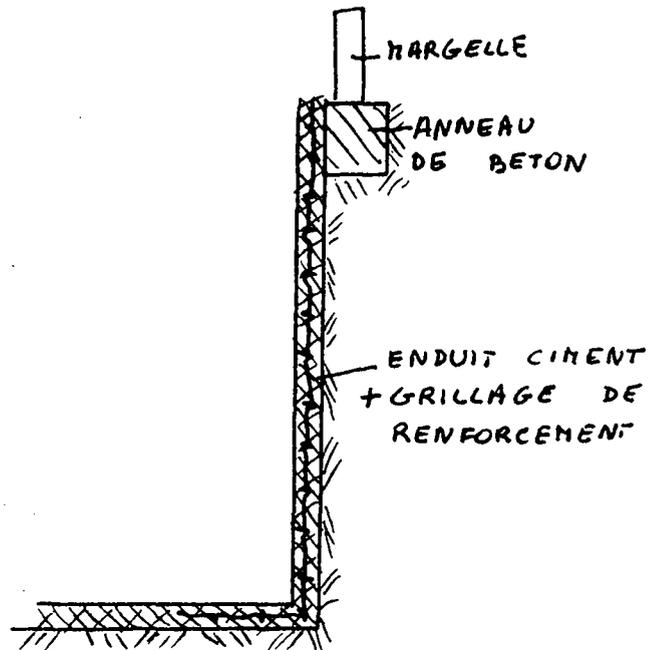
On place cette feuille dans un moule donnant la forme d'une tôle ondulée. Après un ou deux jours de séchage, avant durcissement complet, il faut percer les trous destinés à introduire des crochets de fixation. I.T.D.G. préfère réserver des fils plastique pour nouer aux lattes de la charpente, car il est souvent difficile d'ajuster exactement les trous et les bois de la charpente.

- Expérimentation d'une citerne enfouie

Les phases successives de réalisation du prototype étaient les suivantes :

- 1°) creusement d'une tranchée circulaire de 20 cm de profondeur ; on coule un béton pour réaliser un anneau.
- 2°) On affouille au centre de cet anneau en maintenant les parois verticales.
- 3°) On projette un enduit de ciment sur parois pour les stabiliser et on continue ainsi par couches successives jusqu'à une épaisseur de quelques centimètres en prenant soin d'armer avec un grillage à poule.

Les citernes ainsi construites reviennent un peu moins chères que celles construites précédemment et ce, malgré le grillage. On creuse d'autre part le volume strictement nécessaire, ce qui représente une économie de temps. Ce procédé utilise en outre moins de matériaux (1/3 de sable) et réduit ainsi le volume et le temps de transport. La composition du mortier est de deux brouettes de sable pour un sac de ciment (théoriquement 100 l de sable plus un sac de 50 kg de ciment), le ciment est livré en sac de 100 livres (42,5 kg) et de moins bonne qualité (type 250), ce qui justifie la dose plus élevée que dans les normes européennes. Dans le cas de citernes, on ne peut cependant prévoir d'escalier d'accès, le puisement se faisant par le trou d'homme. Si ce type de citerne se fait en série, on peut envisager de réaliser le couvercle par un coffrage de fer au lieu du bois, réduisant encore le coût de construction.



ADDUCTION D'EAU A TABA (RWANDA)

Exposé de Luc TYTGAT

Aperçu général

I. Le Rwanda

- République d'Afrique centrale située entre le Zaïre, l'Ouganda, la Tanzanie et le Burundi.
- Pays "aux mille collines", situé entre 1.400 et 2.200 mètres d'altitude.
- Superficie : 26.000 Km² (un peu plus petit que la Belgique).
- 5 millions d'habitants dont 95% d'agriculteurs.
- Habitat dispersé, sans ville ni village (excepté Kigali, capitale avec environ 200.000 habitants).
- Parmi les cinq pays les plus pauvres du monde.
- Essentiellement une économie de subsistance.
- Exportation de café, de thé, de pyrèthre, de cassitérite.
- Pas d'industries ; secteurs du commerce et de la construction très actifs.
- En agriculture : les problèmes principaux sont le manque de terres cultivables, l'appauvrissement du sol et l'érosion.
- Gouvernement : régime sous contrôle militaire, vivant de la plus-value sur l'exportation du café et subsistant grâce à l'aide internationale.

II. Commune de Taba

Une commune parmi les moins pauvres du Rwanda grâce à ses boisements.

45.000 habitants dont 97% d'agriculteurs.

La population est répartie principalement sur le plateau, et doit chercher l'eau potable dans les vallées, à une heure et demi ou deux heures de marche.

III. But du projet

Installer une adduction d'eau fournissant de l'eau potable à environ 23.000 personnes, et cela à une distance n'excédant pas les plus ou moins 600 m. par rapport à l'habitat.

IV. Objectifs et motivations

L'adduction d'eau se trouve dans la zone couverte par le projet de développement rural intégré de Runda et Taba. Grâce à ce projet, il existait, dès le départ, une sensibilisation de la population aux problèmes de l'eau et un engagement partiel de sa part à participer à la réalisation de l'adduction.

Les sources existantes se trouvent dans le fond des vallées, à des distances appréciables des habitations.

La qualité de l'eau est habituellement bonne ; toutefois, les conditions d'hygiène sont très mauvaises dans l'environnement immédiat de ces sources.

Le ravitaillement en eau est ressenti comme une corvée exigeant beaucoup de temps et d'efforts.

Les motivations à la base du projet étaient donc :

- libérer la population, et surtout les femmes, d'un travail épuisant et fastidieux.
- améliorer le niveau sanitaire de la population en fournissant en abondance de l'eau potable à une distance raisonnable de l'habitat et dans de bonnes conditions d'hygiène.
- grâce au gain en temps et en énergie découlant de ces deux objectifs, augmenter la productivité et le niveau de vie de la population.

V. Le projet de développement rural intégré de Runda-Taba

Ce projet travaille dans les communes voisines de Runda et de Taba depuis 1970.

Partant de besoins ressentis, il essaye de stimuler la population à augmenter son niveau de vie par des moyens locaux.

C'est ainsi que fut créée une coopérative multifonctionnelle, s'occupant surtout de la commercialisation de poules, de lapins, de légumes, de produits vivriers, ainsi que de produits de consommation courante ; cette coopérative compte environ 1.200 membres. Il y eut aussi des activités pour l'intensification de l'agriculture (lutte anti-érosive, stabulation, compostage, etc.), ainsi que quelques actions plus ponctuelles concernant le reboisement, des travaux d'infrastructure, l'aménagement de sources, le défrichage de marais, etc.

Ces activités étaient organisées dans le cadre d'un programme de formation global s'adressant à de petits groupes d'hommes ou de femmes.

Le projet avait un budget annuel d'environ 2 millions de FB., et disposait d'une équipe de 2 à 4 techniciens expatriés et de 6 à 10 cadres rwandais.

Le projet a été transmis par étapes en 1980 à la coopérative, aux autorités communales et à une école d'agriculture.

VI. Description technique de l'adduction d'eau

- Le réseau de distribution fut déterminé par des relevés topographiques.
Une enquête chez la population a permis de déterminer les autres paramètres (quantité d'eau à distribuer, débit, etc.).

- Une grande source (plus de 12 l/sec.) est captée dans une vallée située à 300 m. en-dessous du plateau où habite la population à desservir.
L'eau de la source est stockée dans un réservoir tampon de 50 m³, dans lequel on ajoute de la chaux (l'eau est naturellement agressive).
L'installation de pompage compte deux groupes indépendants (moteur et pompe) en parallèle.
L'eau est pompée vers un réservoir central de 100 m³ situé à 1.700 m. de la station de pompage et sur le point culminant du plateau (dénivellation d'environ 300 m.). Ce réservoir alimente par gravité un réseau de distribution de 25 Km. de conduits en PVC ; ce réseau comprend 3 lignes principales et 2 embranchements secondaires ; il alimente 19 citernes de 15 à 25 m³ ; chaque citerne alimente un (parfois deux) groupe de 1 à 3 robinets ; la distance entre deux groupes varie entre 400 à 1.200 mètres.

- L'étude topographique préliminaire : 1977.
Les travaux techniques débutent en 1978.
L'adduction entre en fonctionnement fin décembre 1980.
Transmission à la commune en juillet 1982.

- L'apport de la population à la réalisation :
 - aménager une route vers la source.
 - creuser et reboucher les tranchées pour les tuyaux (refoulement et distribution).
 - rassembler les pierres nécessaires aux fondations de la station de pompage et aux citernes (environ 200 m³).

- La participation actuelle de la population :
 - paiement de l'eau : 2 FRw. (± 1 FB) par 23 litres d'eau. Cela devrait couvrir les frais de fonctionnement (carburant, salaires, ...).
 - Contrôle du fonctionnement à un niveau local : par point d'eau existe un comité de point d'eau composé de huit personnes élues.
 - contrôle du fonctionnement global par un conseil d'administration.

- Coût du projet : environ 13 millions de FB en investissement, financé par la CEE et principalement par l'AGCD.
Le fonctionnement coûte chaque année environ un million, financé par la population (paiement de l'eau par jerrycan de 23 litres).
Le fonctionnement consiste en carburant (environ 60%), salaires (3 cadres et 24 surveillants), réparations, etc.



L'application de la
filtration lente sur sable

Une technologie appropriée pour
l'alimentation en eau dans
les zones rurales

par ir. Jan Teun Visscher

1. LE PROGRAMME DE FILTRATION LENTE SUR SABLE

La seule source d'approvisionnement pour l'alimentation en eau d'une part importante de la population du monde est l'eau de surface. Cette eau est souvent polluée et doit être traitée. Bien que la technologie du traitement de l'eau soit très développée, seules quelques méthodes de traitement peuvent satisfaire les besoins spécifiques de pays en voie de développement. L'une des méthodes de ce genre est la filtration lente sur sable (FLS). Afin de promouvoir cette méthode pour l'approvisionnement en eau dans les zones rurales, le programme international de recherches et de démonstration sur la FLS a été créé. Ce programme est conçu et exécuté par un certain nombre d'organismes dans les pays en voie de développement, en collaboration étroite avec le CIR (Centre International de Référence). Le programme est divisé en trois phases.

1.1. La phase de recherches

Dans la première phase un programme de recherches appliquées a été réalisé par des instituts au Ghana, en Inde, au Kenya, au Soudan et en Thaïlande. L'objectif était d'expérimenter le processus de FLS et de développer des critères appropriés pour la conception, la construction, l'exploitation et l'entretien de FLS dans les conditions locales.

1.2. La phase de démonstration

Dans cette phase du programme, l'objectif était de démontrer que la FLS est une technique simple, efficace et fiable pour le traitement des eaux. Une technique qui peut aisément être adaptée à la situation locale, sans recourir à des équipements d'importation. Cette phase est caractérisée par la construction de quelques stations de FLS dans des villages pilotes. Les populations de ces villages ont aidé lors de l'implantation et de la construction de ces stations. Comme villages pilotes on a choisi des villages de conditions climatiques, géographiques, culturelles et socio-économiques différentes. C'est ainsi que la Colombie et la Jamaïque ont participé à cette phase.

1.3. La phase d'échange d'expériences

Dans la troisième phase du projet, les résultats des expériences sont échangés en organisant des séminaires sur la FLS et la participation des villageois dans les pays qui ont participé au programme. Ensuite les expériences obtenues au programme sont publiées.

2. PRINCIPES DE LA FILTRATION LENTE SUR SABLE

La FLS est une méthode d'épuration biologique dans laquelle on fait passer l'eau à traiter à travers un lit poreux de matériau filtrant. Au cours de ce passage, la qualité de l'eau s'améliore considérablement par la diminution du nombre de micro-organismes (bactéries, virus, cystes), par l'élimination de matières en suspension et colloïdales, et par des changements dans sa composition chimique. Sur la surface du lit se forme une mince couche qu'on appelle "membrane biologique". Cette mince couche superficielle est essentielle pour la FLS puisque c'est là que les processus d'épuration se déroulent.

2.1. Description des éléments de base d'une FLS

Une installation de FLS se compose fondamentalement d'un bassin contenant une couche surnageante d'eau brute, un lit de matériau filtrant et un réseau de drains, et d'un jeu de systèmes de régulation et de commande du filtre (Fig.1).

L'ouvrage d'entrée

En général les fonctions de l'ouvrage d'entrée sont les suivantes :

- assurer une répartition de l'eau brute sur tout le filtre ;
- diminuer l'énergie de l'eau arrivante, de façon à éviter les détériorations de la membrane biologique ;
- assurer la hauteur constante de l'eau surnageante.

La couche d'eau surnageante

Le but principal de cette couche est de fournir la pression d'eau suffisante pour faire passer l'eau brute au travers du lit filtrant. De plus, elle crée un temps de séjour de plusieurs heures pour l'eau à traiter ; durant cette période, les particules peuvent décanter et/ou s'agglomérer, ou être soumises à d'autres processus physiques ou (bio)chimiques,

Le lit de matériau filtrant

En principe, la matière poreuse du lit filtrant peut être n'importe quel matériau stable. Le sable notamment est employé parce qu'il est bon marché, inerte, durable, et qu'il donne d'excellents résultats. On choisit normalement du sable dont la dimension des grains se situe dans la fourchette de 0.15-0.35 mm (parfois il faut le tamiser) et dont le coefficient d'uniformité est inférieur à 2 (bien que jusqu'à 5 ce soit acceptable). Pour le bon fonctionnement du processus d'épuration, il faut prévoir un lit filtrant d'une hauteur minimum de 0,6 mètre.

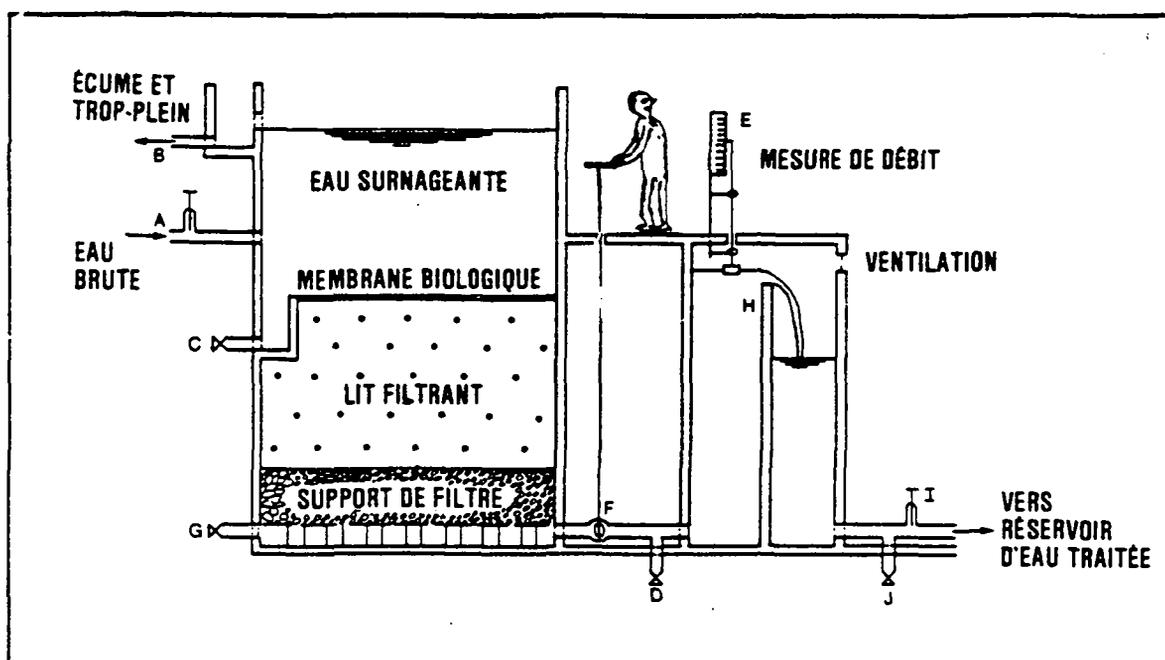


Figure 1 : Eléments de base d'un filtre lent à sable

Le réseau de drains

Ce réseau de drains répond aux buts suivants :

- assurer un passage sans obstacle pour la collecte de l'eau traitée ;
- soutenir le lit du matériau filtrant
- garantir une vitesse de filtration uniforme sur toute la surface du filtre.

Le réseau de drains peut présenter diverses configurations. Quelques-unes sont montrées en figure 2.

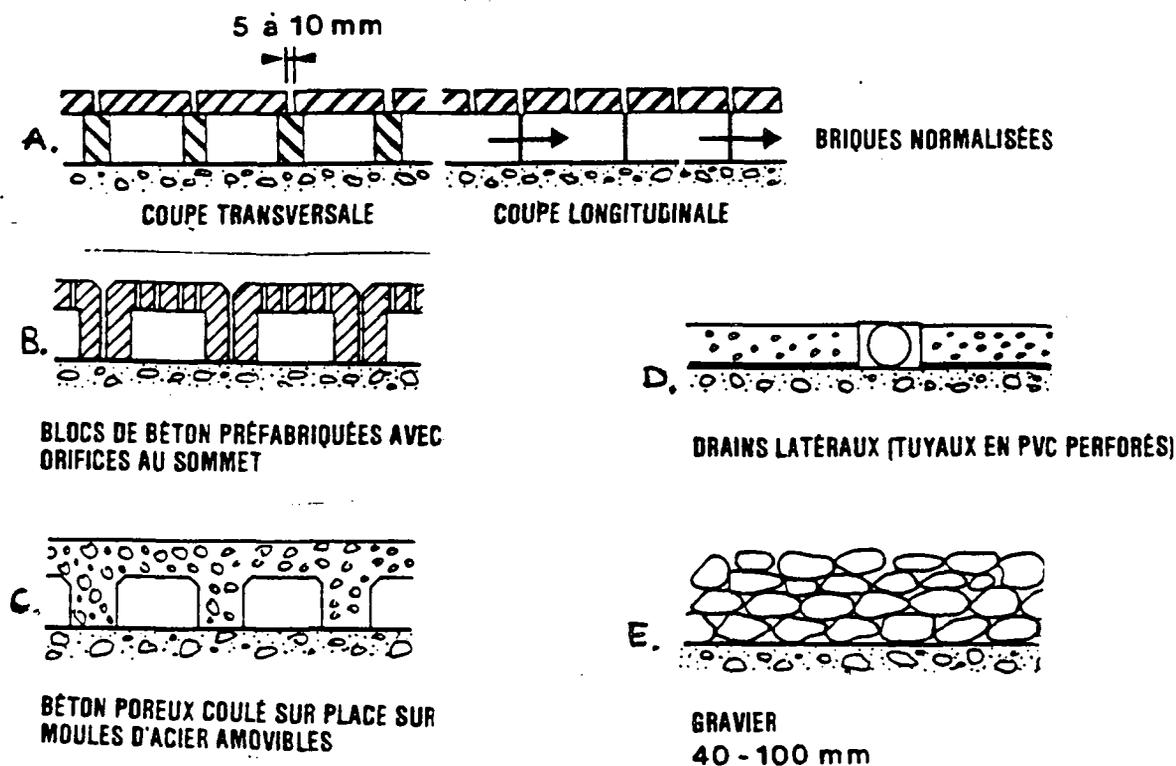


Figure 2 : Quelques réseaux de drains

Dispositifs de régulation

Les opérations les plus importantes à réaliser journalièrement sont :

- amener de l'eau brute dans le filtre et maintenir un niveau constant dans le bassin de filtration
- régulariser la vitesse de filtration (0.1-0.2 m/h). Ceci est l'opération cruciale de la FLS.

L'ouvrage de sortie

Les fonctions de l'ouvrage de sortie sont :

- supprimer les dépressions dans le lit filtrant
- fournir un moyen de mesurer le débit du lit filtrant.

L'ouvrage de sortie des petites stations de FLS se compose habituellement d'une chambre de déversoir standard (fig. 1). La crête du déversoir doit se trouver un peu au-dessus du niveau du lit filtrant. A l'aide d'un flotteur calibré on peut mesurer le débit.

2.2 Principe du procédé d'épuration

L'épuration débute dans la couche d'eau brute surnageante, où les particules plus fines peuvent s'agréger en particules plus grosses par des interactions physiques ou (bio)chimiques.

Le nombre de bactéries va diminuer, et il se produira une certaine réduction des matières organiques, résultant de la consommation par les algues ou d'une oxydation chimique.

L'élimination des impuretés et l'amélioration considérable de la qualité physique, chimique et bactériologique de l'eau brute s'effectue, en majeure partie, dans le lit filtrant et notamment dans la membrane biologique en haut du lit filtrant. Cette membrane est constituée d'une grande variété de micro-organismes très actifs biologiquement (bactéries, protozoaires, bactériophages), qui dégradent les matières organiques, tandis qu'une forte proportion des matières minérales en suspension est retenue par l'effet de tamisage. La zone grouillante de vie où s'accomplissent ces mécanismes d'épuration s'étend jusqu'à 0,4-0,5 m de surface du lit filtrant, mais son activité diminue graduellement au fur et à mesure que l'eau s'épure et renferme moins de matières organiques et d'éléments nutritifs. A une plus grande profondeur dans le lit filtrant, les produits des processus biologiques sont éliminés davantage encore par des processus physiques (adsorption) et une action chimique (oxydation).

Le procédé d'épuration n'agit de manière effective que si on laisse à l'eau un temps de séjour suffisant dans le filtre. C'est pour cela qu'il faut maintenir la vitesse de filtration entre 0,1 et 0,2 m/h. En plus il faut que l'eau ait une teneur en oxygène suffisante, parce que l'activité de la biomasse diminue considérablement si celle-ci tombe à moins de 0,5 mg/l. Ce phénomène peut être évité par une aération de l'eau brute.

Tableau 1 Rendement de filtres lents à sable

Paramètres	Effet épuratoire
Matières organiques	Les filtres lents à sable produisent un effluent limpide, virtuellement exempt de matières organiques.
Bactéries	On peut éliminer de 99 à 99,99 % des bactéries pathogènes ; les cercaires de schistosomes, les cystes et les oeufs sont éliminés à un degré encore plus élevé. <u>E. coli</u> est diminué de 99 à 99,99 %.
Virus	Dans un filtre lent à sable "mûr", les virus sont éliminés de façon virtuellement complète.
Coloration	Diminuée de manière notable.
Turbidité	Des turbidités de l'eau brute de 100 - 200 NTU ne peuvent être tolérées que pendant quelques jours ; une turbidité dépassant 50 NTU n'est admissible que quelques semaines ; la turbidité de l'eau brute devrait de préférence être inférieure à 10 NTU. Pour un filtre correctement conçu et exploité, la turbidité de l'effluent est inférieure à 1 NTU.

Effets des algues sur les filtres

Bien qu'à strictement parler elles ne participent pas au mécanisme de filtration, certains types d'algues peuvent avoir d'importants effets sur le fonctionnement d'un filtre biologique. Ces effets peuvent être bénéfiques ou nuisibles, selon les conditions régnantes, qui peuvent être extrêmement diverses.

Sous l'influence de la lumière solaire, des algues vont se développer, en produisant de l'oxygène utilisable à d'autres fins dans la couche d'eau surnageante et dans le lit filtrant.

Par ailleurs, dans certaines circonstances (climat, qualité de l'eau brute) une prolifération d'un certain type d'algues peut arriver. Les fleurs de ce genre d'algues peuvent provoquer un colmatage rapide du lit filtrant et par conséquent poser des problèmes d'exploitation. La couverture des filtres aide à résoudre ce problème.

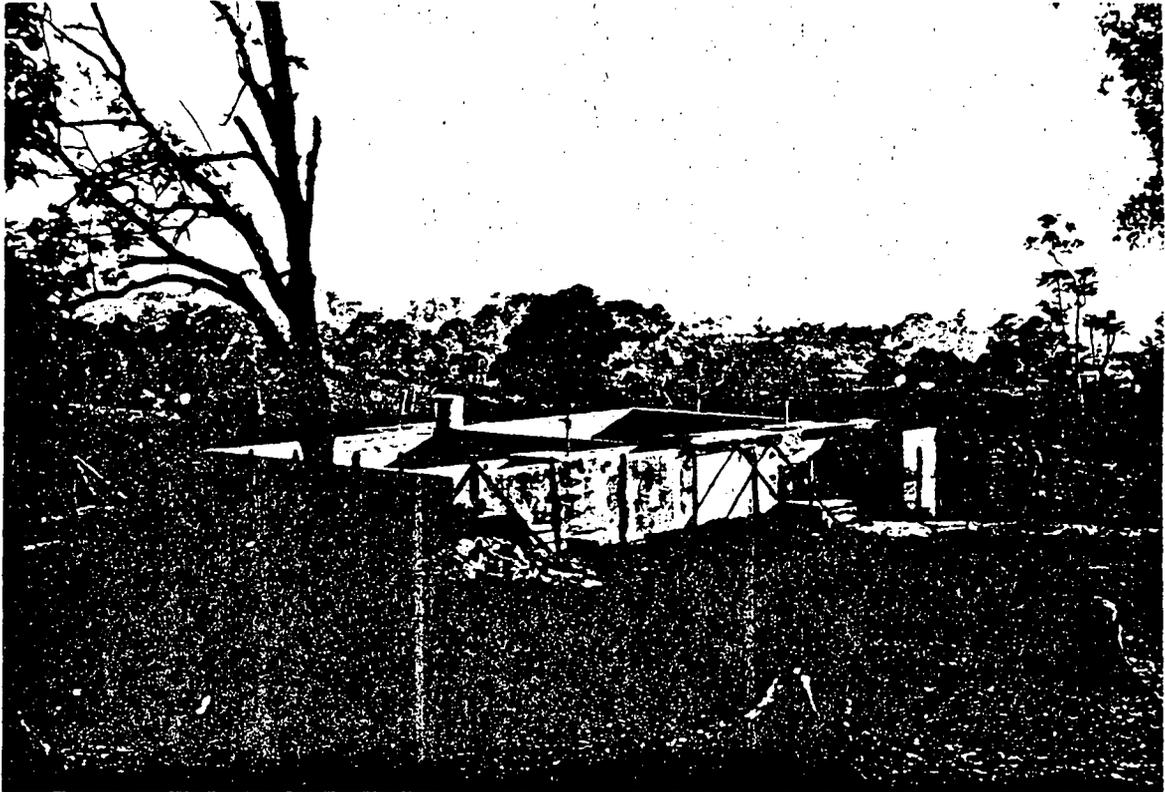


Figure 3 : Filtre lent sur sable, Alto de los Idolos, Colombie, 1982

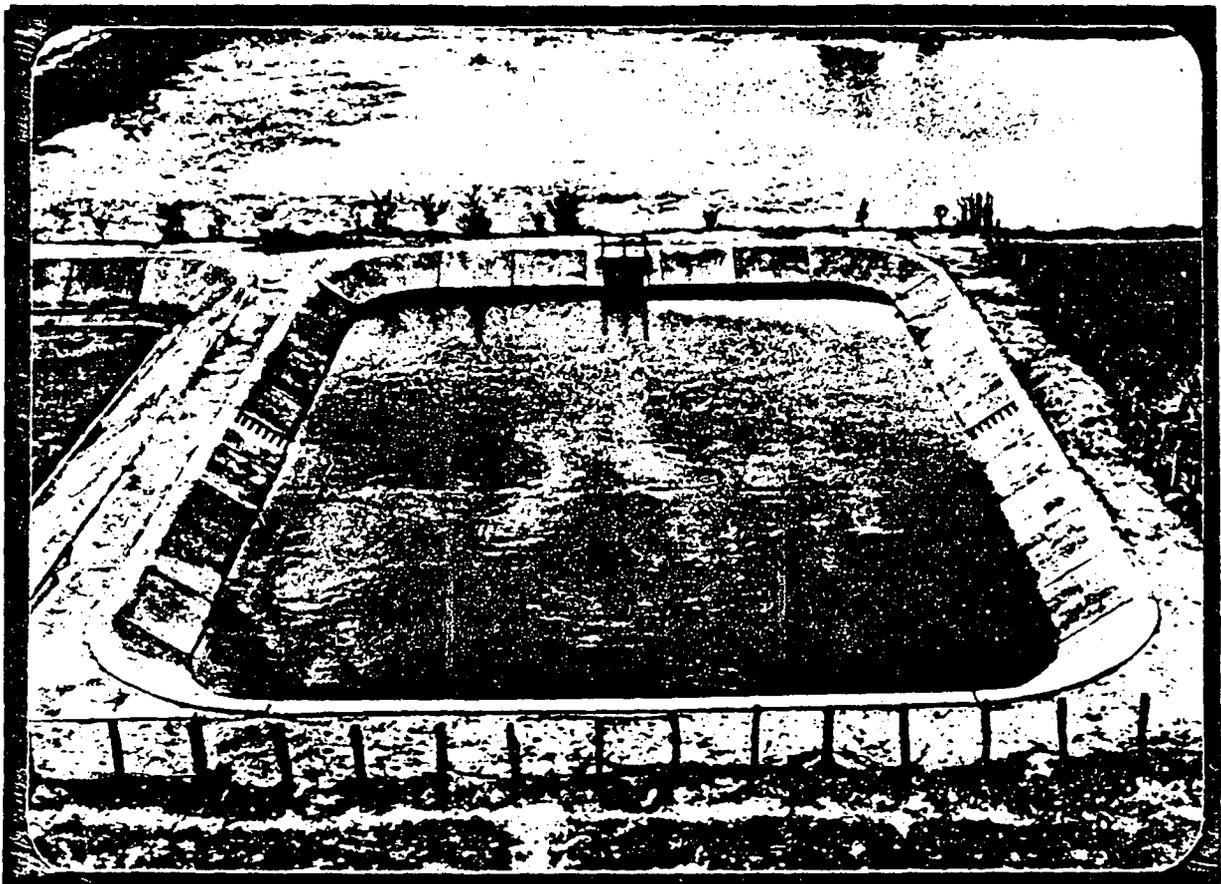


Figure 4 : Filtre à paroi oblique protégée, à Kranuan, Thaïlande

2.3. La construction d'installations de FLS

L'auteur de projet d'un réseau d'alimentation en eau se base sur la théorie que l'installation doit fournir à la population de l'eau de bonne qualité, en quantité suffisante et sans interruption. C'est à lui de transformer cette théorie en une conception réaliste, en tenant compte des circonstances locales. C'est pour cela qu'il doit connaître :

- la quantité d'eau brute disponible et sa fluctuation au cours de l'année ;
- la qualité de l'eau tout au long de l'année ;
- les besoins en eau ;
- les matériaux de construction qu'on peut trouver sur place ;
- la situation et la topographie locale.

En particulier pour la construction d'une station de FLS on peut profiter des matériaux locaux ; pour le lit filtrant il faut du sable et pour la construction on peut choisir différents matériaux. Les matériaux de construction couramment employés sont les agglomérés ou le béton armé, la pierre naturelle ou la brique de maçonnerie. En tous cas il faut s'assurer que le bassin filtrant, le chenal d'effluent et le réservoir de stockage d'eau traitée sont étanches.

2.4. Critères de Calcul

En général, les critères suivants sont applicables :

vitesse de filtration	0,1m/h (0,1-0,2 m/h)
surface par lit filtrant	10-100 m ²
nombre de filtres	2 au minimum
hauteur d'eau surnageante	1 m (1-1,5 m)
hauteur du lit filtrant	1 m initial
hauteur du réseau de drains	0,4 m (0,3-0,5 mm)
spécification du sable	$d_{eff} = 0,15-0,35 \text{ mm}$ coeff d'uniformité = 2-5

D'après la description de ces critères, la hauteur verticale totale doit être d'environ 3 mètres.

2.5. Exemple de calcul

Au moyen d'un exemple, on peut montrer la dimension des filtres à utiliser pour les petits villages.

Considérons un village de 800 habitants, dépourvu de réseau d'alimentation en eau au moyen de bornes fontaines. Estimons une durée de service théorique de 15 ans et un taux annuel de croissance de 3%. Cela veut dire qu'en l'espace de 15 ans, la population estimée est de $1,56 \times 800 = 1250$ personnes. La consommation d'eau, vu le système de bornes fontaines considéré, est évaluée à 30 l par personne et par jour. En incluant les pertes il faut alors calculer 40 l/p/jour. Cela porte la demande d'eau journalière théorique à :

$$1250 \times 40 = 50000 \text{ l/j} = 50 \text{ m}^3/\text{jour}$$

Considérons une marche continue de 24 heures par jour et une vitesse de filtration théorique de 0,1 m/h. Cela nous porte une surface de lit filtrante de

$$50 / (.1 \times 24) = 21 \text{ m}^2$$

Cela veut dire qu'il faut construire 2 filtres de 10,5 m².

3. EXPLOITATION ET ENTRETIEN DE FILTRES LENTS A SABLE

A condition d'avoir été correctement conçu et réalisé, un filtre lent à sable ne demande que des opérations simples pour la routine d'exploitation et d'entretien. Sauf certaines analyses physiques, chimiques et bactériologiques d'échantillons d'eau, toutes les activités d'exploitation et d'entretien peuvent être effectuées par la main-d'oeuvre locale.

3.1. Mode d'exploitation

Une marche continue pendant 24 heures par jour, sans fluctuations de la vitesse de filtration, est favorable pour le processus biologique. Ce mode d'exploitation donne les meilleurs résultats et assure le maximum de production.

Cependant ce mode d'exploitation n'est pas toujours possible (coupage d'énergie, salaire des exploitants). Dans certains cas on peut utiliser le filtre avec une vitesse décroissante. C'est ce qui se passe lorsque l'exploitant ferme la vanne d'arrivée d'eau brute, et arrête les pompes d'eau brute, mais laisse ouverte la vanne de sortie du filtre. La hauteur d'eau surnageante va peu à peu se réduire et par conséquent la vitesse de filtration va diminuer. Après une certaine période il faut rouvrir la vanne d'arrivée d'eau brute pour augmenter le niveau de l'eau surnageante. De cette manière on peut faire fonctionner les filtres pendant une partie de la journée.

Bien que la qualité de l'effluent d'un filtre employé à vitesse décroissante soit un peu moins bonne que celle d'un filtre en exploitation continue, elle est encore acceptable.

Un mode d'exploitation qu'il ne faut jamais employer est la filtration interrompue ! Les expériences ont montré que l'inter-
ruption périodique du processus de filtration provoque une baisse de qualité inacceptable de l'effluent.

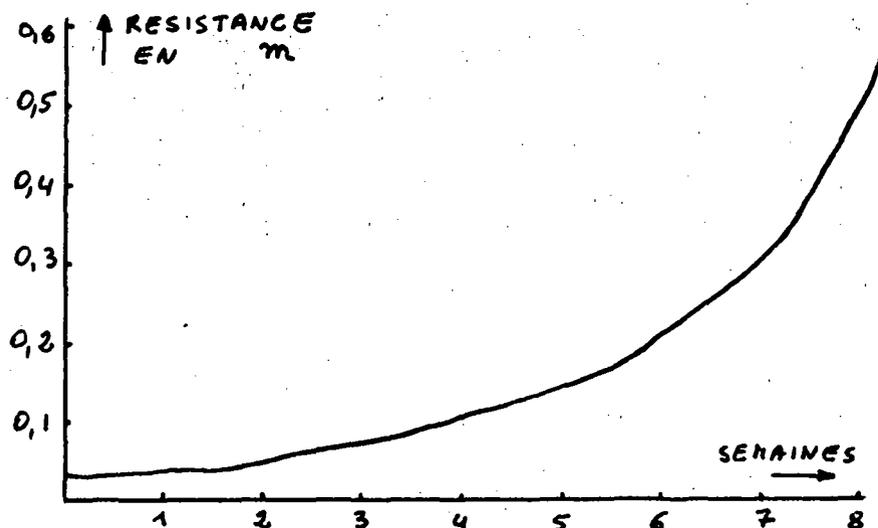
3.2. Le réglage de la vitesse de filtration

La vitesse de filtration est commandée par une seule vanne de régulation sur la canalisation de l'effluent. Au début du fonctionnement du filtre, elle sera partiellement fermée car le lit filtrant n'est pas encore colmaté et par conséquent a peu de résistance. Quotidiennement pendant le fonctionnement, il faut contrôler cette vanne et l'ouvrir un peu plus pour compenser le colmatage du filtre et maintenir constante la vitesse de filtration.

Au début d'une période d'exploitation, l'augmentation quotidienne de la résistance hydraulique est très limitée et n'appelle donc que de légers réglages de la vanne, mais au fil du temps elle s'accélère et demande une ouverture plus importante de la vanne, signalant ainsi la nécessité imminente d'un nettoyage du filtre.

Pour que l'exploitant puisse régler la vanne avec précision, il lui faut disposer d'un moyen de mesure de débit de l'effluent sur la canalisation de sortie.

Figure 5 : Rapports de la résistance hydraulique et du temps



3.3. Première mise en service d'un filtre

Lorsque la construction du filtre est terminée, on charge le lit filtrant avec de l'eau propre prise au fond du filtre, afin d'expulser les bulles d'air contenues dans les interstices du sable.

Lorsque le niveau de l'eau surnageante dépasse largement le haut du lit (0,1 m), on peut admettre l'eau à traiter par l'arrivée d'eau brute, de manière à ne pas influencer la surface du lit filtrant. Au moment où l'eau surnageante atteint le niveau théorique, on ouvre la vanne d'évacuation D, et on fait couler l'effluent dans l'égoût.

Il faut faire fonctionner le filtre pendant quelques semaines, en augmentant graduellement la vitesse de filtration, pour permettre à la membrane biologique de se former; c'est ce qu'on appelle le "processus de maturation".

Après quelques semaines, une période qui dépend de la qualité de l'eau brute et du climat, on peut diriger l'effluent vers le réservoir d'eau traitée.

3.4. Nettoyage du filtre

Lorsque, pendant une période de fonctionnement du filtre, la résistance a augmenté à tel point que la vanne régulatrice est ouverte à fond, il est temps de nettoyer le lit. Cela arrive toutes les quelques semaines ou les quelques mois. Pour nettoyer le filtre, il faut fermer la vanne d'admission de l'eau brute; on fait baisser le niveau de l'eau surnageante en poursuivant le processus de filtration. Quand la vitesse de filtration diminue trop il faut fermer l'admission de l'effluent dans le réservoir d'eau traitée. Ensuite il faut abaisser le niveau de l'eau dans le lit jusqu'à 10 cm. Dès que la surface de lit est assez sèche pour être manipulée, il faut commencer le nettoyage. La membrane biologique et les deux premiers centimètres du lit sont alors enlevés au moyen de pelles. Une fois les produits de raclage enlevés, il faut régulariser la surface de lit. Les bactéries sont d'autant moins perturbées et la période de rematuration d'autant moins longue que le lit est nettoyé plus rapidement. La suite des opérations à effectuer pendant la période de rematuration est la même que celle de la première mise en service du filtre. Par ailleurs la période de rematuration est plus courte. Lorsque le nettoyage se fait rapidement, une période de un ou deux jours est suffisante.

Recharge en sable

Après plusieurs années de fonctionnement (20-30 nettoyages) l'épaisseur du matériau filtrant sera tombée à son niveau minimal (0,70 m) et il faudra ajouter du matériau neuf ou lavé, afin de ramener le lit à sa hauteur initiale. Le nouveau matériau devra être placé sous l'ancien matériau, qui sera déjà un peu colmaté (fig. 6).

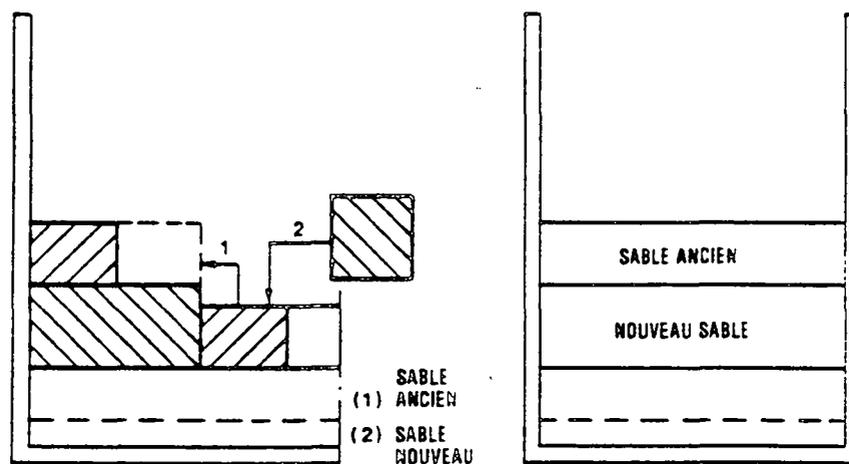


Figure 6 : Le processus de resablage; opération de "retournement"

3.5. Les dossiers

Il faut tenir des dossiers même dans une petite station de FLS, parce qu'ils donnent des informations essentielles sur :

- le fonctionnement de la station de traitement ;
- les problèmes qu'on doit résoudre tout de suite ou à long terme.

Le détail et la forme des dossiers tenus dépendront de la situation sur place. Les données fondamentales d'enregistrement sont marquées au tableau 2.

Tableau 2 Les dossiers fondamentaux

-
1. Qualité de l'eau brute ;
 2. Régime de l'approvisionnement en eau brute ;
 3. Nettoyage de la prise d'eau ;
 4. Fluctuation de niveau de l'eau surnageante et de la perte de charge ;
 5. Vitesse de filtration ;
 6. Date de chaque nettoyage (début et fin des opérations) ;
 7. Quantité d'eau distribuée ;
 8. Qualité de l'eau traitée.
-

Les analyses des échantillons

Dans beaucoup de petites stations, les analyses bactériologiques quotidiennes sont impossibles. De plus, les analyses chimiques régulières posent des problèmes.

Toutefois, il faut insister pour que des analyses complètes d'échantillons d'eau soient exécutées au moins une fois par an, bien qu'on puisse apprendre à l'exploitant à pratiquer lui-même un test de turbidité.

4. PRETRAITEMENT

La filtration lente sur sable est une méthode efficace pour éliminer les matières organiques et les organismes pathogènes. Elle constitue donc un traitement particulièrement adéquat pour les eaux de surface renfermant des quantités indésirables d'impuretés. La turbidité des eaux superficielles peut cependant imposer des limites au rendement de filtres lents à sable, de sorte que bien souvent, il est nécessaire de pratiquer un prétraitement ; l'eau brute avec une turbidité moyenne supérieure à 10-20 NTU nécessite un tel prétraitement. Quelques exemples de prétraitement efficaces sont :

Figure 7 Station de préfiltration horizontale au Thaïlande (3)

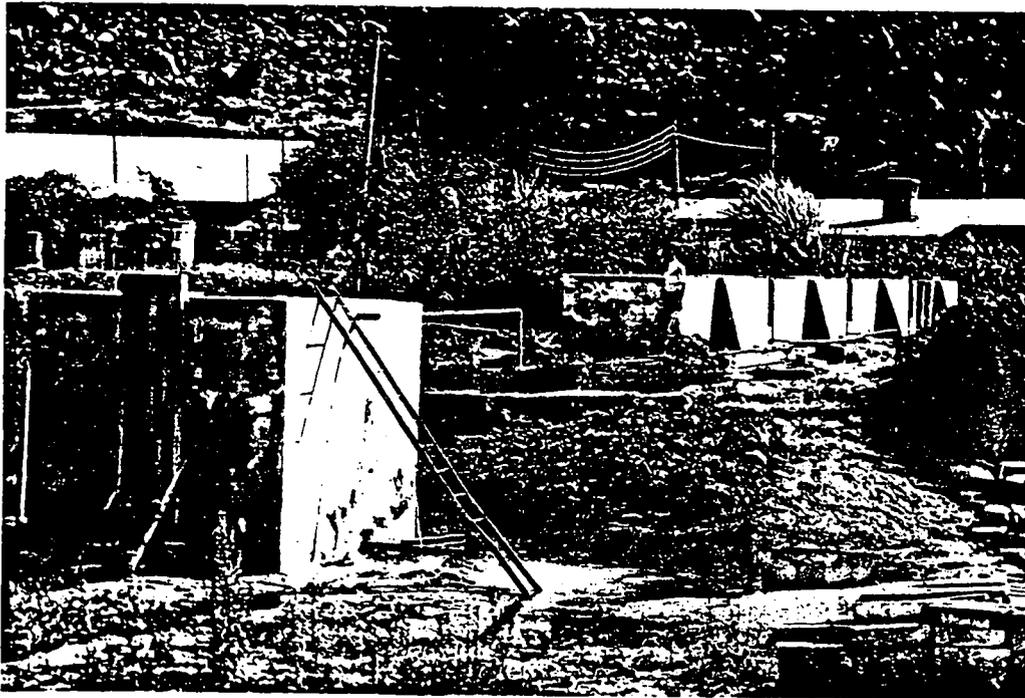
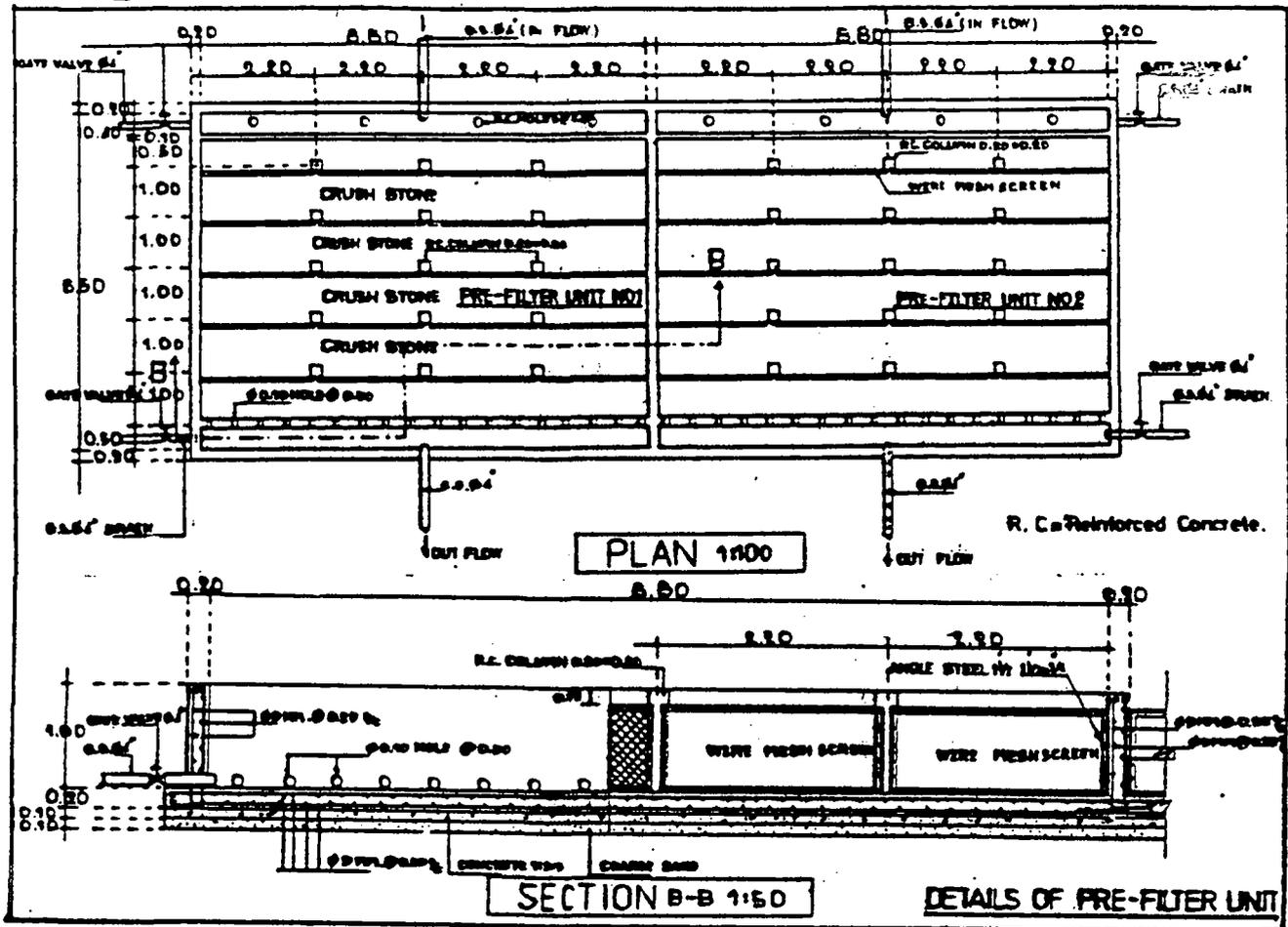


Figure 8 Station de préfiltration pilote à Iringa au Tanzanie (Université Dar-Es-Salaam)

Filtration par le lit de la rivière

Cette méthode de prétraitement est très efficace. Dans les installations de filtration par le lit de la rivière il faut une couche filtrante de graviers et de gros sable. La vitesse de filtration que l'on peut appliquer est de 5-10 m/h.

Décantation simple

Par un stockage de l'eau on peut réduire la turbidité. Dans un bassin de décantation le temps de séjour doit être suffisamment long pour permettre aux solides en suspension de décanter. Pour le calcul de ce temps de séjour il faut se baser sur les échantillons de tous les régimes de la rivière.

Préfiltration à circulation horizontale

Les résultats des études à l'échelle du laboratoire et en station pilote sur la préfiltration à circulation horizontale sont très intéressants. Ils montrent une réduction importante de la turbidité. L'arrivée d'eau brute est placée à l'une des extrémités du bassin et la sortie, à l'extrémité opposée. En s'écoulant, l'eau traverse diverses couches de matériaux calibrés. Les vitesses de filtration convenables sont de l'ordre de 0,4-1 m/h. La disposition d'une station pilote en Thaïlande et d'une autre à Iringa, en Tanzanie sont montrées en fig. 7 et 8.

BIBLIOGRAPHIE

ALIMENTATION EN EAU DES COMMUNAUTÉS RURALES
Banque Mondiale, 1976

Ativon, K.L.
RECHERCHES SUR L'AMÉLIORATION DES TECHNIQUES DE COLLECTE ET DE
STOCKAGE SUR L'AMÉLIORATION DE PLUIE - Rapport de Synthèse
CIEH, 1979

Buaseemuang, S. and Saipetch, A.
STATUS REPORT ON SLOW SAND FILTRATION PROJECT IN THAILAND
PWWA, Thailand, 1980

van Dijk, J.C. and Oomen, J.H.L.M.
LA FILTRATION LENTE SUR SABLE
Série des documents techniques No. 11
Centre International de Reference, Rijswijk, 1982

Heijnen, H.
OPERATION AND MAINTENANCE OF SSF PLANTS
Centre International de Reference, Rijswijk, 1982

Hoffman, L. and Heijnen H.
DES TECHNIQUES ALTERNATIVES D'ASSAINISSEMENT A BAS PRIX
Centre International de Reference, Rijswijk, 1981

Huisman, L. and Wood W.E.
LA FILTRATION LENTE SUR SABLE
L'OMS, Genève, 1975

INTERIM REPORT ON SLOW SAND FILTRATION RESEARCH PROJECT
PWWA, Thailand

Lahaya, J.P.
L'APPROVISIONNEMENT EN EAU DU MILIEU RURAL EN AFRIQUE OCCIDENTAL ET
CENTRAL
CIEH, Ouagadougou, 1981

SSF FOR COMMUNITY WATER SUPPLY IN DEVELOPING COUNTRIES
Bulletin 16,
IRC, Rijswijk, 1980

Visser, J.T.
BASIC GUIDELINES FOR OPERATION AND MAINTENANCE OF SLOW SAND FILTRATION
PLANTS IN RURAL AREAS OF DEVELOPING COUNTRIES
IRC, Rijswijk, (under production)

White, A.T.
COMMUNITY PARTICIPATION IN WATER AND SANITATION; Concepts, Strategies
and methods
Technical Paper 11
IRC, Rijswijk, 1981

LISTE DES ORATEURS

ANIS Sam - Institut de Médecine Tropicale - Kronenburgstraat, 43 -
2000 Antwerpen - Belgique.

BARTIER Jean-Claude - A.I.D.R. - Division Hydraulique - rue du
Commerce, 20 - Bte 9 - 1040 Bruxelles - Belgique.

BESSELINK Jos - Deurningstraat, 13 - 7557 HA Hengelo - Pays-Bas.

BRUFFAERTS Jean-Claude - CEPAZE - 18, rue de Varenne - 75007 Paris -
France.

CHLEQ Jean-Louis - Rue Jacques Dulud - 92200 Neuilly-sur-Seine -
France.

Mission Catholique de TITAO - Province du Nord - TITAO - Haute-Volta.

de BEER Suzette - Frères des Hommes - rue de Londres, 16 - 1050
Bruxelles - Belgique.

DUPRIEZ Hugues - 13, rue Laurent delvaux - 1400 Nivelles.

DE LENEER Philippe - 13, rue Laurent delvaux - 1400 Nivelles. Belgique.

GAY Bernard - I.T.D. - Institut Technologie DELLO - Le Moulin Rouge -
60410 verberie - France.

PELIGRY Pierre - C.E.E. - DG8 - Division Hydraulique - Rue de la Loi, 200
1049 Bruxelles - Belgique.

PLATBROOD Fernand - Visite des ateliers à Couvin.

Allée des Rossignols, 12 - 6070 Châtelet - Belgique - Tél. : 071/38.07.05.

TEUN VISSCHER Jan - I.R.C. - B.P. 5500 - 2280 HM, Rijswijk - Den Haag. N.L.

TYTGAT Jean-Luc - Rue des Volontaires, 24 - 5800 Gembloux - Belgique.

VAN MEEL Joop - SWD - c/o P. Smulders - W. et S. 1.47 - Technische
Hoogschool - N.L. Eindhoven.

LISTE DES PARTICIPANTS

AGANI Sébastien - 4, rue de la reine Henriette - 92700 Colombes
France.

ANCIS René - B.P. 521 Kazanga - Zaïre - c/o C.S.P.

BARETTE Gabriel - 41, rue du Meunier - 7760 Dottignies.

BRUFFAERTS Jean-Claude - CEPAZE, 18, rue de Varenne - 75007 Paris -
France.

CAREME Claude - B.P. 82, 7100 EL KEF - Tunisie.

CATOIR Michel - 98, rue de Marchienne - 6418 Gozée.

DAGELINCKX Didier - 1, rue de la Procession, 1331 Rosières St. André.

DEBAECKE Alain - 90, rue Middelbourg - 1170 Bruxelles.

DELAUNOIT Robert - B.P. 3436 - Kinshasa Gombé - Zaïre.

DE RAEVE Robert - B.P. 1873 - Bujumbura - Burundi.

DEBREMAECKER - B.P. 19, Bunia - Zaïre.

DOS SANTOS João - 9, rue Poitevine - 34000 Montpellier - France.
Rua João Cordeiro, 2201, 60.000 Fortaleza - CEARA -
Brasil.

DOYEN André - c/o Ambassade de Belgique - B.P. 524 - Dakar - Sénégal.
c/o Mr. R. Collin - 101, rue Albert 1er - 6780 Wolkkange.
Belgique.

FOSSET Jean-Pierre - B.E.R. - Bujumbura - Burundi.

GASPAR Silvio - Faculté Agronomique - 5800 Gembloux.

GODDING Elisabeth - 15 B2, Avenue du Grand Cortil - 1348 Louvain-la-
Neuve.

GOUBAU Bernard - B.P. 19 - Bunia - Zaïre.

HULLEBROECK Marc - Villa la Hutte, rue Internationale des Montagnés -
Ifrance - Maroc.

HUON Jean-Marie - B.P. 44 - D.R.C. 6 Gao - Mali.

JADIN Jo - B.P. 4548 - Kinshasa II - Zaïre.
52, Stud, 5220 Andenne.

- JONGMANS Denis - Rue de la Magnée 169 - 4623 Fléron - Belgique.
- LANCELOT Maurice - B.P. 8571 - Kinshasa 1 - Zaïre.
- LANDING Niassy - Villa n° 22 HLM Sass. - Dakar - Sénégal.
- LEROY Christian - B.P. 30 - Lisala - Zaïre.
- LOECKX Philippe - Cx.P.7 - 47520 Ibotirama-Ba - Brasil.
- MAHIN Lucien - Rue de Zagora, 3 - Appartement 10 - Rabat - Maroc.
- MEWWIS André - B.P. 3294 - Kinshasa - Zaïre.
- MERZ Régine - B.P. 30 - Lisala - Zaïre
245, rue E. Ronveaux - 5350 Ohey.
- MONTULET Robert - B.P. 6235 - Dakar Etoile - Sénégal.
- NOEL Jean-Claude - B.P. 11.206 - Kinshasa 1 - Zaïre.
- ROOMAN Benny - B.P. 9205 - Kinshasa 1 - Zaïre.
- RO TSAERT Marc - Clos des Gilles 14, l'Hocaille - 1348 Louvain-la-Neuve.
- SCHMITZ Pierre - B.P. 81 - Kigali - Rwanda.
- SERVAIS André - 22, rue Farida et Leïlo, Tahadoun - Rabat - Maroc.
- SIBOUT Vincent - B.P. 515 - Nouakchott - Mauritanie.
- SIDRIM José - 9, rue Poitevine - 4ème étage - 34000 Montpellier - France.
rua Conselheira Tristão 661 - Fortaleza - Bairro de Fatima - Ceará - Brasil.
- SINDANI Komanda - 41, rue Edmond Delcourt - 1070 Bruxelles. Belgique.
- VAN DER AUWERA Luc - Bermenlaan 46 - 2610 Wilrijk.
- VAN HOVE Adrien - B.P. 60 - Lisala - Zaïre.
245, rue E. Ronveaux - 5350 Ohey - Belgique.
- VAN LOOIJ Jan - Cité C.I.L. n° 3 - Rabat Aviation - Maroc.
Tweelingenstraat, 66 - B. 2000 Antwerpen.
- VROONEN Louis - 15, avenue Brunard - 1180 Bruxelles.
- WIELS Romain - ITAU Butembo - Via Goma - Zaïre.