





EFFACER PAGE D'ACCUEIL AIDE PRÉFÉRENCES

rechercher sujets titres a-z organisations comment



ETENDRE REDUIRE
DÉTACHER SOMMAIRE TEXTE

 Métiers de l'eau du Sahel - Eau en terres en fuite (Terres et Vie, 1986, 126 pages)

- ➔  (introduction...)
-  Introduction
- Première partie: Eau et terres en fuite?
- Deuxième partie: L'érosion du sol par l'eau de pluie
- Troisième partie: Lutter contre l'érosion pour que vivent les villages
- Quatrième partie: Extraire l'eau du sol
- Cinquième partie: Stocker l'eau en surface
- Sixième partie: S'organiser pour l'action
-  Dans la collection Terres et Vie

Métiers de l'eau du Sahel - Eau en terres en fuite (Terres et Vie, 1986, 126 pages)

Jean Louis Chleq
Hugues Dupriez

Editions **TERRES ET VIE**
rue Laurent Delvaux, 13, 1400 Nivelles, Belgique.

ENVIRONNEMENT AFRICAIN - ENDA
BP 3370, Dakar, Sénégal.

L'HARMATTAN
7, rue de l'Ecole Polytechnique, 75005 Paris, France.

En couverture: le gabionneur et le foreur. Pièces en cuivre réalisées à la cire perdue par un artisan de Titao.

Ce livre a été réalisé avec la collaboration de Fernand Platbroodt, Philippe De Leener, Gilberte van Caneghem et Rosa Micus.

Imprimerie Havaux

Nivelles - Belgique
© Terres et Vie
Dépôt légal D/1984/3319/1
2^e tirage 1986
IBSN 2-87105-001-5

Introduction

Chaque année, des centaines de villages sahéliens et soudaniens attendent anxieusement la pluie. Lorsqu'elle survient, au bout d'une longue impatience, elle s'enfuit à peine tombée, entraînant avec elle le meilleur de la terre.

Avec le sol qui s'en va, volé par l'eau pressée, c'est le désert qui s'avance: celui des plantes, celui des animaux, celui des hommes.

Le dernier à quitter le pays, c'est l'homme, vieilli par l'effort, épuisé par le rude combat qu'il mène pour tirer sa nourriture de ce qui lui reste de sol, découragé par l'exode des meilleurs de ses enfants.

Tout cela est-il inéluctable? Ne peut-on rien y changer?



Photo

Les pluies sont rares au Sahel. Elles ne tombent que durant trois ou quatre mois de l'année, souvent de façon irrégulière et tumultueuse. L'homme ne peut rien y faire. Par contre, il n'est pas impuissant lorsqu'il s'agit de retenir, de préserver, d'utiliser avec précaution l'eau de pluie tombée sur sa terre. Son intelligence, son travail, ses outils, sont à même d'emprisonner l'eau et le sol à proximité du village, de forcer l'eau à pénétrer la terre au bénéfice des plantes, de la mettre en réserve pour en disposer durant les périodes sèches, de garder au village les argiles et les limons fertiles.

Bien souvent, lorsqu'en fin d'hivernage les récoltes sont achevées, les villages sahéliens entrent en léthargie: ils vivent au ralenti. Les jeunes s'en vont pour le temps de la saison sèche, espérant trouver du travail dans une ville lointaine, laissant au village les vieux parents et les tout jeunes enfants. Peut-être reviendront-ils avec le nouvel hivernage, peut-être aussi resteront-ils définitivement au loin, découragés par la rudesse de la vie rurale trop dépendante à leurs yeux d'un climat difficile et d'une agriculture trop peu productive.

Le développement des "métiers de l'eau" dont nous allons parler est l'une des voies qui permettent à des jeunes gens de trouver un emploi utile au village, en particulier durant les saisons sèches. Ces métiers n'exigent pas de grands moyens. Ils peuvent être pratiqués dans le cadre villageois, en fonction des besoins de l'agriculture et de l'élevage. Ils sont particulièrement efficaces car, dès qu'il y a de l'eau, la vie est active sous le soleil et sur la terre sahélienne.

Voilà donc l'objet de ce livre: des métiers à caractère artisanal, centrés sur les problèmes de l'eau, peuvent prendre une place importante dans le contexte des villages du Sahel. Ils sont une source directe et indirecte de revenus: source directe pour les artisans qui les pratiquent, source indirecte pour les agriculteurs et les éleveurs qui profitent des ressources en eau constituées sur leurs terres grâce aux conseils et aux travaux de leurs artisans.

De plus, l'activité entreprise pour résoudre les problèmes de l'eau offre fréquemment des moments forts dans la vie sociale d'un village, durant les périodes creuses de la saison sèche. Construire un micro-barrage, voir jaillir l'eau d'un forage, organiser la lutte anti-érosive, surcreuser un "bouli", distribuer l'eau équitablement à chaque maraîcher sur les jardins de contre-saison, sont autant d'événements qui rompent la monotonie de la vie rurale. De même, les artisans qui fabriquent des gabions à partir du fil de fer, qui confectionnent les parpaings nécessaires au creusement d'un puits, qui construisent une pompe, qui réalisent un forage manuel, etc ..., ouvrent les voies d'un savoir utile pour le monde rural, savoir qu'ils maîtriseront de plus en plus et qui, lui-même, sera source d'expériences et de connaissances nouvelles.

Ce livre est écrit à partir d'une longue expérience humaine dans le Sahel voltaïque: celle d'une collaboration étroite entre des villageois, des artisans et des techniciens. Ensemble, ils ont recherché sur le terrain les solutions aux problèmes posés par la fuite des eaux, par son utilisation et par son exploitation. Les techniques qu'il présente sont limitées; il en existe bien d'autres dont on peut trouver le détail par ailleurs. Ce qui frappe dans l'expérience du Groupement des Artisans Ruraux du Yatenga (G.A.R.Y.), c'est l'évolution progressive de la formation professionnelle dans le cadre villageois.

Les métiers de l'eau dont nous allons parler sont nés d'une demande villageoise et c'est petit à petit qu'ils ont été développés et maîtrisés avec les moyens disponibles. La formation professionnelle part de l'expérience vécue et s'intègre dans l'environnement physique, économique et humain. Il ne s'agit pas de transférer des "paquets technologiques" tout faits et de forcer l'esprit des hommes de métier à s'adapter, mais bien de négocier petit à petit, avec la mentalité des professionnels en herbe, des notions techniques et des savoir-faire de plus en plus perfectionnés.

C'est donc dans un contexte d'ouverture globale qu'il faut lire ce livre. Les aspects techniques, parfois très précis, qui y sont décrits n'ont de sens que s'ils sont bien intégrés dans la réflexion du professionnel de l'eau et de son partenaire villageois. En d'autres termes, ce livre n'est pas fait pour être lu par les seuls techniciens, il est fait pour amorcer une discussion fructueuse entre ceux-ci et les partenaires villageois concernés. Si cette discussion est amorcée, les solutions techniques en naîtront: celles qui sont proposées ici, ou d'autres qui seront suggérées par elles.

Ajoutons enfin que ce livre est destiné à ceux qui n'attendent pas que le ciel leur envoie, outre la pluie, l'argent et les machines nécessaires pour que vive leur village.



Photo

Première partie: Eau et terres en fuite?

L'eau se trouve en abondance sur la planète: dans les mers et les océans, dans les lacs, dans les rivières et les ruisseaux; on la trouve aussi dans le sol, dans les plantes et les animaux et enfin, dans l'air sous forme de vapeur.

Si l'on considère l'ensemble de la planète, on peut dire que la quantité totale d'eau que l'on y trouve est constante. Mais cette eau est inégalement répartie entre les régions. Certains lieux sont constamment recouverts par les eaux (océans, mers), d'autres n'en reçoivent jamais ou presque jamais (déserts), d'autres enfin sont arrosés plus ou moins abondamment et régulièrement: ils sont soumis au va et vient de l'eau. Intéressons-nous un moment à ce va et vient.

Chapitre 1: D'où vient l'eau? Où va-t-elle?

Le cycle de l'eau vu sur un plan général

On peut trouver l'eau sous trois formes différentes: l'eau liquide, la vapeur d'eau et la glace. Sous les climats tropicaux, on ne trouve pas de glace dans la nature. Par contre, on trouve l'eau sous forme de liquide et de vapeur.

L'eau sous sa forme liquide s'écoule toujours de haut en bas: les gouttes de pluie tombent, l'eau d'un ruisseau descend les pentes de la montagne, l'eau qui stagne sur le sol s'infiltré petit à petit en profondeur. L'eau liquide est transformée en vapeur d'eau sous l'effet de la chaleur. La vapeur s'élève dans l'air jusqu'à former des nuages. Ils se forment en hauteur, dans les couches d'air froid, et contiennent aussi bien de la vapeur d'eau que des gouttelettes d'eau liquide. Lorsque les gouttelettes grossissent par suite du rafraîchissement de l'air, elles deviennent les gouttes de pluie qui retombent sur le sol.

Il y a donc **trois mouvements essentiels de l'eau**: sous sa forme liquide, elle **tombe ou s'écoule** de haut en bas; sous forme de vapeur, elle **s'élève** de bas en haut. C'est la chaleur ou le froid qui créent ce mouvement en faisant passer l'eau de sa forme liquide à sa forme évaporée, ou inversement. L'eau **se déplace** aussi **latéralement**. Elle s'écoule à la surface du sol, dans les ruisseaux, les rivières et les fleuves parfois très longs qui, tous, aboutissent à la mer. Elle se déplace également avec l'air, sous l'effet des vents: nous le voyons aisément lorsque nous observons le passage des nuages.

Ces observations nous permettent de figurer d'une façon très générale ce qu'on appelle le **cycle de l'eau**, c'est-à-dire le mouvement sans fin de l'eau entre le ciel et la terre (**figure 1**).

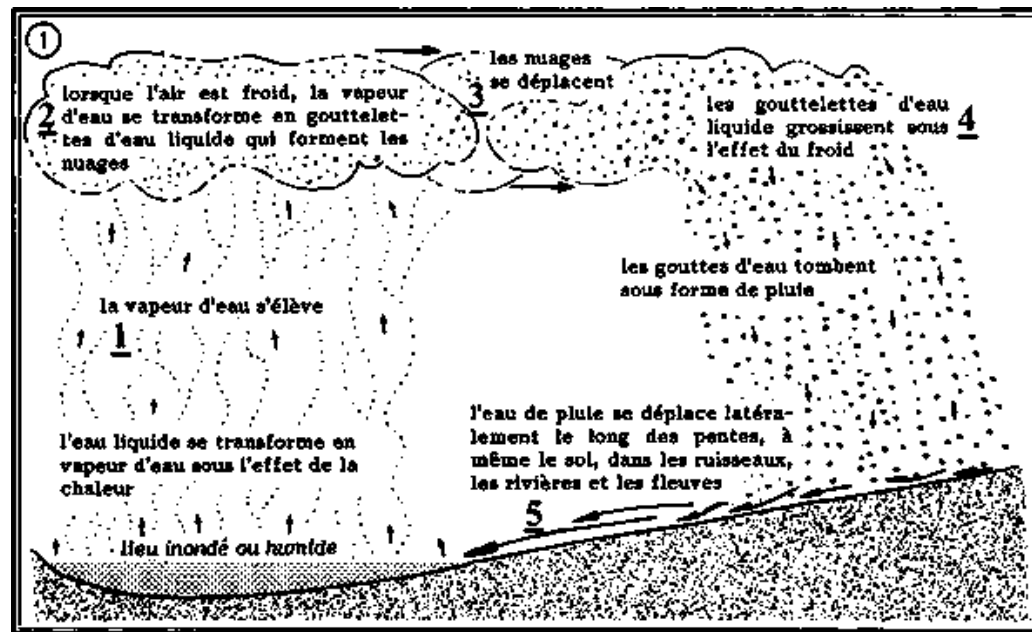


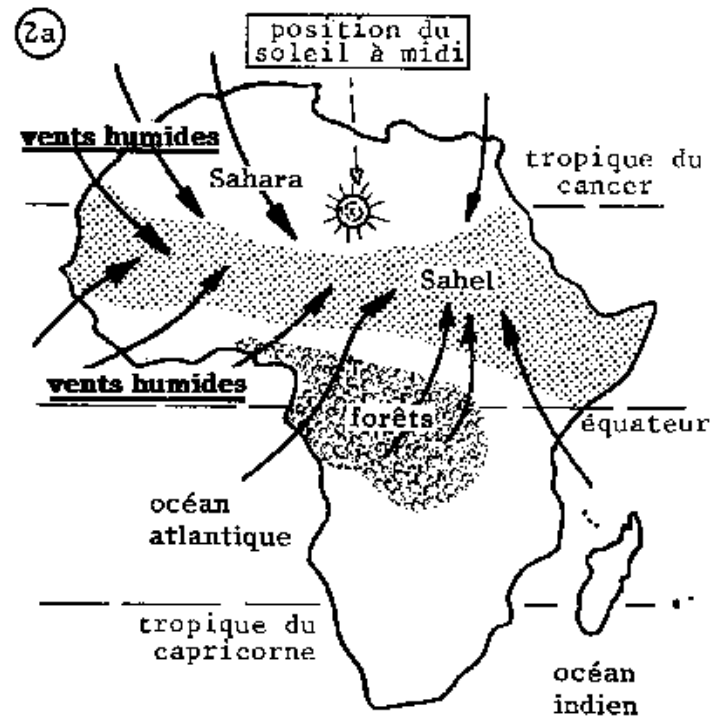
Figure 1: le cycle général de l'eau

Où que nous soyons sur la terre, la pluie prend toujours naissance dans des lieux inondés ou humides, là où l'eau peut s'évaporer abondamment. Ces lieux sont les océans, les lacs, les marais, les forêts.

En Afrique, les grandes forêts tropicales et équatoriales jouent un rôle très important dans l'évaporation. Les plantes de ces forêts puisent l'eau dans le sol et l'évaporent activement dans l'air par les mécanismes de la transpiration. Pour une même surface de terre (un hectare par exemple), la quantité d'eau évaporée dans l'air lorsqu'il y a une abondante végétation est largement supérieure à celle qui est évaporée s'il n'y a pas de végétation. C'est pourquoi on dit que la présence des forêts est favorable à la pluviométrie.

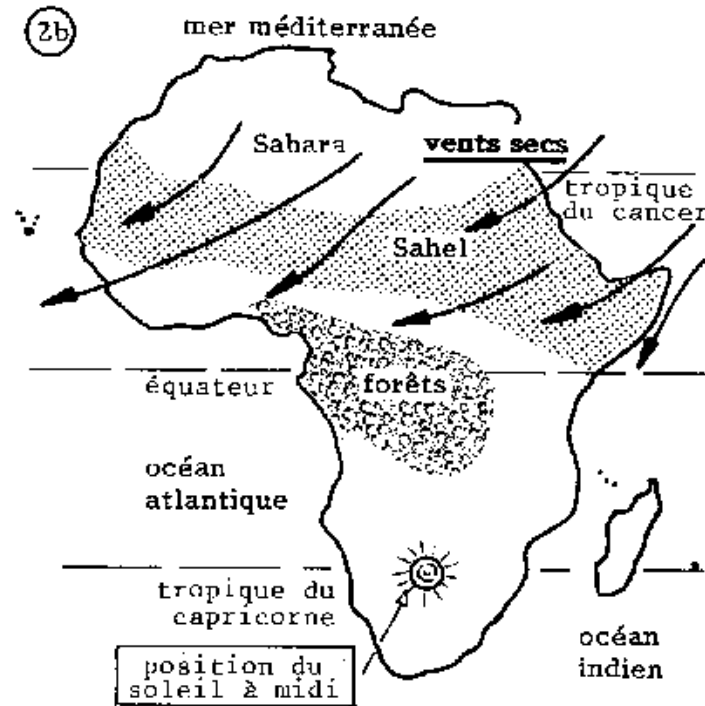
Lorsque les forêts disparaissent, l'eau qui se trouve en profondeur du sol, dans les nappes aquifères, ne s'évapore plus faute de plantes pour la puiser activement. A ce moment, les pluies ne proviennent plus des forêts proches, mais bien d'endroits distants où l'eau s'est accumulée: principalement des océans.

Pour que l'eau évaporée au-dessus des océans vienne tomber sous forme de pluie au-dessus des terres du Sahel, il faut que les vents et les températures soient favorables. Les vents doivent être dirigés des océans vers le continent. L'air entraîné vers le continent s'élève et se refroidit dans le ciel pour former les nuages de pluie. Ce mouvement se produit lorsque le soleil est au zénith et qu'il chauffe fortement les régions sahéliennes. Cela se passe durant les trois à quatre mois d'hivernage. Ensuite, le mouvement de l'air est inversé: il va de la terre vers les océans, entraînant avec lui toute la vapeur d'eau qu'il peut arracher au sol, à la végétation, aux mares et aux lacs: c'est l'harmattan. Le va et vient des vents humides et secs provoqué par les mouvements du soleil est représenté sur les **figures 2a et 2b**.



durant l'hivernage, le soleil s'approche du tropique du cancer. Il attire avec lui les vents humides provenant de l'océan atlantique et des régions de forêts équatoriales et tropicales (ce sont les moussons). Des nuages pluvieux peuvent se former en hauteur.

Figure 2a: la saison des pluies (hivernage) au Sahel (de juin à septembre)



durant la saison sèche, le soleil s'est éloigné vers le tropique du capricorne (sud de l'Afrique). Les vents humides sont remplacés par des vents secs et chauds (harmattan), provenant des déserts du Sahara et d'Arabie. Plus aucune pluie ne tombe sur le Sahel.

Figure 2b: la saison sèche (d'octobre à juin)

Les mouvements de la vapeur d'eau dépendent tous de la température qui règne dans l'air et au sol. Cette température elle-même dépend de la position du soleil: la nuit, le soleil est absent, il fait frais, l'évaporation est réduite; en plein midi, le soleil brille de tous ses feux, l'évaporation est intense là où il y a de l'eau. Au moment de l'hivernage et surtout dans les semaines qui précèdent les premières pluies, la température est élevée de jour comme de nuit: l'évaporation est forte. Les premières pluies rafraîchissent l'air ambiant et la terre. En saison sèche, le soleil paraît plus lointain, ses rayons frappent avec moins d'ardeur une terre de plus en plus pauvre en eau; ils ne sont plus assez forts pour faire monter la vapeur d'eau dans les couches d'air froid où elle pourrait se transformer en gouttelettes de pluie.

Le cycle de l'eau est un phénomène gigantesque: l'homme ne peut ni le maîtriser, ni le modifier globalement. Par contre, **il peut agir localement, là où il se trouve**, pour profiter au mieux des mouvements de l'eau provoqués par le climat.

Une remarque cependant: si l'homme est incapable de maîtriser les forces du climat, il est, par contre, capable de modifier les lieux autour desquels se forme le climat. C'est le cas par exemple lorsqu'il détruit inconsidérément les forêts, ou qu'il brûle sans raison les savanes, sans les remplacer par de nouveaux paysages dont l'efficacité est comparable, sur le plan climatique et écologique, à celle des paysages naturels.

Les mouvements de l'eau vus sous l'angle local

Pour l'homme de terrain, ce sont les mouvements locaux de l'eau qu'il est le plus important d'observer et de connaître. C'est de cette connaissance que naissent les idées qui transformeront les terres villageoises. Voyons donc ce qui se passe localement, à l'échelle de quelques villages ou d'une petite région arrosés par des pluies saisonnières.

Pour cela, nous ne pouvons nous contenter d'observer ce qui se passe en un point de la surface de la terre: nous devons aussi la parcourir de long en large et la fouiller en profondeur. La **figure 3** nous suggère l'essentiel de ce que nous pourrions observer en procédant ainsi.

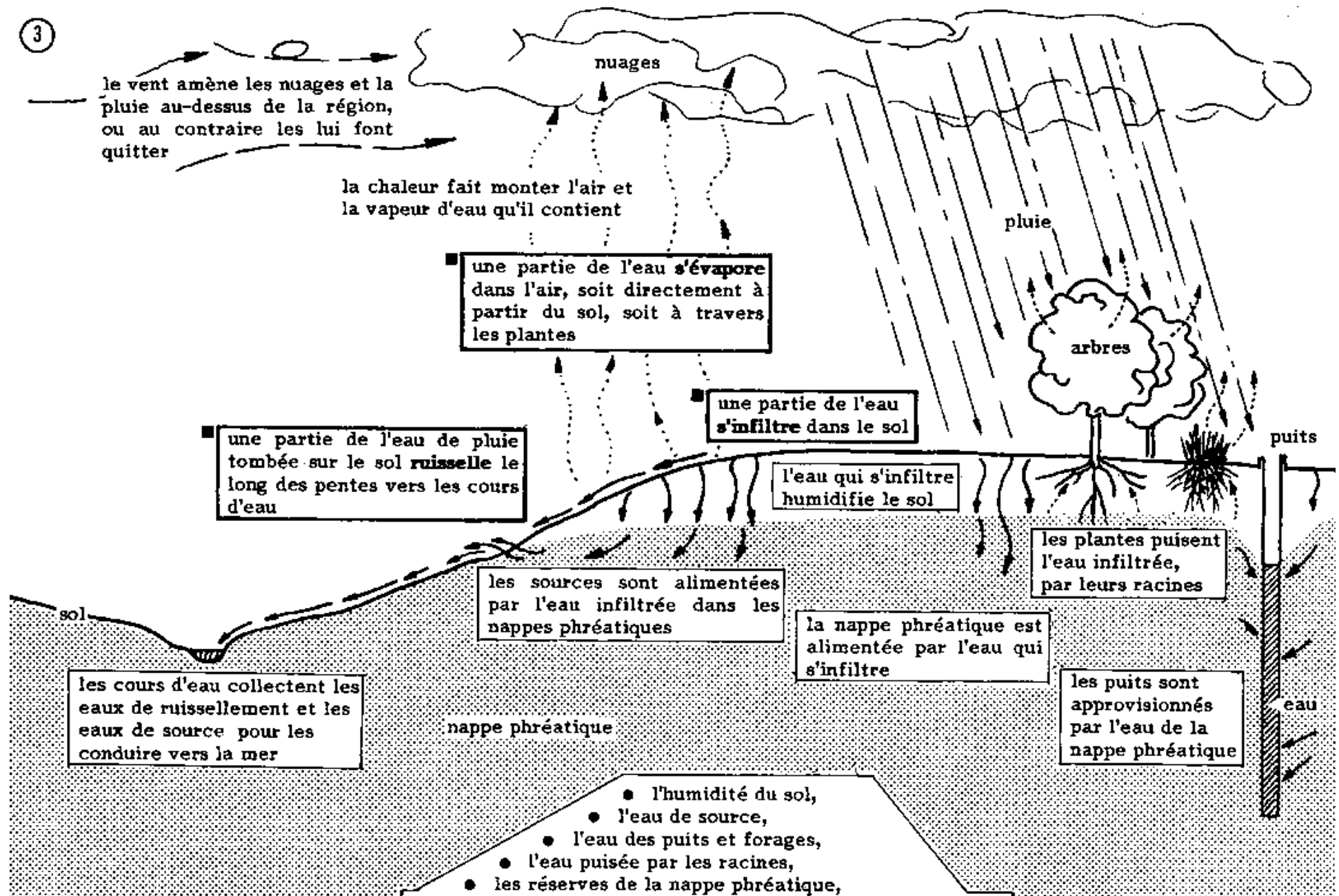


Figure 3: les mouvements de l'eau sur le terroir villageois

S'il ne peut modifier la température de l'air, la force et la direction des vents, l'abondance et la fréquence des pluies, **l'homme peut par contre agir sur trois points essentiels: le ruissellement, l'infiltration et, dans une moindre mesure, l'évaporation.**

En fait, c'est sur la lutte contre le ruissellement que l'homme doit concentrer ses efforts, car arrêter le ruissellement de l'eau le long des pentes, c'est l'obliger à s'infiltrer dans le sol ou à s'évaporer; c'est l'empêcher de quitter le pays vers une destination lointaine.

Les **figures 4 et 5** nous montrent deux situations très différentes, dont nous retiendrons quelques points essentiels: dans les régions où il pleut peu, le ruissellement est une catastrophe, car il écarte du terroir les faibles ressources en eau de pluie qu'il reçoit. **Ruissellement, inondation et sécheresse marchent ensemble: inondation dans les vallées, sécheresse sur les terres de plateau et le flanc des collines, sécheresse même sous le lit des rivières fugaces. Infiltration de l'eau dans le sol, verdure de la végétation, régularité du débit des sources et des rivières, humidité de la terre et bonne alimentation des puits et des forages sont une autre famille, beaucoup plus bienfaisante pour la vie rurale.**

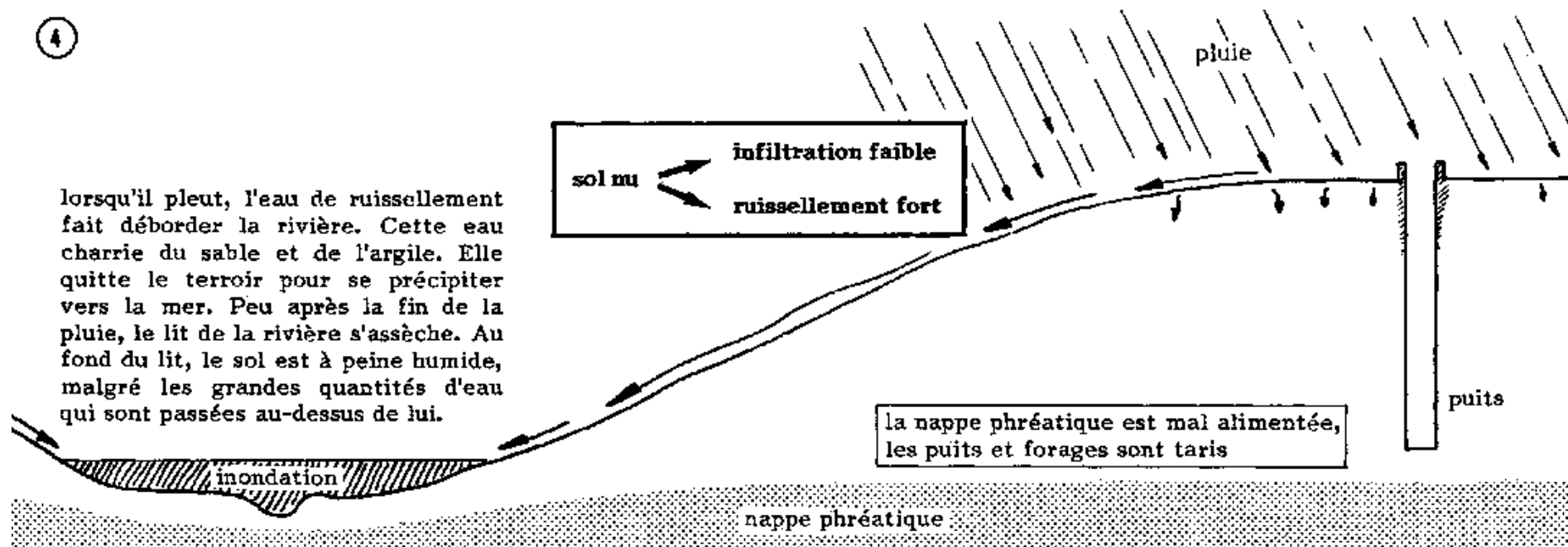


Figure 4: 1er cas: l'eau de pluie ruisselle entièrement

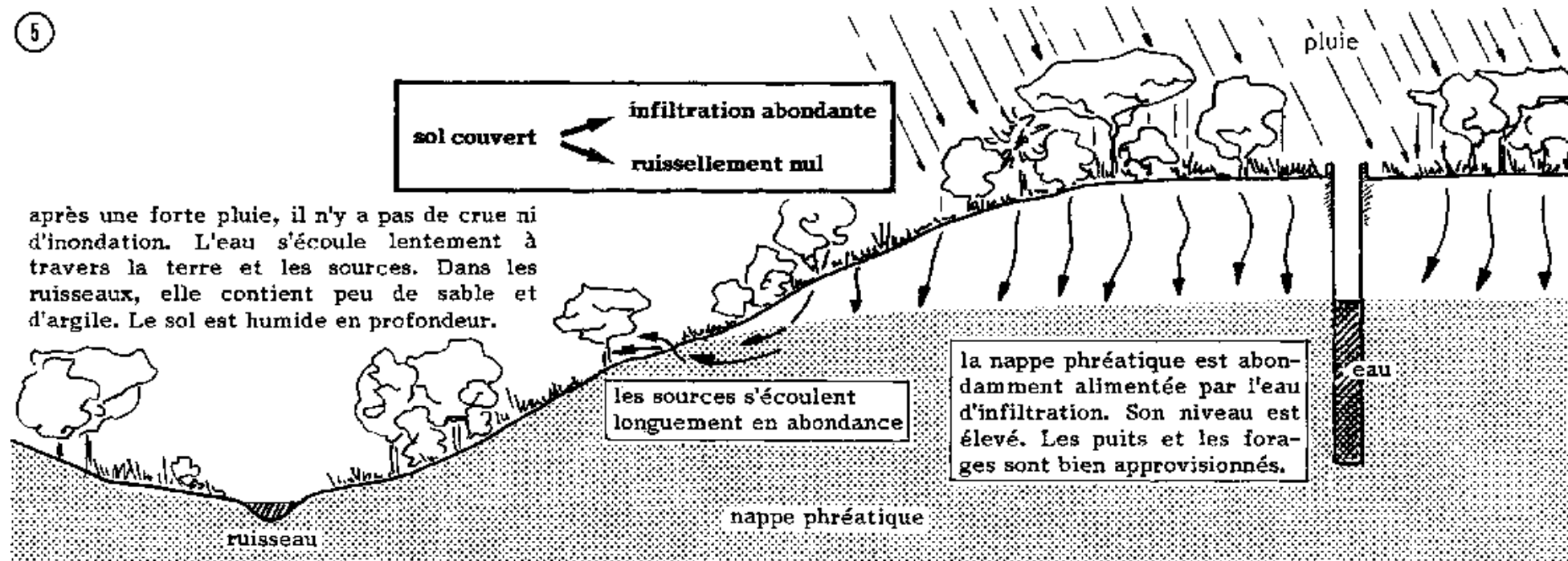


Figure 5: 2ème cas: l'eau de pluie s'infiltré entièrement

Chapitre 2: D'où provient le sol?

Le sol est la matière meuble et friable que l'on trouve à la surface de la terre. Il est composé d'un mélange de cailloux, de graviers, de sable, de limon et d'argiles. Les cailloux et graviers sont les parties les plus grossières du sol, les argiles sont les particules les plus fines. Les sels minéraux, qui sont la nourriture des plantes, sont contenus dans les différentes fractions du sol qui viennent d'être citées; ils sont également dissous dans l'eau du sol.

Il est nécessaire de bien faire la distinction entre le sol proprement dit, dans lequel les plantes peuvent enfoncer leurs racines (parfois jusqu'à de très grandes profondeurs), et la roche dure sur laquelle repose le sol meuble et dont les gros morceaux sont parfois mélangés au sol meuble. On l'appelle la **roche-mère**.

Le sol meuble peut naître de deux façons différentes

- il peut naître sur place, par suite de la décomposition de la roche-mère sous l'effet du climat et des êtres vivants;
- il peut être formé dans les bas-fonds par l'apport de particules de sol arrachées ailleurs par l'eau ou par le vent.

Le sol peut être formé sur place

La **photo 6** a été prise dans une carrière de pierres. Nous y distinguons bien la roche et le sol meuble. En bas, la roche est peu fissurée. Au milieu, les fissures sont de plus en plus nombreuses. En haut, on trouve de nombreux cailloux mélangés à la terre plus foncée.

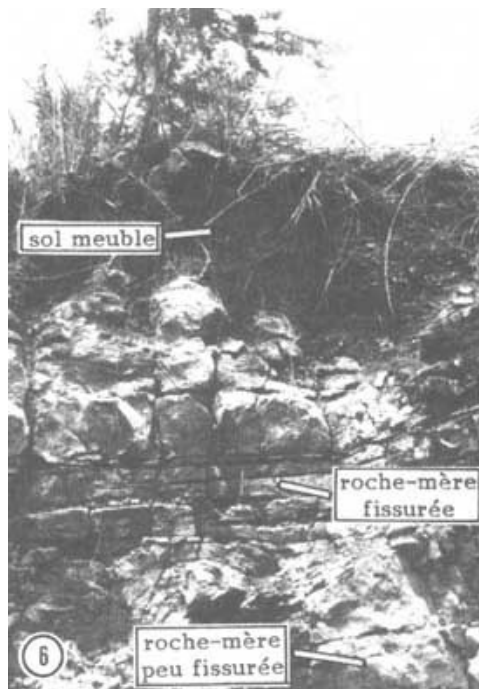


Figure 6

La roche-mère se décompose lentement:

- **l'eau** de pluie s'infiltré chaque année dans les fissures et la dissout;
- **la chaleur** peut provoquer des éclats (nous connaissons l'utilisation du feu pour briser les pierres dans les carrières);
- **les racines** des plantes et des micro-organismes s'insinuent dans les fentes de la roche et y exercent leur force.

De plus, les déchets de tout ce qui a vécu sur ce lieu se sont accumulés au-dessus de la roche.

L'enfentement d'un sol à partir d'une roche-mère est un phénomène qui peut prendre des milliers d'années. Sa **destruction** par contre peut survenir en quelques années

seulement, en particulier lorsque le ruissellement violent de l'eau emporte la couche de sol formée au-dessus de la roche-mère.

La formation d'un sol sur place ne peut se faire que dans les lieux protégés contre la force du vent et le ruissellement des eaux de pluie. C'est le cas lorsque la terre est recouverte par une végétation assez dense de savane ou de forêt, comme indiqué sur la **figure 5**.

Le sol peut être formé par suite de l'accumulation des particules déplacées par le vent ou le ruissellement

Lorsque la roche-mère est décomposée en particules de plus en plus fines et que la surface du sol est dénudée, **le vent et l'eau se mettent à transporter ces particules: c'est le phénomène d'érosion: érosion hydrique** lorsqu'elle provient de l'eau, **érosion éolienne** lorsqu'elle est provoquée par le vent.

Parlons en premier lieu de l'érosion éolienne.

Lorsque souffle l'harmattan, l'air est poussiéreux. Parfois se développent des tourbillons ou des vents de sable tellement puissants que l'on se couvre pour ne pas être piqué par les grains de sable. Les particules de sol sont emportées là où le vent est le plus puissant et déposées là où le vent se calme. La **figure 7** nous montre comment cela se passe.

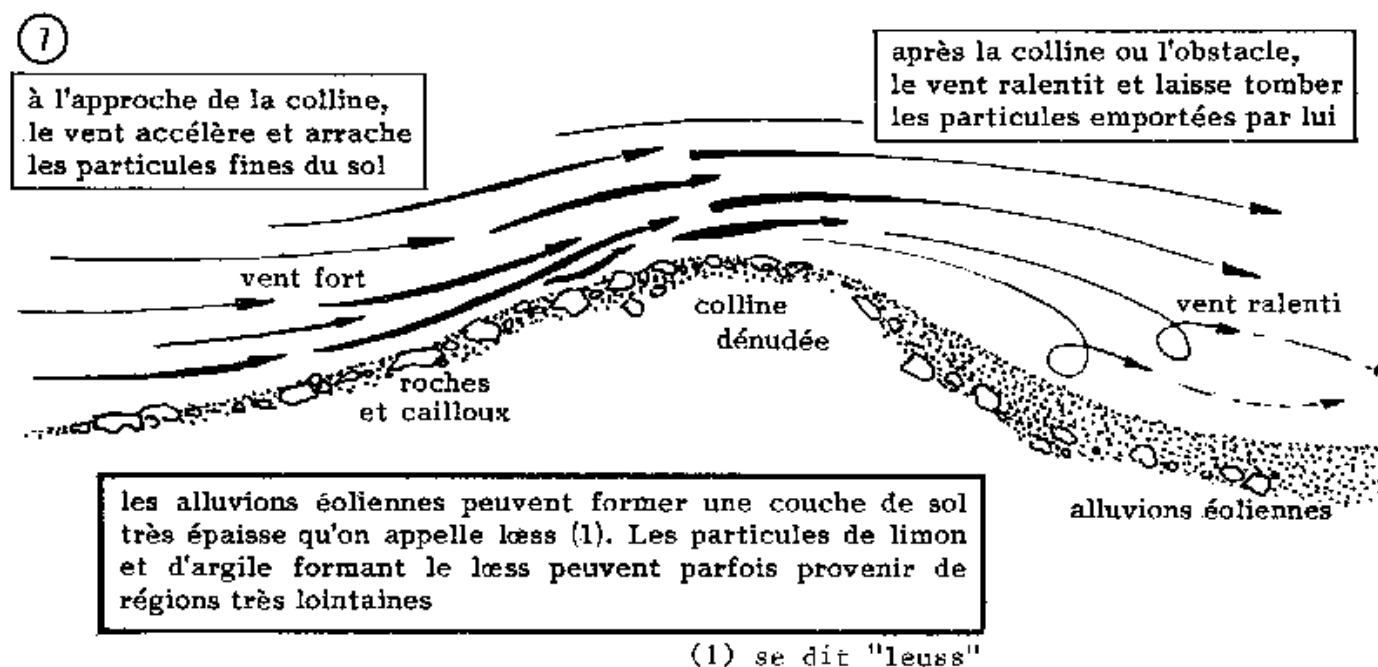


Figure 7: formation d'un sol par suite d'érosion éolienne

Sur la face de la colline soumise au vent fort, on trouve une forte proportion de cailloux, de graviers et de gros sable. Derrière la butte, là où le vent se calme, la proportion de particules fines de sable, limon et argiles est plus grande à la surface du sol. On ne trouvera les cailloux et graviers qu'en fouillant les couches de particules fines accumulées.

A l'avant, là où le vent frappe la butte ou la colline, le sol disparaît petit à petit. Au contraire, à l'arrière de la butte, le sol s'épaissit par suite du dépôt des particules arrachées à l'avant. Ce sol épaissi, constitué de particules fines, est plus riche que le sol caillouteux qui se trouve à l'avant.

Ce que nous venons d'expliquer se passe aussi bien sur de courtes que sur de longues distances. Même en dehors de périodes venteuses, il est possible d'observer l'existence de l'érosion éolienne. La **photo 8** nous montre une terre sableuse soumise à ce type d'érosion.

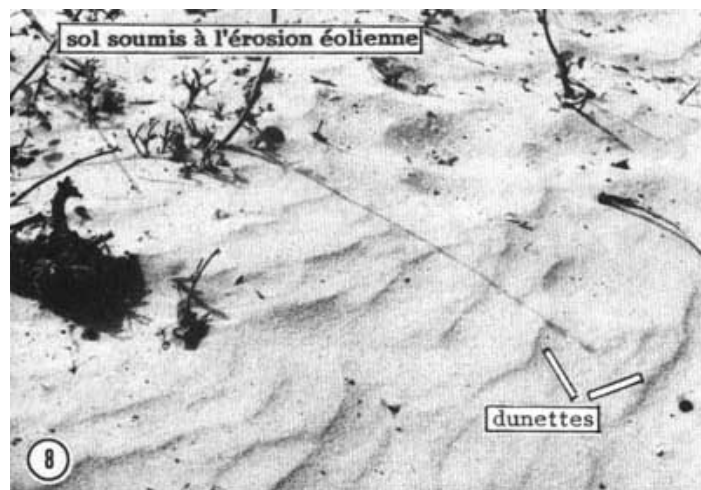


Figure 8

L'érosion éolienne se manifeste encore d'une autre façon. Les grains de sable entraînés rapidement par le vent frappent les roches et les cailloux comme de petits marteaux. Ces chocs très nombreux participent à la décomposition des roches plus grosses. Les fins éclats provenant de ces roches finissent eux aussi par être emportés par le vent. Il en résulte que, petit à petit, millimètre par millimètre, le sommet des collines s'abaisse et le relief du paysage s'aplanit.

Ce que nous venons de décrire est en fait ce qui s'est passé depuis fort longtemps au Sahel: le vent a raboté petit à petit les collines et a recouvert la région d'épaisses couches de dépôts éoliens. La terre y est donc riche, le plus souvent, mais il manque d'eau pour exploiter cette richesse.

L'érosion hydrique

L'eau est également une grande transporteuse de sol; comme le vent, elle arrache les particules les plus légères, là où elle s'écoule puissamment, pour les déposer ailleurs là où elle se calme.

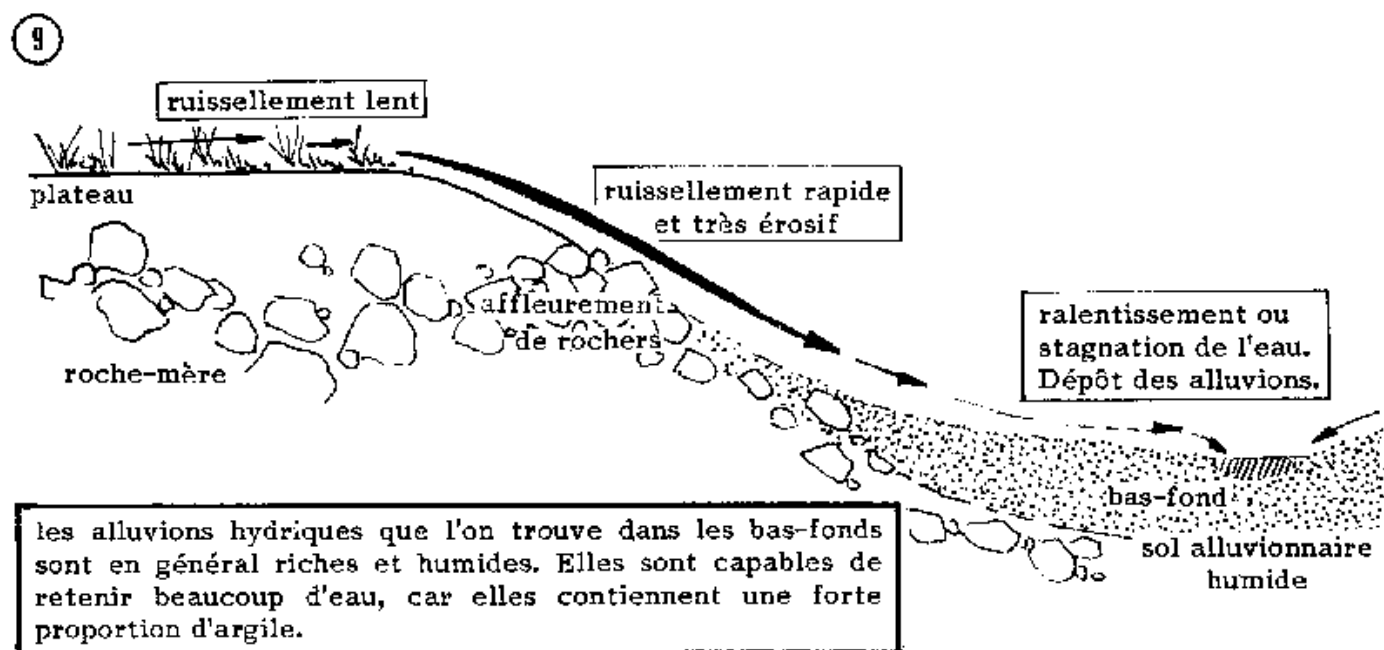


Figure 9: érosion par l'eau et dépôt d'alluvions hydriques

Nous pouvons faire deux observations dans ce sens. La première peut être faite en visitant une colline dénudée (**figure 9**). Le choc des gouttes de pluie et le ruissellement de l'eau arrachent les particules fines du sol sur le plateau et le long des pentes. Ces particules sont déposées dans les bas-fonds lorsque l'eau a perdu de sa vitesse. Lorsque la pente du bas-fond est très faible ou que celui-ci est fermé par un barrage naturel ou artificiel, l'eau peut stagner à proximité de la surface.

La **photo 10** nous montre un bas-fond au cours de l'hivernage. L'eau affleure en surface.

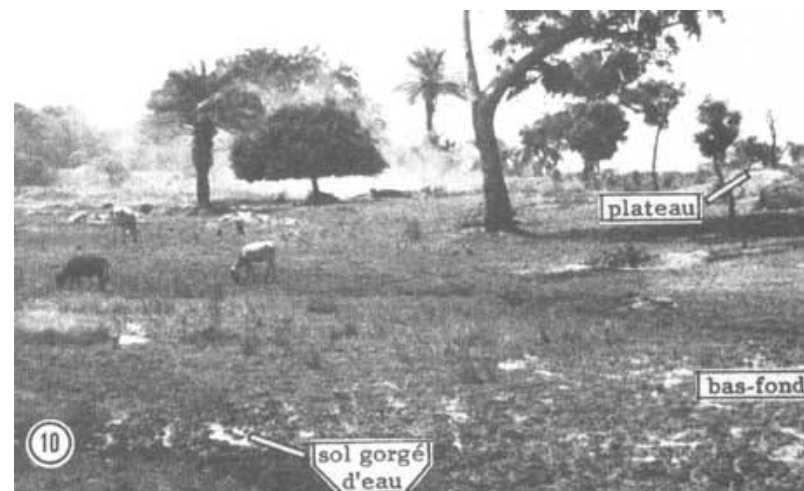


Photo 10

Durant la saison sèche, il ne faut pas creuser profondément pour trouver de l'eau (**photo 11**).



Photo 11

La deuxième observation peut être faite dans une ravine ou un marigot (**figure 12**). Là où le lit se rétrécit, la vitesse de l'eau augmente. Elle frappe violemment la berge à l'avant en lui arrachant les particules de sable et d'argile. Après le rétrécissement, elle se répand en largeur et se calme. Sur les côtés, en aval du rétrécissement, elle dépose une partie des particules arrachées aux berges, en amont. Ce dépôt est appelé **alluvions**.

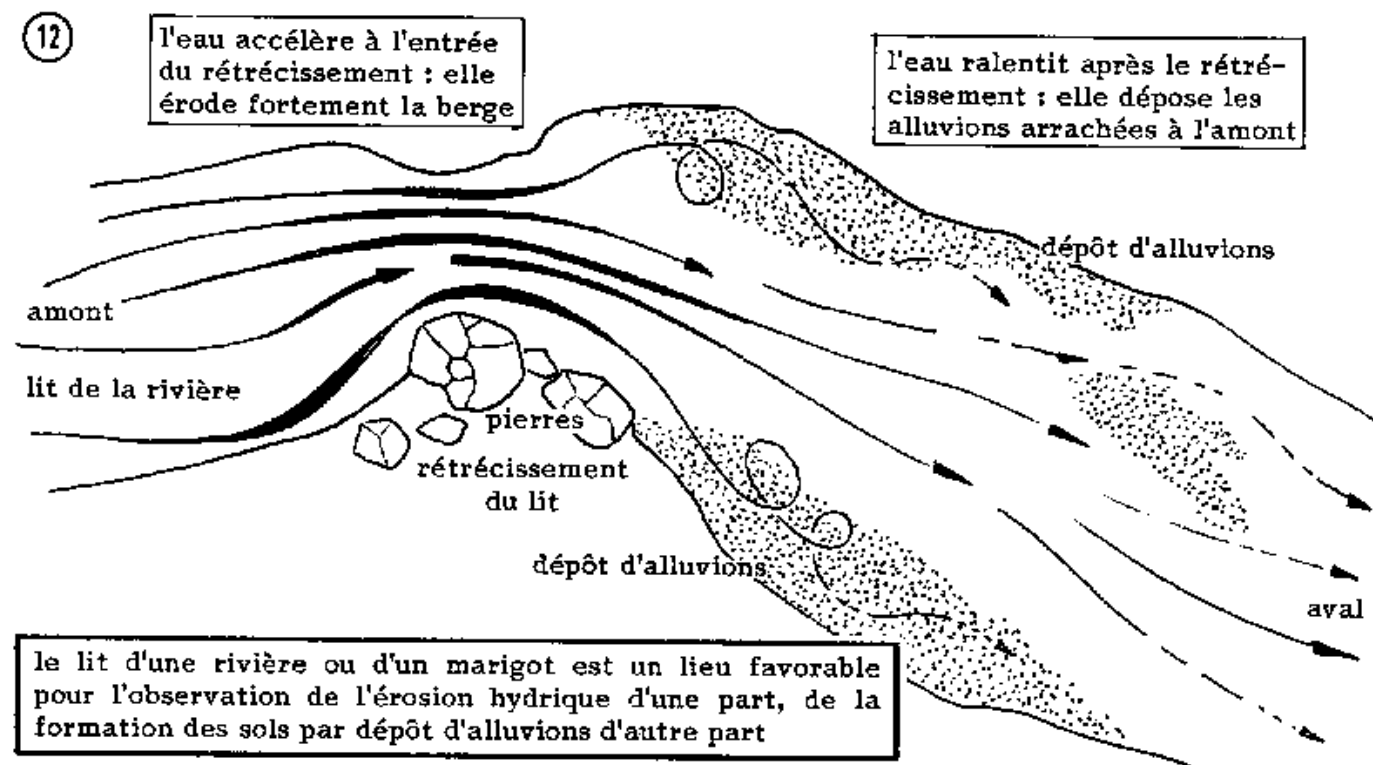


Figure 12: dépôt d'alluvions hydriques dans le lit d'un cours d'eau

La **photo 13** nous montre des alluvions hydriques. Elles ont été déposées par l'eau de ruissellement après que celle-ci eut été ralentie par des touffes d'herbe. Ces alluvions composées de limon et d'argile sont intéressantes pour l'agriculture. Encore faudrait-il qu'elles soient fixées sur place et qu'elles ne soient pas à la merci d'un nouveau mouvement de l'eau.



Photo 13

Nous venons de distinguer deux grands types de sols: ceux qui sont fournis sur place à partir de la décomposition d'une roche-mère, et ceux qui sont formés par des dépôts d'alluvions hydriques et éoliennes.

Dans l'un et l'autre cas, **lorsque l'érosion s'installe, le sol quitte les champs. Il y a donc appauvrissement de l'agriculteur.** L'appauvrissement par suite de la perte ou du gaspillage du sol est plus grave que l'appauvrissement par la fuite des eaux. En effet, l'eau peut revenir chaque année au moment de l'hivernage, alors que le sol ne revient pas. Souvent, l'eau peut être puisée dans le sol grâce au creusement de puits ou de forages, alors qu'il n'est pas possible de remplacer un sol disparu.

Un agriculteur qui accepte sans réagir l'érosion de sa terre, se condamne lui-même à la pauvreté. Celui qui lutte pour garder chez lui la couche de terre cultivable dont il dispose et qui décide de forcer l'eau de ruissellement qui passe sur ses champs à déposer les alluvions qu'elle contient, effectue le premier pas indispensable à la survie de son activité.

Concluons donc ceci: l'eau va et vient, elle provoque l'inondation ou la sécheresse. Le sol, lorsqu'il s'en va, provoque l'appauvrissement et la mort de l'agriculture.

L'espoir renaît à Tollo

Tollo est situé dans le Sahel voltaïque, près de Titao, dans la préfecture de Ouahigouya, à proximité de la frontière du Mali. Le climat de cette région est typiquement sahélien. Quelques pluies violentes arrosent la région durant l'hivernage qui dure environ trois mois. Durant cette période, la pluviométrie est de 400 millimètres, soit une couche d'eau annuelle totale qui ne dépasse jamais la hauteur du genou.

En dehors de l'hivernage, tout est sec: l'air, le sol, la végétation. Le sol est dur et ne peut être travaillé. L'eau doit être tirée de puits ou de forages plus ou moins profonds.

Les ressources en eau sont souvent insuffisantes, sinon précaires. Le manque d'eau limite gravement les activités agricoles et pastorales en saison sèche, à tel point que les villages se dépeuplent. Les jeunes s'en vont chercher du travail en ville, laissant derrière eux des campagnes endormies.

Tollo était comme tant d'autres villages du Sahel: les jeunes s'en allaient, les femmes, chaque matin, se demandaient où elles trouveraient de l'eau pour les besoins domestiques, les vieux songeaient aux paysages encore verdoyants qu'ils avaient connus durant leur jeunesse. Certains d'entre eux se souviennent encore avec précision des emplacements où étaient construits les anciens villages et des lieux où l'on puisait l'eau. Ils savent aussi indiquer les limites des terres cultivées par leurs pères: terres aujourd'hui abandonnées par suite de ce qu'on appelle d'un seul nom: la sécheresse. Mais l'abandon des terres cultivées n'est-il vraiment dû qu'à la sécheresse du climat? L'homme n'est-il pour rien dans tout cela?

A Tollo, les puits étaient secs. La culture était de plus en plus difficile. Un étranger de passage suggéra aux villageois de construire une digue en terre qui barrerait la Volta Blanche à proximité du village, afin de retenir les eaux et de créer un lac.

L'idée intéressa les villageois. L'espoir renaissait. Durant trois saisons sèches, ils s'activèrent pour construire une digue longue de 300 mètres, qui barrait la vallée. Ils consacrèrent environ 30.000 journées de travail pour achever cet ouvrage.

En juillet 1974, la première crue qui se présenta emporta la digue (**photo 14**). L'espoir suscité par l'énorme travail réalisé était déçu.



Photo 14: rupture du barrage en terre de Tollo

Pourtant, les gens de Tollo ne se sont pas découragés, car ils ont appris deux choses essentielles dans ces années-là. D'abord, ils ont appris à s'organiser pour réaliser un grand chantier. Pour cela, il a fallu mobiliser tout le monde, discuter, choisir des solutions, organiser le travail concret, etc ... C'était la base préalable à la naissance de l'espoir.

Ensuite, ils ont appris qu'il ne sert à rien de vouloir retenir les eaux là où elles ont acquis leur pleine force: mieux vaut les arrêter là où elles n'ont pas encore pris de la vitesse, à l'endroit même où elles commencent à ruisseler.

Après le désastre, les gens de Tollo se sont mis à discuter avec le Groupement des Artisans Ruraux du Yatenga (G.A.R.Y.). C'est une équipe d'hommes de la région qui se sont formés petit à petit aux métiers de l'eau: métiers consistant à lutter contre le ruissellement d'une part, à puiser l'eau dans le sol d'autre part.

Après de longues réunions entre les villageois et les artisans du G.A.R.Y., il fut décidé de lutter contre la fuite des eaux et du sol par petits pas successifs. La digue fut cependant réparée avec l'aide d'un technicien; on y fit un grand déversoir de pierres, afin que l'eau excédentaire ne le submerge plus. Ensuite, on entreprit d'autres constructions, plus petites celles-là, qu'on appela **micro-barrages (photo 15)**.

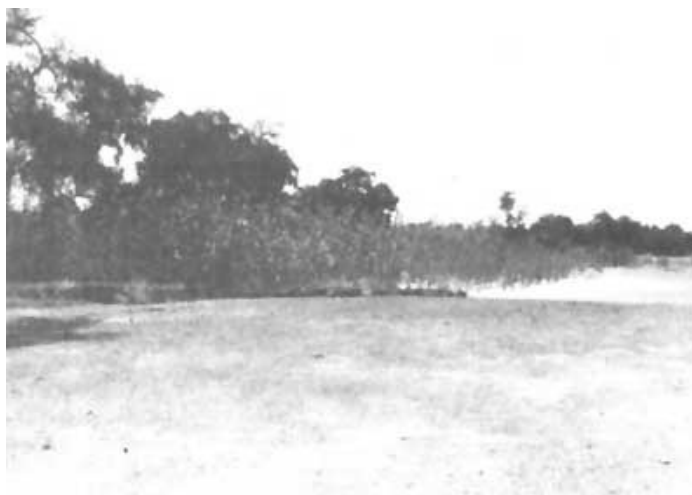


Photo 15

Au bout de trois nouvelles années de travail organisé, 80 jardins ont reverdi. Leur Superficie moyenne est d'environ un hectare. Ils assurent la production de légumes nécessaires à toute la population de Tollo et de ses environs, pendant trois mois de la saison sèche. Durant cette période, il est possible d'économiser le mil qui a été cultivé pendant l'hivernage, et d'assurer la vente d'au moins trente pour cent de la production maraîchère à la ville de Titao, située à douze kilomètres et dont le marché fut approvisionné au moyen des charrettes à âne du village de Tollo. Plus tard, la construction de micro-barrages s'étant répandue aux alentours de Titao, cette bourgade aussi devint autosuffisante en légumes.

C'est l'expérience des gens de cette région et des artisans du G.A.R.Y. qui va être décrite dans ce livre.

L'opinion exprimée par les paysans, les chefs de famille et par tous ceux qui ont participé à ce travail important, est unanime. Ce village, qui était en ruine, pauvre et victime de

la famine, est maintenant devenu prospère. Non seulement les gens y sont bien nourris, mais de plus, ils se procurent des revenus monétaires par la vente des légumes sur les marchés des villages voisins où il n'y a pas de possibilité de maraîchage.

Avant les travaux, il y avait surpâturage. Les herbes comestibles pour le bétail avaient presque disparu. Il ne restait sur le terrain que les hautes touffes de paille sèche, facilement soumises à l'incendie.

Les travaux réalisés à Tollo ont permis la réapparition des herbes fourragères. Très vite, un groupe d'éleveurs peuhls est venu s'installer à Tollo, car il y trouvait de l'eau pour abreuver le bétail. Les femmes peuhls se mirent à cultiver le mil (**photo 16**) et les familles construisirent des maisons en terre battue, plutôt que les traditionnelles cases de paille. En se sédentarisant près du village de Tollo, les Peuhls font bénéficier les sols du fumier de leur bétail.



Photo 16

Les paysans de Tollo ont également pu planter des arbres. Grâce aux micro-barrages, la nappe d'eau du sol reste toujours assez proche de la surface pour que les arbres puissent y puiser l'eau nécessaire à leur survie durant la saison sèche. On trouve dans le lit des marigots des agrumes (oranges, citrons, lémons ...), des papayers, des neems et d'autres arbres. Des pépinières sont en train de se développer.

Bref, la vie renaît à Tollo grâce au travail de ses habitants, assistés des hommes de métier que sont les artisans du G.A.R.Y. Plusieurs facteurs ont contribué à cette renaissance:

- les gens de Tollo se sont **organisés**,
- l'échec ne les a pas découragés, ils en ont tiré des leçons,
- les habitants ont pu rencontrer les **hommes de métier** qui les ont aidés efficacement. Ces hommes n'étaient pas des grands techniciens, mais des artisans de la région, capables de s'informer et de se former,

- les habitants et artisans ont appris à **observer la nature**. Les réunions qu'ils organisaient se déroulaient sur le terrain, **à l'endroit même où les choses se passaient**: dans le marigot, sur le barrage, dans les champs, et aussi **au moment adéquat** pour faire les observations, sous la pluie et l'orage, en cas de nécessité. C'est de l'observation concrète et journalière que sont nées les solutions adoptées, non de théories et de grands calculs,
- **ils ont compté sur leurs ressources propres**: ce qu'ils ont trouvé au village et dans les environs. L'aide extérieure fut limitée.

Si l'espoir a pu renaître à Tollo, puis à Foguti, Rambo et d'autres villages de la région de Titao, pourquoi ne renaîtrait-il pas ailleurs, dans d'autres régions, proches ou lointaines du Sahel ou de tous ces pays de plaine où l'eau de pluie, dès qu'elle est tombée, s'en va sans même s'arrêter un instant, entraînant avec elle la meilleure partie du sol?

Deuxième partie: L'érosion du sol par l'eau de pluie

Il y a érosion hydrique dès que l'eau de pluie se met à déplacer des particules de sol. **L'érosion d'un sol débute au moment même où les gouttes de pluie frappent le sol. C'est à ce moment aussi que doit commencer la lutte contre l'érosion.**

Cette partie du livre est consacrée à l'étude de l'érosion sous l'angle de ses causes et de ses conséquences. Nous y apprendrons déjà certains aspects essentiels de la lutte contre l'appauvrissement des terroirs villageois par l'érosion. La troisième partie entrera plus en détail dans les techniques de lutte anti-érosive.

Chapitre 3: Les mécanismes de l'érosion

Splash et ruissellement

Commençons par observer l'érosion sur un sol nu, légèrement en pente et fraîchement travaillé à la houe ou à la charrue. L'observation doit se faire avant (**photo 1a**), pendant (**photo 2**) et après (**photo 1b**) la pluie.

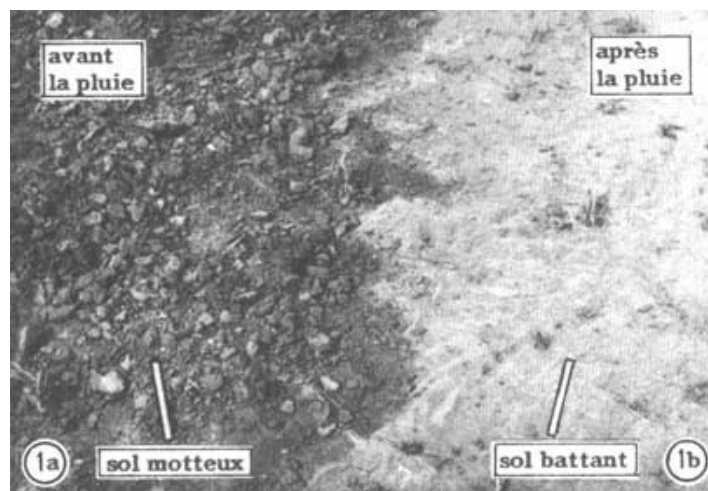
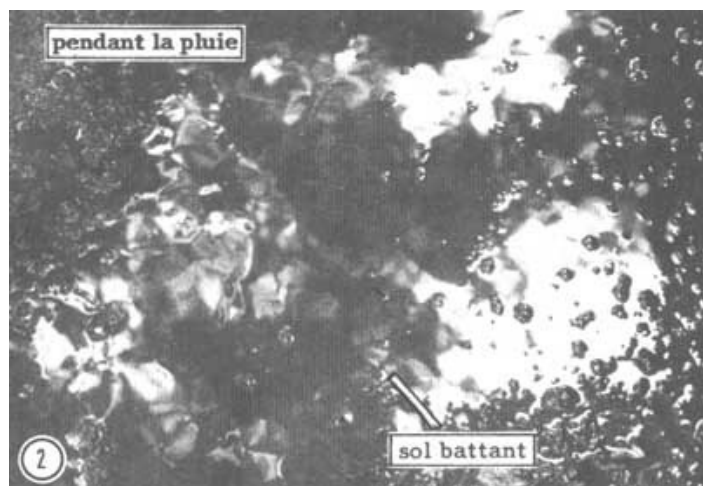


Photo 1 (a, b): avant/après la pluie**Photo 2: pendant la pluie**

Avant la pluie, le sol houé ou labouré a une bonne structure. La croûte superficielle a été brisée et la terre superficielle est formée de petites mottes d'épaisseurs différentes (**photo 1a**).

Les premières pluies de la saison sont souvent très violentes. Des masses d'eau importantes tombent en quelques instants. **Les gouttes frappent le sol de toute leur force**, elles brisent les mottes et provoquent des éclaboussures qui retombent plus ou moins loin de l'endroit du choc (**photo 1 et figure 3**). C'est ce qu'on appelle le **splash** (1). Les éclaboussures entraînent avec elles des grains de sable, de limon ou d'argile. Observons le dépôt de ces particules qui tombent par exemple au bas d'un mur de couleur claire.

(1) On lit "splach".

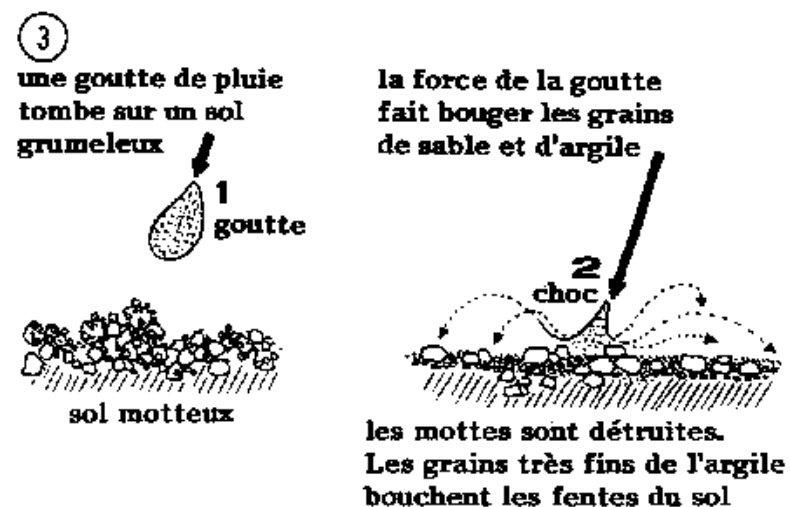


Photo 3: la structure du sol est abîmée par la force des gouttes de pluie

Sur la **photo 2**, nous voyons un sol en battance sous la pluie. Il est lisse, à l'exception de quelques petites mottes qui subsistent encore et qui auront vite fait de disparaître sous l'effet du splash. L'eau a cessé de pénétrer dans le sol et s'est mise à ruisseler.

Sur la **photo 1**, nous voyons deux aspects différents d'un même sol. A gauche, le sol a été houé: il est rugueux et formé de petites mottes. A droite, nous voyons le sol battant, tel qu'il se présente après dessèchement.

Le splash détruit la structure fragile du sol parce que l'énergie des gouttes de pluie le frappe. Mais imaginons que le sol soit couvert, d'une façon ou d'une autre (**photo 4**).



Photo 4: sol couvert par une litière de déchets végétaux

Les gouttes de pluie qui frappent les feuilles ou la paille déposées sur le sol ont perdu toute leur énergie avant d'atteindre le sol lui-même. Les feuilles et les pailles sont un matériau beaucoup moins fragile que le sol et ses mottes. Sous un tel couvert, il n'y a pas de splash et, nous le verrons plus loin, il y a très peu d'érosion.

Le splash est le premier mouvement de l'érosion; le ruissellement en est le second mouvement.

Lorsqu'elle est tombée sur la terre, l'eau peut, soit s'infiltrer entre les particules de sol, soit se déplacer en surface dans le sens de la pente. Ce déplacement de l'eau s'appelle le **ruissellement**. Il est plus ou moins rapide selon la force de la pente. Suivons l'eau dans son mouvement de ruissellement.

Si la pente est faible et le sol peu couvert, l'eau s'écoule lentement en nappant sa surface. C'est l'**érosion en nappe**, que l'on voit sur la **photo 5**.



Photo 5: érosion en nappe sur un champ de mil

L'érosion naît au moment même où des particules de terre sont déplacées par les éclaboussures. Elles sont en effet décollées des mottes de terre et un léger mouvement de l'eau le long de la pente est suffisant pour les entraîner plus loin.

Un **sol battu par la pluie** - on l'appelle "**sol battant**" - est un **sol peu perméable (photo 1b)**. Sa surface est lisse et les moindres interstices entre les cailloux et les grains de sable sont colmatés par l'argile. Ceci provient de ce que l'eau a tenté de s'infiltrer dans le sol en entraînant avec elle cette argile. Celle-ci a bouché les fentes, empêchant du même coup le passage de l'eau. La battance du sol est ce qu'il y a de pire pour l'approvisionnement en eau de la terre, car elle force l'eau à ruisseler plutôt qu'à s'infiltrer.

Formation des ravines: lignes de partage des eaux et bassins versants

Tant que l'eau n'a pas acquis beaucoup d'énergie, elle a tendance à trier le sol. Les grains fins (argiles et limon) sont déplacés, alors que les grains plus gros (sable et cailloux) restent sur place. On peut voir un sol trié de la sorte sur la **photo 6**.

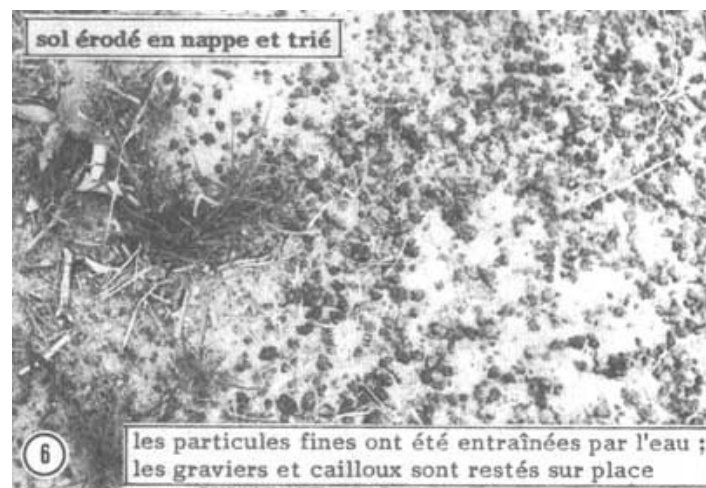


Photo 6: sol érodé en nappe et trié

Lorsque la pente augmente légèrement et que l'eau commence à se rassembler, il se forme des **rigoles**. La vitesse de l'eau y augmente sensiblement. Celle-ci emporte des grains de plus en plus gros: c'est la **naissance d'une ravine**.

La **photo 7** nous montre un sol soumis à l'érosion en nappe. On y voit le sol trié: en bas, les graviers et le sable, au centre à gauche, le dépôt de particules fines. Dans la rigole qui va de droite à gauche, il y a accumulation de l'eau provenant des deux côtés et accélération de cette eau.

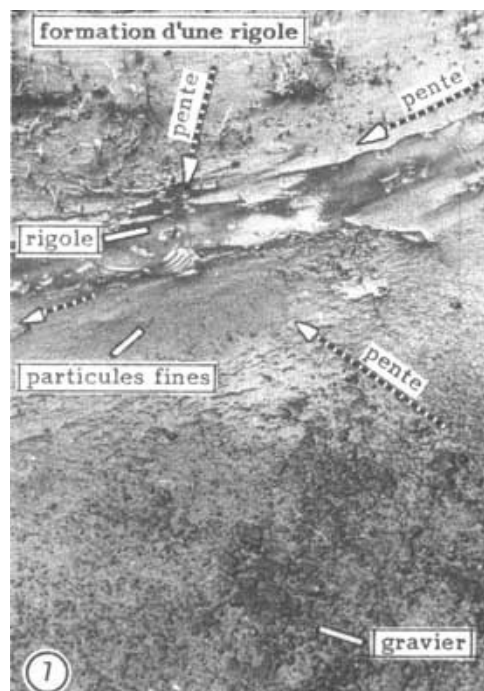


Photo 7: formation d'une rigole

L'eau qui s'accumule dans la rigole provient de toutes les terres plus élevées, situées dans les alentours immédiats.

Petit à petit, les rigoles se rejoignent et l'eau s'y écoule en abondance, à vitesse croissante. Elle arrache tout sur son passage: argile, limon, sable et cailloux; elle ronge les berges des ravins et provoque leur effondrement. Si rien ne vient lui barrer la route, elle ne s'arrêtera plus qu'à la mer où elle déposera une bonne partie des matériaux qu'elle a volés. Par contre, si sa vitesse ralentit, elle n'aura plus la force de charrier les particules les plus grossières et sera forcée de les déposer. Tandis que les particules fines continueront d'être emportées.

Une ligne haute, appelée **ligne de partage des eaux**, délimite la surface de terre qui fournit l'eau à la rigole. Les **figures 8 et 10** nous aident à comprendre. Il existe toujours une ligne de partage des eaux entre deux rigoles, deux ravines, deux marigots, deux ruisseaux, deux fleuves. **Cette ligne entoure ce qu'on appelle le bassin versant**, c'est-à-dire la surface de terre qui livre ses eaux de ruissellement à la rigole ou au cours d'eau.

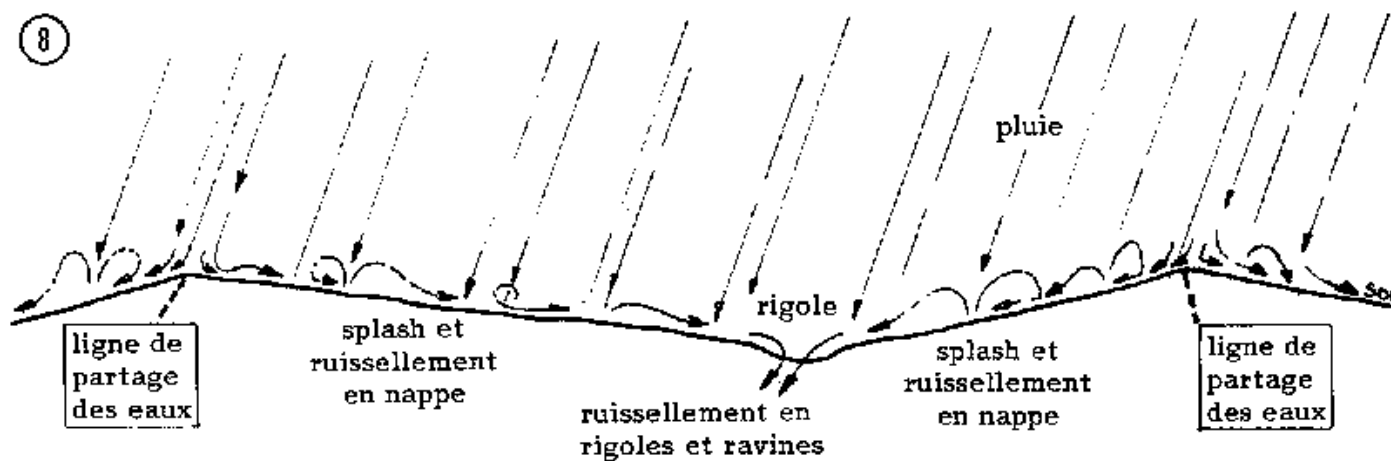


Figure 8: lignes de partage des eaux

La **photo 9** nous montre, sur une très petite échelle, ce que sont les lignes de partage des eaux entre ravines naissantes et, entre ces lignes, les bassins versants. L'explication est valable pour des terres de plus en plus vastes: on parle du bassin versant d'un ruisseau, d'une rivière et d'un fleuve.

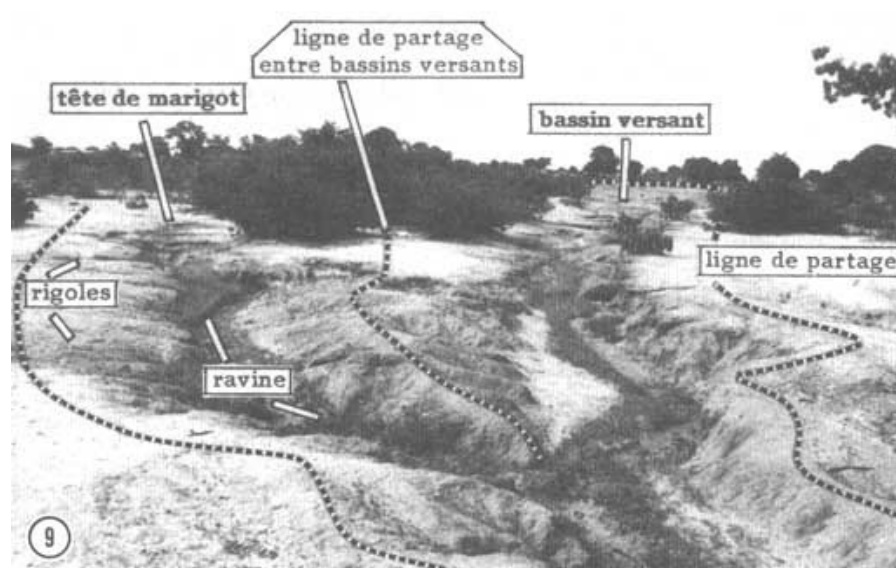


Photo 9

Dans ce dernier cas, le bassin versant est formé des immenses superficies de terres qui approvisionnent le fleuve en eau.

Sur la **figure 10**, nous voyons en perspective la **ligne de l'horizon** qui monte et descend légèrement. (La ligne d'horizon est celle qui délimite, pour l'oeil, le fond du paysage.) Nous voyons aussi le tracé des trois ravines et des rigoles qui y débouchent (marigot a, b, c). Les fléchettes indiquent le sens du ruissellement. En pointillé, notons la position des lignes de partage des eaux qui séparent les marigots les uns des autres. Ces lignes de partage se terminent à l'endroit même où les marigots se rencontrent pour former une ravine plus large ou une rivière. En fait, nous pourrions multiplier les lignes pointillées, puisqu'il existe une ligne de partage chaque fois que deux rigoles se côtoient. C'est ce que nous avons fait à droite de la figure. A gauche, nous n'avons délimité que les lignes de partage entre marigots.

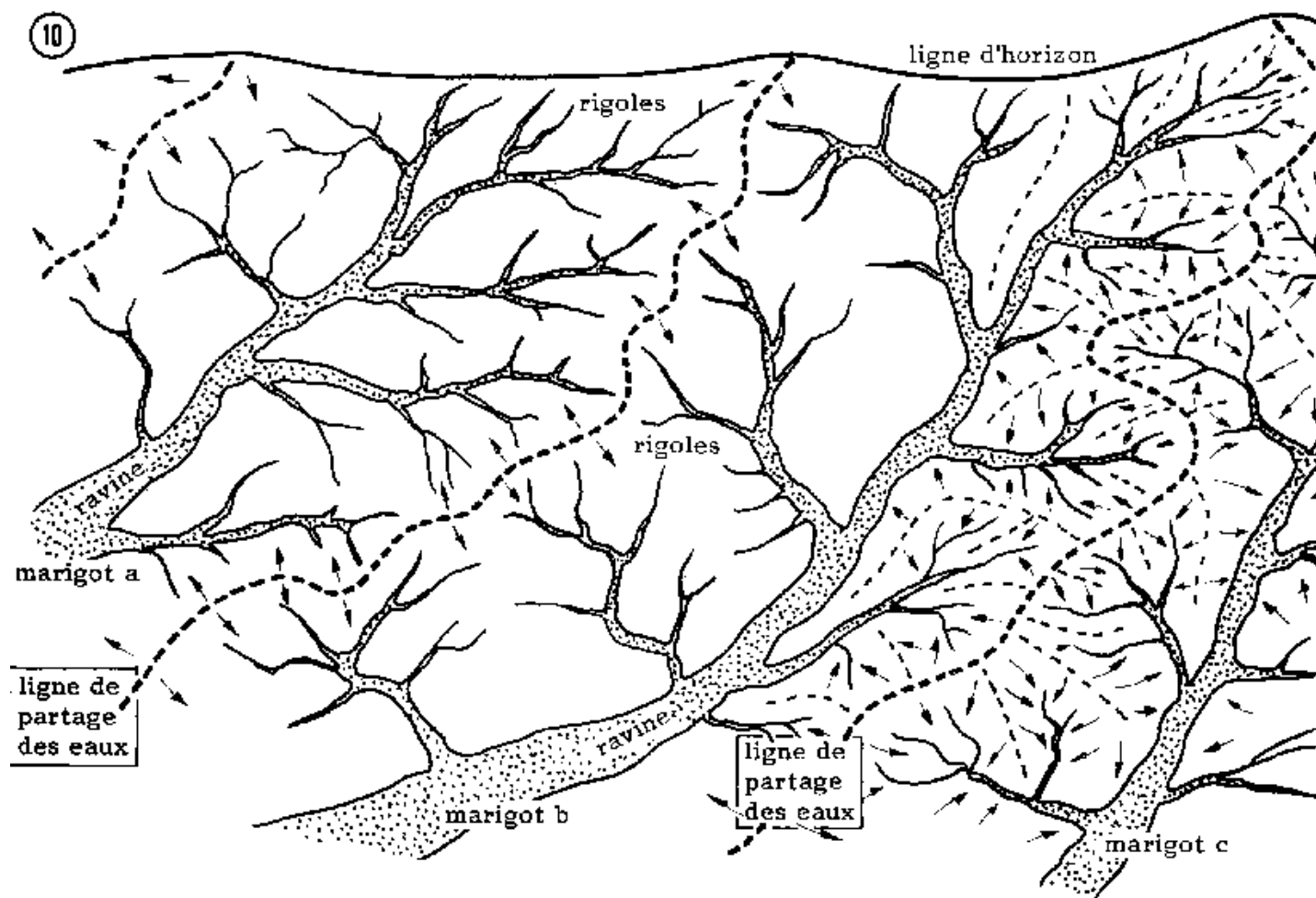


Figure 10: représentation de 3 marigots et de leurs bassins versants

Sur cette figure, on a représenté:

- la ligne d'horizon,
- les marigots ainsi que les ravines et les rigoles qui les alimentent,
- les trois lignes de partage des eaux délimitant les bassins versants,
- sur la partie droite, on a aussi représenté les lignes de partage entre les rigoles et les ravines,
- des fléchettes indiquent le sens dans lequel se fait le ruissellement de l'eau vers les rigoles.

Les arbres, les champs, les maisons, etc ... ne sont pas représentés.

Chacun des marigots a, b et c récolte les eaux de son bassin versant, c'est-à-dire de la surface de terre comprise entre deux lignes de partage des eaux. Plus la surface du bassin versant est grande, plus grande est la quantité de pluie qui y tombe et la quantité d'eau qui s'écoule dans le marigot après une pluie, à moins que l'infiltration ne soit forte.

La **photo 11** montre le résultat de ce travail de l'eau en pays mossi. Sur la plaine, le sol est raclé par l'eau et endurci. Au fond de la ravine, le dépôt d'alluvions est constitué par les particules fines arrachées sur la plaine par l'érosion en nappe. C'est la partie la plus fertile qui se trouve là, prête à être emportée lors de la prochaine pluie. Remarquons aussi la plus grande humidité qui règne dans le fond du marigot, grâce aux alluvions déposées.



Photo 11

A ce stade, il est encore assez facile de lutter contre le ravinement. Si par contre on ne fait rien, cela deviendra de plus en plus difficile et ce seront des épais couches de sol qui s'en iront chaque année comme on le voit par exemple sur la **photo 12**. Le flot d'eau est tel qu'il mine les rives de la ravine et provoque des effondrements.

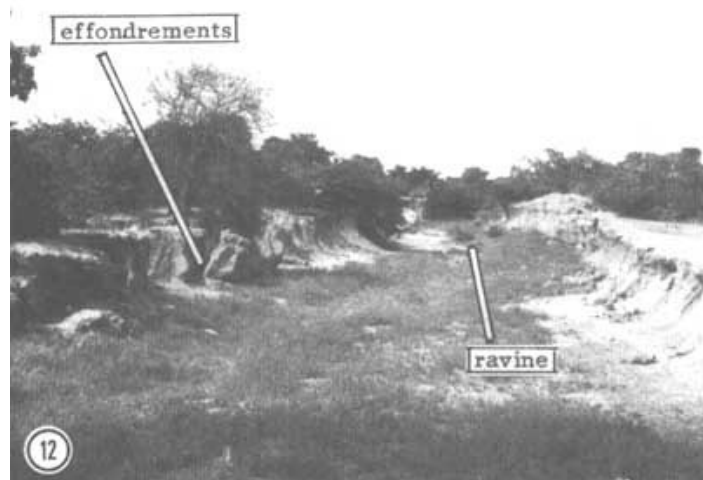


Photo 12

La latérisation

Sur ce plateau (**photos 13 et 14**), il n'y a plus trace ni de sable ni d'argile: rien que des pierres et des graviers rouges de latérite.

La latérite est en grande partie le produit de l'érosion. Elle est le fruit du travail conjoint de l'eau qui ruisselle et qui s'infiltré en emportant les particules légères et certains sels minéraux, et du soleil qui échauffe et dessèche la surface du sol. Cette action conjointe favorise l'apparition du fer qui cimente les particules entre elles, sous forme piéreuse ou gravillonnaire.

Nous voyons ces deux formes de latérite sur la **photo 13**. A l'avant, on voit les gravillons de latérite et au bord du plateau, les grandes pierres latéritiques. A l'arrière, s'étend la vaste plaine alluvionnaire.

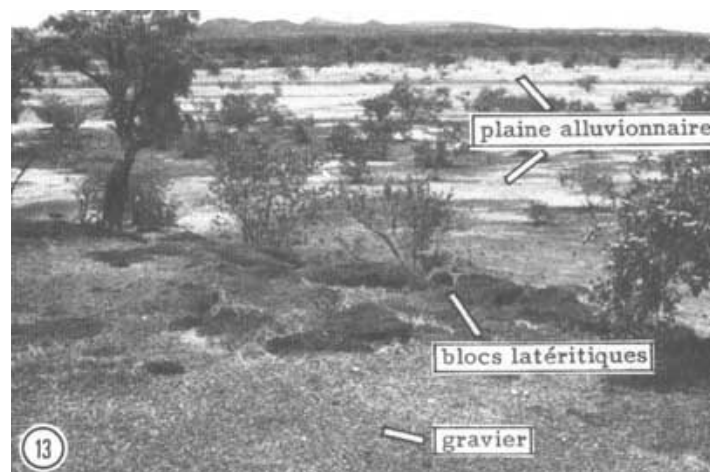


Photo 13

La **photo 14** nous présente le même plateau latéritique vu depuis la plaine. La roche recouvre le sol sous-jacent.

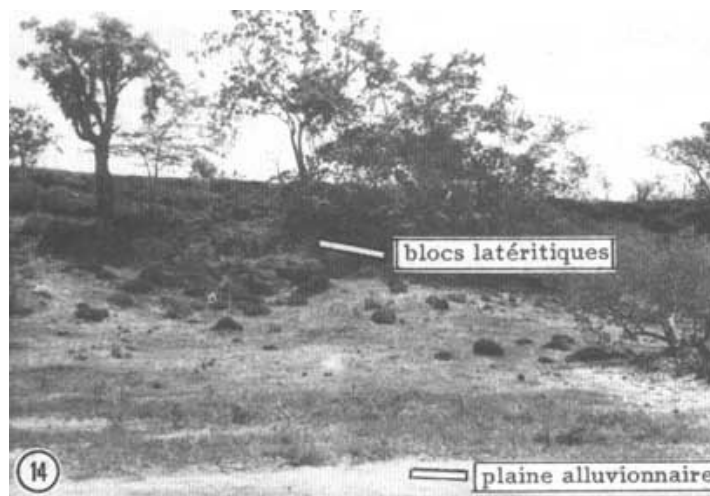


Photo 14

La latérisation est une catastrophe pour l'agriculture, car non seulement **la terre rocheuse ne peut plus être travaillée** par les outils, mais encore, toutes les qualités nutritives du sol disparaissent. De plus, **l'épaisse couche de roche dure empêche l'eau de s'infiltrer dans le sol** et donc d'approvisionner les nappes d'eau si nécessaires à l'agriculture

dans les régions sèches.

En conclusion, nous dirons que, pour préserver la terre, il faut briser l'énergie de l'eau par tous les moyens. Briser l'énergie de la pluie qui tombe brutalement sur le sol nu et briser l'énergie de l'eau qui s'écoule de plus en plus vite en nappe, puis en rigoles et en ravines.

Chapitre 4: Causes et conséquences de l'érosion

L'érosion: fille des feux et de la déforestation

On peut se demander **comment des régions entières, verdoyantes par le passé, sont devenues sèches et arides aujourd'hui**. Les vieux parlent parfois d'un Sahel verdoyant et les très anciens habitants du Tibesti ou du Ténéré ont dessiné sur la roche, voici des milliers d'années, les paysages de verdure et la vie animale qui les entouraient.

A cette question, nous pouvons répondre en grande partie en observant ce qui se passe aujourd'hui au Sahel et dans les régions soudaniennes plus humides qui l'environnent: **l'homme détruit la forêt**.

La destruction de la forêt provient de trois causes principales:

- les **défrichements** pour la culture,
- le **feu**,
- le **surpâturage**.

L'histoire actuelle des forêts de Haute Casamance ou du Ferlo au Sénégal illustre bien la dégradation des terres forestières et leur évolution vers la désertification.

La **photo 16** présente un paysage forestier tel qu'il en existe encore quelques-uns en Casamance.



Photo 16: forêt sèche

Au cours des générations, l'homme a défriché la terre forestière pour la cultiver (**photo 17**). Au bout de quelques années, il avait l'habitude, par le passé, de laisser repousser la forêt, afin qu'elle reconstitue la fertilité du sol cultivé. Pour faciliter cette repousse, il laissait quelques souches.

Durant la période des cultures, la terre nue de la défriche était soumise à l'érosion, mais le travail régulier du sol (houage, labour, sarclage) et la présence des souches et de leurs racines empêchaient l'érosion de prendre des formes catastrophiques.

L'exploitation permanente des champs sans retour à la jachère, ainsi que l'introduction des techniques mécanisées de défrichement et de culture, ont favorisé l'installation définitive de l'érosion: les arbres n'ont plus protégé la terre, les racines des souches n'ont plus favorisé l'infiltration de l'eau, le sol est resté dénudé durant de trop longues années.



Photo 17: défrichement de la forêt pour l'agriculture

Les défrichements mal conduits, ne tenant pas compte des risques d'érosion, sont donc une première cause de l'installation définitive de celle-ci.

Le feu est une cause plus déterminante encore de la désertification, qu'il s'agisse des feux sauvages, non maîtrisés (**photo 18**) ou de l'exploitation du bois de feu pour l'approvisionnement des grandes villes (**photos 19 et 20**).



Photo 18: feu sauvage



Photo 19: abattage de la forêt pour la fabrication de charbon



Photo 20: vente du bois dans les grandes villes

Les feux sauvages sont absolument inutiles et toujours très destructeurs:

- ils **brûlent les graines des plantes annuelles**; celles-ci n'étant pas resemées, finissent par disparaître;
- ils brûlent **le pied et l'écorce des arbres**. Certaines espèces résistent aux brûlures, d'autres en meurent. Les grands arbres subsistent plus longtemps que leurs rejetons, mais lorsqu'ils meurent, ils ne sont plus remplacés;
- les feux sauvages détruisent la **litière**, c'est-à-dire la couverture de branchettes, de feuilles et de pailles sèches **qui protège le sol** contre le choc des gouttes de pluie;
- enfin, le **feu réduit en cendre la matière végétale nécessaire à la vie des insectes et des micro-organismes du sol**. Il se forme donc moins d'humus et la fertilité naturelle du sol se trouve réduite.

Lorsqu'ils reviennent chaque année sur la même terre, les feux **favorisent la latérisation**. Voyons la **photo 21**. Les herbes ont été brûlées comme chaque année; plus rien ne protège le sol contre le choc des pluies. Les graviers de latérite apparaissent. D'ici quelques années, ils se souderont entre eux pour former des blocs durs et imperméables sur lesquels toute l'eau de pluie ruissellera.



Photo 21: naissance de la latérite sous l'influence du feu

Toutes ces raisons font que les feux sauvages doivent être énergiquement combattus par une autorité adéquate. Ils ne servent à personne et sont catastrophiques pour la communauté.

Mettre en place une autorité du feu dans chaque village et dans chaque communauté est donc une question de survie.

Les deux photos suivantes nous montrent l'appauvrissement progressif de la forêt casamançaise sous l'effet des feux intempestifs. Sous les grands arbres, plus rien ne repousse, à part quelques herbes. Les buissons et les jeunes arbres sont tués (**photo 22**).



Photo 22

Le retour annuel des feux éclaircit encore la forêt. Même les herbes disparaissent ou se groupent en touffes. Les arbres sont de plus en plus rabougris. Lorsqu'il pleut, l'eau ruisselle en nappe et colmate le sol. La nappe phréatique est de plus en plus mal alimentée, ce qui accentue encore la disparition des arbres assoiffés (**photo 23**).

**Photo 23**

Nous devons faire une place particulière aux feux pastoraux. Les feux provoqués par les éleveurs à certaines périodes de l'année sont destinés à éliminer les pailles sèches non comestibles pour le bétail et à provoquer la repousse d'herbes vertes pâturables.

De tels feux doivent être gérés: on en limite l'extension en surface, on choisit la période de telle sorte que les graines des plantes fourragères ne soient pas détruites avant d'être tombées sur le sol, on veille à ce que le feu ne soit pas trop agressif pour la surface du sol et la litière. Par ailleurs, il est inutile de brûler si la terre est trop sèche et que l'herbe ne peut y trouver l'humidité nécessaire à sa repousse.

S'ils sont bien conduits, les feux pastoraux font peu de dégâts. Si par contre l'éleveur se contente de brûler sauvagement dans les endroits où il passe, il favorise les dégâts expliqués ci-dessus, et, en même temps, il compromet son propre avenir pastoral. Là aussi, une autorité du feu s'avère nécessaire pour que soit protégé l'avenir des pâturages.

L'exploitation du bois de feu pour la consommation urbaine est également très destructrice de forêt (**photos 19 et 20**). Par charrettes et camions entiers, des quantités énormes de bois et de charbon de bois quittent chaque jour les maigres forêts pour être vendues et brûlées en ville. **On coupe dans la forêt et on y brûle chaque jour plus de bois**

qu'elle n'est capable d'en produire dans le même temps. On peut comparer l'évolution actuelle de la forêt à celle d'un canari dans lequel on verse une tasse d'eau chaque jour pour en puiser dix ensuite. A ce rythme, le canari sera rapidement vide.

Les forêts d'Afrique de l'Ouest sont en train de disparaître rapidement pour être remplacées par des savanes ou des steppes sahéliennes arides (**photo 24**). L'homme participe grandement à cette sahélistation suivie de désertification, par son imprévoyance, son ignorance et le non respect des règles élémentaires d'une bonne gestion de son milieu de vie.



Photo 24

Pour une autorité du feu

Le feu a une telle importance dans le devenir des populations sahéliennes qu'il ne devrait exister aucun terroir, aucune forêt, aucun pâturage qui ne soit soumis à des **règles précises édictées par une autorité du feu** afin de maîtriser celui-ci et ses conséquences.

Les règles doivent porter sur les points suivants:

- **comment éviter les feux sauvages**, comment les maîtriser s'ils surviennent et comment punir ceux qui les occasionnent;
- **quels feux utiles sont permis**; à quels moments, selon quelles règles;
- qui doit donner son **accord pour une mise à feu** et qui peut mettre à feu;
- quels sont les **sites à protéger** contre tout feu ou toute exploitation du bois de feu, quels qu'ils soient;
- quelles sont les **espèces d'arbres et d'herbes qu'il faut protéger** particulièrement contre les feux;

- quelle rotation des feux faut-il assurer sur les pâturages pour que les herbes ne brûlent **pas chaque année à la même période** (de façon à laisser la chance aux graines de tomber sur le sol et de germer).

C'est dans les campements, les villages et les quartiers que doit se manifester l'autorité du feu, en relation avec les autorités administratives. Une autorité du feu lointaine, qu'il faut chercher à des dizaines de kilomètres ou d'heures de marche, ne sert pas à grand chose. Par contre, un **chef des feux** habitant à proximité immédiate des terres qu'il faut protéger peut être très efficace, autant pour agir sur les mentalités des habitants que pour maîtriser les feux s'ils se présentent et pour sanctionner les imprudents.

La fonction de chef des feux devrait être de plus en plus exercée par des gens de métier formés pour cette fonction. En cela, une autorité administrative et éducative plus lointaine a toute son utilité.

Retenons aussi que lorsque dans un village, on a obtenu des résultats en matière de reboisement, grâce à la lutte contre l'érosion du sol et pour l'infiltration de l'eau, il faut prévoir l'organisation communautaire nécessaire pour que les jeunes arbres et les nouveaux boisements ou vergers ne soient pas détruits par les feux.

Lorsque l'eau ruisselle, les nappes d'eau ne sont plus alimentées

Revenons aux trois figures 3, 4 et 5 de la première partie. **Lorsque l'eau ruisselle** plutôt que de s'infiltrer dans le sol, on constate deux choses fort peu intéressantes pour l'agriculture:

- **le sol reste sec**, malgré les fortes pluies. Si nous creusons quelque peu, nous voyons que seuls les quelques premiers centimètres de terre sont humides. Cette humidité sera bien vite éliminée par l'évaporation sous l'effet des rayons du soleil.

Même sous le lit des marigots et des oueds, là où l'eau a dévalé en grandes quantités, il se peut que le sol ne soit humidifié que sur quelques centimètres de profondeur.

- **les nappes phréatiques ne sont plus approvisionnées.** L'homme, les plantes et les animaux risquent donc de ne plus trouver l'eau nécessaire pour vivre. Les sources (lorsqu'il y en a), et surtout les puits, ne sont plus alimentés par l'eau des nappes.

Au Sahel, comme dans toutes les régions de faible pluviométrie, la vie durant la saison sèche dépend totalement des réserves d'eau accumulées dans les nappes. Il en existe deux sortes: les nappes phréatiques et les nappes aquifères.

Parlons d'abord rapidement des **nappes aquifères** profondes. Elles sont situées parfois à plusieurs centaines de mètres de profondeur, bien plus bas que les nappes phréatiques. Contrairement à celles-ci, elles ne sont pas alimentées par l'infiltration de l'eau de pluie qui tombe sur la région où on les trouve, mais bien par l'eau provenant de régions lointaines, ayant fait un très long parcours souterrain (500, 1.000, 1.500 km?). L'eau de ces nappes aquifères peut aussi avoir été emmagasinée voici plusieurs milliers d'années (on dit alors que ce sont des "nappes fossiles"). Les techniques d'exploitation de ces nappes d'eau profondes exigent de grands moyens, tant pour forer que pour extraire l'eau. Nous n'en parlerons donc pas dans ce livre consacré entièrement aux techniques pouvant être mises en œuvre par des artisans et des villageois.

Les **nappes phréatiques** sont constituées par l'eau qui s'infiltré dans le sol lorsqu'il pleut (**figure 25**). L'eau d'infiltration s'accumule au-dessus d'une couche de roche ou d'argile imperméable. La profondeur à laquelle on trouve la nappe phréatique est très variable: quelques centimètres, quelques mètres ou quelques dizaines de mètres, selon la profondeur à laquelle se trouve la couche imperméable.

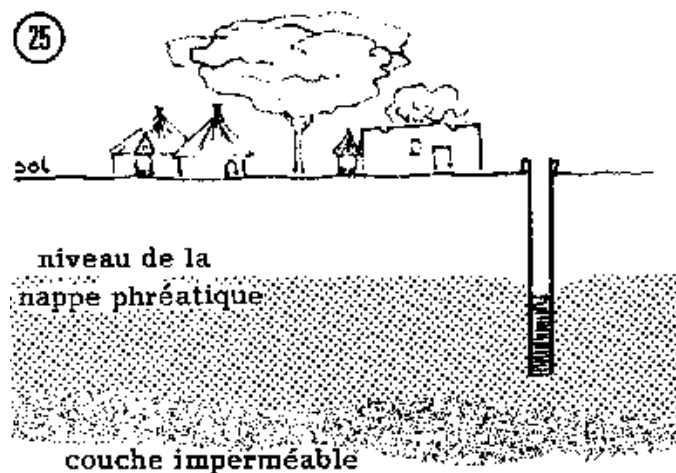


Figure 25: la nappe phréatique est formée par l'accumulation d'eau infiltrée dans le sol

De même, la quantité d'eau accumulée dans la nappe phréatique varie:

- d'après la quantité d'eau qui **s'infiltr**e dans le sol;
- d'après la quantité d'eau qui y **est puisée** par les plantes et les hommes et selon l'évapora-tion qui a lieu à la surface du sol;
- elle varie aussi par suite des **écoulements latéraux** qui existent dans le sol. En effet, l'eau de la nappe phréatique peut s'échapper lorsque la couche imperméable sur laquelle elle est déposée n'est pas continue. Il peut y avoir une faille dans cette couche ou encore elle peut affleurer à la surface d'un sol en pente et laisser couler une source permanente ou temporaire (**figure 26**).

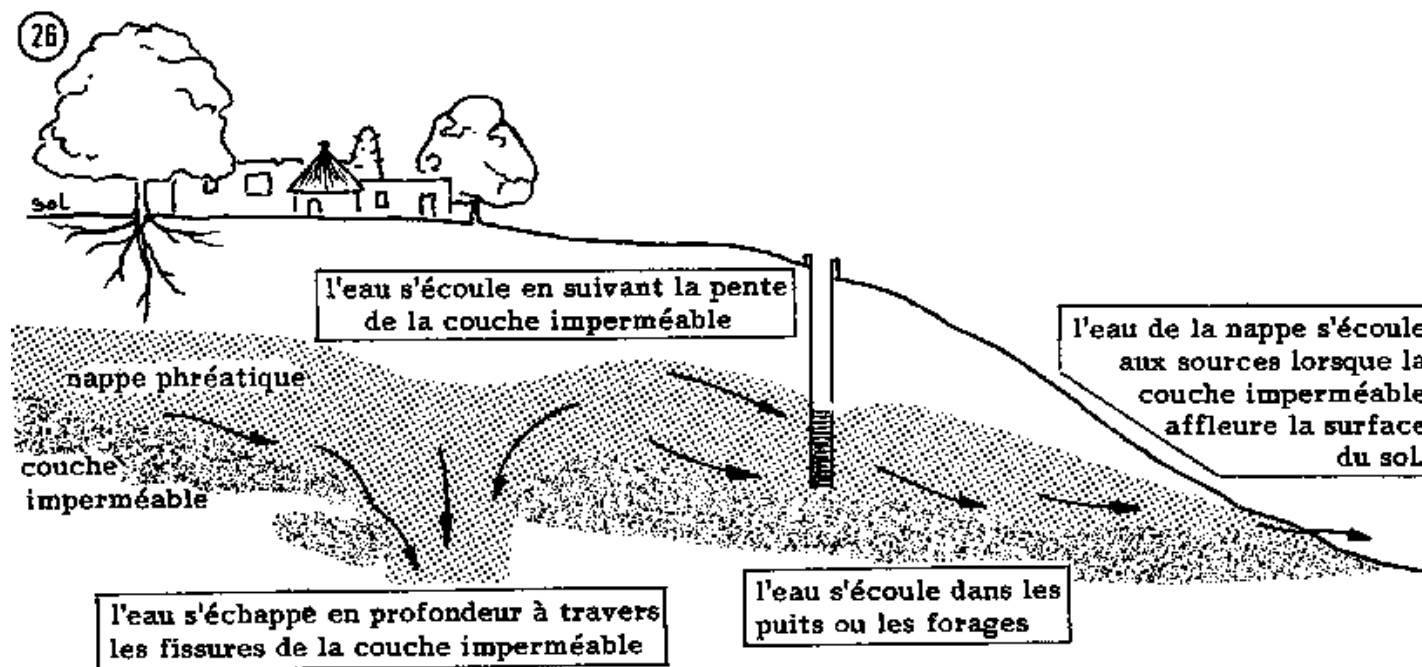


Figure 26: mouvements de l'eau dans les nappes phréatiques

Appelons **niveau de la nappe phréatique**, la profondeur à laquelle on rencontre de l'eau lorsqu'on creuse le sol (par exemple en y fichant un tuyau ou en forant un puits).

Le niveau de la nappe phréatique varie d'une année à l'autre et d'une saison à l'autre. Au cours de la saison pluvieuse, et à condition que l'eau de pluie trouve à s'infiltrer en profondeur et à s'accumuler, le niveau de la nappe s'élève. Durant la saison sèche, le niveau s'abaisse du fait de l'évaporation, de son exploitation par les plantes, des écoulements latéraux, etc ... On le constate aisément dans les puits puisqu'il faut puiser plus profondément à cette période; parfois même, les puits s'assèchent totalement. Le niveau de la nappe phréatique varie également d'une année à l'autre en fonction de la pluviométrie totale, c'est-à-dire de l'ensemble des pluies qui tombent dans la région au cours de l'année.

La quantité d'eau de nappe consommée annuellement ne peut pas dépasser la quantité d'eau mise en réserve par infiltration. La surconsommation provoque le dessèchement et la désertification. C'est pourquoi on ne peut pas augmenter indéfiniment le nombre de puits et de forages dans une région sans favoriser parallèlement la mise en réserve de l'eau de pluie dans les nappes par une lutte sans merci contre le ruissellement.

Dans la région de Titao (comme d'ailleurs dans bien d'autres régions sahéliennes), les anciens trouvaient l'eau en saison sèche dans des puits de 10 à 15 mètres de profondeur. Le creusage et l'entretien de tels puits sont faciles. Actuellement, il faut creuser parfois jusqu'à 50 mètres pour trouver l'eau. Le niveau moyen des nappes phréatiques descend d'un demi-mètre par an; les plantes et les arbres n'ont plus assez d'eau pour survivre durant la saison sèche, ce qui entraîne l'avancée rapide du désert.

La nappe phréatique et la vie des plantes

En région sahélienne, il faut bien distinguer les plantes saisonnières des plantes pérennes. Les premières se développent dès les premières pluies et meurent avec les dernières. Elles puisent l'eau nécessaire à leur croissance quasi uniquement dans les couches superficielles du sol qui ont été humidifiées par l'eau de pluie. C'est le cas du mil, du fonio, du niébé, des légumes, etc ... Ces plantes passent la saison sèche sous forme de graines qui germeront dès les premières pluies. Un bon développement des plantes saisonnières exige donc une bonne humidification du sol - et son ameublissement - à partir de la surface.

Mais l'humidité superficielle du sol a vite fait de disparaître sous l'effet des rayons du soleil et du vent, par suite de l'évaporation et de la transpiration des plantes.

Les plantes pérennes - herbes ou arbres - doivent arriver à puiser un peu d'eau durant la saison sèche, sans quoi leurs bourgeons se dessèchent et elles ne peuvent pas reverdir lors de l'hivernage. Durant cette période, l'alimentation en eau n'est plus possible qu'à partir des réserves d'eau de la nappe phréatique qui doivent être accessibles aux racines, dans ce qu'on appelle la **frange capillaire**.

La frange capillaire est la partie du sol dans laquelle l'eau de la nappe phréatique s'élève naturellement par capillarité. Expliquons ce terme à partir de la **figure 27**. Si nous plaçons une grosse motte de terre sèche dans une assiette remplie d'eau, nous observons que la motte s'humidifie à partir du bas : l'eau est attirée vers le haut dans les très fines canalisations qui existent entre les grains de sable et d'argile formant la motte. Petit à petit, la motte s'humidifie entièrement. On dit que l'eau s'élève par capillarité.

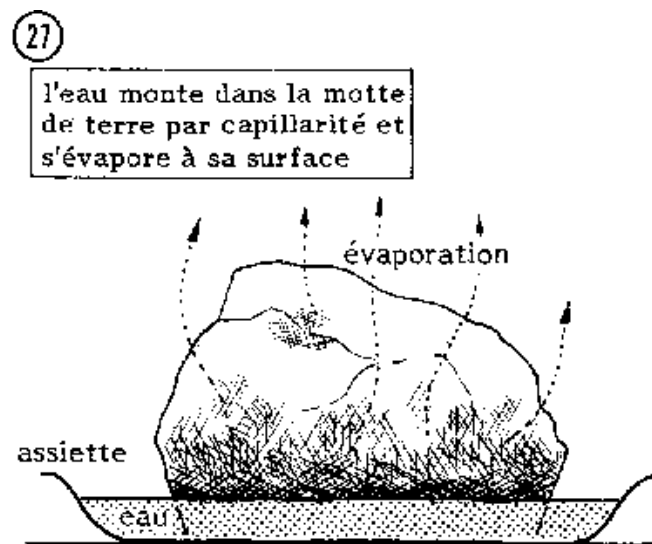


Figure 27: en plaçant une motte de terre sèche dans une assiette d'eau, on peut constater la montée de l'eau par capillarité et son évaporation

Si nous maintenons de l'eau dans l'assiette et que nous plaçons le tout au soleil, nous constatons que la surface de la motte a tendance à se dessécher par suite de l'évaporation. En se desséchant, la terre en surface de la motte attire de nouvelles quantités d'eau qui sont puisées dans l'assiette.

Ce que nous venons de voir pour une simple motte de terre, se passe également dans le sol. La **figure 28** représente une coupe profonde dans le sol. Si la hauteur de la maison est d'environ 2,50 mètres, nous voyons que le niveau de la nappe phréatique est situé environ à 10 mètres de profondeur. Le puits doit avoir 11 à 12 mètres de profondeur pour être correctement alimenté.

La **figure 28** nous montre la **frange capillaire** qui **est la partie du sol dans laquelle l'eau de la nappe phréatique monte d'elle-même par capillarité**. Les racines qui s'y développent sont capables de puiser l'eau nécessaire aux plantes. Au-dessus de la frange capillaire, la terre ne peut être humidifiée que par l'eau de pluie qui s'infiltré à partir de la surface du sol.

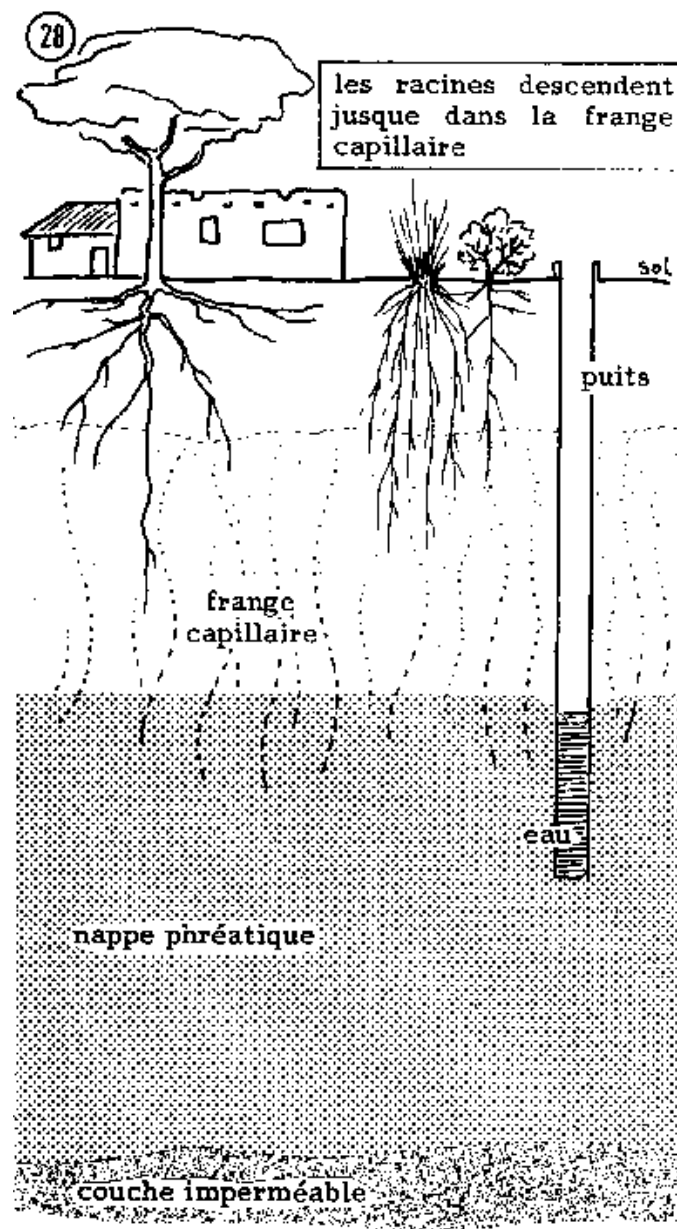


Figure 28

La hauteur de la frange capillaire dépend des caractéristiques du sol: la montée de l'eau par capillarité est moins forte dans les sols caillouteux et sableux que dans les sols limoneux et surtout argileux. C'est en effet la finesse des canalisations entre les particules qui détermine l'élévation de l'eau.

Dans le cas de la **figure 28**, nous voyons que les racines des arbres et des herbes pérennes s'enfoncent jusqu'à la frange capillaire. Leur survie est donc assurée. Certaines espèces de plantes pérennes sont capables d'aller chercher l'eau à des profondeurs de 10, 15, 20 et même 30 mètres.

La **figure 29** nous montre un autre endroit, proche du premier, où le niveau de la nappe phréatique a baissé à tel point que la frange capillaire ne rencontre plus l'extrémité des racines. Celles-ci ne peuvent donc plus alimenter les plantes qui sont condamnées.

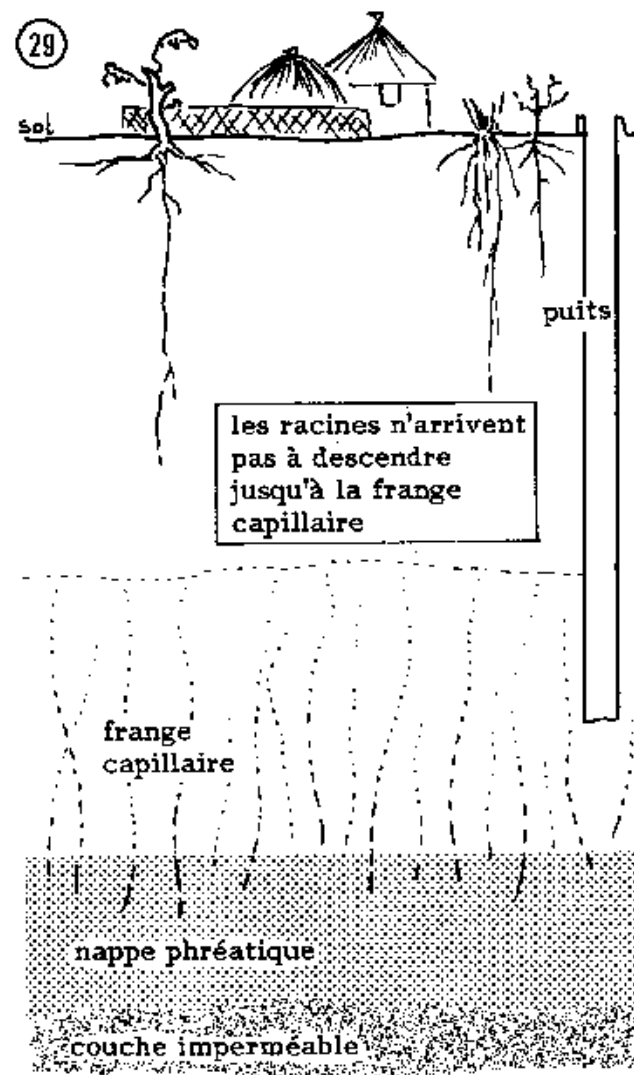


Figure 29

Que peut faire, dans ces conditions, l'agriculteur qui veut continuer à nourrir sa famille, si ce n'est lutter pour que l'eau de pluie qui tombe dans la région s'y infiltre et alimente les nappes?

L'effet bénéfique de la végétation

Nous avons dit que la végétation et la litière qui couvrent le sol empêchent le splash et le ruissellement de l'eau. Voici deux images qui montrent et expliquent ce fait.

A droite de la **photo 30**, on a représenté les gouttes de pluie qui frappent le sol en pleine vitesse. Elles ont un effet de splash très important.

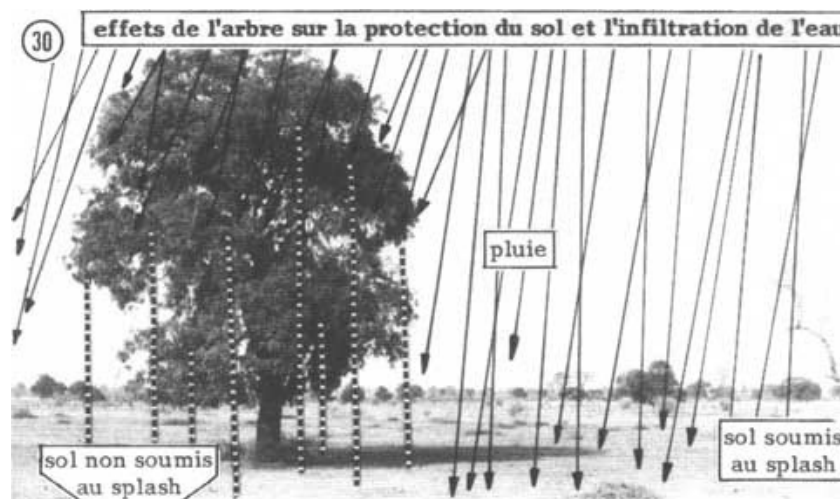


Photo 30: effets de l'arbre sur la protection du sol et l'infiltration de l'eau

A gauche, la pluie tombe sur le feuillage de l'arbre; c'est lui qui reçoit le choc des gouttes. L'eau qui s'écoule le long des feuilles et tombe ensuite, a beaucoup moins d'énergie lorsqu'elle frappe le sol que les gouttes de pluie tombant directement du ciel. C'est un premier point à retenir.

Un second point est que les arbres déposent à la surface du sol une litière de déchets (**photos 31 et 32**). Sous cette litière, le sol est plus humide. Cela s'explique:

- il n'y a pas de splash ni de battance, donc pas de colmatage des fines canalisations du sol,
- l'infiltration est donc favorisée et le ruissellement réduit.

En écartant légèrement la litière (**photo 31**), nous constatons la différence d'humidité entre la partie couverte et la partie non couverte. Nous confirmons cette différence en entaillant le sol à la limite de la litière (**photo 32**).



Photo 31: l'effet du couvert végétal sur l'humidité du sol



Photo 32

Une explication supplémentaire est que les plantes et leurs litières diminuent l'évaporation. Nous voyons sous l'arbre de la **photo 30**, l'ombre créée par le feuillage. Dans la partie ombragée, le sol s'échauffe moins qu'ailleurs sous les rayons du soleil; il y a donc moins d'évaporation. S'il y a du vent, l'arbre le ralentit et le rend moins desséchant.

Voyons également ce qui se passe sous la surface du sol. La **figure 33** montre une coupe dans le sol, sous l'arbre. Si nous pouvions effectuer cette coupe quelques heures après

une pluie, nous pourrions y constater la différence d'humidité entre la partie du sol située sous le couvert de l'arbre et la partie située en dehors de ce couvert. Sous l'arbre, la couche humidifiée est plus épaisse, en particulier là où les racines descendent en profondeur. L'eau trouve en effet plus de facilité à pénétrer à ces endroits.

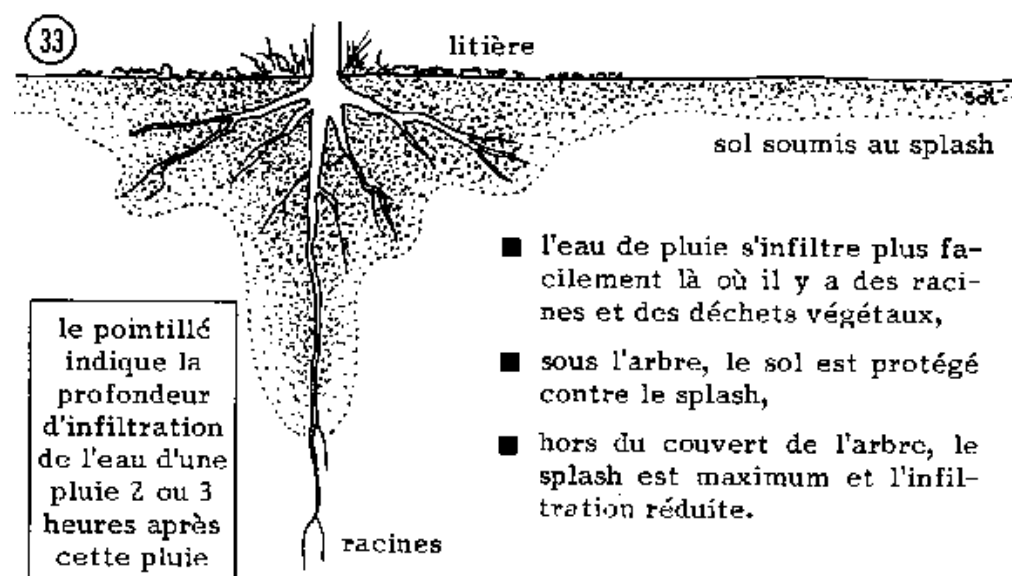


Figure 33

Remarquons qu'un arbre ne fait pas la forêt, mais retenons que **chaque arbre est une porte d'entrée de l'eau vers la nappe phréatique**. Il faut donc reconnaître la sagesse des anciens qui préservaient toujours dans leurs champs un certain nombre d'arbres.

L'effet bénéfique du couvert végétal pour la protection du sol et l'infiltration de l'eau peut être constaté facilement au moyen d'une petite expérience réalisable entre agriculteurs ou avec des élèves.

On délimite deux parcelles de terre de dimensions égales (par exemple 20 mètres sur 10 mètres), situées l'une à côté de l'autre sur une pente légère. Ces parcelles sont délimitées par des diguettes ou des billons. Sur le haut des parcelles, il faut empêcher l'eau ruisselante d'entrer. Au bas des parcelles, il faut récolter l'eau qui s'écoulera dans deux fosses distinctes (**figure 34**).

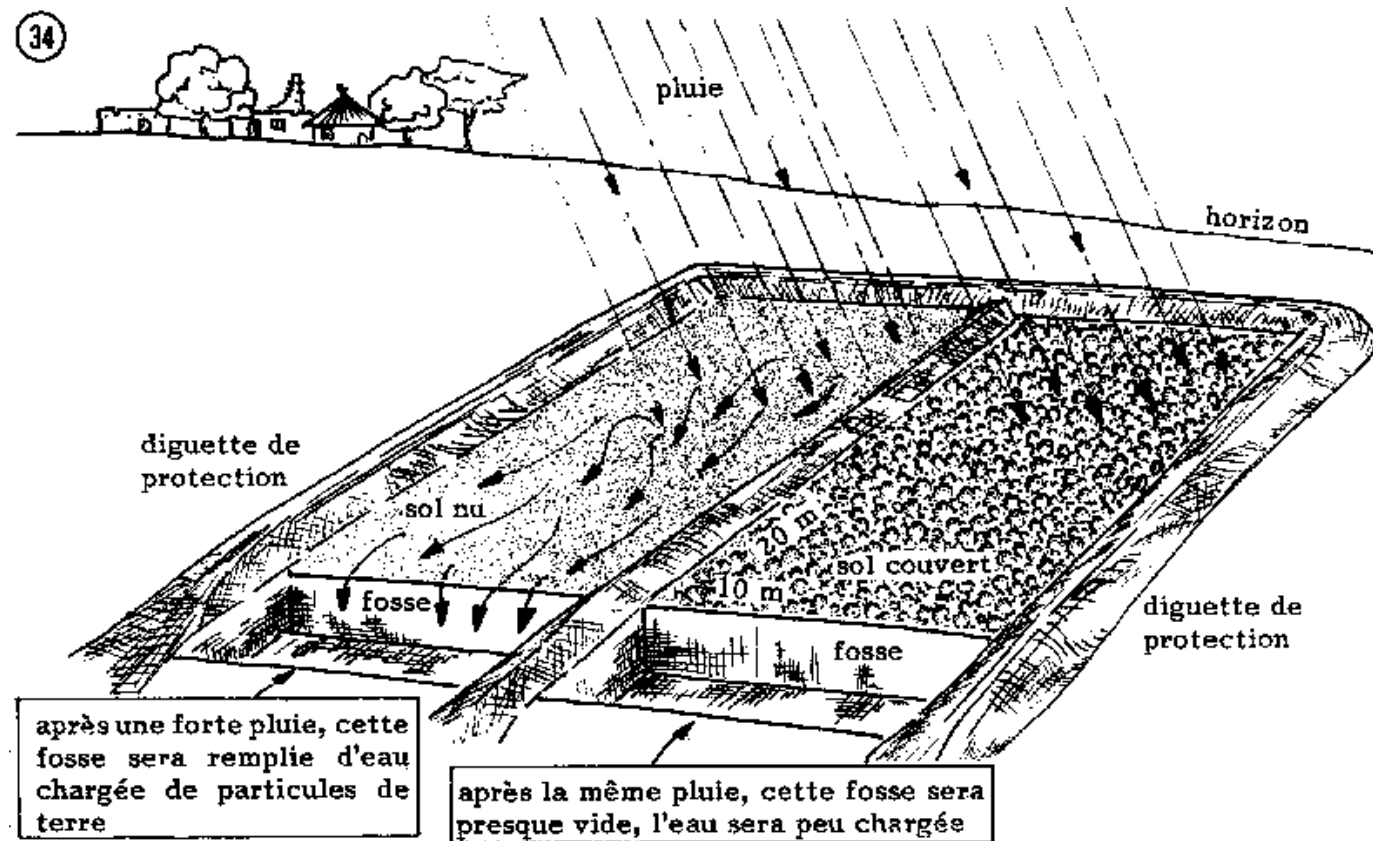


Figure 34: un sol couvert n'est pas soumis à l'érosion et au ruissellement

La première parcelle (à gauche) est bien houée et laissée nue. La seconde parcelle est houée de la même façon et recouverte d'un mélange de pailles, de branchettes, de feuilles mortes, de bouses de vache, etc ... Ce mélange doit être uniformément répandu sur l'ensemble de la parcelle.

Observons ce qui se passe au moment d'une pluie. A gauche, les gouttes frappent le sol, provoquant l'effet de splash, et, après être retombées, se mettent à ruisseler vers la fosse. A droite, il n'y a pas de splash: la pluie frappe les déchets et s'écoule en douceur sur le sol houé qui a vite fait de l'avalier.

Peu après la pluie (une demi-heure ou une heure), nous observons d'autres aspects. Sous la parcelle dénudée, la fosse est pleine d'eau. Peut-être même a-t-elle débordé. L'eau est chargée de particules de terre qui lui donnent une couleur rouge ou brune. Si nous creusons la terre, nous rencontrons très rapidement la couche sèche du sol.

Sous la parcelle de droite, la situation est toute autre. La fosse est presque vide. L'eau que l'on y trouve est peu colorée, car peu chargée de particules de terre. En creusant le sol sous les déchets, nous trouvons l'eau beaucoup plus profondément infiltrée que sous la parcelle dénudée.

Si les mesures sont faites avec précision, il est possible, après chaque pluie, de mesurer la quantité de sol entraîné par le ruissellement. Des techniciens ont effectué ces mesures. Leurs résultats sont impressionnants: voici, dans **le tableau 35**, des ordres de grandeur pour des terres en pente faible (3 à 7 %). Ces résultats parlent d'eux-mêmes.

Si, faute de déchets végétaux en suffisance, on ne peut couvrir totalement le sol, il est toujours possible d'organiser une couverture partielle et de disposer cette couverture de façon à ce qu'elle ralentisse le plus possible les eaux ruisselantes. Chaque aspérité du sol, souche, paille, cailloux, branchettes, etc ..., est une petite porte d'entrée pour l'eau d'infiltration.

Tableau 35: terre emportée par l'érosion au cours d'une année sur un sol en pente (3 à 7%)

| | parcelle d'un are (10 x 10m) |
|-------------------------|------------------------------|
| sol nu | 12 à 15 kg |
| champ de coton | 7 à 8 kg |
| sol entièrement couvert | 0,01 à 0,02 kg |

L'agriculture et les arbres en région sahéenne

Pour que l'agriculture soit possible et que les arbres poussent, il faut que l'eau humidifie le sol en surface et en profondeur. Nous savons que cette humidification se fait dans le sens de la descente d'une part - c'est l'infiltration - dans le sens de la montée d'autre part - c'est celui de la montée capillaire à partir de la nappe.

Les plantes de culture à cycle court, comme le mil et le sorgho, peuvent se satisfaire de l'eau qui s'infiltre dans les couches superficielles du sol. **Les plantes à cycle long**, dont la vie dépasse largement les deux ou trois mois d'hivernage, **doivent nécessairement enfoncer leurs racines jusqu'à la frange capillaire**. Cela n'est pas une mince affaire pour les jeunes plantes si l'humidité due à l'infiltration et celle de la frange capillaire ne se rencontrent pas. Entre les deux, le sol, sec et dur, n'est pas un milieu favorable au développement des racines.

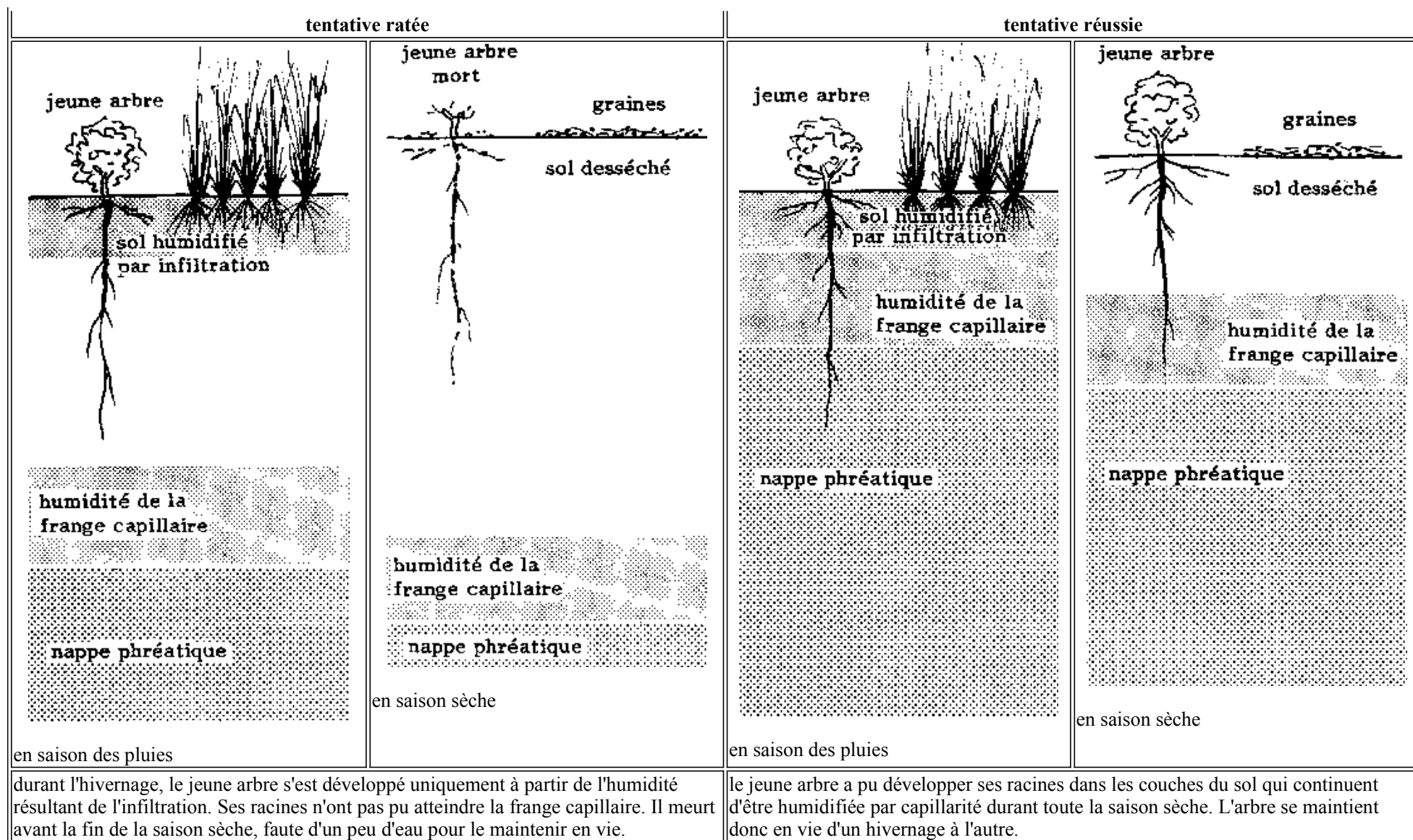
Ceci explique pourquoi il est si difficile de replanter des arbres au Sahel et pourquoi il est indispensable de préserver à tout prix ceux qui y vivent encore.

Le **tableau 38** montre la tentative de développement d'une jeune plante pérenne (arbre ou herbe).

Dans le premier cas, la jeune plante pérenne germe et se développe durant l'hivernage en puisant son eau dans les couches de sol humidifiées par l'infiltration. Elle ne dispose cependant ni du temps, ni de la force nécessaires pour que ses racines percent la couche sèche et dure du sol et aboutissent dans les couches humidifiées par la remontée capillaire. Durant la saison sèche, les racines superficielles ne trouvent plus d'eau en surface: c'est la mort assurée. Par contre, les plantes à cycle court sont mieux armées pour passer la saison sèche, puisqu'elles ont eu le temps de produire des graines qui attendront sur le sol le retour des pluies.

Dans le second cas, la jeune plante pérenne profite également de l'hivernage pour germer et pousser ses racines en profondeur. Comme la frange capillaire rencontre les couches d'infiltration, la jeune plante arrive à y ficher ses racines. En saison sèche, elle cessera de croître, mais trouvera suffisamment d'eau en profondeur pour survivre plusieurs mois, jusqu'au retour des pluies.

Tableau 38: le niveau de la frange capillaire durant les saisons pluvieuses et sèches détermine le développement des jeunes arbres



C'est pourquoi, lorsqu'on plante un arbre, il faut chercher un endroit favorable à l'infiltration et où il existe une voie de communication entre l'eau d'infiltration et la frange capillaire. S'il n'en existe pas, on peut en créer par des petits aménagements, de façon à forcer l'eau à s'infiltrer (**photos 36 et 37**).



Photo 36: remblai de terre amenant l'eau de ruissellement à s'écouler au pied du jeune arbre

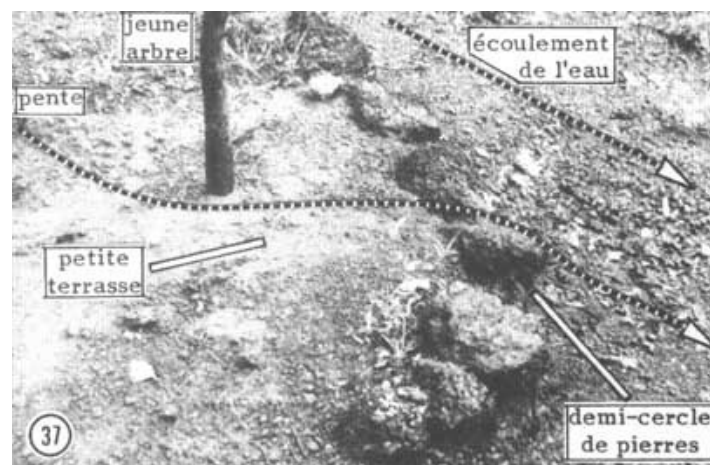


Photo 37

Pour une autorité des arbres

Comme pour le feu, chaque campement, village ou quartier devrait se doter d'une autorité qui fixerait les règles de conduite vis-à-vis des arbres.

- Elle empêcherait les coupes et les abattages inconsidérés.

- Elle demanderait à chacun de planter et d'entretenir des arbres.
- Elle veillerait à ce que chaque arbre abattu soit remplacé par un ou plusieurs jeunes pieds.
- Elle protégerait certaines espèces d'arbre menacées de disparaître.
- Elle enseignerait aux enfants le rôle des arbres et leur nécessité pour le maintien de la vie rurale.
- Elle désignerait les endroits réservés à la forêt.
- Elle demanderait aux habitants de planter des haies.

Comme pour les feux, une autorité des arbres doit être **très proche des habitants**, sans quoi elle serait inefficace. Elle doit être aidée par les autorités administratives et les techniciens forestiers.

Nombreuses sont les régions où les anciens avaient fixé des règles relatives aux arbres. Des sultans nigériens coupaient la main à ceux qui abattaient sans raison l'acacia albida. Les chefs mossi, dans la région de Titao, interdisaient tout abattage d'arbre dont on entendrait la chute au village. La tradition casamançaise était que chaque père de famille plantait des arbres (et en particulier des rôniers) à la naissance de ses fils, afin que ceux-ci disposent de bois à l'âge où ils se marieraient. Les prêtres eux-mêmes s'en sont mêlés en désignant parfois des bois sacrés auxquels personne ne pouvait toucher.



Photo 39: champ peuplé d'acacia albida

A travers ces traditions politiques, sociales ou religieuses des ancêtres, ainsi qu'à travers l'enseignement des techniciens d'aujourd'hui, il devrait être possible de réfléchir, dans les villages, sur la réorganisation d'une autorité des arbres efficace.

Troisième partie: Lutter contre l'érosion pour que vivent les villages

Commencer là où il y aura un résultat immédiat

Nous allons parler maintenant des techniques proposées par le G.A.R.Y. (Groupement des Artisans Ruraux du Yatenga) pour lutter contre l'érosion et pour favoriser l'infiltration de l'eau dans les nappes phréatiques.

Il existe de nombreuses méthodes de lutte contre l'érosion, certaines plus compliquées et plus coûteuses que d'autres. Nous choisissons d'expliquer les méthodes du G.A.R.Y., car elles ont le grand avantage de pouvoir être maîtrisées par les villageois. Les grands moyens de l'Etat ou de l'aide internationale ne sont pas nécessaires. Chacun peut commencer la lutte sans délai dans son propre champ.

De plus, ces méthodes peuvent être discutées entre villageois et artisans locaux, et chacun peut participer aux décisions. C'est important pour l'avenir. En effet, lorsque les décisions sont prises sans discussion au village, par des techniciens ne connaissant pas vraiment les lieux, elles sont fréquemment erronées. L'erreur ne vient pas nécessairement de la technique proposée par l'expert, mais bien de son inadaptation à la structure sociale du village, du manque de dialogue et donc de compréhension ou d'autres problèmes économiques ou d'infrastructure.

Il existe dans toutes les régions du Sahel de vastes projets de lutte anti-érosive ou de reboisement. Ils sont techniquement bien au point le plus souvent, mais ils ont le défaut de ne pas tenir compte des mentalités paysannes et surtout des contraintes du travail paysan.

Tel est le cas par exemple d'un très vaste projet de construction de diguettes, réalisé par trente cinq techniciens voltaïques et étrangers, durant trois ans, dans la région de Titao. Leurs bulldozers ont tracé des dizaines de kilomètres de diguettes le long des courbes de niveau, sans tenir compte de la limite des champs et des exploitations, ni des passages nécessaires pour les piétons, les vélos et les charrettes.

Des hectares entiers de plaines à mil (peu productifs certes, mais productifs quand même) ont été stérilisés par cette action, car l'eau des pluies, plutôt que de s'écouler doucement en nappe, s'est rassemblée dans les rigoles et ravines partout où il y avait des passages. Fallait-il interdire les passages? Peut-être, mais il fallait surtout informer les habitants, les éclairer et trouver des solutions qui leur conviennent, sans gêner leur travail.

Trop souvent, les techniciens de grands projets sont pressés par leurs moyens: ils ne se donnent pas le temps de réfléchir avec ceux qui vivent sur place. La méthode du G.A.R.Y. est différente: **rien ne peut être fait sans une discussion et un accord entre les villageois et le groupement des artisans. Chacun doit comprendre ce qui se passe et y participer activement.**

Par ailleurs, le G.A.R.Y. et les habitants fabriquent eux-mêmes tout ce qu'ils peuvent comme outils et comme matériel. Ainsi, ils se forment en commun, tant aux métiers d'artisans de l'eau, de la forge, du gabionnage, du forage ..., qu'à l'organisation du travail sur les chantiers, la gestion des chantiers et du matériel, l'entretien des aménagements et des puits, etc...

Sur le plan humain, la méthode du G.A.R.Y. consiste à partir du paysan individuel. Le paysan est un homme incrédule: il ne croit que ce qu'il voit. Il doit constater rapidement le résultat de ses efforts sur ses propres champs et sur la vie rurale et c'est ainsi qu'il cesse d'être méfiant face à une nouvelle technique. Ceux qui sont convaincus individuellement se regroupent petit à petit pour entreprendre des actions d'intérêt collectif de plus en plus larges. C'est ainsi que procède le G.A.R.Y. pour la lutte contre l'érosion: lutter au champ d'abord, avec l'exploitant; puis au marigot, avec les divers exploitants concernés par le ruissellement dans ce marigot; avec toute la communauté villageoise ensuite, ou même avec plusieurs communautés s'il s'agit de travaux les concernant. Qui peut d'ailleurs intéresser et motiver ses semblables à agir s'il n'est pas lui-même personnellement convaincu du rapport qu'il pourra tirer de son action individuelle et communautaire?

Chapitre 5: Supprimer le ruissellement dans les champs

Construire des diguettes

Si la végétation est peu abondante, le sol est dénudé lorsque commence la saison des pluies. La seule méthode de lutte contre le ruissellement et pour l'infiltration, est alors une **méthode mécanique**, c'est-à-dire une méthode utilisant la terre et les pierres. On parle de **méthode biologique** lorsque la lutte se fait principalement au moyen de plantes et

d'un couvert végétal. C'est à la lutte mécanique que nous allons nous intéresser maintenant.

La **figure 1** représente un grand bassin versant faisant partie du terroir cultivé d'un village. Nous y voyons le parcours du marigot, des ravines et des rigoles, la ligne de partage des eaux délimitant le bassin versant, les parcelles de terres cultivées. Les pentes du bassin versant sont peu accentuées, ce qui fait que les terres les plus hautes sont soumises à l'érosion en nappe, alors que plus bas, l'érosion en rigoles et ravines prédomine.

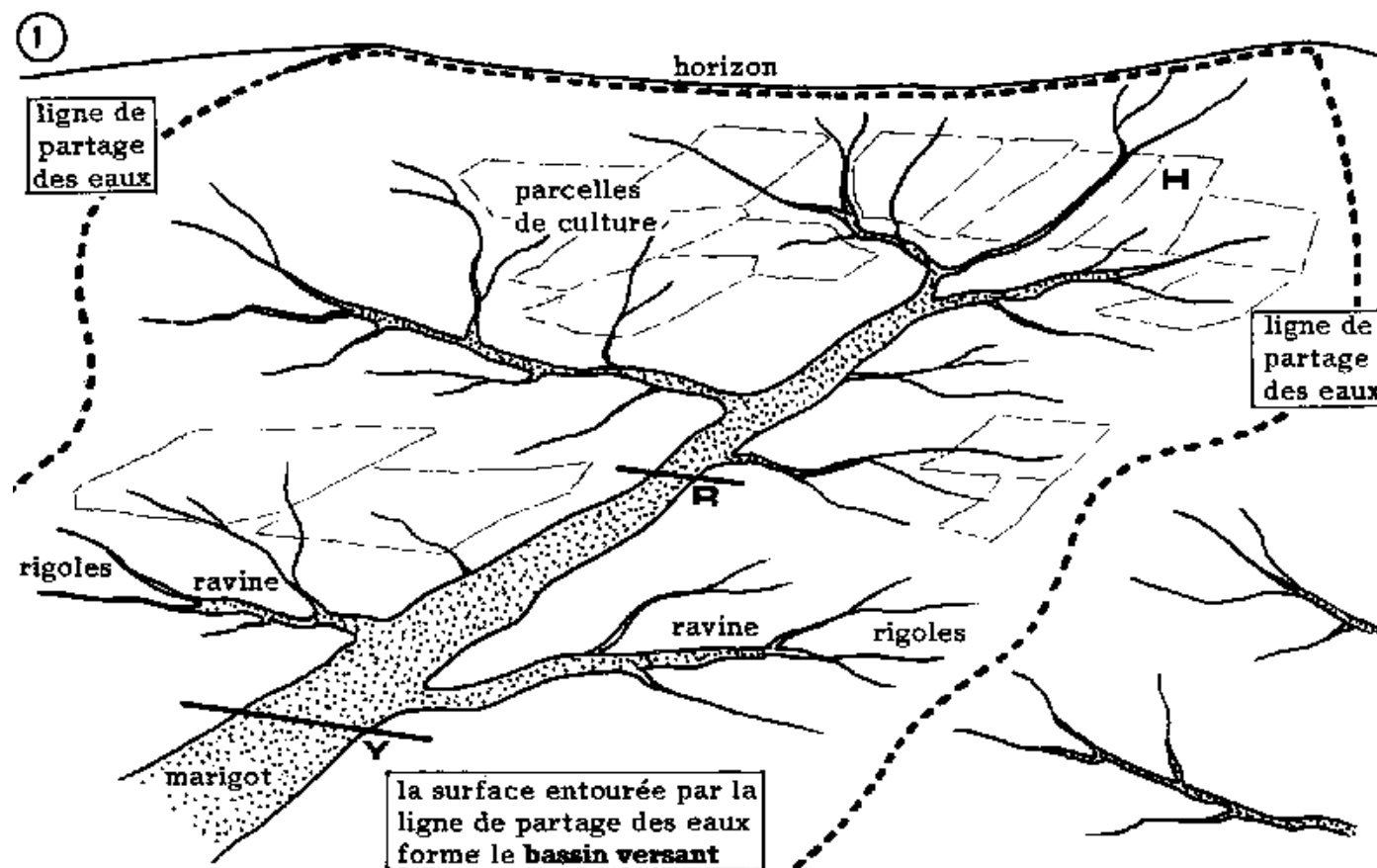


Figure 1: vue d'ensemble d'un bassin versant

Nous allons étudier la lutte anti-érosive à plusieurs endroits: d'abord dans les champs eux-mêmes, par exemple au point **H** (chapitre 5), ensuite dans les marigots, par exemple en **R** et **Y** (chapitre 6).

Le premier type de travail que nous envisageons, celui des **diguettes**, se réalise dans le champ **H**. Il est entrepris par un paysan individuel ou un groupe de paysans décidés à

collaborer entre eux. A Titao, il est fréquent que des jeunes se soient rassemblés en vue de ce travail. **Le but est de conserver la plus grande partie possible de l'eau qui tombe sur le champ, et de l'obliger à s'infiltrer.** Pour cela, on va forcer l'eau à ralentir sa course et à parcourir un long chemin en construisant des diguettes en travers du champ.

La première chose à faire est **d'observer les caractéristiques du champ (figure 2)**: sa forme, son point le plus haut (**A**), son point le plus bas (**B**), le sens de la pente la plus forte, la longueur totale entre le point haut et le point bas lorsqu'on suit exactement le sens de la pente.

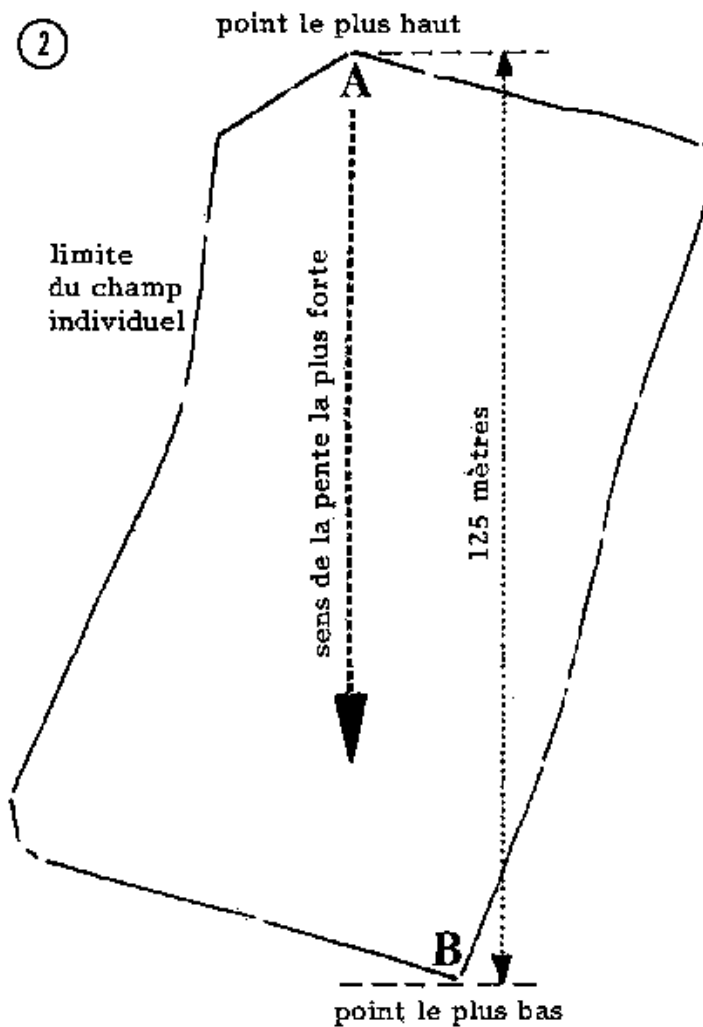


Figure 2: limites du champ avant son aménagement

Sur la figure, la flèche en trait discontinu indique le sens de la plus forte pente. On le repère en observant l'eau qui ruisselle: elle suit toujours cette pente. La longueur entre A et B (125 mètres dans l'exemple choisi) est mesurée comme indiqué sur la figure, le long d'une ligne parallèle à la ligne de pente.

La lutte consiste à construire une série de diguettes de faible hauteur, perpendiculairement à la pente la plus forte, de façon à obliger l'eau à s'écouler en zig-zag entre les diguettes.

La **figure 3** présente le plan final de la parcelle aménagée et le mouvement de l'eau qui y est recherché. Nous voyons que le ruissellement en nappe est gêné par la position des diguettes qui obligent l'eau à s'écouler latéralement. Arrivée au bout d'une diguette, l'eau trouve un passage sur un petit déversoir de pierre. Elle se répand dans le casier suivant. Mais là, elle est obligée par une autre diguette à traverser le casier dans toute sa longueur, avant de trouver un nouveau passage pour descendre. Au fond du champ et du septième casier, l'eau excédentaire qui n'a pu s'infiltrer passe sur un grand déversoir et est conduite vers le marigot.

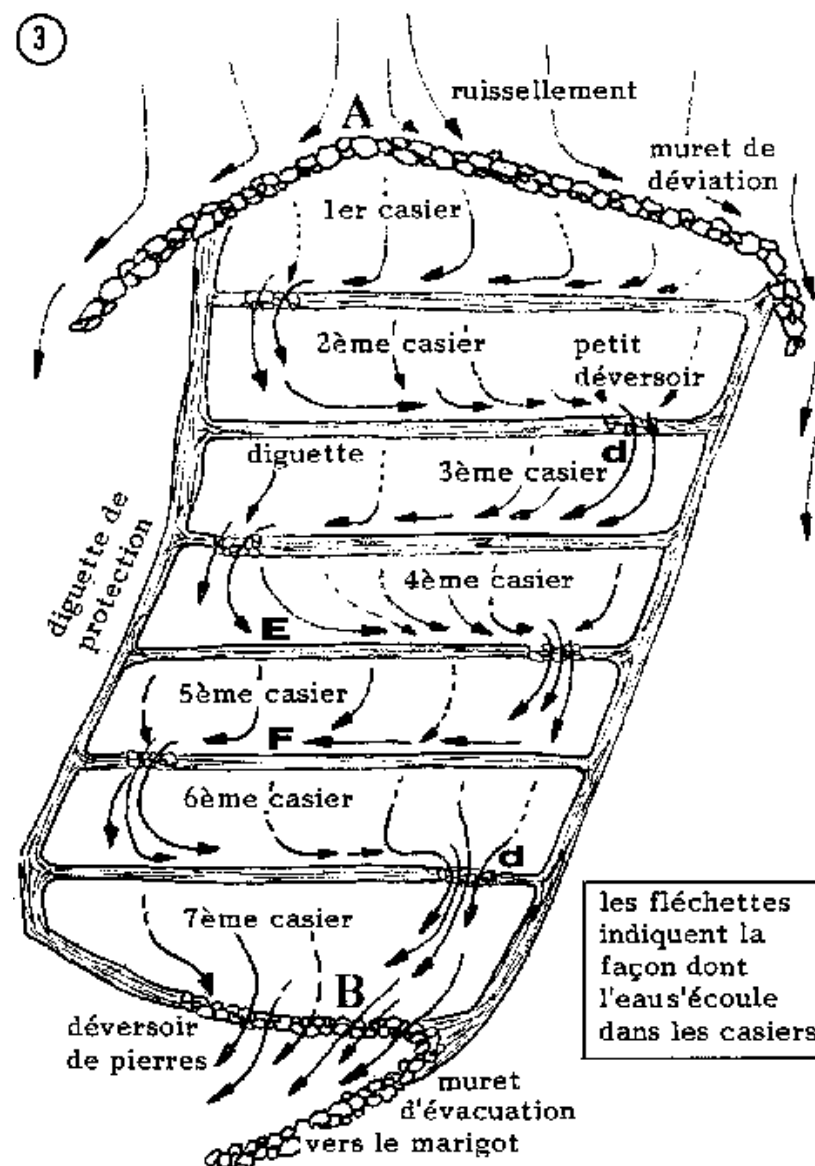


Figure 3: champ aménagé

Pour avoir un bon résultat, il faut que le champ soit protégé par un muret ou une diguette qui empêche l'eau ruisselant des terres situées plus haut d'entrer dans la parcelle.

Cette eau risquerait de provoquer de gros dégâts, en particulier si elle a déjà acquis de la vitesse.

Si nous parcourons le champ du point le plus haut (A) au point le plus bas (B) (**figure 4**), nous rencontrons d'abord le muret de déviation chargé de renvoyer les eaux s'écoulant de l'amont de la parcelle vers les côtés. Ce muret est constituée par de la terre recouverte de pierres. Ensuite, le parcours rencontre 7 diguettes d'une hauteur de 30 centimètres chacune, et de 60 centimètres de largeur à la base. Cette norme est adoptée une fois pour toutes à Titao. D'autres normes, légèrement différentes, pourraient être adoptées en fonction des pentes plus fortes ou moins fortes que l'on rencontrerait dans d'autres régions.

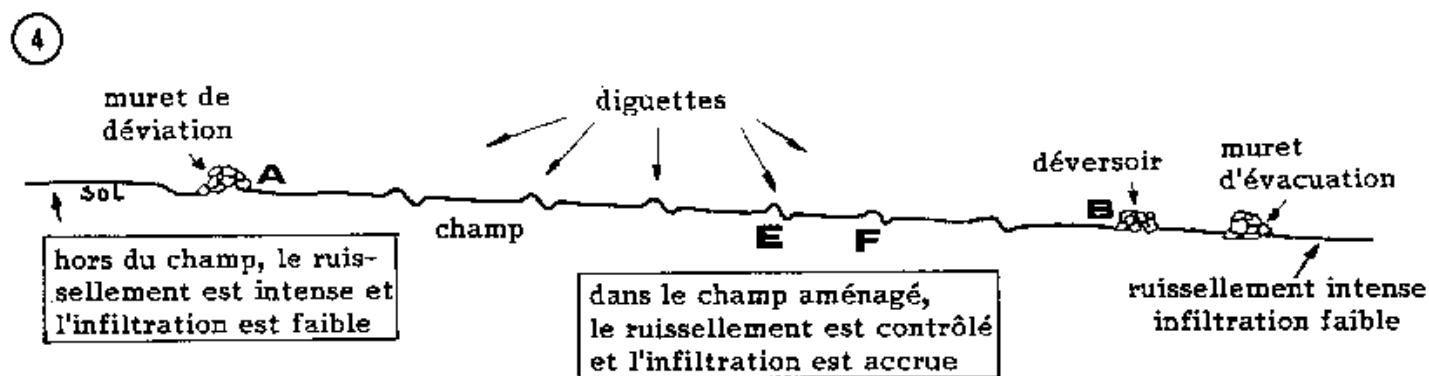


Figure 4: position des diguettes et des murets le long du parcours AB

Pour calculer les diguettes, le G.A.R.Y. commence par définir la forme type d'une diguette: elle est toujours rectiligne, (il n'y a pas de courbes); sa section a la forme d'un triangle de 60 cm à la base et de 30 cm de haut; son flanc amont est recouvert de pierres (**figure 5**). L'utilisation d'une norme bien définie facilite la réalisation des aménagements par les villageois, car il n'y a qu'un seul type de mesure et de calcul à effectuer pour toutes les diguettes.

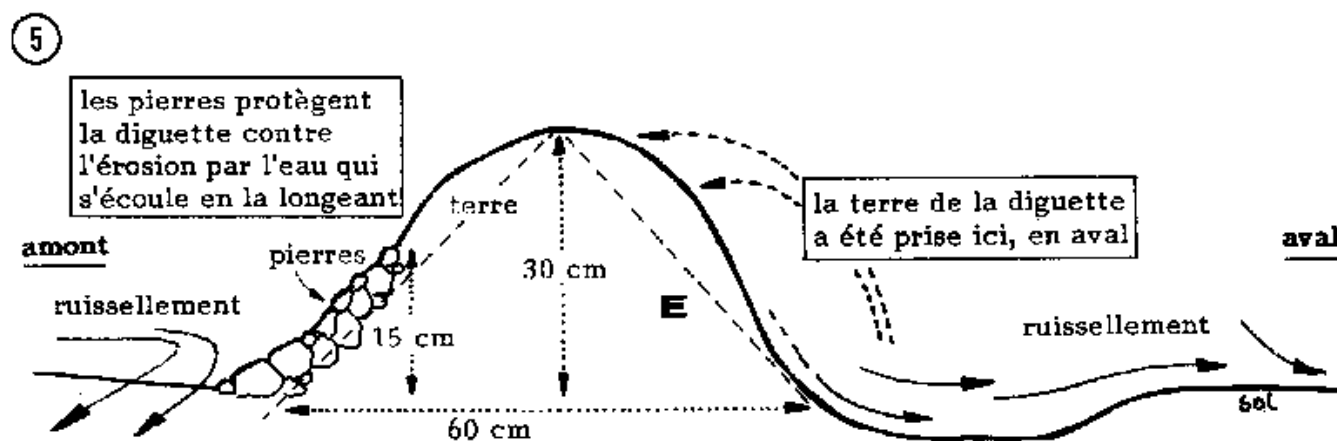


Figure 5: coupe dans une diguette et ses caractéristiques

Deux choses sont importantes pour la bonne résistance de la diguette. **La terre est prise en aval**, c'est-à-dire vers le bas de la pente, car il faut éviter qu'une rigole ne se forme vers le haut contre la diguette. Il faut aussi que **l'amont de la diguette soit protégé par quelques pierres** pour que l'eau de ruissellement qui la frappe ou qui la longe ne puisse l'éroder. D'une façon plus générale, on peut d'ailleurs dire qu'il faut protéger les diguettes par des pierres partout où l'eau peut prendre de la vitesse et les creuser.

Sur la **figure 3**, nous avons indiqué que chaque diguette était munie à l'une de ses extrémités d'un petit déversoir servant à évacuer les eaux excédentaires. En effet, l'eau ne peut jamais submerger une diguette de terre, car elle la détruirait. La **figure 6** nous montre comment réaliser les déversoirs.

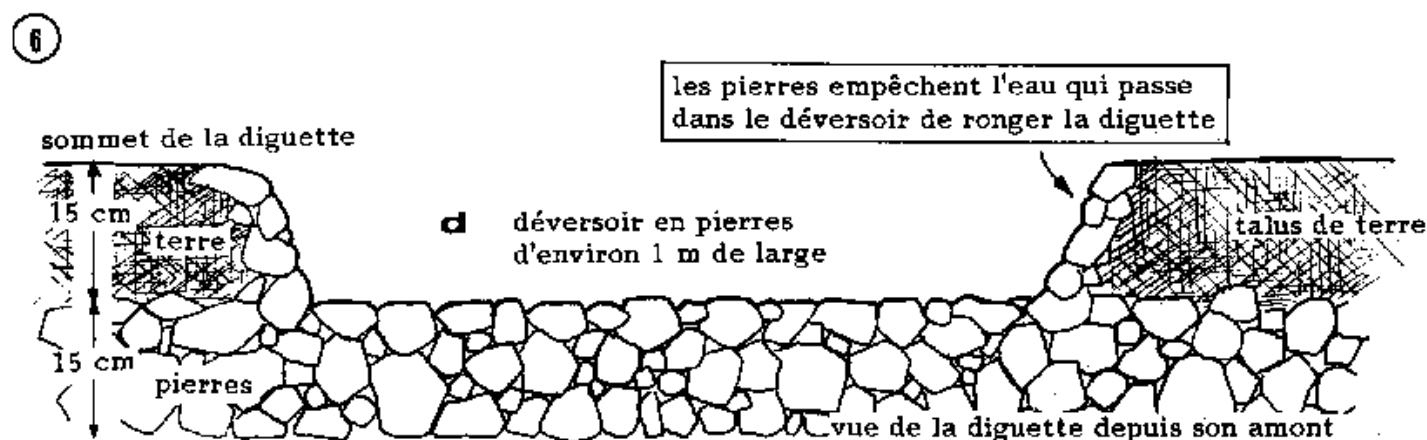


Figure 6: plan du déversoir établi à l'extrémité des diguettes

Connaissant la forme des diguettes, tant en longueur qu'en section, nous pouvons étudier la manière dont celles-ci vont être disposées le long du parcours AB qui, rappelons-le, est celui de la plus forte pente.

Le principe essentiel est que **le sommet d'une des diguettes doit toujours se trouver à la même hauteur que la base de la diguette précédente (figure 7)**. C'est de cette façon que l'efficacité de la lutte anti-érosive et pour l'infiltration de l'eau sera la plus grande.

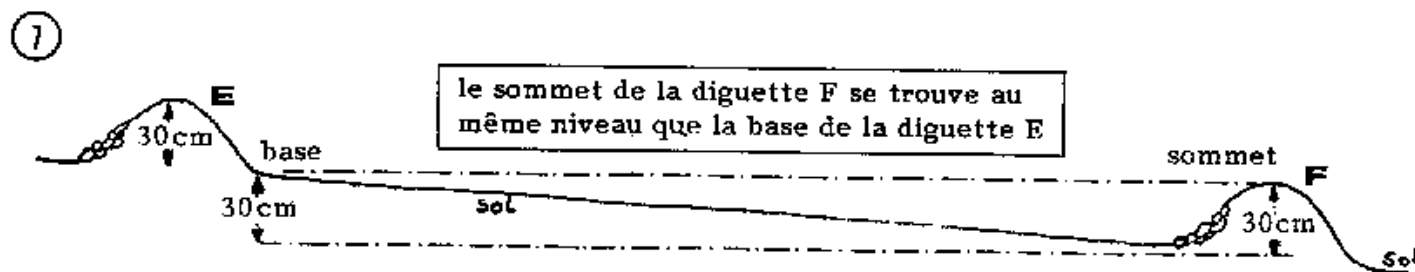


Figure 7: position des diguettes les unes par rapport aux autres

A la longue, si nous respectons ce principe, la terre emportée par le ruissellement dans le haut du casier sera déposée dans le bas. Petit à petit, il se formera une terrasse horizontale sur laquelle le ruissellement sera réduit (figure 8). Au fur et à mesure que la terrasse se forme, on peut relever légèrement la diguette du bas (F) et son déversoir, afin de retenir le maximum d'eau de pluie dans le casier.

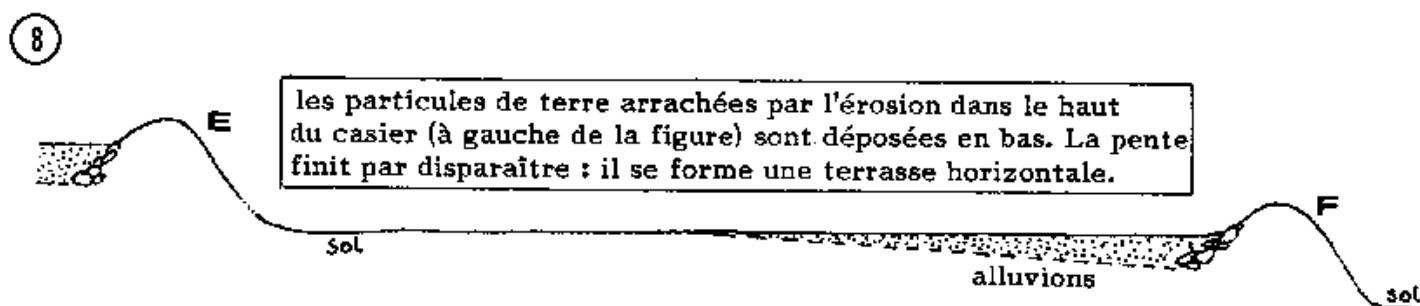


Figure 8: formation d'une terrasse au bout de quelques années

Reste à savoir maintenant comment effectuer les mesures nécessaires pour l'établissement des diguettes, le long du parcours AB, et comment mesurer les niveaux.

Mesurer et calculer la pente

Pour pouvoir établir correctement les diguettes, il faut connaître avec exactitude la pente du terrain. On exprime la pente d'un terrain en pourcents (%). Par exemple, si j'ai parcouru 100 mètres en longueur et que j'ai descendu de 3 mètres en hauteur, je dis que la pente est de 3 mètres pour 100 mètres. Si je suis descendu de 2,1 mètres le long d'un parcours de 125 mètres, la pente est de:

$$\frac{\text{hauteur}}{\text{longueur}} = \frac{2,1 \text{ mètres}}{125 \text{ mètres}} \times 100 = 1,68 \%$$

C'est une pente très faible qui correspond en fait au cas de notre exemple. La **figure 9** nous montre des pentes de plus en plus fortes et leur pourcentage.

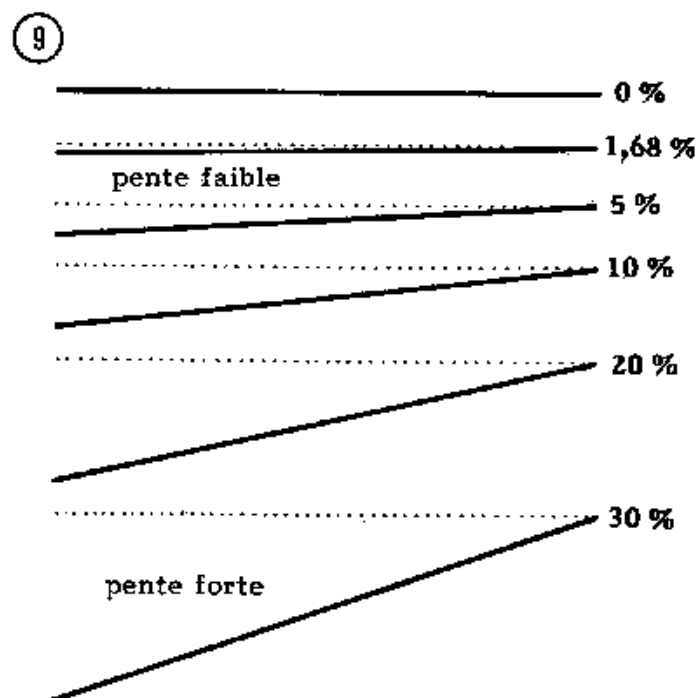


Figure 9: quelques pentes

Pour mesurer la pente, il faut un instrument de mesure appelé **niveau**. Un niveau très simple et maniable peut être facilement construit au village au moyen d'un long tuyau en plastique transparent et de deux **jalons (figure 10)**. Les jalons sont constitués chacun d'un piquet bien rectiligne et d'un talon épais et plat qui permet de poser le piquet sur le sol sans qu'il ne se renverse (par exemple une boîte de conserve remplie de ciment ou un morceau de bois taillé). Les deux jalons d'une hauteur de 2 mètres - appelons-les **ja** et **jo** - soutiennent les deux bouts du tuyau plastique. Celui-ci est fixé au moyen d'un fil de fer ou d'une corde.

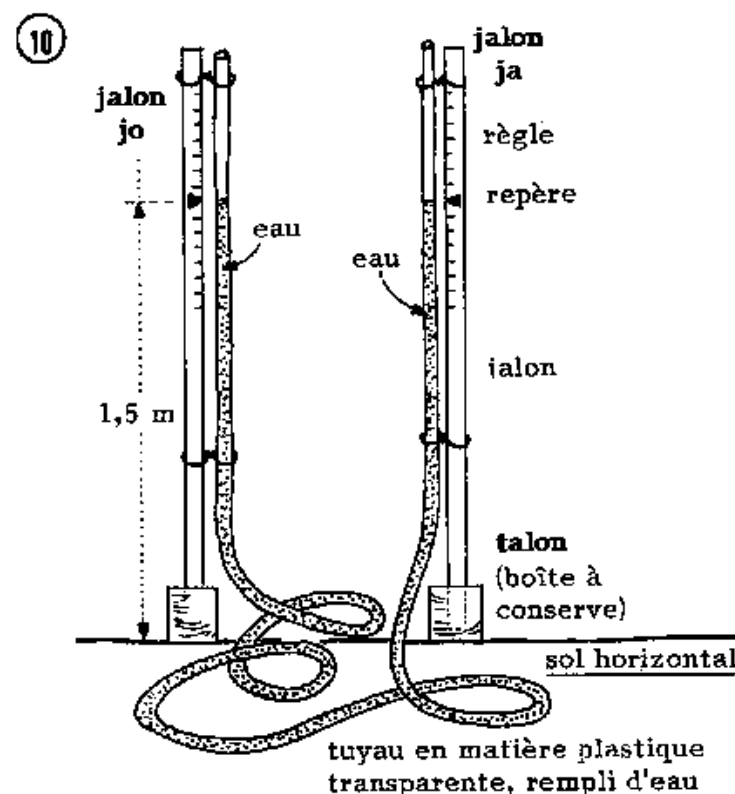


Figure 10: réglage du niveau d'eau sur un sol horizontal

La **préparation du niveau** se fait comme suit. On place les deux jalons l'un à côté de l'autre, sur une surface bien plate de façon à ce que leurs talons soient ainsi tous les deux à la même hauteur. Un repère indélébile est inscrit sur l'un des jalons à environ 1,5 mètre de hauteur. Ensuite, on remplit le tuyau par un bout avec de l'eau, jusqu'à ce qu'elle monte précisément à côté de la marque du premier jalon. A ce moment, l'eau monte exactement au même niveau, le long du deuxième jalon. On marque le deuxième jalon comme le premier, par un trait indélébile qui sert également de repère.

Avant chaque utilisation du niveau, il faut vérifier si le tuyau est correctement rempli, en posant les deux jalons l'un à côté de l'autre. Il se pourrait en effet que de l'eau se soit évaporée ou renversée, ce qui provoquerait des erreurs de mesure.

Après avoir réglé le niveau, jalon contre jalon au sommet du terrain à mesurer, nous pouvons déplacer l'un de ceux-ci le long de la pente. Déplaçons par exemple ja vers le bas de la pente, comme sur la **figure 11**.

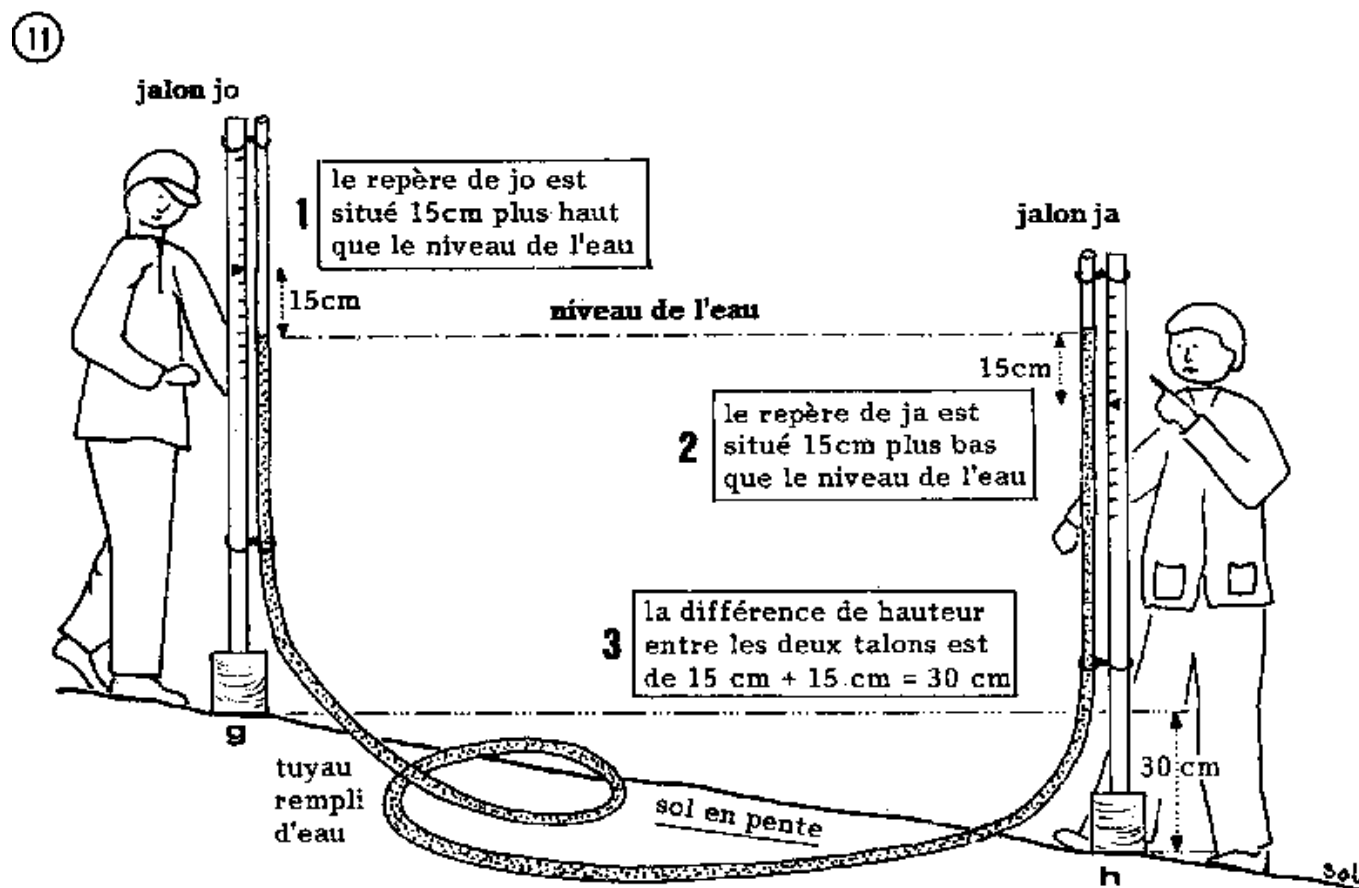


Figure 11: mesure de la pente au moyen du niveau d'eau

L'eau se déplace légèrement dans le tuyau, mais comme il y a communication entre les deux bouts, elle se place exactement au même niveau, d'un côté et de l'autre. La ligne qui rejoint les deux sommets de l'eau dans le tuyau est donc rigoureusement horizontale. Par contre, les deux repères ne sont plus au même niveau: celui de jo est resté en place, alors que celui de ja est descendu.

Avec une règle millimétrée (telle que celle qu'on utilise dans les écoles), on mesure sur le jalon ja la distance entre le repère et le niveau de l'eau dans le tuyau. Elle est de 15 cm dans notre exemple. Ce repère est plus bas que le niveau de l'eau. Puis, on procède de même sur jo. La distance est également de 15 cm, mais cette fois, le repère est plus haut que le niveau de l'eau. Il faut donc additionner les deux mesures pour avoir la différence exacte de hauteur entre les deux talons ($15 \text{ cm} + 15 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$).

Connaissant le principe de cet instrument, il nous suffira de mesurer d'un seul côté la différence entre le niveau d'eau et le repère d'un jalon, et de multiplier cette mesure par 2

pour connaître la différence de niveau entre deux points quelconques de la surface du sol.

Pour calculer la pente, il faut encore mesurer la distance entre les deux jalons. La distance exacte dont il faut tenir compte est celle qui sépare les deux bouts de la colonne d'eau. En tendant un ruban mètreur, une chaîne d'arpenteur ou simplement une corde à nœuds, il est facile de connaître cette distance.

Dès que nous savons utiliser le niveau et mesurer les dénivellations du terrain, il nous est possible de cheminer le long du parcours à aménager en notant toutes les données sur un petit tableau (**figure 12**).

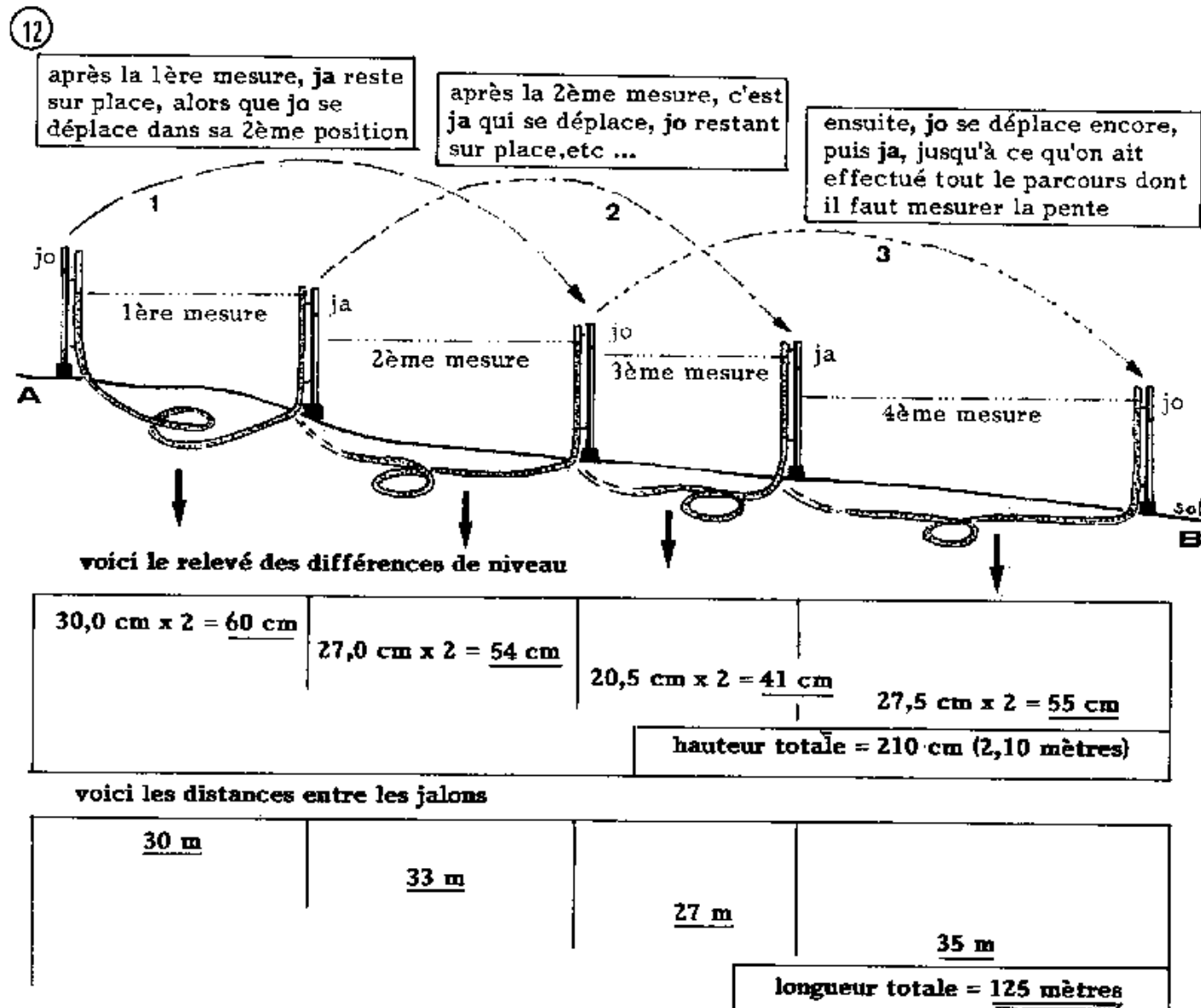


Figure 12: le déplacement des jalons le long d'un parcours

Le nombre et la position des diguettes

Après avoir effectué les mesures de longueur et de pente, il devient possible de **calculer le nombre de diguettes** nécessaires le long du parcours de 125 mètres, sachant que

- la **dénivellation** entre A et B est de 210 cm,
- la **hauteur d'une diguette** est de 30 cm, le sommet de l'une devant être au même niveau que la base de la diguette précédente.

Le nombre de diguettes à construire est donc de $210 \text{ cm} / 30 \text{ cm} = 7$. A ces 7 diguettes, nous devons ajouter le mur de protection situé au haut de la parcelle. Il y aura 7 casiers dont la largeur moyenne sera de 17,8 mètres ($125 \text{ mètre} / 7 \text{ casiers}$) le long du parcours AB. Toutefois, certains casiers seront plus longs si la pente est faible, ou plus courts si la pente est plus forte, étant donné que toutes les diguettes ont une hauteur de 30 cm.

Le long du parcours AB (marqué par une corde), nous allons **marquer par des piquets l'emplacement des diguettes**, en utilisant toujours le même niveau d'eau.

On place le jalon jo au point A, le plus haut, et on cherche le point du parcours situé exactement 30 centimètres plus bas. Pour cela, on dépose le talon de ja à un endroit tel que le niveau de l'eau de ja se situe 15 cm au-dessus de son repère, le niveau de jo étant alors 15 cm sous son repère.

Nous procédons ainsi successivement pour la première, la deuxième, la troisième diguette et les autres. Nous aurons sept mouvements de l'appareil; chacun des piquets est enfoncé de façon à ce que son sommet soit à 30 cm du sol, ce qui marque bien la hauteur de la future diguette.

A partir des sept points marqués le long du parcours par un piquet, nous pouvons positionner les diguettes elles-mêmes: elles seront rectilignes, perpendiculaires au parcours AB, et la ligne de leur sommet sera bien horizontale.

Pour vérifier l'horizontalité du sommet, on utilise encore le niveau d'eau: l'un des jalons reste au point le plus bas, alors que l'autre se déplace de part et d'autre, sur le tracé de la diguette. Au fur et à mesure qu'on procède aux mesures, on marque les points importants au moyen de piquets enfoncés avec précision.

La **figure 13** résume les différentes opérations de mesure et la pose des piquets à niveau.

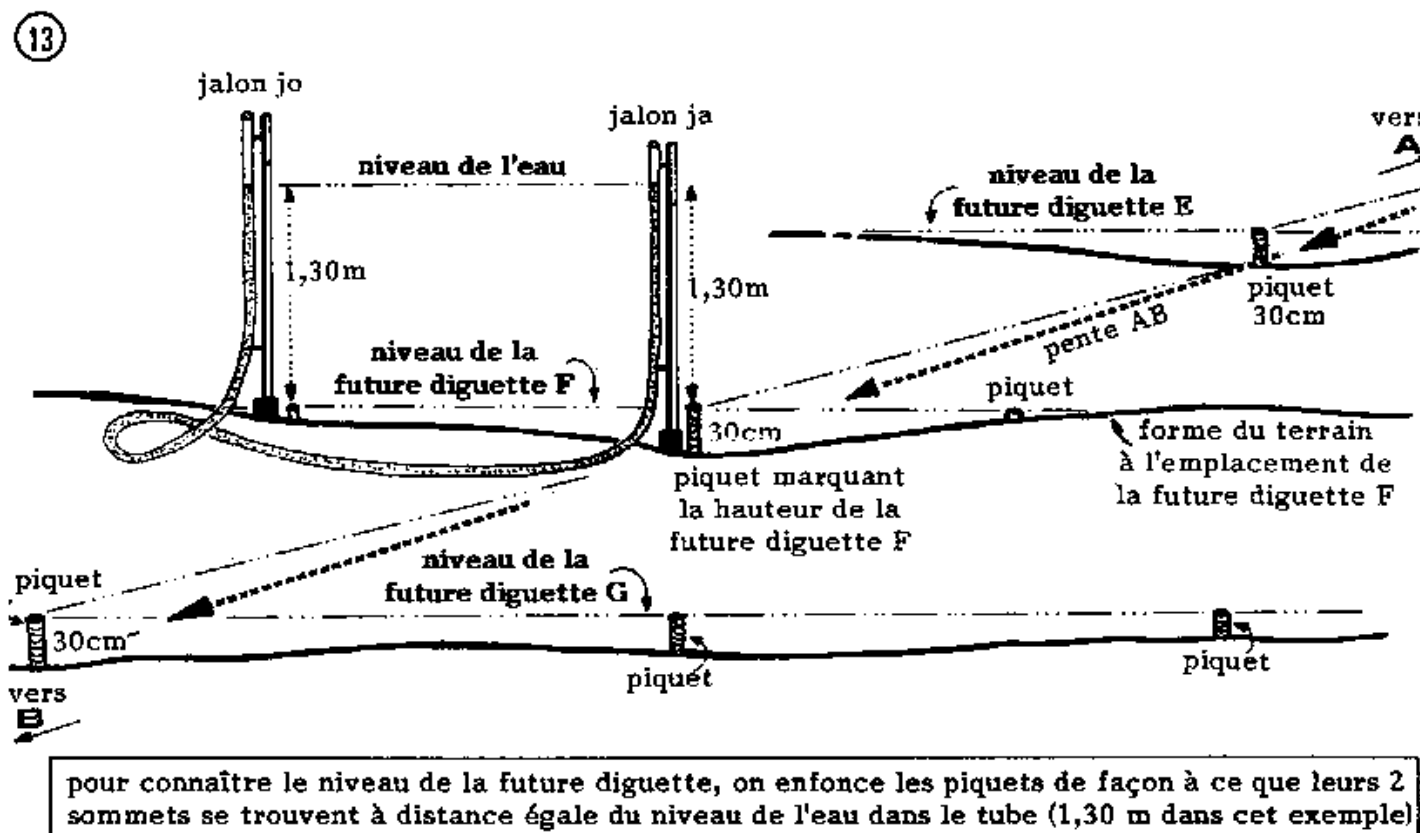


Figure 13: placement des piquets indiquant l'emplacement et le niveau des futures diguettes

Pour que le sommet de tous les piquets se situe au même niveau, il faut effectuer les mesures à partir du niveau de l'eau dans les tubes plastiques, plutôt qu'à partir de la surface du sol. On mesure d'abord la différence entre le niveau d'eau de ja et le sommet du piquet central; admettons que cela fasse 1,30 mètre. Ensuite, on enfonce le piquet latéral près du jalon jo, jusqu'à ce que son sommet se place exactement à 1,30 mètre du niveau de l'eau de ce jalon. Nous constatons en faisant ce travail que si les diguettes ont toujours 30 cm de hauteur sur la ligne AB de plus forte pente, leur hauteur est variable sur les autres points: elle dépend de la forme du terrain.

Dès que les piquets sont placés à bonne hauteur, on peut **commencer la construction des diguettes** en prenant la terre dans la partie basse, comme nous l'avons indiqué à la figure 5.

La **position des petits déversoirs** et leur hauteur sont mesurées à partir des piquets. Il faut respecter une différence de 15 cm entre le fond du déversoir et le sommet de la diguette. Il est important de bien recouvrir de pierres les flancs du déversoir, car l'eau est particulièrement érosive à ces endroits.

Si le champ aménagé est en forme de cuvette, les diguettes suffisent en elles-mêmes pour retenir les **eaux (figure 14.a.)**. Mais ce n'est pas toujours le cas: le terrain peut être plat **(c)** ou de surface irrégulière **(b)**. C'est pourquoi il est parfois nécessaire de réaliser des **travaux complémentaires** tout autour du champ afin d'éviter que l'eau ne s'échappe sur les côtés. Une diguette latérale doit être levée de façon à ce que son sommet, bien horizontal, soit au même niveau que celui d'une diguette transversale et que la base de la diguette transversale précédente.

Forme des diguettes (à l'endroit le plus bas de son parcours, la diguette doit avoir 30 cm de haut. Ailleurs, sa hauteur varie selon la forme du terrain):

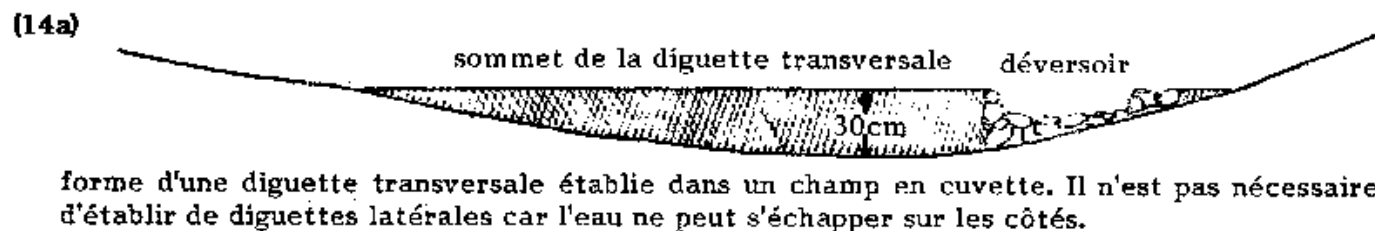


Figure 14a: forme d'une diguette transversale établie dans un champ en cuvette. Il n'est pas nécessaire d'établir de diguettes latérales car l'eau ne peut s'échapper sur les côtés.

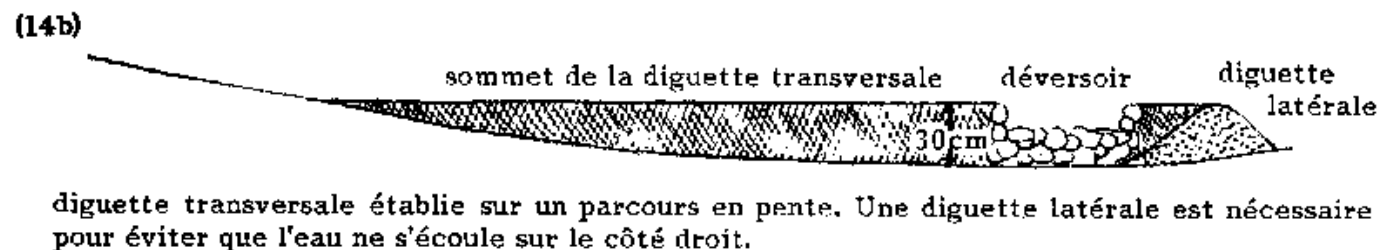


Figure 14b: diguette transversale établie sur un parcours en pente. Une diguette latérale est nécessaire pour éviter que l'eau ne s'écoule sur le côté droit.

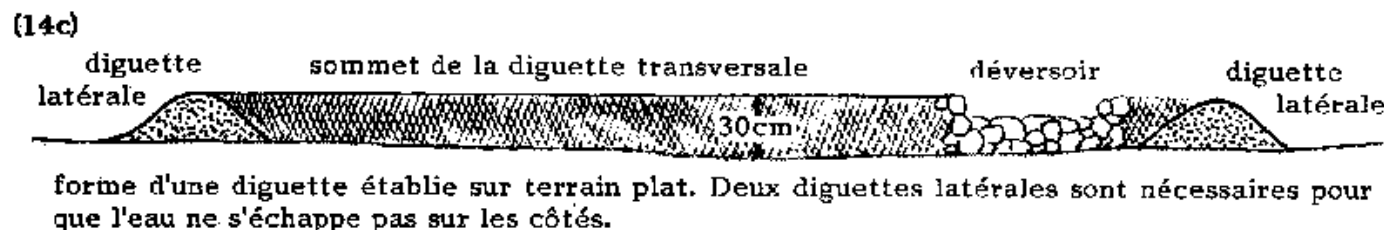


Figure 14c: forme d'une diguette établie sur terrain plat. Deux diguettes latérales sont nécessaires pour que l'eau ne s'échappe pas sur les côtés.

Enfin, il faut parler de la **diguette et du déversoir situé au bas du champ**. Toute la pluie qui tombe sur le champ n'est pas nécessairement retenue par les diguettes transversales, en particulier si elle est très forte. La diguette du fond a pour fonction de retenir un maximum d'eau. Elle est plus haute que les autres et son déversoir est

beaucoup plus large.

La pratique du G.A.R.Y. est de placer le seuil empierré du grand déversoir à 30 cm de hauteur, c'est-à-dire au même niveau que la base de la diguette précédente. La diguette elle-même monte jusqu'à 50 ou 60 centimètres plutôt qu'à 30. Le déversoir est placé au point le plus bas de la parcelle, et non sur le côté comme pour les autres diguettes. Il peut avoir jusqu'à 10 mètres de largeur.

Si d'autres champs sont situés en aval, il faut s'arranger pour **dévier l'eau vers le marigot** au moyen d'un muret de pierres qui aura au moins la hauteur du dernier déversoir.

La **figure 15** montre l'aménagement terminé au bout d'une ou deux années. On y voit la position des diguettes, des petits déversoirs, des grands déversoirs situés au point le plus bas, du muret de déviation situé au-dessus du champ afin de le protéger et du muret d'évacuation de l'eau vers les marigots. Elle montre également la forme des plages d'alluvions qui se dessinent nettement après quelques saisons pluvieuses. Ces plages sont bien horizontales et composées de terre gardant bien l'humidité.

15

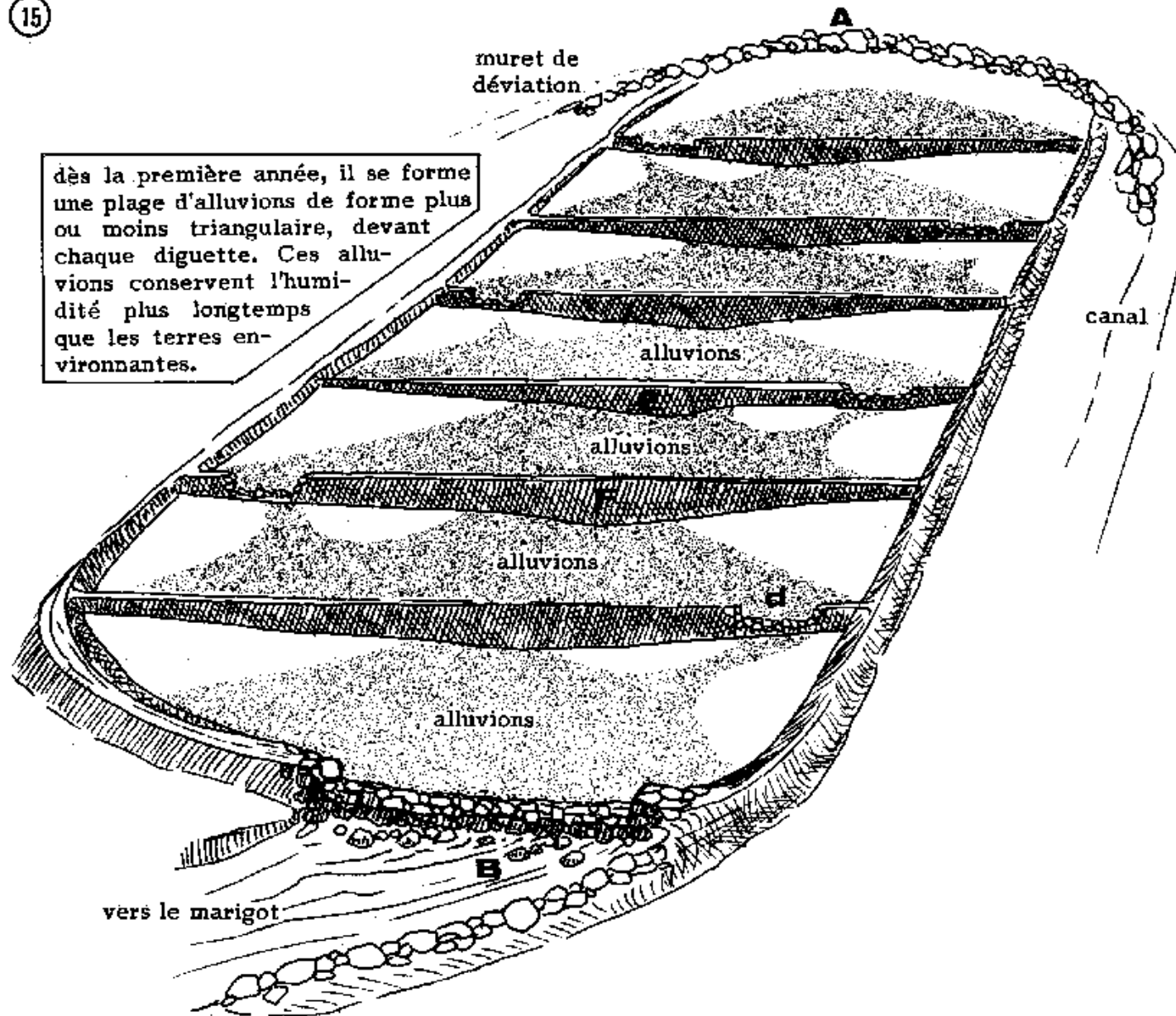


Figure 15: vue du champ aménagé après les 2 ou 3 premiers hivernages

La **figure 16** montre comment plusieurs paysans peuvent agir sur des champs contigus, chacun prenant à sa charge de construire les diguettes selon les caractéristiques de son propre champ et en veillant à ce que l'eau de celui-ci n'aille pas dévaster les champs voisins.

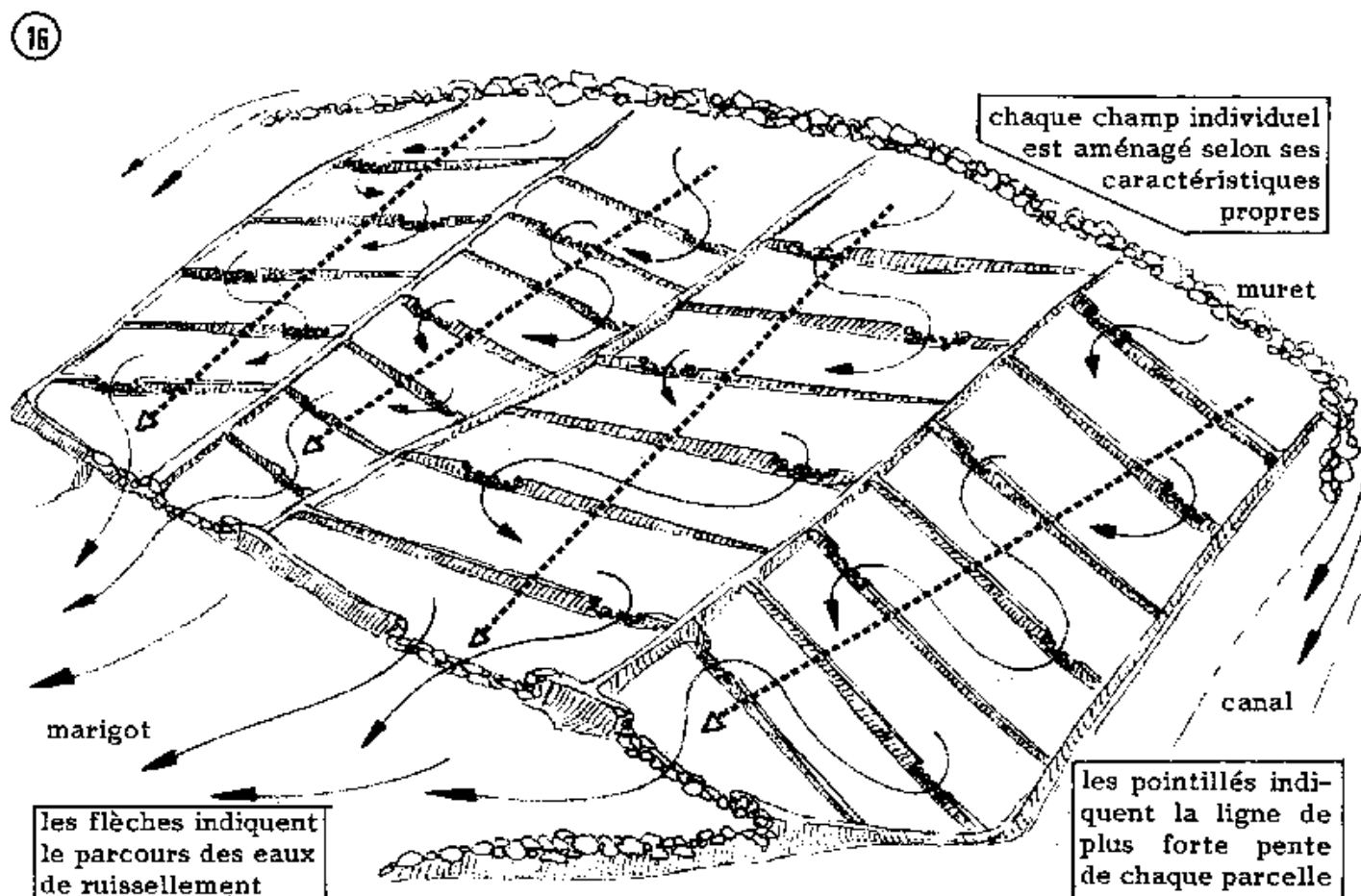


Figure 16: aménagement de plusieurs parcelles contiguës

En agissant côte à côte, les agriculteurs peuvent petit à petit contrôler le ruissellement sur l'ensemble d'un petit bassin versant. Il leur faut alors construire en commun le muret de déviation de façon à ce qu'il protège tout le groupe de champs.

Il n'est pas nécessaire que les diguettes soient alignées d'un champ à l'autre, mais par contre, il est indispensable que les déversoirs soient les seules portes de sortie pour l'eau excédentaire des casiers.

La méthode de travail du G.A.R.Y. consiste donc à partir d'un champ particulier, travaillé individuellement ou collectivement, plutôt que de vastes surfaces aménagées collectivement. Cela permet de constater des résultats immédiats à petite échelle. Quand les occupants des champs voisins constatent les résultats obtenus sur l'aménagement, ils sont tentés d'en faire autant. L'aménagement ne concernant que quelques uns au départ, devient donc petit à petit collectif.

Le grand déversoir et les murets ne sont donc que des ouvrages provisoires. Ils sont maintenus jusqu'au moment où les résultats auront convaincu de l'intérêt de la méthode ceux dont les parcelles sont situées tout autour et en-dessous.

L'eau qui débouchera au bas d'un champ servira à arroser les autres champs situés en contrebas, quand ils auront été aménagés eux-aussi.

On pourrait penser qu'il s'agit là d'une méthode illogique. Illogique parce qu'elle ne commence pas par boucher les marigots qui devraient être supprimés. Illogique aussi parce qu'elle s'adresse d'abord à une parcelle isolée: les terrains voisins n'étant pas aménagés, l'érosion n'y est pas arrêtée. Mais ces deux illogismes sont motivés par le fait qu'il s'agit là du point de départ imposé pour ce type d'entreprise. Chaque individu ne sera convaincu de l'utilité de participer à l'aménagement général que s'il a vu des résultats concrets et crédibles et s'il sait qu'il aura avantage, pour ses propres champs, à faire cet effort.

C'est une erreur de vouloir faire, dès le départ, un grand projet. Si on décide d'aménager tout de suite une vallée, on travaille à une échelle qui dépasse la compréhension et l'intérêt des paysans. Personne n'ayant vu les résultats de l'aménagement d'un terrain, qui pourrait proposer l'effort nécessaire sur un plan collectif? C'est ce qui est difficile à faire comprendre aux personnes étrangères au milieu, mais que les paysans savent bien. Il faut aller pas à pas.

D'autres approches, fondées sur la planification d'aménagements collectifs plus vastes, échouent le plus souvent parce qu'elles ne sont pas maîtrisables par les villageois.

Voyons par exemple la longue diguette présentée sur la **photo 17**. Elle traverse de part en part tout le territoire d'un village. Elle est établie selon le principe des courbes de niveau: son sommet est horizontal. Cependant, elle ne tient compte ni des limites des champs, ni des sentiers pour les hommes, les animaux et les véhicules.



Photo 17

Des masses d'eau très importantes peuvent s'accumuler devant cette diguette à condition qu'il n'existe nulle part un passage par lequel, brusquement, l'eau puisse s'écouler. Si tel est le cas, l'eau s'engouffrera à toute allure dans ce passage et créera une ravine. Un seul point de rupture peut compromettre en quelques instants l'ensemble du travail important que représente la confection d'un tel aménagement.

La lutte contre l'érosion et pour l'infiltration est un problème collectif, mais, pour qu'elle aboutisse, il faut que l'expérience des uns entraîne la conviction et la motivation des autres sans nécessiter, à chaque fois, le bouleversement préalable de l'organisation villageoise.

Chapitre 6: Supprimer les ravines et les marigots**Les micro-barrages**

La construction de diguettes dans les champs est un premier moyen de lutte contre le ruissellement des eaux et pour l'infiltration et une première mesure efficace pour garder le sol et l'eau au village. L'aménagement correcte de tous les champs d'un bassin versant pour retenir l'eau empêche la formation de ravines et de marigots.

La construction de **micro-barrages** est un second moyen très efficace pour cette lutte. Elle permet de recréer des terres cultivables là où le ruissellement des eaux n'a laissé qu'une carapace endurcie.

Revenons à la **figure 1** de cette partie (page 39). Les travaux dont nous allons parler se situent aux points marqués R ou Y, entre les deux lignes de partage des eaux, alors que les travaux décrits précédemment concernaient le point H. Ils vont consister à **établir des micro-barrages qui retiendront l'eau et la terre. La terre déposée sera cultivable dès la première année et l'eau, dont le cours sera fortement ralenti, sera forcée de pénétrer dans la nappe phréatique.** Ces ouvrages s'appellent micro-barrages par opposition aux grands barrages destinés à créer des retenues d'eau importantes. Ils sont construits petit à petit: chaque année, il est possible d'y ajouter un étage et d'amplifier leur effet.

Avant d'entrer dans les détails techniques, représentons-nous ce qu'est un micro-barrage et les résultats que l'on peut en attendre.

La **photo 18a** montre un micro-barrage barrant le cours d'un marigot dont le lit est peu encaissé. Au fond, on voit la ligne d'horizon qui est aussi la ligne de partage des eaux. Devant le micro-barrage, on aperçoit la nappe d'eau accumulée après une pluie.



Photo 18a: retenue d'eau devant un micro-barrage

La **figure 18b** fournit des précisions, en particulier concernant la forme plus ou moins triangulaire de la nappe d'eau retenue devant le micro-barrage. C'est à cet endroit que l'eau s'infiltrate et dépose les alluvions cultivables. Dès la première année, on peut y constater un accroissement considérable du rendement agricole.

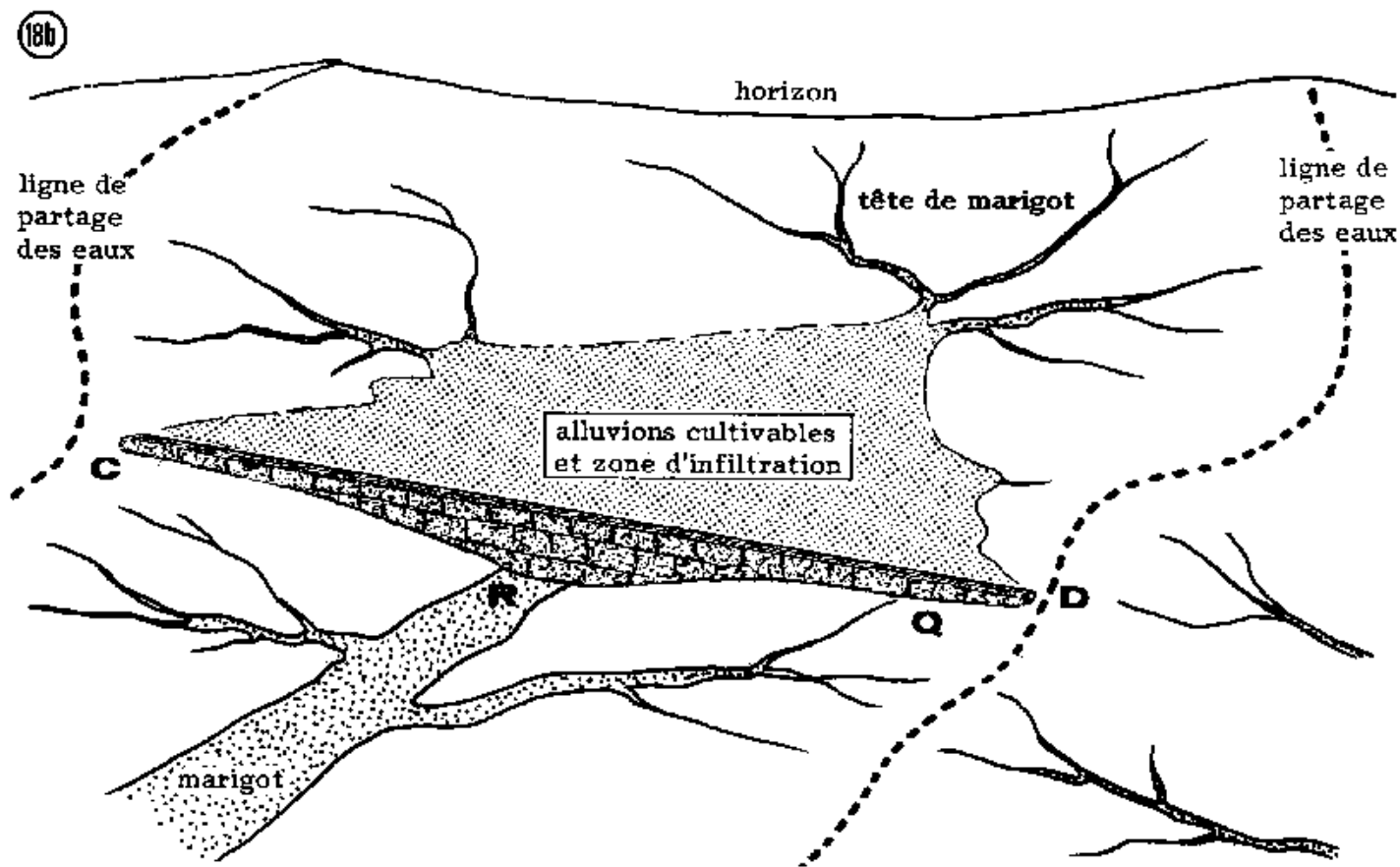


Figure 18b: ... et dépôts d'alluvions après disparition de l'eau retenue

Choisir la position d'un micro-barrage

La première opération consiste à choisir l'emplacement des futurs micro-barrages. Ce choix doit être fait **avec les villageois**, de façon à favoriser une double réussite: réussite technique d'une part, réussite en matière d'animation et de formation des villageois et des artisans d'autre part. De plus, la position du premier micro-barrage, dans un marigot,

déterminera la position de ceux qui seront construits par la suite.

L'emplacement choisi doit être situé **le plus près possible de la tête du marigot**, qui est l'endroit où l'eau de ruissellement commence à creuser la terre. Les **photos 19 et 20** montrent ce qu'est une tête de marigot. Après avoir ruisselé en nappe sur une certaine distance, l'eau s'est accumulée dans des rigoles où elle prend de la vitesse. Cette vitesse augmente au fur et à mesure que les rigoles se rejoignent. A un moment donné, l'énergie de l'eau ruisselante est suffisante pour creuser le sol. Le micro-barrage doit être établi à proximité d'un tel endroit. Plus haut, des diguettes sont suffisantes; plus bas, les quantités d'eau qui dévalent et l'énergie qu'elles développent sont telles que la lutte devient disproportionnée. C'est le cas par exemple pour le marigot de la **photo 21**.

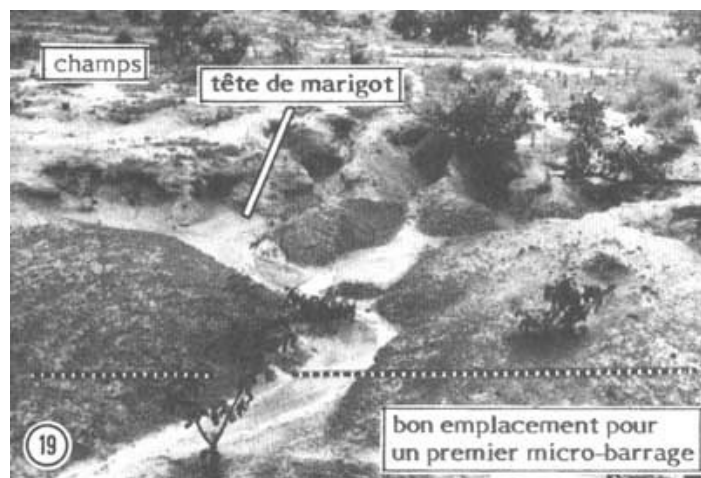


Photo 19: bon emplacement pour un premier micro-barrage



Photo 20: bon emplacement pour un premier micro-barrage**Photo 21: mauvais emplacement pour un premier micro-barrage**

Ajoutons qu'**il vaut mieux réaliser plusieurs micro-barrages successifs sur un même marigot que de vouloir créer un grand barrage là où l'eau s'écoule déjà en abondance**. Les dépôts d'alluvions seront plus vastes et l'infiltration sera plus grande dans le cas de plusieurs micro-barrages que dans celui d'un seul grand barrage.

A l'endroit choisi pour le premier micro-barrage, on commence par déterminer, de part et d'autre du lit du marigot, les lignes de partage des eaux. On sélectionne deux points situés à la même hauteur (l'un à gauche, l'autre à droite du lit du marigot). Avec un peu d'habitude, on les détermine à l'œil, mais pour être sûr, on peut travailler avec le niveau d'eau décrit au chapitre 6, ou avec un clisimètre (instrument de mesure des pentes). Appelons C et D les deux points repérés et marquons-les d'un piquet ou d'une pierre. La **figure 22** montre en perspective la tête du marigot, les deux lignes de partage des eaux, à gauche et à droite les points de même niveau C et D, ainsi que la forme du parcours allant de C à D, en passant par R.

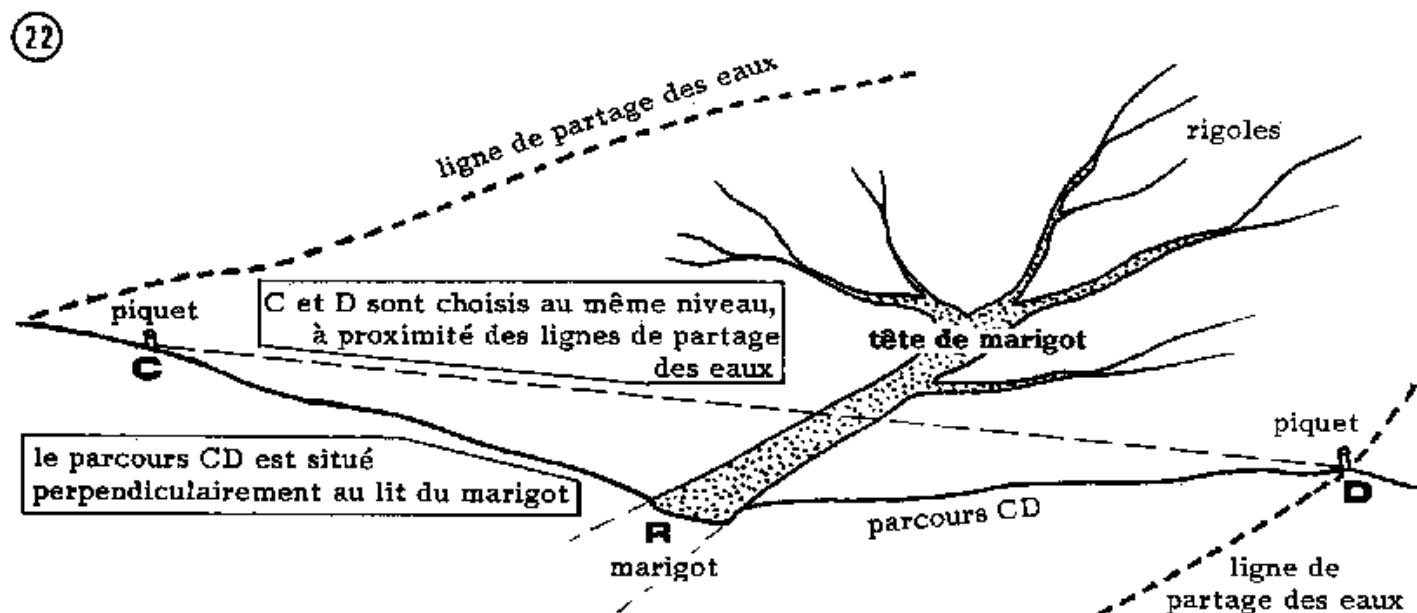


Figure 22: choix de l'emplacement d'un micro-barrage à proximité de la tête d'un marigot

Lorsque l'emplacement est choisi, il faut procéder à certains **calculs en vue de donner au micro-barrage le poids et la forme voulue.**

Si on possédait suffisamment de moyens et que l'on était aidé par des techniciens très qualifiés, on pourrait calculer la forme et le poids d'un grand barrage qui, dès l'année de sa mise en service, garderait la plus grande partie de l'eau tombée sur le bassin versant. Pour cela, il faudrait calculer:

- la quantité d'eau que le barrage devra retenir,
- la force que cette eau exercera sur le barrage (la poussée de l'eau),
- le poids et la forme qu'il faut donner au barrage pour résister à la poussée.

Tout cela supposerait que l'on dispose de matériel pour mesurer la surface du bassin versant, d'un pluviomètre ou des statistiques pluviométriques et d'une solide formation en calcul, toutes choses que, le plus souvent, on ne trouve pas dans les villages ou les petites villes qui les environnent. Encore que, même lorsqu'on dispose de tout cela, il n'est pas rare que des erreurs de calcul compromettent les réalisations, comme on l'a vu dans le cas du barrage de Tollo.

La méthode de construction utilisée par le G.A.R.Y. évite de devoir faire de longs calculs: elle est progressive. **On ne cherche jamais à arrêter toute l'eau d'un marigot dès la première année; on le barre petit à petit en lui ajoutant périodiquement une nouvelle hauteur** qui retiendra un peu plus d'eau et de terre jusqu'à ce que tout le marigot soit éliminé et remplacé par une plaine cultivable. Cette méthode permet d'éviter les échecs et les déceptions: mieux vaut accumuler d'année en année de légers succès que de voir une construction importante détruite en une seule nuit par une crue.

La **technique de construction en gabions permet la progressivité de l'aménagement**. Expliquons la technique du gabionnage avant de poursuivre l'explication des aménagements proprement dits.

La technique du gabionnage

La technique du gabionnage consiste à empiler et lier des **gabions** les uns aux autres, pour former un mur qui s'oppose au passage de l'eau ruisselante. Les gabions sont des paniers confectionnés en grillage de fil de fer que l'on remplit de pierres. Le grillage sert à maintenir les pierres ensemble et à les empêcher de bouger sous la pression de l'eau lorsqu'ils forment le micro-barrage. Les photos et figures du **tableau 23** nous montrent de quoi il s'agit.

Pour la facilité, les gabions fabriqués par le G.A.R.Y. ont tous les mêmes dimensions standardisées (**figure 23 c**). Leur poids dépend du type de pierres utilisées pour les remplir; on compte de 1.100 à 1.300 kilos, soit 1.200 kilos en moyenne.

Le choix des gabions comme éléments de base pour la construction des micro-barrages et des barrages se justifie par le fait que les sols de la région sont assez meubles et "élastiques" et qu'il est difficile d'y asseoir des constructions rigides (en béton par exemple). Le gabion, à lui seul, forme un bloc rigide dont le poids est élevé et qu'il est difficile à l'eau de déplacer. Cependant, une rangée de plusieurs gabions liés entre eux manifeste une certaine souplesse et s'adapte bien à l'élasticité du terrain. Si les pierres étaient accumulées simplement les unes sur les autres, sans être retenues par un grillage, elles seraient emportées plus facilement.

Du **point de vue économique**, la construction en gabions est beaucoup plus avantageuse que la construction en béton. A Titao, le ciment doit être amené d'Abidjan, situé à 1.500 km; cela coûte très cher. A l'arrivée, il est souvent dégradé par l'air humide et ses qualités pour la construction sont amoindries. Pour fabriquer le béton, il faut des graviers, de préférence des graviers de silex ou de calcaire; mais on n'en trouve pas dans la région. Par contre, on trouve un peu partout des carapaces latéritiques qui peuvent être exploitées par les villageois, au moindre coût (**photos 13 et 14** pages 24 et 25).

Le G.A.R.Y. n'achète à l'étranger que les rouleaux de fil d'acier galvanisé. Tout le reste est trouvé ou fabriqué sur place, ce qui permet de donner du travail à des artisans et de réduire le coût des aménagements.

La matière première pour la fabrication du grillage est un fil d'acier de 2,5 mm de diamètre. Il s'agit d'un acier recuit suffisamment souple pour être travaillé à la main. Une triple couche de galvanisation protège le fil contre la rouille. C'est la galvanisation de type C qui résiste le mieux dans la région. Les gabions de fabrication industrielle sont le plus souvent fabriqués avec du fil de 3 mm ou plus. Le G.A.R.Y. utilise du fil de 2,5 mm car, au-delà de cette épaisseur, le travail manuel devient trop difficile.



Photo 23a: les gabions et leurs caractéristiques



Photo 23b: les gabions et leurs caractéristiques

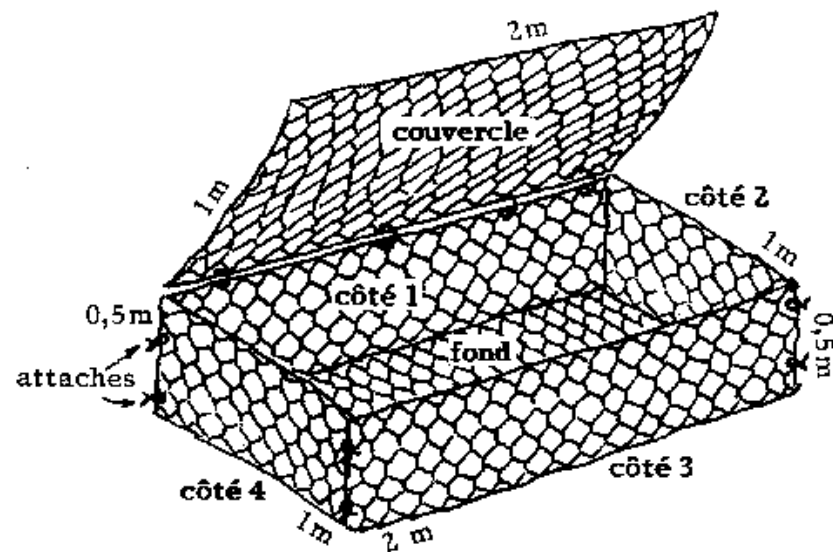


Figure 23c: les dimensions d'un gabion

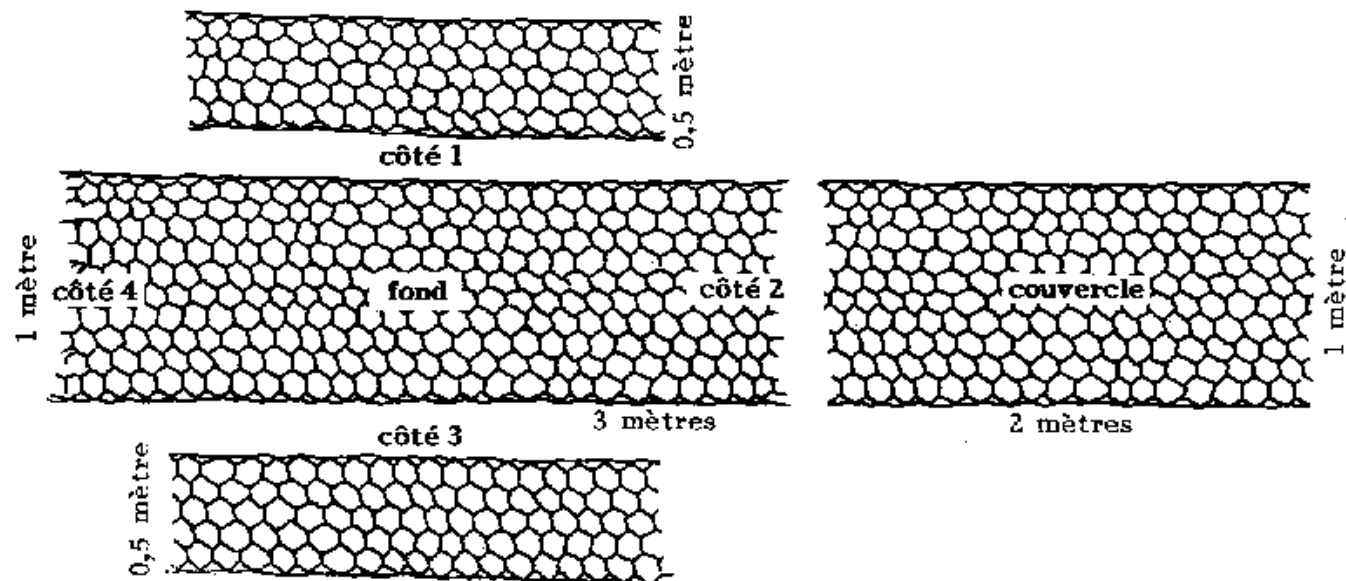


Figure 23d: les gabions sont constitués de 4 morceaux de treillis

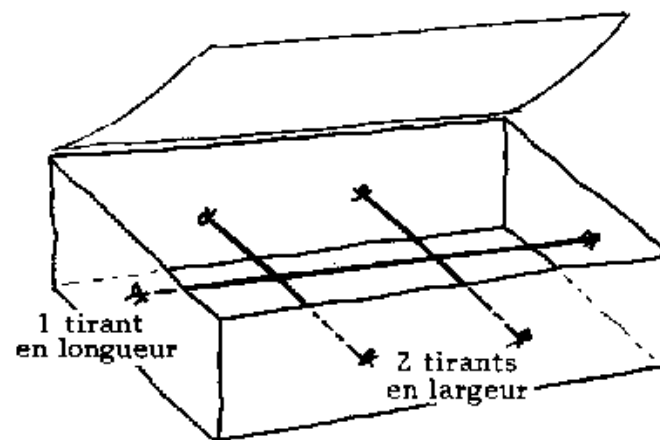


Figure 23e: les tirants

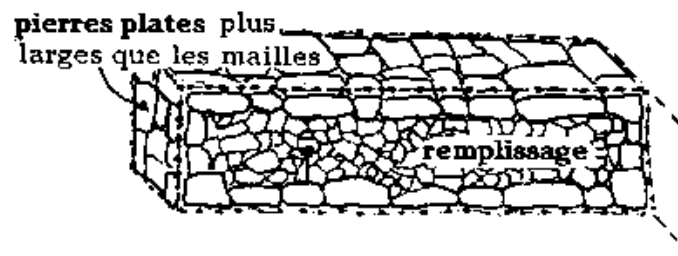


Figure 23f: coupe dans un gabion rempli de pierres

La première étape est la **fabrication du grillage** lui-même (ou treillis). Elle se fait sur une table spécialement construite à cet effet (**photo 24**). On utilise un plateau de bois dur d'une épaisseur de 5 centimètres, d'une largeur de 40 centimètres et d'une longueur de 1,10 m. On creuse dans l'épaisseur du bois une série de trous de 7 mm de diamètre, dans lesquels on enfonce solidement des fiches en fer à béton. Celles-ci doivent ressortir d'environ 4 à 5 cm au-dessus du plan de la table.

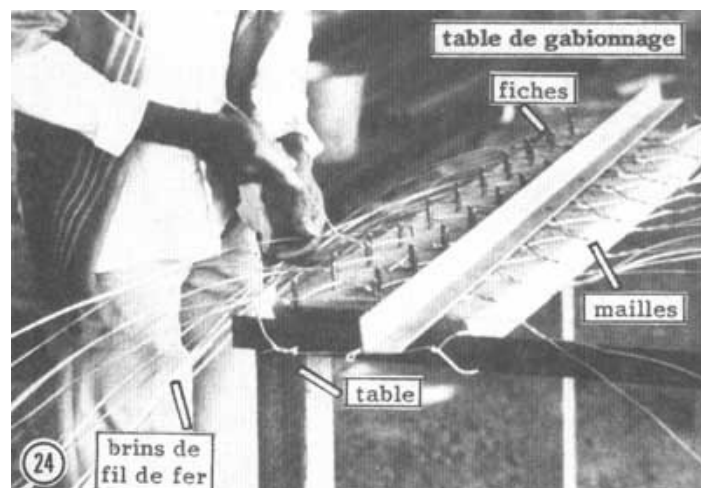


Photo 24: table de gabionnage

La disposition des fiches est indiquée sur la **figure 25**. Elle reconstitue en fait la forme d'une ligne de mailles hexagonales du treillis. Les dimensions précises de ces mailles sont inscrites sur la **figure 26**, ainsi que la position exacte des fiches sur la table.

La fabrication du treillis commence par le découpage de longs brins de fil de fer. Pour une longueur d'un mètre de grillage, les brins doivent avoir environ 2,50 mètres. Pour une longueur de 3 mètres, qui est la longueur standardisée pour le fond et les deux extrémités des gabions (côtés 2 et 4), ils auront environ 7,5 mètres. Avec l'habitude, on arrive à couper les brins à une longueur telle que les chutes (pertes) soient réduites au minimum. Celles-ci sont gardées pour les phases suivantes de la préparation des gabions.

Comme la largeur du treillis est de 1 mètre et que les mailles ont 10 cm de largeur, il faut 22 brins. Les deux brins extérieurs peuvent être plus courts que les brins intérieurs puisqu'ils forment un bord rectiligne plutôt qu'un trajet en zig-zag (**figure 25**).

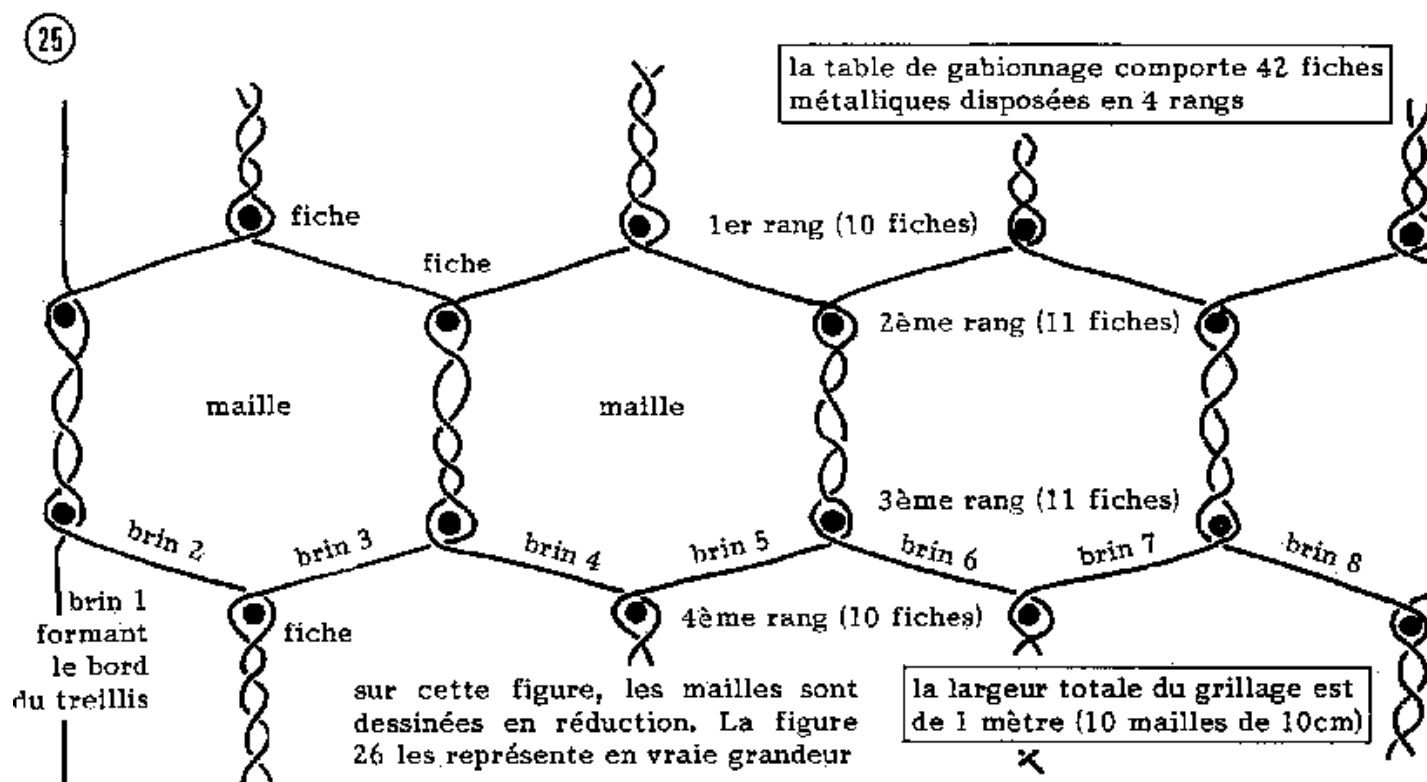


Figure 25: le tressage des brins sur la table de gabionnage

Les brins sont ensuite torsadés par triple torsion (3 tours sur eux-mêmes), comme indiqué sur la **figure 26**. Lorsqu'une rangée de mailles est terminée, on décroche le tout de la table et on avance le grillage de la longueur d'une maille, pour recommencer la torsion entre brins voisins sur la ligne suivante.

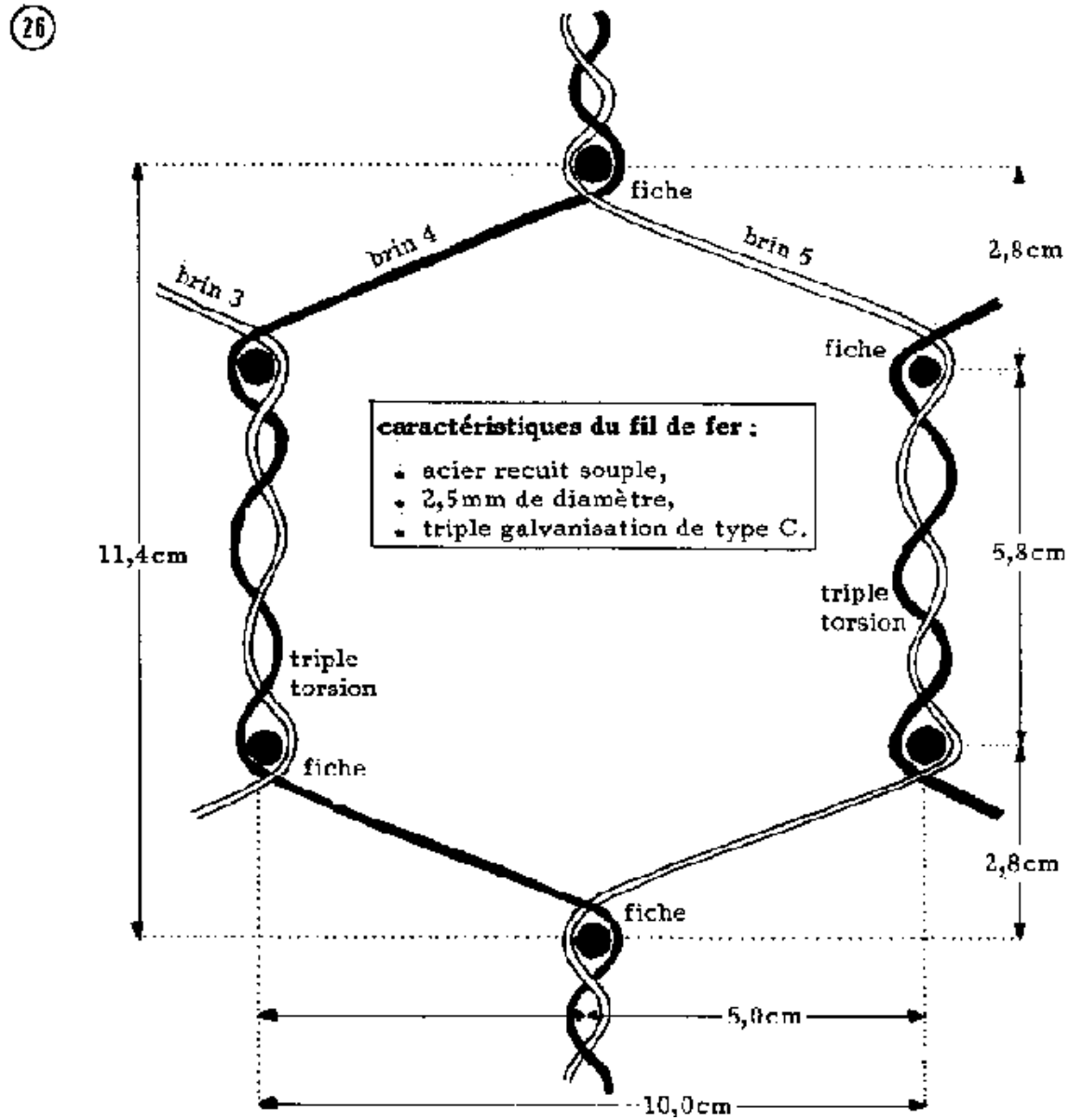


Figure 26: représentation en grandeur nature d'une maille d'un treillis à gabions

Pour fabriquer un gabion de dimension standard (2m x 1m x 0,5m), il faut 4 morceaux de grillage (**figure 23 d**). Un morceau de 3m de long sur 1m de large constituera le fond du panier et ses deux bouts (côtés 2 et 4). Deux morceaux de 2m sur 0,5m formeront les côtés 1 et 3, et un morceau de 2m x 1m formera le couvercle. La **figure 23c** indique le plan de montage. On utilise une latte en métal ou en bois pour plier les deux bouts. Les autres morceaux sont accrochés au moyen des chutes de fil de fer provenant de la fabrication du treillis. Plus tard, au cours du remplissage des paniers, on placera 3 tirants qui forceront le panier à garder sa forme (**23e**).

Pour le transport jusqu'au lieu où ils seront placés, les paniers sont repliés à plat et liés par paquets de dix. A l'arrivée sur le chantier, il suffit de relever les côtés, de les lier entre eux et de placer le panier à l'endroit où il convient (**photo 27**).



Photo 27: le stockage et le pliage des gabions

La seconde étape du gabionnage est le **remplissage des gabions (photos 28 et 29)**. Après avoir placé le panier bien à plat sur le sol à l'endroit voulu, on commence par caler 4 blocs de latérite, taillés en cube, dans les coins. Puis on remplit l'espace entre ces 4 blocs avec d'autres pierres taillées. Les pierres doivent être taillées de telle sorte que la face ou les faces placées contre le treillis soient bien plates. Elles doivent être plus larges que les mailles du treillis, afin de ne pas passer au travers. De plus, il faut réduire le plus possible les interstices entre les pierres pour que les cailloux de remplissage ne puissent s'échapper.



Photo 28: remplissage des gabions



Photo 29

Les faces latérales et le sommet sont construits de la même façon. Par contre le cœur du gabion peut être rempli avec des pierres non taillées, en particulier les chutes provenant de la taille des pierres extérieures.

Lorsque les pierres atteignent une hauteur de 20 centimètres, **on place les trois tirants** destinés à éviter l'affaissement des côtés (**figure 23e**). Ils sont accrochés aux mailles latérales. On tire fortement de façon à ce que les côtés soient bien verticaux. Ensuite, on poursuit la construction des côtés en pierres taillées et le remplissage du cœur jusqu'au sommet. Lorsque le gabion est entièrement rempli, on place le couvercle de treillis et on le lie. On peut ensuite construire un second gabion à côté ou au-dessus du premier. **Les gabions juxtaposés sont fortement liés entre eux au moment de la pose.** De cette façon, le barrage sera constitué d'un seul bloc très résistant mais assez souple.

La **figure 23f** nous montre une coupe dans un gabion terminé et correctement rempli, avec ses pierres de face et ses pierres de remplissage.

Les gabions ne seront véritablement terminés qu'après le passage de l'eau. Ils vont la filtrer et retenir les particules de sol charriées par elle. Celles-ci vont finir par colmater complètement les interstices entre les pierres, rendant les gabions imperméables.

La production des treillis et des gabions dans le cadre du G.A.R.Y.

Les treillis sont fabriqués dans des ateliers comprenant plusieurs tables (**photo 30**). Au cours d'une semaine de six jours, la production individuelle varie de six à onze gabions selon la dextérité des gabionneurs. On s'est aperçu que le travail à la pièce était critiquable parce qu'il créait des différences allant du simple au double dans les rémunérations. Il a alors été convenu, en réunion générale, de limiter la production par gabionneur à un gabion par jour. Les plus adroits ont fini deux heures plus tôt que les autres, mais tous les artisans touchent une rémunération journalière fixe qui était, en 1982, de l'ordre de 600 francs C.F.A. par gabion, plus une prime de qualité de 50 francs. Cette prime est payée si les gens qui posent les gabions n'ont pas eu d'observations à faire, si les mesures ont été bien respectées, et s'il n'y a pas eu de malfaçons. On empêche ainsi une exécution trop rapide au détriment de la qualité. Le travail est payé chaque semaine. Le partage des rémunérations et des primes de qualité se fait entre les artisans sous la responsabilité du chef des gabionneurs. Il n'y a de secret pour personne au moment de la paie.



Photo 30: atelier de fabrication de gabions à Titao

Certains artisans sont affectés à plein temps à la fabrication des treillis. D'autres, généralement occupés au creusement des puits et des forages ou à la construction des diguettes et micro-barrages dans les villages, viennent s'adjoindre aux gabionneurs à temps plein lorsqu'ils n'ont rien d'autre à faire à cause de la saison. La fabrication de treillis est une activité économique rentable pour les artisans. Elle sert pour la confection des gabions, mais aussi pour la construction de clôtures grillagées.

La façon de placer les gabions à travers le marigot

Revenons un peu en arrière, au moment où l'on a décidé de l'emplacement du micro-barrage. Comme dans le cas des diguettes (chapitre 6), **le micro-barrage doit se présenter perpendiculairement à la plus forte pente. Sa construction commence au point le plus bas qui est le lit du marigot.** Les premiers gabions sont posés bien à plat dans une tranchée dont la profondeur dépend de la stabilité du sol. Sur sol stable, une tranchée de 0,25m peut suffire. Sur sol moins stable, la profondeur de la tranchée pourra aller de 0,50 à 1 mètre. On veille à ce que le fond de la fosse soit constitué par de la terre stable, solide et compacte. Au cas où l'assise ne serait pas assez stable, le barrage pourrait en effet s'enfoncer par suite des infiltrations ou se déformer sous l'effet des pressions de l'eau.

La **figure 31a** qui rappelle le profil CD de la figure 22 montre, à titre d'exemple, comment sont disposées les deux premières couches de gabions. Quatre gabions sont posés en longueur dans le lit du marigot. Ils sont encastrés dans le sol, comme on vient de l'indiquer. Cette première ligne de gabions est longue de 4 mètres, puisque les gabions ont 1 mètre de largeur chacun. Ils sont fortement attachés entre eux. Le nombre de gabions formant la première couche dépend de la forme du marigot. Il y aura peu de gabions dans un marigot encaissé; il y en aura un plus grand nombre si le profil est atténué.

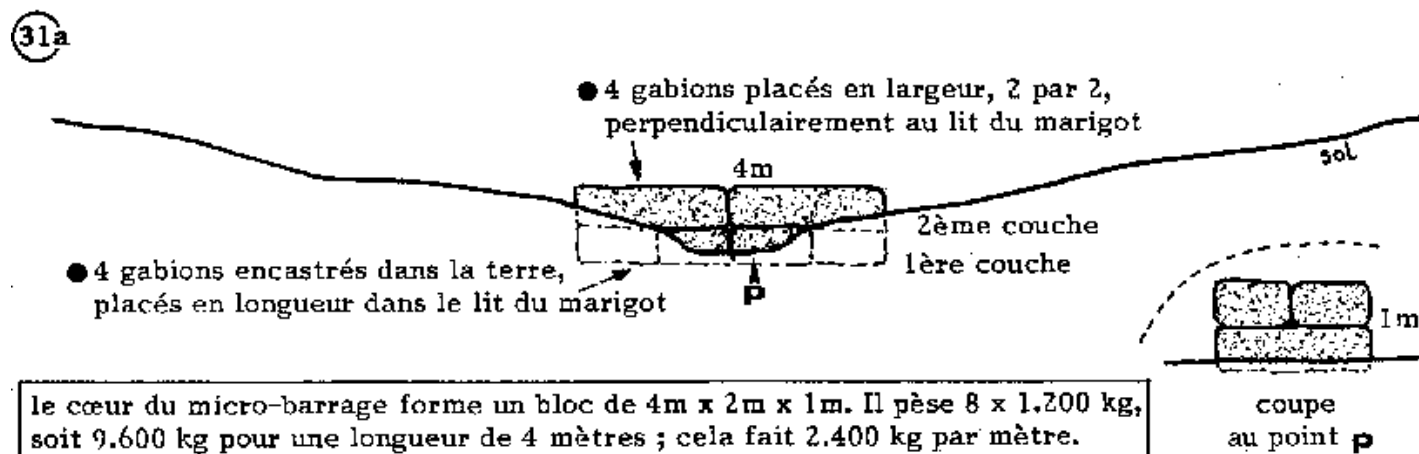


Figure 31a: le cœur du micro-barrage

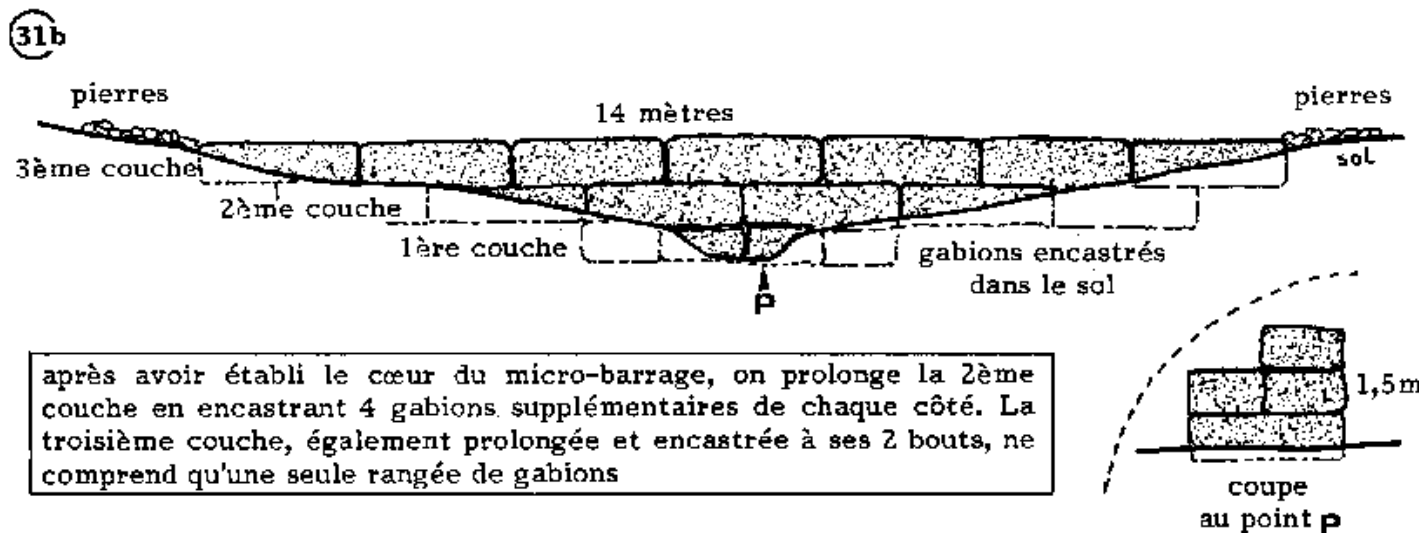


Figure 31b: l'élargissement et le réhaussement du cœur

Les gabions de la seconde couche sont placés de façon à croiser ceux de la première, toujours en veillant à ce qu'ils soient parfaitement horizontaux.

Dans notre exemple, le **cœur** du micro-barrage aura donc les caractéristiques suivantes:

- la longueur correspond à 4 fois la largeur standard d'un gabion, soit 4 mètres,
- la largeur est de 2 mètres, soit la longueur standard d'un gabion,
- la hauteur correspond à 2 fois 0,5 mètre, soit 1 mètre (0,5m étant la hauteur standard du gabion),
- le poids de ce bloc de pierres de 4m x 2m x 1m est celui de 8 gabions, soit $8 \times 1.200 \text{ kg} = 9.600 \text{ kg}$ ou 9,6 tonnes,
- sur une longueur d'1m de ce noyau, le poids qui repose sur le sol est de $9.600 \text{ kg} / 4 \text{ mètres} = 2.400 \text{ kilos}$ (2,4 tonnes).

Retenons cette façon de calculer, car nous en aurons encore besoin par la suite.

Le cœur du micro-barrage étant installé (**photo 32**), on peut lui superposer de nouvelles couches de gabions, toujours en les croisant les uns par rapport aux autres. De même, on élargit le microbarrage en encastrant dans le sol les gabions nécessaires à cet élargissement (**figure 31b et photo 33**).



Photo 32: le coeur d'un micro-barrage



Photo 33: relèvement d'un micro-barrage par superposition d'une couche de gabions supplémentaires

Le nombre total de couches de gabions à disposer les unes sur les autres dépend du profil du parcours CD et de la hauteur qu'on veut donner au micro-barrage. Le mieux est d'ailleurs de ne pas lui donner immédiatement sa hauteur définitive mais bien de lui ajouter de nouvelles épaisseurs année après année, lorsque les premiers dépôts d'alluvions sont constitués à son amont. Chaque fois que l'on procède à un tel réhaussement, on veille à élargir le micro-barrage de telle sorte que l'eau ne trouve pas d'ouverture latérale. La dernière couche de gabions formant la ligne du sommet est prolongée sur quelques mètres par un alignement de pierres qui freinent l'eau sur le côté de la nappe et la force à s'écouler vers le centre du micro-barrage, plutôt que sur ses côtés (**photo 34**).

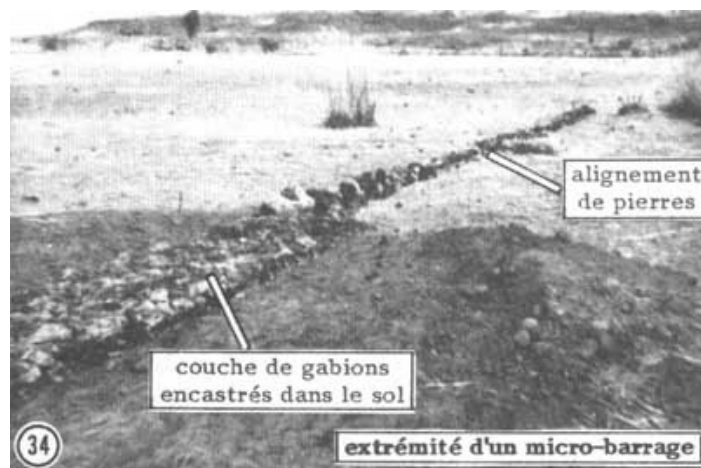


Photo 34: extrémité d'un micro-barrage

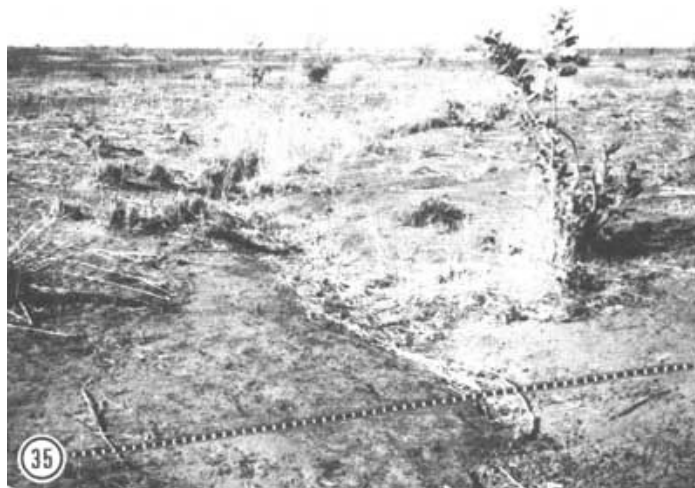


Photo 35: emplacement sélectionné pour la construction d'un micro-barrage à la tête d'un marigot



Photo 36: tranchée creusée en vue d'encastrier la première couche de gabions d'un micro-barrage. Le fond doit être bien plat et les côtés rectilignes.



Photo 37: première couche de gabions encastrée dans le sol



Photo 38: micro-barrage achevé: on remarque la disposition en escalier des couches de gabions successives.



Photo 39: Le micro-barrage que l'on voit sur la photo 39 a une largeur de 4 mètres à la base (2 longueurs de gabions) et d'un mètre au sommet (1 largeur).



Photo 40: encastrément d'un micro-barrage dans le flanc de la vallée



Photo 41: micro-barrage dans le lit encaissé de la Volta blanche



Photo 42: micro-barrage en forme de radier, permettant le passage des véhicules. Les bords sont faits de gabions; le centre est fait de cailloux et de pierres plates.



Photo 43: micro-barrage au moment de l'inondation



Photo 44: micro-barrage au moment de l'inondation

La poussée de l'eau sur un micro-barrage et son poids

Le nombre de gabions qu'il faut disposer pour assurer la solidité et la stabilité d'un micro-barrage dépend essentiellement de la **poussée** qui sera exercée sur lui par l'eau qui s'accumulera à son amont ou qui le submergera.

Pour éviter la destruction du barrage lors des crues, il faut donner à celui-ci un poids total qui soit supérieur à la poussée exercée par l'eau. Voyons la **figure 45** qui nous montre une coupe dans un microbarrage tel que celui qu'on voit sur la **photo 46**. En amont, nous voyons s'exercer la force de l'eau accumulée: c'est la poussée. En aval, aucune force en sens contraire ne vient compenser la poussée de l'eau. La seule façon d'éviter que le micro-barrage ne se déplace sous l'effet de la poussée est qu'il adhère fortement au sol par son propre poids, indiqué sur la figure par des flèches verticales.

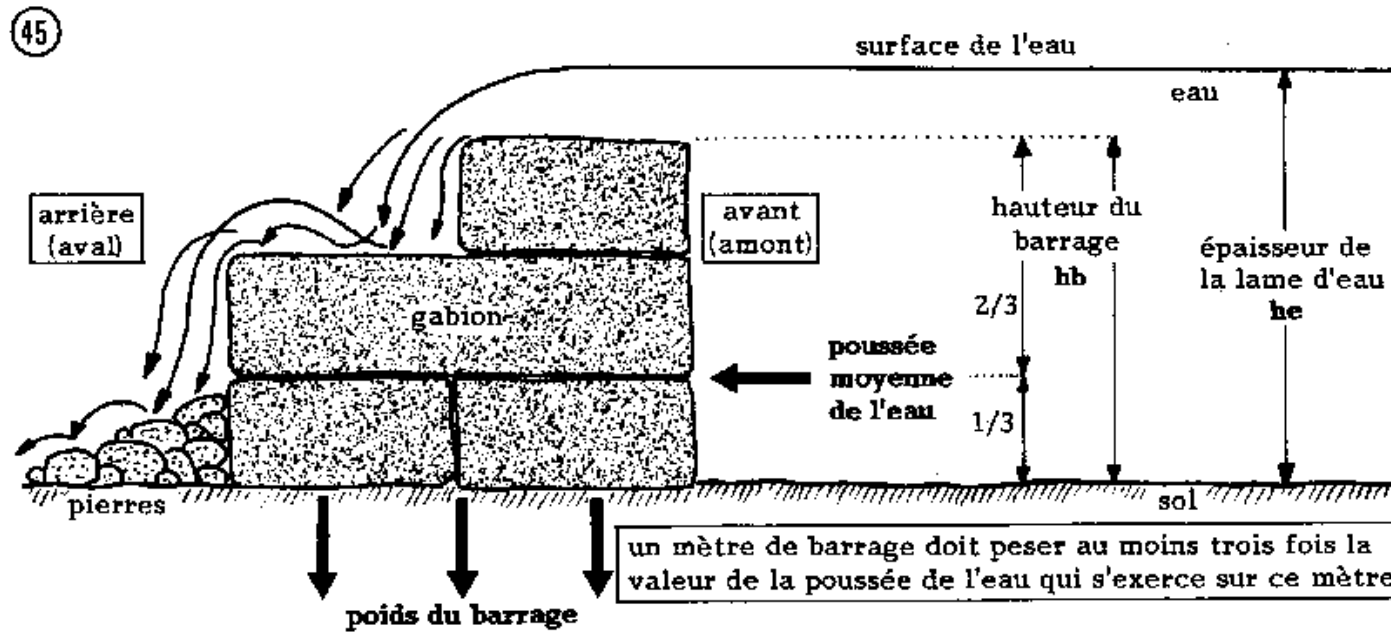


Figure 45: la poussée de l'eau sur un micro-barrage

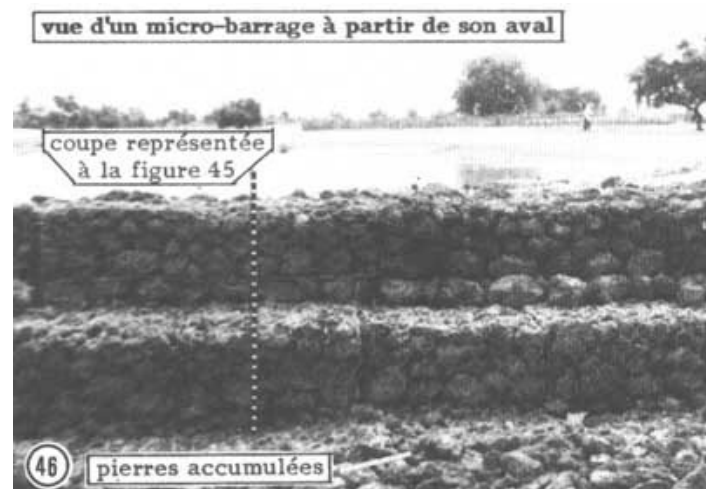


Figure 46: vue d'un micro-barrage à partir de son aval

Lorsque l'eau est accumulée à l'avant d'un barrage, elle a tendance à le faire glisser vers l'aval ou à le culbuter. En effet, **la poussée de l'eau est une force qui s'exerce horizontalement**. On la sent très bien lorsque, se plaçant en plein courant, au milieu du lit d'un marigot, on essaie de résister à la force de l'eau qui s'écoule.

La poussée de l'eau accumulée devant un barrage n'est pas la même à toutes les hauteurs. Par exemple, elle est très faible à proximité immédiate de la surface de l'eau, alors qu'elle est beaucoup plus forte en profondeur. La **poussée moyenne, dont il faut tenir compte pour le calcul du poids du barrage, se situe toujours au tiers de sa hauteur** (à 0,5 mètre de hauteur si le barrage a 1,50 mètre d'élévation au-dessus du sol, à 1 mètre s'il s'élève à 3 mètres, etc ...). **Cette poussée moyenne a deux tendances:**

- **faire glisser le barrage** vers l'aval, ce qui peut le déformer et le faire céder en son centre. C'est pourquoi on veille à donner suffisamment de poids au cœur du barrage et à bien lier les gabions entre eux;
- **faire basculer le barrage** et l'aplatir sur le sol, comme un mur que l'on pousse fortement à son sommet et qui s'étale devant soi. **C'est pour éviter le basculement que la largeur du micro-barrage est toujours plus grande à sa base qu'à son sommet.**

Pour qu'un barrage en gabions résiste lorsque l'eau est accumulée devant lui, **il faut que son poids soit au moins trois fois supérieur à la poussée maximale que l'eau peut exercer sur lui**. Il faut donc calculer la poussée maximale de l'eau qui s'accumulera, pour calculer ensuite le poids que doit avoir le barrage à chaque endroit.

Les savants pourront entrer dans le détail du calcul. Pour notre part, nous nous limitons à une appréciation de la poussée simple et facilement utilisable dans les villages.

Utilisons deux chiffres: celui de la hauteur du barrage (**hb**) à un endroit déterminé, et celui de la hauteur d'eau (**he**) maximum qui risque de se présenter au même endroit. On peut calculer la poussée maximum au moment des fortes crues en effectuant le calcul suivant:

$$\text{poussée maximum} = \frac{\text{hauteur de l'eau (en mètres)} \times \text{hauteur du barrage (en mètres)}}{\text{divisé par deux}} = \frac{\mathbf{he} \times \mathbf{hb}}{\mathbf{2}}$$

Le chiffre obtenu nous donne la poussée maximum en tonnes par mètre de longueur du barrage à son point le plus haut.

Voici un exemple chiffré: au point R (figures 18 et 22), la hauteur d'eau maximum qui se présente lors des fortes crues est de 1,80 mètre et la hauteur que l'on veut donner au micro-barrage est de 1,50 mètre.

$$\text{la poussée} = \frac{1,80 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}}{2} = 1,35 \text{ tonne par mètre de barrage.}$$

Si la lame d'eau n'est que de 1,60 mètre, on a:

$$\text{la poussée} = \frac{1,60 \text{ m} \times 1,50 \text{ m}}{2} = 1,20 \text{ tonne par mètre de barrage.}$$

Tout se passe comme si ce poids s'exerçait sur la face avant du barrage en le poussant vers l'aval et nous avons dit que pour que le barrage résiste, il fallait que son poids soit 3 fois supérieur à la poussée maximale qui s'exerce sur lui.

Pour éviter que cette poussée n'emporte le barrage, il faut donc que son **poids total** soit:

- dans le premier cas: $1,35 \text{ t} \times 3 = 4,05$ tonnes de gabions par mètre (4.050 kg);
- dans le deuxième cas: $1,20 \text{ t} \times 3 = 3,60$ tonnes de gabions par mètre (3.600 kg).

Si les gabions pèsent 1,2 tonne chacun (1.200 kg), nous avons besoin

- dans le premier cas: $4,05 \text{ t} / 1,2 \text{ t} = 3,4$ **gabions par mètre de barrage;**
- dans le second cas: $3,60 \text{ t} / 1,2 \text{ t} = 3$ gabions par mètre de barrage.

Comme il n'est pas souhaitable de faire des morceaux de gabions, on disposera donc quatre gabions (et non 3,4) par mètre de longueur du barrage dans le premier cas et trois dans le second, ce qui assurera à celui-ci un poids suffisant.

Le calcul de la poussée et du poids qu'il faut donner au barrage doit toujours être fait à **partir d'une hauteur d'eau maximale constatée au moment des crues annuelles**, ceci pour ne pas prendre de risques inutiles. Remarquons cependant que dans bien des cas, il ne sera pas possible d'obtenir le poids exact justifié par la poussée, en raison de la disposition géométrique des gabions et des mesures standard qui sont les leurs. Théoriquement, il serait possible de recalculer la dimension des gabions dans chaque cas, mais cela compliquerait la tâche des artisans. C'est pourquoi on s'arrange toujours pour placer un nombre de gabions qui dépasse le poids nécessaire, ce qui assure une bonne disposition géométrique. De cette façon, il n'existe aucun risque de destruction du barrage.

Revenons un instant aux figures 18 et 31b. La forme du micro-barrage vu de face est une sorte de triangle dont le sommet est pointé vers le bas. Il est évident que les données valables pour le centre du barrage (point R) ne le sont plus pour les deux parties latérales. En effet, la hauteur d'eau (h_e) et la hauteur du barrage (h_b) sont plus faibles au point Q qu'au point R. La poussée y est aussi plus faible et donc le poids de gabions à disposer au point Q est moins grand.

Lorsqu'on connaît le nombre de gabions à placer aux différents points du barrage, on peut concevoir la façon de les superposer. La **figure 47** montre, en coupe, quelques unes des dispositions possibles. Pour éviter que l'eau dévalant par dessus le barrage ne creuse juste derrière lui une fosse qui déstabilise le barrage, **on accumule des pierres contre le flanc d'aval.**

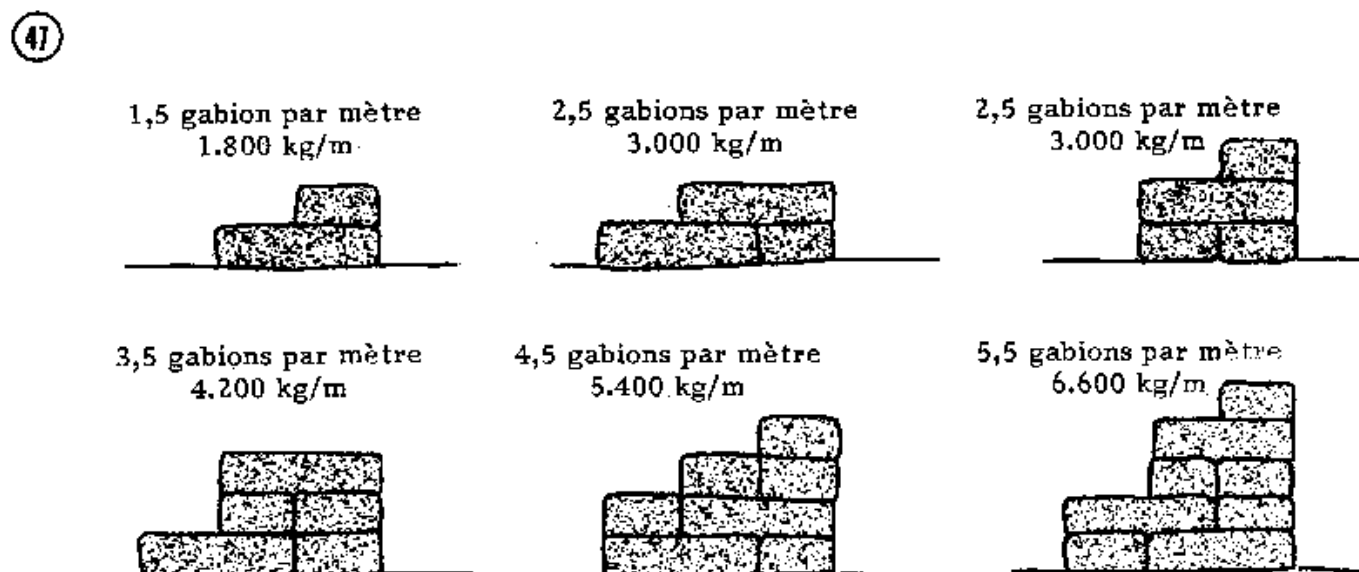


Figure 47: diverses façons de placer les gabions lors de la construction du micro-barrage

En général, on procède par étapes successives. Un premier micro-barrage formé de deux ou trois épaisseurs de gabions (soit 1 à 1,5m de hauteur maximale) est établi. Lorsque les alluvions ont rempli le lit du marigot à l'amont jusqu'à une certaine hauteur, on ajoute une ou deux couches de gabions pour relever le sommet du barrage et pour élargir sa base. Au bout de quelques années, le micro-barrage peut éventuellement s'élever jusqu'aux lignes de partage des eaux. Le marigot est alors carrément supprimé.

Les photos 35 à 44 (pages 59 et 60) montrent quelques micro-barrages terminés.

Que se passe-t-il devant le micro-barrage lorsqu'il pleut?

Lorsqu'il pleut, une partie de l'eau tombée sur le sol du bassin versant s'y infiltre directement. Une autre, plus ou moins grande, ruisselle le long des pentes en entraînant des particules de terre. L'eau ruisselante s'accumule devant le barrage, puis, si la pluie est très forte, le submerge. L'eau qui submerge le barrage se retrouve dans le marigot en aval et est perdue pour le bassin versant avec les particules de terre qu'elle contient.

Après la crue, une partie de l'eau de ruissellement est arrêtée par le micro-barrage et stagne devant lui. L'eau stagnante couvre une surface plus ou moins vaste, formant grossièrement un triangle (voir 18 et 48). Le bord de l'eau stagnante suit en fait la courbe de niveau correspondant au sommet du microbarrage (photo 48). L'eau stagnante n'a plus le choix que de s'évaporer ou de s'infiltrer. Comme elle est calme, elle dépose les alluvions qu'elle contient. La quantité d'alluvions déposée au centre est plus importante que celle qui est déposée sur les bords; la fertilité et l'humidité du sol y seront donc supérieures.

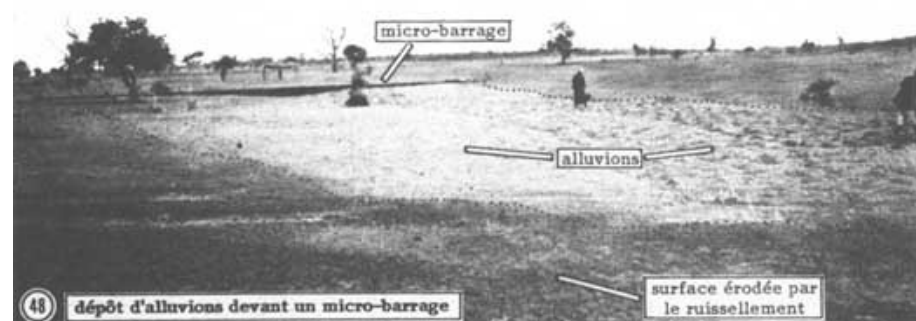


Photo 48: dépôt d'alluvions devant un micro-barrage

Notons que dans la zone où l'eau stagne, il est intéressant de favoriser l'infiltration par tous les moyens possibles, en particulier par la plantation d'arbres ou de plantes pérennes enfonçant leurs racines en profondeur dans le sol.

Au fur et à mesure que l'on élève le barrage, la surface d'alluvionnement et d'infiltration augmente. La surface cultivable est accrue d'autant, ainsi que le volume de sol dans lequel pourront pénétrer les racines.

L'aménagement de plusieurs micro-barrages successifs

Pour augmenter la surface cultivable d'un village, on peut construire simultanément ou successivement plusieurs micro-barrages, par exemple au point R, puis au point Y (figure 1) et à d'autres points situés plus bas sur le marigot.

Le choix des sites pour l'implantation de nouveaux micro-barrages en aval du premier doit respecter la règle suivante: **lorsqu'il a atteint sa hauteur définitive, le sommet d'un micro-barrage doit se situer au même niveau que la base du barrage qui le précède.** De cette façon, il se formera de larges terrasses planes se succédant les unes aux autres, comme le montrent les figures 49 et 50.

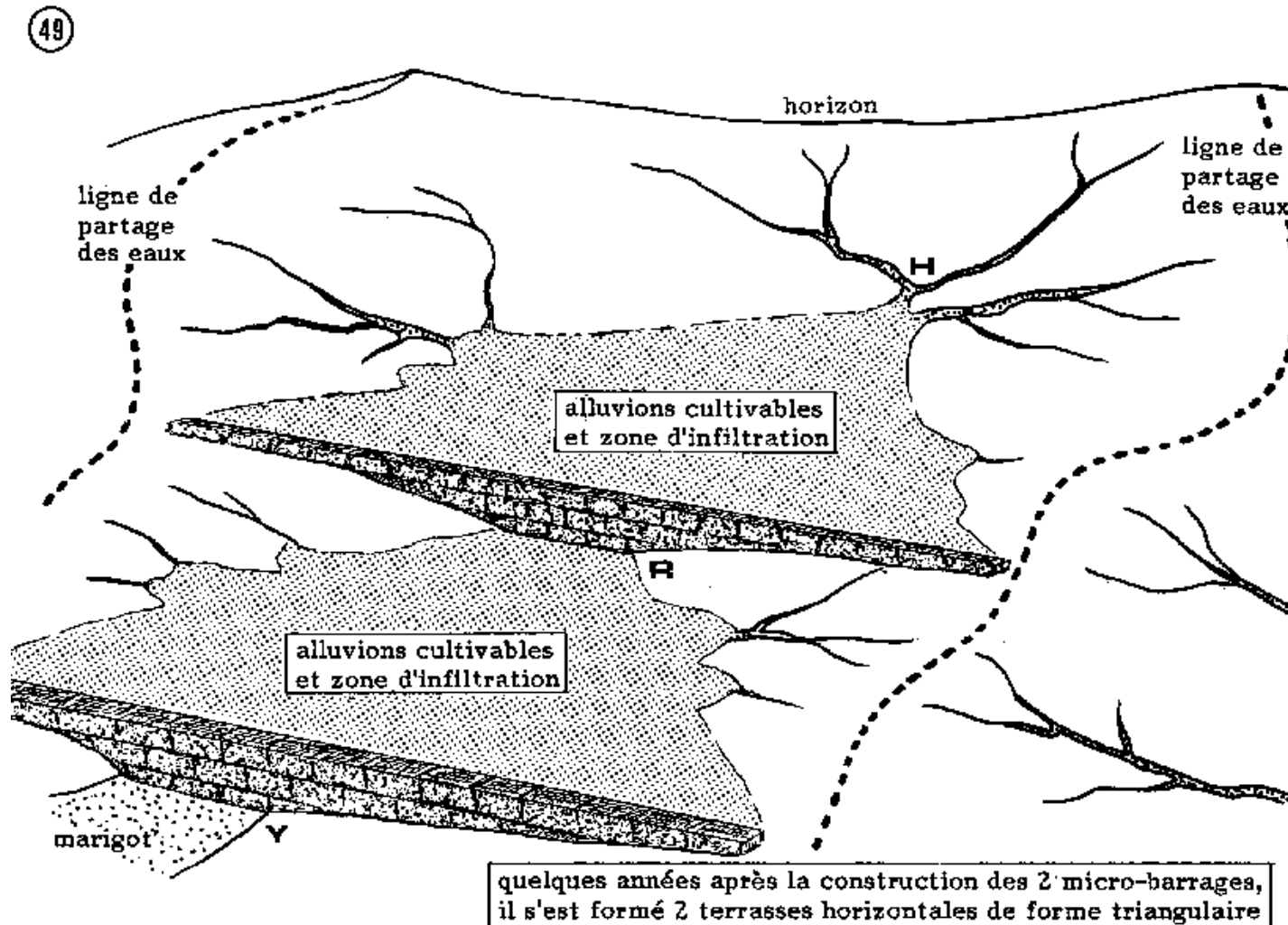


Figure 49: position de 2 micro-barrages successifs dans un bassin versant

La **figure 50** montre ce que l'on découvrirait au bout de quelques années en procédant à une coupe du sol allant du point H au point Y, en passant par R. L'épaisseur des alluvions déposées est beaucoup plus grande à proximité des micro-barrages que sur les côtés du triangle d'alluvionnement. Ce lieu est donc le plus favorable à la culture.

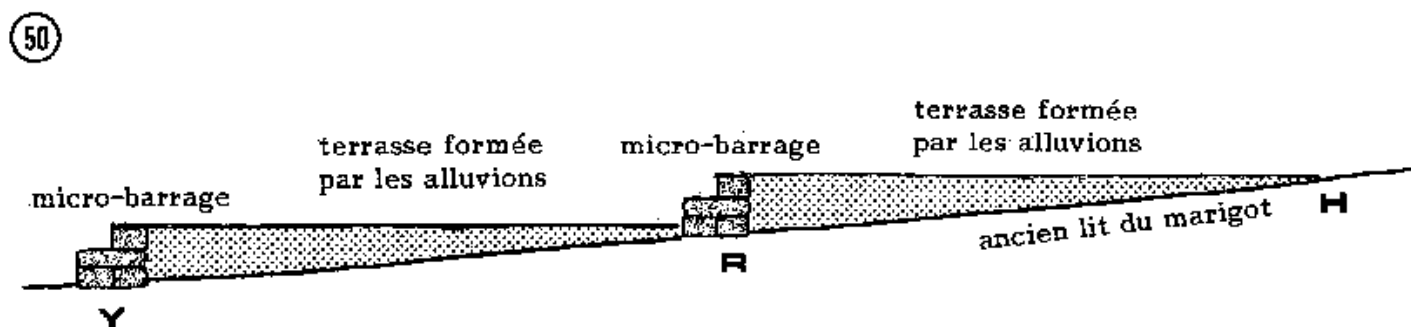


Figure 50: au bout de quelques années, le marigot est remplacé par des terrasses d'alluvions

Enfin, nous pouvons imaginer ce qui se passerait si un ensemble de diguettes venaient compléter le travail des micro-barrages sur les flancs du bassin versant. Ce serait alors toute la terre et une très grande partie de l'eau de pluie qui seraient maintenues à disposition des cultivateurs.

Les effets de la construction des micro-barrages

Après la construction d'un ou de plusieurs micro-barrages, des effets se manifestent à court terme (au cours du premier hivernage), et à long terme (après plusieurs hivernages).

A court terme, on constate les effets suivants:

- **la couche de sol humidifiée** par l'eau infiltrée en amont du barrage est beaucoup plus épaisse qu'aux endroits où l'eau a ruisselé sans s'arrêter. Les cultures, et en particulier la culture du mil, sont favorisées. Si une période de sécheresse intervient après les premières pluies, les plantes souffrent beaucoup moins derrière le barrage qu'ailleurs sur le bassin versant, car elles trouvent plus d'humidité;
- le sol est rendu assez humide, dès les premières pluies, pour qu'on puisse envisager la **plantation de légumes, de patates douces, de haricots, plus sensibles à la sécheresse que le mil;**
- on peut également creuser plus facilement des **trous de plantation** pour des arbres fruitiers. Là où l'infiltration est insuffisante, on rencontrerait trop de difficultés pour creuser ces trous;
- en bordure de la zone inondable, consacrée aux cultures, on voit reverdir des souches d'herbes et d'arbustes endoloris par la longue saison sèche. Elles resteront vivantes beaucoup plus longtemps à proximité de la retenue d'eau. Elles pourront servir de **fouillage** pour le bétail.

A long terme, les effets seront encore plus manifestes:

- au bout de quelques années, les alluvions auront entièrement colmaté le marigot, jusqu'au niveau du sommet du micro-barrage. **La terre sera donc fortement enrichie**, en particulier par les limons et les argiles qui contiennent plus d'éléments nutritifs pour les plantes que le sable et qui retiennent beaucoup mieux l'humidité;

- les réserves d'eau infiltrée dans la **nappe phréatique** auront augmenté. C'est pourquoi le **niveau des puits** creusés à proximité restera plus élevé durant la saison sèche. On pourra y puiser pour arroser des jardins ou une plantation d'arbres;
- le relèvement de la nappe phréatique entraînera aussi le **relèvement de la frange capillaire** (voir chapitre 4). Les arbres et les herbes pérennes trouveront donc plus de facilités à s'installer et à survivre durant les saisons sèches;
- le paysage plus verdoyant attirera les **éleveurs**. Le fumier du bétail, bien utilisé, viendra enrichir la terre dans les champs;
- des **jardins maraîchers** pourront être établis **en fin d'hivernage**, car il y aura dans le puits suffisamment d'eau pour les arroser (**photo 51**). Grâce à ces jardins, **le temps consacré à l'agriculture augmente et la richesse du village s'accroît.**



Photo 51

photo GRAD

En fait, **c'est toute l'économie du village qui se transforme:**

- les **rendements** en mil augmentent; les risques d'échec de la culture céréalière diminuent; l'autosuffisance alimentaire peut être atteinte;
- l'activité maraîchère vient s'ajouter aux cultures d'hivernage. Elle permet une **occupation plus longue** des hommes et des femmes du village et l'obtention de **revenus supplémentaires**;
- **l'élevage** est à nouveau possible et avec lui les **échanges entre les agriculteurs et les éleveurs**;

- des **arbres** peuvent être plantés qui donnent soit des **fruits**, soit du **bois**, soit du **fourrage**;
- **au cours de la saison sèche, le village peut développer une activité importante** autour de la construction des micro-barrages. Les uns fabriquent du treillis, les autres transportent ou taillent les pierres, d'autres creusent les puits, etc ... Tous ceux qui travaillent à ces aménagements se forment pour des travaux futurs.

L'activité sociale se trouve renforcée. En effet, l'organisation des chantiers et leur réalisation obligent à de nombreuses réunions de discussion et de travail. Chaque barrage ou diguette achevée est l'occasion d'une petite fête.

Compléter les aménagements en terre et en pierres par des plantations

Dès que la **lutte mécanique** contre l'érosion a commencé par le travail de la terre, l'aménagement de diguettes et l'accumulation de pierres, il faut autant que possible la compléter par une **lutte biologique** au moyen des plantes. Rappelons-nous le chapitre 4.

Il existe de nombreuses possibilités:

- on peut **planter des arbres utiles isolément ou en ligne** dans les parties qui s'y prêtent le mieux: des arbres fruitiers, des neems, des acacias, etc ...;
- on peut **établir des haies d'herbes ou d'arbustes**, par exemple à la limite de la zone inondable. Ces haies facilitent l'infiltration et, si elles sont bien étudiées, fournissent des produits utiles .
- s'il s'agit des diguettes, on peut y planter des herbes afin que leurs racines retiennent bien la terre. On peut y cultiver des patates douces ou d'autres plantes agricoles ou fourragères. En effet, dès lors qu'il y a de l'eau, il est important **d'expérimenter** au plus vite toute la gamme d'activités agricoles, arboricoles et fourragères rendue possible par sa présence.

On s'attachera particulièrement à l'implantation d'arbres utiles et diversifiés, par exemple ceux dont les noms sont repris au **tableau 52**.

Quelques espèces d'arbres intéressantes pour le reboisement

Tableau 52

Les points placés devant le nom des arbres donne une indication concernant la résistance des arbres à la sécheresse: une espèce pouvant se développer en zone aride est marquée de 3 points; une espèce pouvant se développer en zone sèche, peu arrosée, est marquée de 2 points; 1 point indique une espèce ne poussant que dans un milieu relativement humide.

- Acacia albida (kad, gao, ...)
- Acacia macrostachya
- Acacia nilotica (gonakier)
- Acacia raddiana
- Acacia sénégale (gommier)
- Adansonia digitata (baobab)

- Albizzia chevalieri
- Anacardium occidentale (anacardier)
- Annona senegalensis
- Anogeissus leiocarpus
- Azadirachta indica (neem)
- Balanites aegyptiaca
- Bombax buonopozense (kapokier)
- Borassus aethiopicum (rônier)
- Boswellia dalzielli
- Butyrospermum parkii (karité)
- Carica papaya (papayer)
- Cassia siamea
- Casuarina equisetifolia
- Ceiba pentandra (fromager)
- Citrus (orangers, citronniers)
- Commiphora africana
- Dalbergia melanoxylon
- Detarium senegalense
- Elaeis guineensis (palmier à huile)
- Eucalyptus camaldulensis
- Euphorbia balsamifera
- Ficus sycomorus
- Guiera senegalensis
- Haloxylon persicum
- Hyphaene thebaïca (dour)
- Khaya senegalensis (caïlcédrat)
- Landolphia heudelotii
- Lannea microcarpa
- Leucaena leucocephala
- Mangifera indica (manguier)
- Parinari macrophylla
- Parkia biglobosa (nééré)
- Parkinsonia aculeata
- Prosopis africana
- Prosopis juliflora
- Pseudocedrela kotschyi
- Pterocarpus erinaceus

- Pterocarpus lucens
- Saba senegalensis
- Salvadora persica
- Sclerocarya birrea
- Sterculia setigera
- Tamarindus indica
- Tamarix articulata
- Teclea sudanica
- Vitex cuneata
- Ziziphus mauritiana

Légende:

- stations arides
- stations sèches
- stations humides

Il est bon de considérer la plantation d'arbres avant tout comme une opération agricole plutôt que forestière, car dans ces conditions, elle intéresse plus directement les villageois. Or, cet intérêt est indispensable pour la survie des arbres, en particulier lorsqu'ils sont jeunes : il faut les arroser, il faut les protéger contre les dégâts occasionnés par le bétail, il faut veiller à leur exploitation correcte le moment venu.

La plantation d'arbres diversifiés mérite toute l'attention de ceux qui ont construit des diguettes ou des micro-barrages. Elle doit être faite après une discussion dans le village concernant les **besoins** pouvant être satisfaits à diverses périodes de l'année par les arbres:

- besoins en bois de **chauffage** ou de construction,
- besoins **alimentaires**: fruits frais, graines alimentaires, graines oléagineuses, etc ...,
- besoins **fourragers**, en particulier durant la saison sèche,
- besoins **médicinaux**,
- besoins en **fibres** telles que fibres de kapok, coton, d'écorces de baobab,
- besoins en matière **d'environnement**: ombrage, protection des mares ou des villages contre le vent.

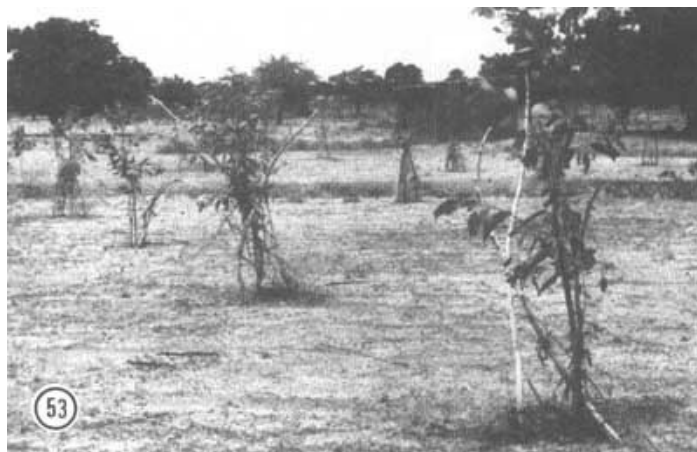


Photo 53

Quatrième partie: Extraire l'eau du sol

Chapitre 7: Puits et forages: généralités

Différences entre puits et forages

Cette quatrième partie du livre concerne le puisage de l'eau dans le sol, tel qu'il est entrepris par les artisans du G.A.R.Y. Le puisage de l'eau peut se faire indépendamment du travail de lutte contre le ruissellement, mais il est intéressant de lier ces deux types d'activités pour plusieurs raisons:

- le creusement d'un puits ou d'un forage à proximité immédiate d'un micro-barrage ou d'une zone protégée permet aux villageois de **constater** très concrètement **les résultats** de leur lutte contre le ruissellement;
- grâce au creusement de puits à proximité des nouvelles terres déposées devant les micro-barrages, il est possible d'y **arroser des jardins** durant une partie de la saison sèche;
- le travail de creusement, comme l'aménagement de diguettes et de micro-barrages, peut être fait par une même équipe d'artisans. En liant les deux, **on forme des gens aux métiers de l'eau**. L'équipe des "hydrauliciens" peut ainsi développer son emploi durant toute l'année, en relation avec les villageois.

différence entre puits et forage:

puits:

- le creusement d'un puits se fait par un puisatier. Il faut que le diamètre du puits soit assez large pour permettre la descente et le travail du puisatier.

- les puits, creusés uniquement à la main, ne dépassent pas une profondeur de 25 mètres à 30 mètres.

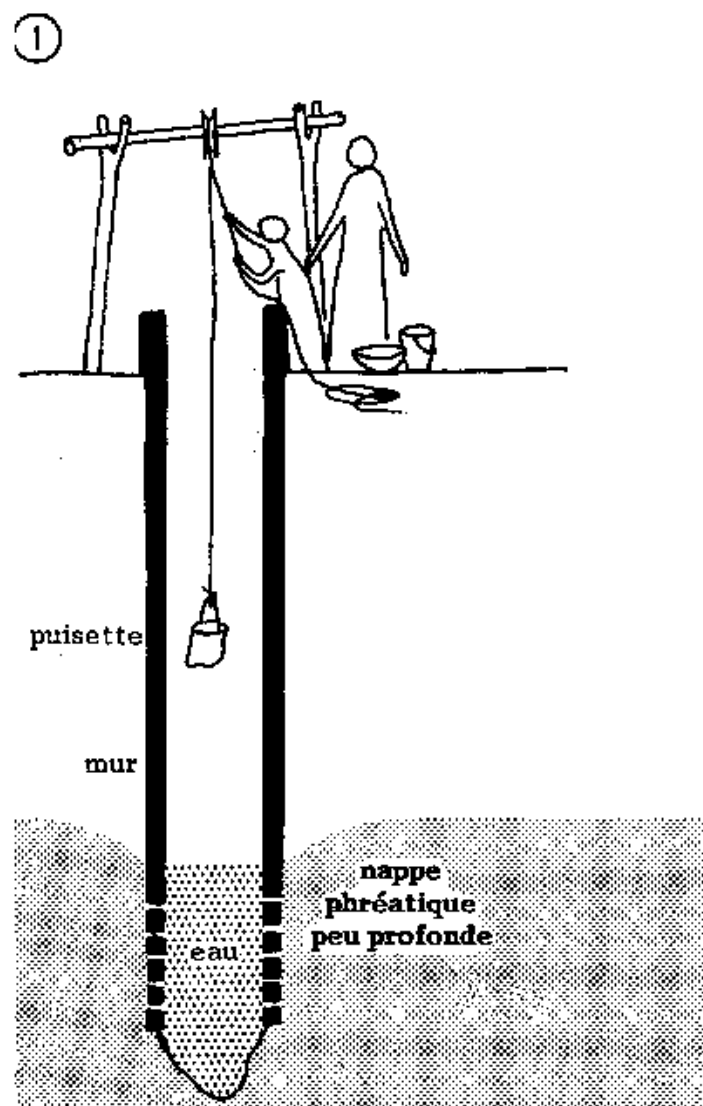


Figure 1a: différence entre puits et forage: puits

forage:

- un forage est constitué par un long tube enfoncé dans le sol grâce au travail d'une tarière ou d'un trépan. L'homme n'y pénètre pas. Le tube peut donc être étroit.
- un forage manuel peut aller jusqu'à 60 mètres de profondeur.
- un forage mécanique peut s'enfoncer beaucoup plus profondément.

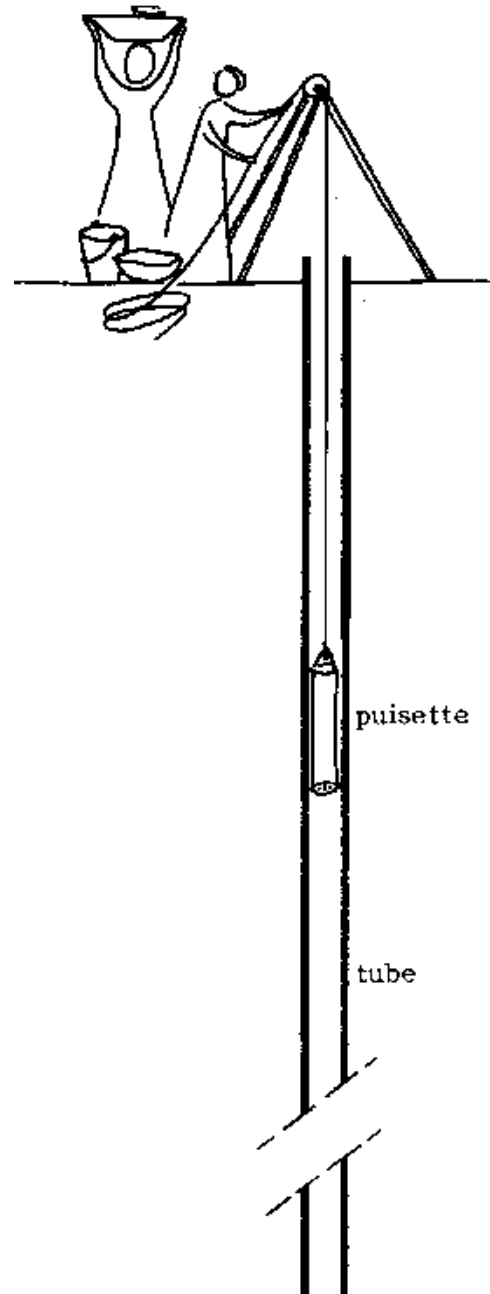


Figure 1b: différence entre puits et forage: forage

Pour extraire l'eau du sol, on a le choix entre **deux techniques différentes: le creusement de puits et le forage (figure 1)**. Le choix de la technique - puits ou forage - dépend de trois critères principaux: la profondeur de la nappe phréatique de laquelle on extrait l'eau, la quantité d'eau que l'on veut puiser journalièrement (le **débit**), la qualité de l'eau dont on veut disposer.

Si la nappe phréatique se situe à moins de 25 mètres de profondeur, il est possible de creuser un puits selon la méthode décrite ci-dessous. Si par contre, il faut descendre plus profondément pour trouver l'eau, c'est la technique du forage qui doit être utilisée, car elle est alors moins risquée et moins coûteuse. Les artisans du G.A.R.Y. arrivent à forer jusqu'à 50 mètres de profondeur. Au-delà de 50 mètres, des moyens plus puissants doivent être utilisés qui ne sont pas à leur portée actuellement. Ajoutons aussi que le creusement d'un puits est limité par le niveau de la nappe phréatique. Dès qu'elle est atteinte, il devient difficile de poursuivre la fouille du sol. Par contre, le forage peut se poursuivre nettement en dessous du niveau de la nappe.

Un bon puits est capable en général de donner un débit d'eau supérieur à celui que l'on obtient au même endroit par un forage. Dans la région de Titao, les puits sont capables de donner de 500 à 5.000 litres d'eau à l'heure, les forages de 600 à 2.000 litres. Lorsque les deux techniques sont possibles, **le choix doit donc se faire en fonction de la quantité d'eau nécessaire pour les consommateurs humains et animaux et de la qualité souhaitée pour cette eau (figure 2)**.

La **qualité de l'eau** puisée est très différente dans les deux cas. L'eau des puits est souvent de moindre qualité pour la consommation humaine que l'eau des forages qui est plus saine. Cela s'explique par deux types de raisons. La première est que l'eau des puits est moins filtrée que l'eau des forages: les puits étant généralement moins profonds, le trajet effectué dans le sol par l'eau qui les alimente est moins long que dans le cas des forages; or, c'est le passage de l'eau dans les interstices du sol sableux ou limoneux qui la débarrasse de ses impuretés et en particulier des microbes générateurs de maladies.

Une deuxième raison expliquant la moindre qualité de l'eau de puits est que celle-ci est plus facilement polluée par tout ce qui vient de la surface du sol. Il peut y avoir des écoulements d'eau sale, d'urine ou d'excréments animaux, des animaux peuvent crever dans le puits, les puisettes ou seaux qu'on y envoie peuvent être sales, etc ... Même un puits bien protégé par son couvercle peut être pollué. La pollution est par contre plus difficile dans le cas des forages, surtout lorsqu'ils sont exploités par des pompes.

Les différences de qualité de l'eau:

mare:

une mare est approvisionnée uniquement par l'eau de ruissellement. L'eau n'est pas filtrée. Elle contient de la terre. On y trouve de nombreux germes de maladies humaines et animales.

L'eau des mares n'a pas les qualités nécessaires à la boisson. Par contre, elle peut être utilisée sans danger pour arroser les cultures.

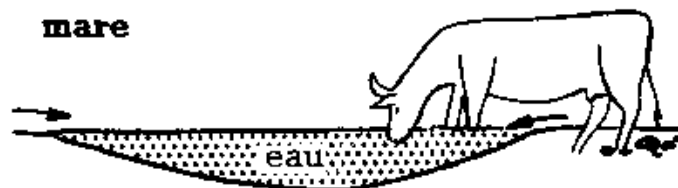


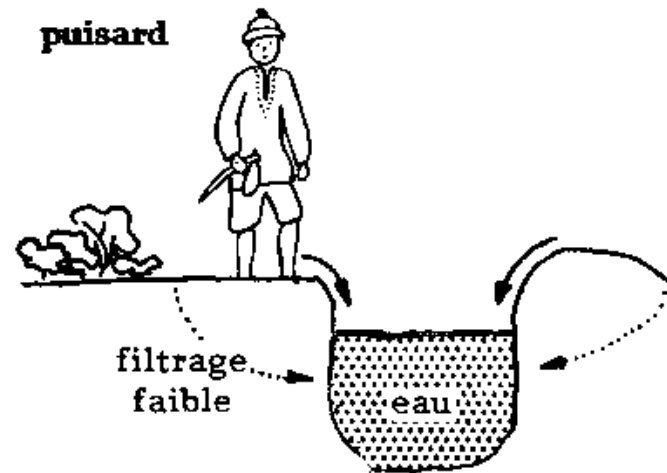
Figure 2a: les différences de qualité de l'eau: mare**puisard:**

le puisard est un trou peu profond, creusé là où la nappe phréatique est proche de la surface du sol (par exemple dans un bas-fond).

Il est ouvert et peut donc recevoir des saletés par le fait du ruissellement de l'eau, de la chute d'animaux, d'insectes, etc ...

L'eau de la nappe phréatique n'est que faiblement filtrée, vu la minceur des couches d'infiltration.

L'eau des puisards peut être utilisée pour l'arrosage des cultures. La consommation par l'homme n'est pas souhaitable.

**Figure 2b: les différences de qualité de l'eau: puits****puits:**

S'il est bien fermé, l'eau de ruissellement ne pénètre pas dans le puits. La pollution peut cependant venir de la malpropreté des ustensiles utilisés pour puiser l'eau (puisettes, cordes, etc ...), d'objets tombant dans le puits au moment de son utilisation, de plantes poussant sur les murs, etc ...

Si le puits a plusieurs mètres de profondeur, l'épaisseur des couches d'infiltration est suffisante pour dégager l'eau des germes de maladies qu'elle contient. Elle est donc plus saine du point de vue de la consommation humaine.

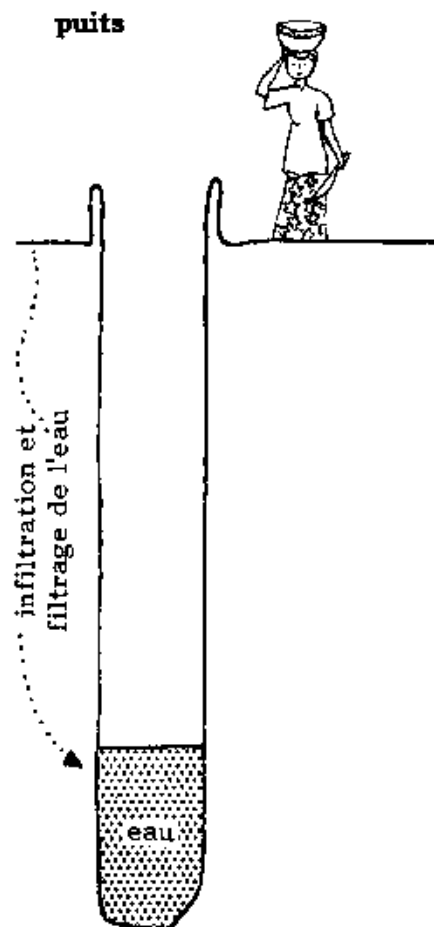


Figure 2c: les différences de qualité de l'eau: puits

forage:

L'eau d'un forage est purifiée par un long parcours à travers le sol. Les possibilités de pollution d'un forage sont réduites, surtout si l'extraction de l'eau se fait au moyen d'une pompe.

Lorsque l'extraction est manuelle, le matériel utilisé doit être très propre, sous peine de polluer l'eau.

L'eau des forages est en général ce qu'il y a de meilleur pour la consommation humaine.

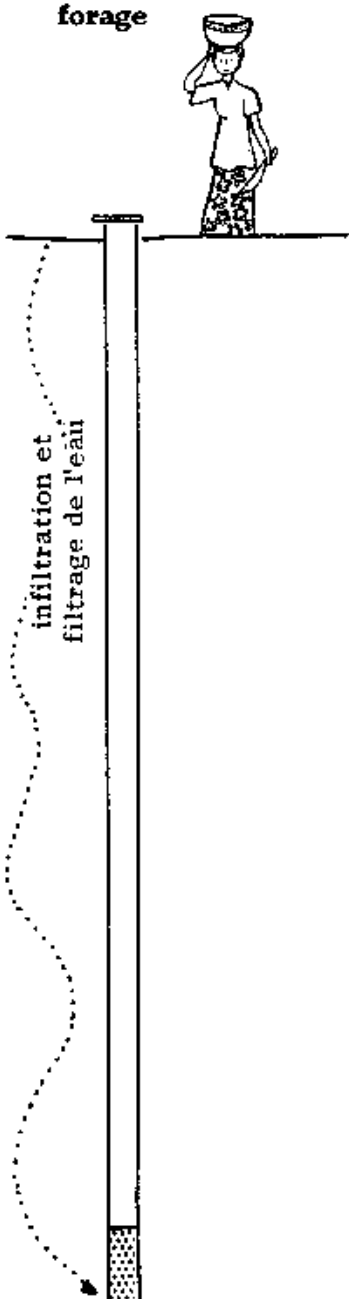


Figure 2d: les différences de qualité de l'eau: forage

Le débit d'un puits ou d'un forage dépend de la quantité d'eau qui peut s'écouler à partir de la nappe phréatique dans le fond du puits ou du forage, ainsi que de la capacité d'exhaure de l'installation (c'est-à-dire la quantité d'eau que les puisettes ou la pompe peuvent puiser).

La quantité d'eau qui s'écoule dans le fond du puits ou du forage dépend de quatre éléments (**figures 3a et 3b**):

- **le niveau de la nappe phréatique par** rapport au fond du puits ou du forage. Plus le niveau est élevé, plus l'eau s'infiltré dans le puits. Ceci explique que de nombreux puits ou forages tarissent en saison sèche, le niveau de la nappe s'abaissant jusqu'à atteindre le fond du puits. A ce moment, le puits n'est plus alimenté;
- les **caractéristiques du sol** entourant le puits ou le forage. Une terre caillouteuse ou sableuse laisse facilement s'écouler l'eau; elle est moins filtrante cependant. Une terre très argileuse, au contraire, retient l'eau dans les grains d'argile. L'infiltration y est plus lente et la filtration est plus efficace du point de vue de la pureté de l'eau (**figure 3b**);
- la **dimension de l'orifice** creusé dans le sol. Plus l'orifice est grand (ce qui est le cas pour les puits), plus la surface d'entrée de l'eau est vaste et plus la masse d'eau stockée dans le fond est importante et facile à puiser;
- enfin, la **capacité d'exhaure** joue également. L'exhaure manuelle se fait avec des récipients de petites dimensions (5 à 10 litres), qu'il faut soulever sur une certaine longueur. Plus le puits est profond, plus il faut de temps et d'énergie pour puiser chaque litre d'eau. Le fait que le puisage soit manuel limite donc la capacité d'exhaure à la seule force du travail humain.

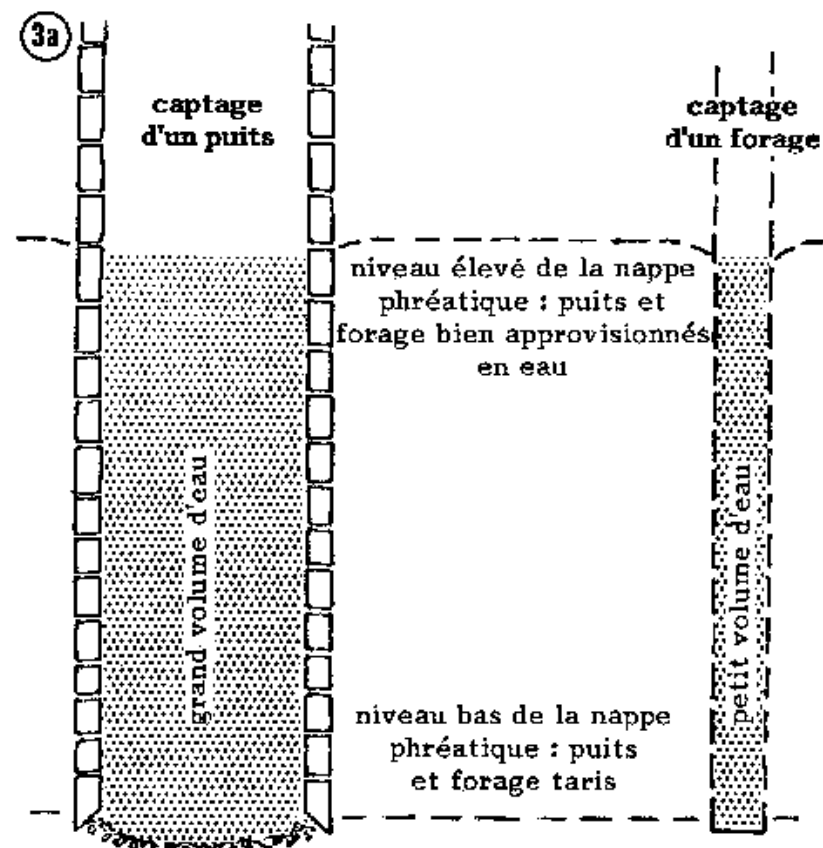


Figure 3a: le débit des puits et forages

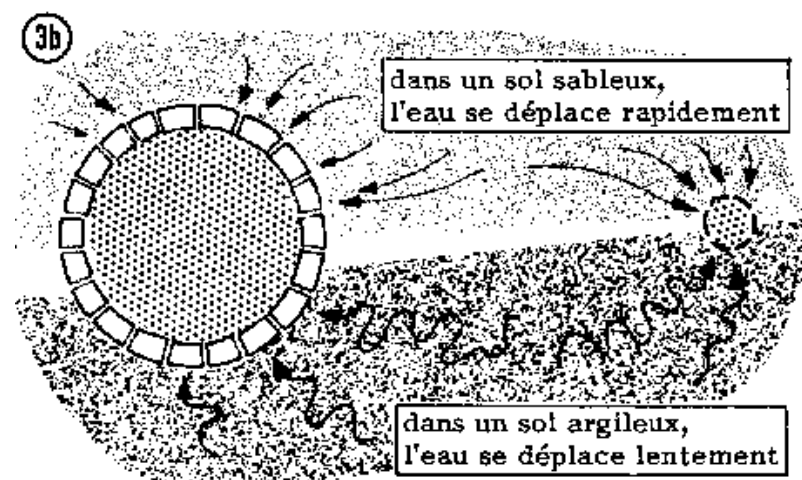


Figure 3b

L'exhaure mécanique au moyen de pompe augmente fortement la capacité d'exploitation d'un puits ou d'un forage. Mais elle ne change rien aux deux éléments précédents.

Entrons maintenant dans le vif des pratiques liées au creusement des puits et des forages. Nous allons envisager quatre types d'opérations:

- où creuser pour trouver l'eau? (Chapitre 7)
- comment creuser les puits? (Chapitre 8)
- comment forer? (Chapitre 9)
- comment extraire l'eau: les moyens d'exhaure (chapitre 10).

Nous ne cherchons pas à décrire tous les moyens possibles: comme dans les parties précédentes, nous nous limitons à décrire les méthodes utilisées par les artisans du G.A.R.Y. dans le contexte des villages du Yatenga. L'avantage de ces méthodes est que de nombreuses personnes peuvent se **former ensemble dans les villages**. C'est un avantage certain pour l'avenir, si on les compare à d'autres méthodes plus sophistiquées utilisant de grandes machines dont personne ne comprend rien au village et exigeant de gros moyens financiers.

Comme pour les diguettes et les micro-barrages, ce qui suit peut être facilement compris par tous ceux qui réfléchissent avec les artisans. Plus qu'au simple creusement de puits ou de forages utiles pour la population, c'est à la **naissance de métiers ruraux spécialisés et adaptés** que l'on peut assister en appliquant ces méthodes. Elles revêtent donc un intérêt particulier pour le développement des régions sèches.

Ajoutons aussi que le G.A.R.Y. a toujours cherché à s'approvisionner en matériel au moindre coût. Tout ce qui peut être **fabriqué sur place** l'est. Les artisans récupèrent les matériaux qu'ils peuvent, dans la région, en particulier sur les carcasses de camions et de voitures qui traînent un peu partout. L'**ingéniosité** est un facteur de réussite technique et de réduction des coûts.

Certains matériaux doivent être achetés, comme par exemple le fil de fer, les tubes d'acier, les poulies, le ciment, le fer à béton, certains petits matériels. Avant de les acheter au loin, les artisans tentent d'abord de voir si aucune solution n'est possible localement.

Où creuser pour trouver de l'eau

Il existe des appareils très coûteux qui permettent de sonder la terre afin d'y découvrir les nappes d'eau: ils ne sont pas utilisables dans le cadre villageois. C'est donc sur la base d'observations des terroirs que le G.A.R.Y. se fonde pour déterminer les endroits où il faut creuser. La réussite n'est pas totale, 30 % des puits ou forages ont été creusés sans résultat, 70 % l'ont été avec succès.

Beaucoup de terres sahéniennes, et en particulier celles de Titao, sont formées en surface d'alluvions éoliennes. Les particules de sable, de limon et d'argile sont arrachées par le vent d'harmattan dans les zones désertiques du Sahara et de la péninsule arabe et sont déposées dans le Sahel, à la limite sud du Sahara.

L'érosion éolienne que l'on observe aujourd'hui n'a pas toujours existé. Il y a quelques millénaires, le Sahara était couvert de végétation comme en témoignent d'ailleurs les gravures rupestres préhistoriques du Tibesti ou du Ténére. L'érosion éolienne ne se manifestait donc pas intensément. Les régions sahéniennes étaient elles aussi verdoyantes et vallonnées.

Le dessèchement dû Sahara et l'avancée du désert ont fortement accru les phénomènes d'érosion éolienne. Les antiques vallées du Sahel ont été comblées d'alluvions selon le mécanisme indiqué au chapitre 2. Lorsque des vallées et leurs bassins versants furent comblés, les alluvions éoliennes continuèrent et continuent toujours de se déposer en fines couches successives à la surface du sol, aplanissant petit à petit cette surface.

Si, au moyen d'un couteau géant, on pouvait effectuer dans la terre une coupe gigantesque, on distinguerait deux surfaces distinctes (**figure 4**). La première est la surface formant le relief actuel visible et très peu accentué. La seconde surface est invisible: elle est située sous l'épaisse couche d'alluvions éoliennes. Elle correspond à l'ancien relief qui existait avant que soient déposées les alluvions éoliennes; elle sépare cette couche des sols et des roches plus dures qui formaient l'ancien relief.

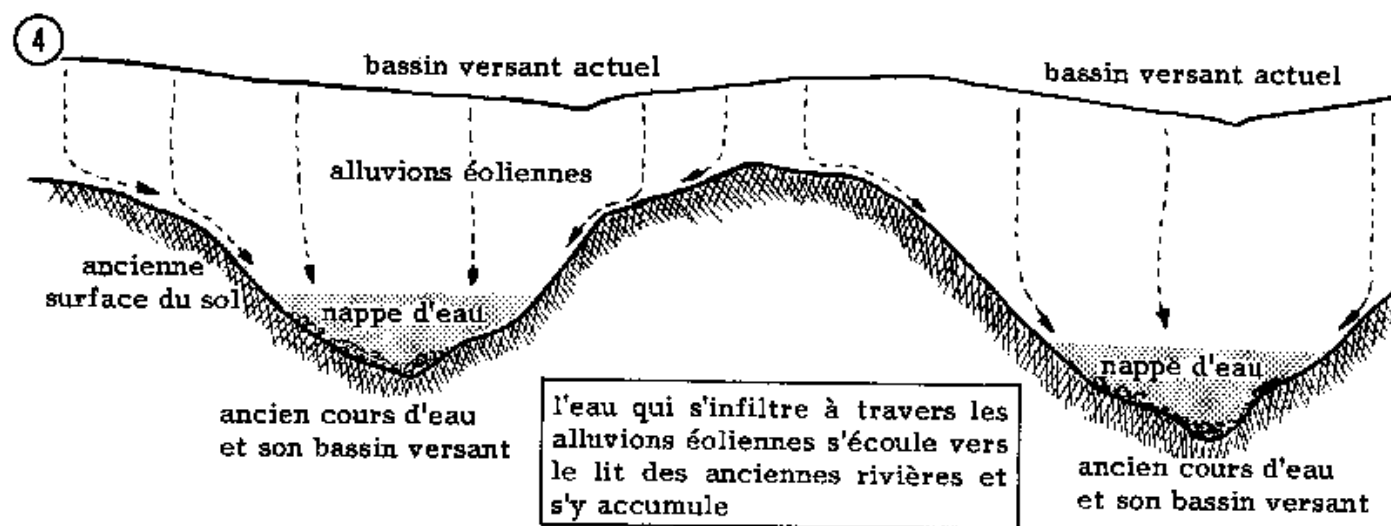


Figure 4: formation de nappes phréatiques dans les anciennes vallées enfouies sous les alluvions éoliennes

Aujourd'hui, lorsque l'eau s'infiltré en profondeur à travers les alluvions éoliennes, elle rencontre la surface des anciens bassins versants, elle se met à couler vers **le fond des vallées antiques** et elle s'y accumule. C'est dans le lit de ces rivières antiques et souterraines qu'aujourd'hui encore, il faut rechercher l'eau. Il est donc très important de repérer ces cours d'eau enterrés, au moyen d'une série d'indices.

Ces indices sont divers:

- des **alignements d'arbres** par exemple. Si dans un paysage dénudé on constate la présence d'arbres anormalement alignés, par exemple des baobabs ou des acacias, cela peut constituer un indice. En effet, les arbres résistent mieux aux rigueurs de la sécheresse à proximité d'une nappe d'eau;
- la présence de petits **morceaux de quartz** est également une indication. Le quartz est cette pierre très blanche et très dure que l'on trouve parfois en éclats et dont la dimension ne dépasse pas quelques centimètres carrés. Sa dureté fait qu'elle n'est pratiquement pas abimée par les chocs de l'érosion hydrique ou éolienne.

Lorsqu'on trouve des dépôts de quartz, on peut penser qu'il existait une ancienne vallée: les particules les plus fines ont été emportées par les eaux ruisselantes de l'ancien bassin versant, alors que les cailloux de quartz, plus lourds, sont restés sur place. L'érosion éolienne et hydrique actuelle découvre ces pierres qui nous fournissent un indice;

- la **couleur de la terre** peut aussi être un indice de la présence d'une vallée ancienne. Une coulée de terre plus claire peut indiquer l'existence d'un ancien passage d'eau à travers le sol. L'eau s'infiltrant abondamment "lessive" le sol; elle lui enlève une partie des sels de fer de couleur rouge et laisse sur place des particules de sable plus clair;
- parfois, on note sur le terrain de très faibles **déclivités** ou de minuscules **fossés** ne dépassant pas quelques centimètres de profondeur. De tels fossés peuvent indiquer la présence d'un ancien lit ou **d'une faille dans la roche-mère** qui pourrait laisser passer l'eau;
- **l'emplacement d'anciens villages**, parfois connus des anciens, peut être un indice également. Ces villages ne pouvaient vivre sans eau. Leur disparition n'a pas toujours résulté du tarissement des sources ou des puits, mais parfois de guerres ou de migrations.

La présence simultanée de plusieurs indices parmi ceux qui viennent d'être énoncés renforce la probabilité de trouver de l'eau. Toutefois, pour les découvrir, il est nécessaire de parcourir le terrain en tous sens pour l'observer et le connaître. Ce travail d'observation doit être fait à pied et doit faire appel, le plus possible, aux connaissances possédées par les habitants du terroir.

S'il existe déjà des **puits** dans la région, une observation précise de leur **fond** donnera des indications précieuses quant à l'écoulement des eaux de nappe. Dans une vallée souterraine, l'eau de la nappe s'écoule dans le sens de la pente. Si elle aborde un puits, elle va s'y écouler sur une face déterminée comme le montre la **figure 5b**.

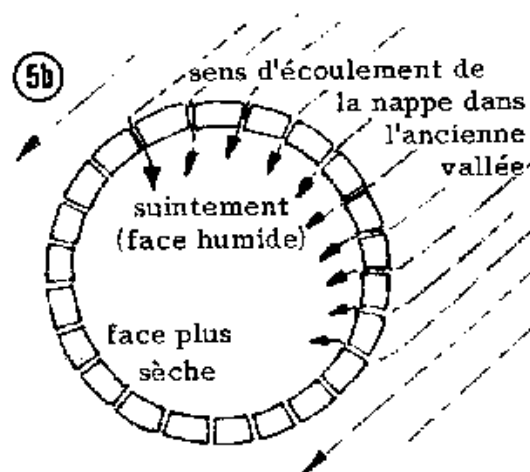


Figure 5b: fond du puits

S'il existe plusieurs puits sur un terroir, on peut les observer successivement et repérer la position de la **face où l'eau suinte** le plus abondamment. En situant les puits sur une carte géographique et en indiquant les faces suintantes, on arrive à repérer l'axe d'écoulement. Il y a beaucoup de chances qu'en montant ou en descendant le long de cet axe, on continue de trouver de l'eau (**figure 5a**).

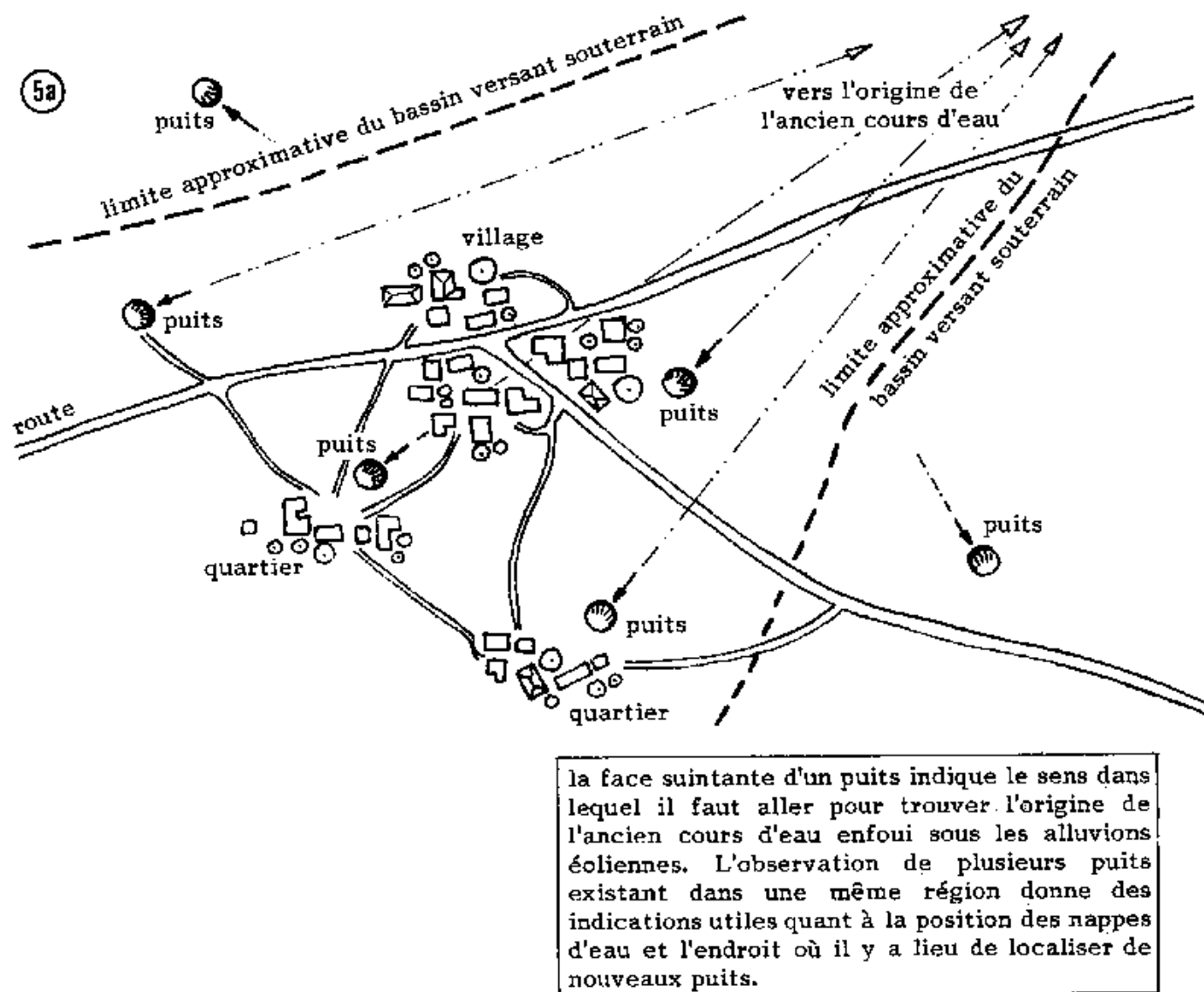


Figure 5a: repérage des nappes d'eau à partir de l'observation du suintement de l'eau dans les puits existants

la face suintante d'un puits indique le sens dans lequel il faut aller pour trouver l'origine de l'ancien cours d'eau enfoui sous les alluvions éoliennes. L'observation de plusieurs puits existant dans une même région donne des indications utiles quant à la position des nappes d'eau et l'endroit où il y a lieu de localiser de

nouveaux puits.

Lorsqu'on pense avoir localisé la position de l'ancien cours d'eau, il faut encore décider de l'endroit où l'on va creuser. Si l'on creuse trop près de son origine, le bassin versant souterrain qui l'alimente est peut-être insuffisant pour donner au puits ou au forage un débit suffisant. Si l'on se situe trop bas, la couche d'alluvions à creuser est très épaisse, peut-être trop épaisse; la terre y est plus limoneuse et argileuse, ce qui est peu favorable au débit. Il faut donc rechercher un endroit intermédiaire dans la partie centrale de l'ancien bassin versant, pour éviter les limons du point bas et les trop faibles débits du point haut (**figure 6**).

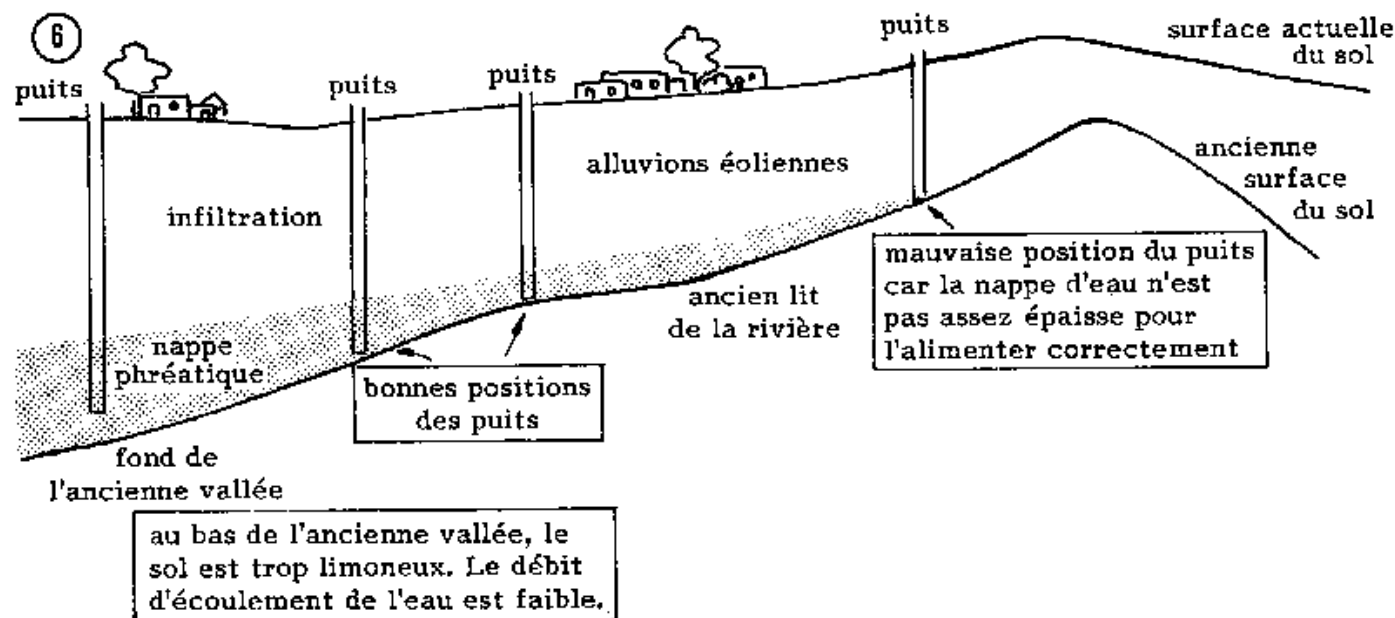


Figure 6: choix de la position du puits ou du forage par rapport à l'ancien lit

Localiser les anciennes vallées est une méthode efficace de recherche des nappes phréatiques exploitables par les puits ou les forages, mais il peut y avoir d'autres sites intéressants. Cela peut être un ancien lac rempli d'alluvions ou une faille dans la roche-mère, ou encore un endroit proche d'une grande rivière ou d'un bas-fond. Nous avons vu également l'intérêt qu'il y a de creuser des puits à proximité des micro-barrages. Quel que soit ce qu'on recherche, c'est toujours l'observation et le raisonnement à partir de ces observations qui permettent de localiser avec le maximum de certitude la meilleure position des puits et forages à creuser.

Chapitre 8: Le creusement d'un puits et de son captage

Puits et captage

Dans un puits, on distingue **deux parties** (**figure 7**):

- le **puits** proprement dit, qui se situe dans le sol sec,
- le **captage** qui s'enfonce dans le sol sous le niveau de la nappe phréatique et à travers lequel l'eau suinte pour remplir le fond.

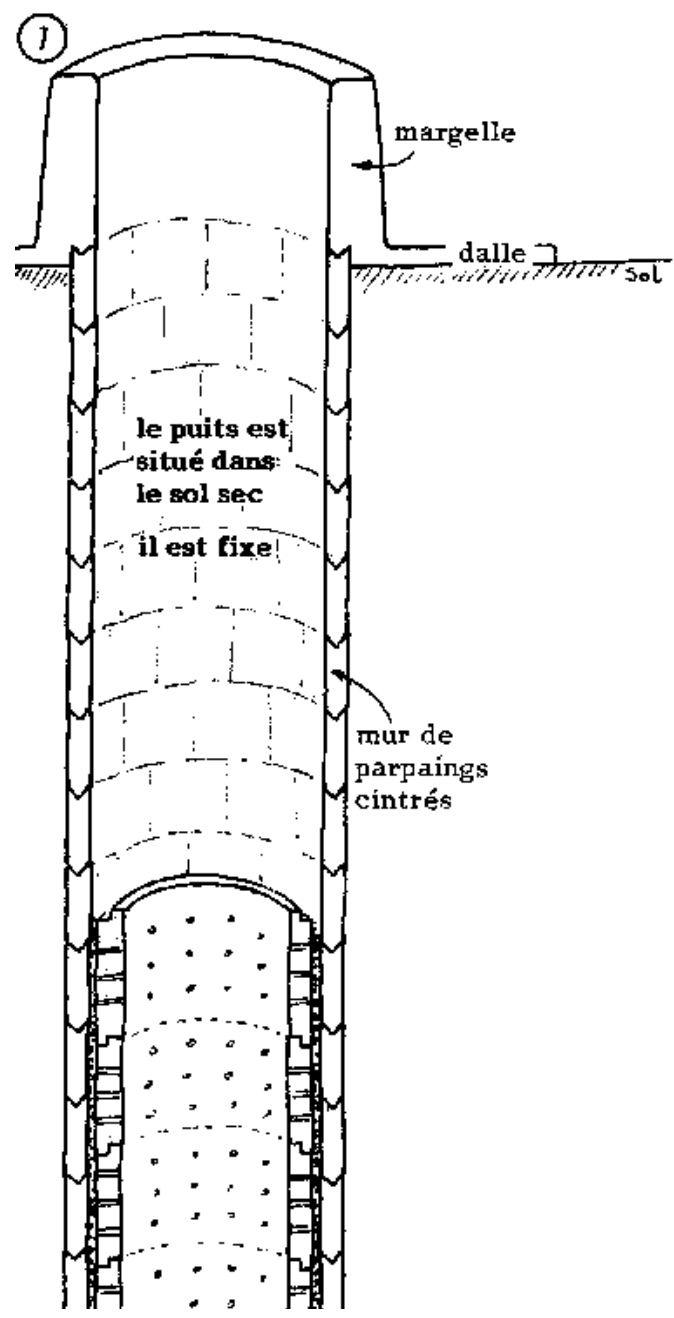


Figure 7: coupe d'un puits et de son captage

Le puits est une construction fixe et définitive, installée dans le sol. Le captage est une buse mobile qui glisse dans l'orifice du puits et qui s'enfonce dans le sol au fur et à mesure que l'on creuse le fond du puits. Le bas du captage est constitué par une "trousse coupante" en béton, dont le rôle est expliqué plus loin.

La hauteur du puits et du captage dépendent de la position de la nappe. Si la nappe est située en profondeur, le puits sera également profond (il peut aller jusqu'à 25 mètres). Son pied se situe à proximité du niveau maximum de la nappe qui est atteint lorsque la nappe est entièrement approvisionnée.

La hauteur du captage dépend aussi de la configuration du terrain et de l'épaisseur de la nappe à exploiter pour avoir un débit suffisant. Cette hauteur peut varier avec le temps puisqu'il est possible, en cas de nécessité, de surcreuser le puits et d'ajouter une ou plusieurs buses perforées au sommet du captage ce qui l'alourdira et le fera descendre au fur et à mesure du surcreusement, sous l'effet de son propre poids.

Le diamètre des buses mises en place par le G.A.R.Y. est indiqué sur la **figure 8**. Entre la première buse de captage et le mur du puits, il y a un jeu de 7,5 cm. Cela permet au captage de se déplacer sans difficulté. Le diamètre du captage ne peut être de beaucoup inférieur à 1,25 mètre, car il faut que le puisatier puisse s'y mouvoir pour creuser le sol.

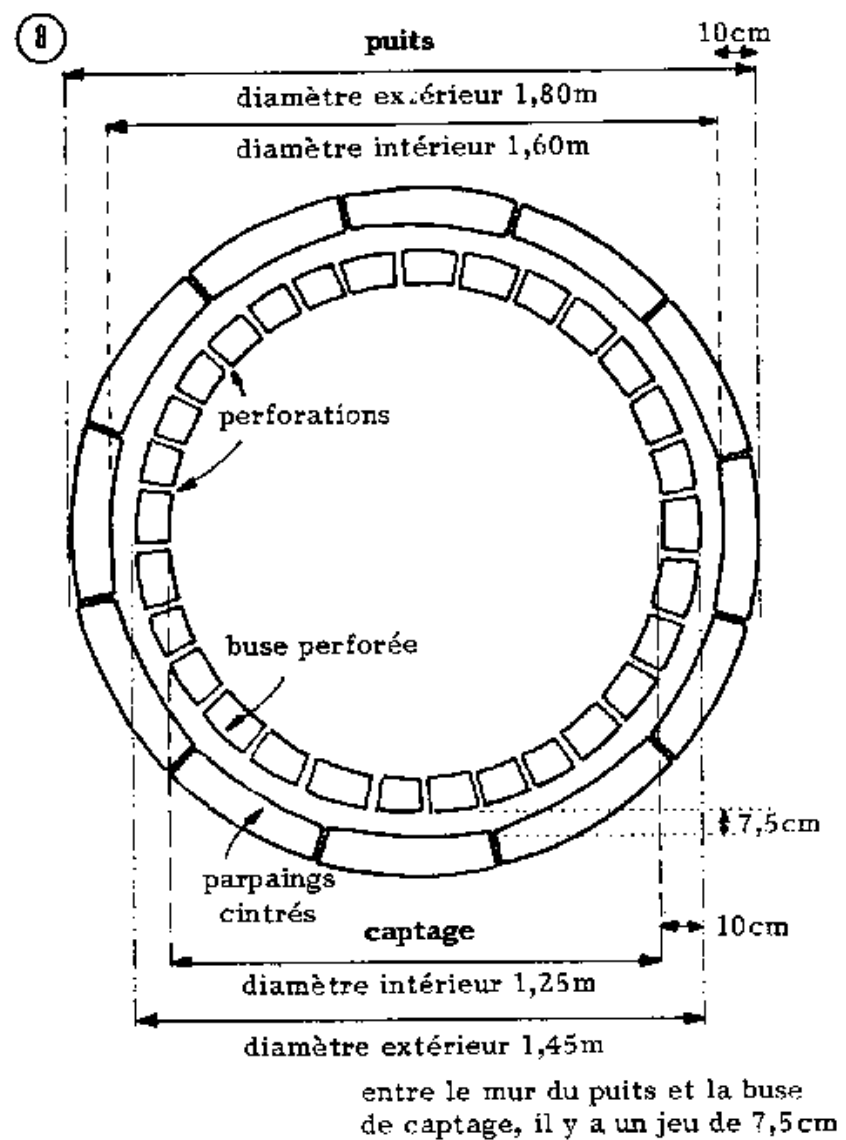


Figure 8: les dimensions du puits et du captage

La préparation des matériaux

Trois types d'éléments standardisés doivent être prêts au moment où l'on se met à creuser:

- les **parpaings cintrés** qui serviront à recouvrir la paroi du puits,
- la **trousse coupante** qui se trouve à la base du captage et qui permet à celui-ci de s'enfoncer dans le sol lorsqu'on creuse,
- les **buses perforées** du captage.

Etudions successivement ces éléments et la façon dont ils seront placés dans le puits.

Les parpaings cintrés du puits

Les dimensions exactes des parpaings sont indiquées à la **figure 9**. Il en faut douze pour couvrir la circonférence du puits. La **photo 10** montre ces parpaings placés en cercle de la manière où ils seront agencés à l'intérieur du puits. Leur face supérieure est creusée en rigole; leur face inférieure est taillée en angle. Ils sont armés de deux fers à béton croisés qui ressortent des faces latérales, supérieure et inférieure, d'environ 10 à 12 centimètres. Disposés l'un sur l'autre, les parpaings sont encastrés comme l'indique la **figure 11**.

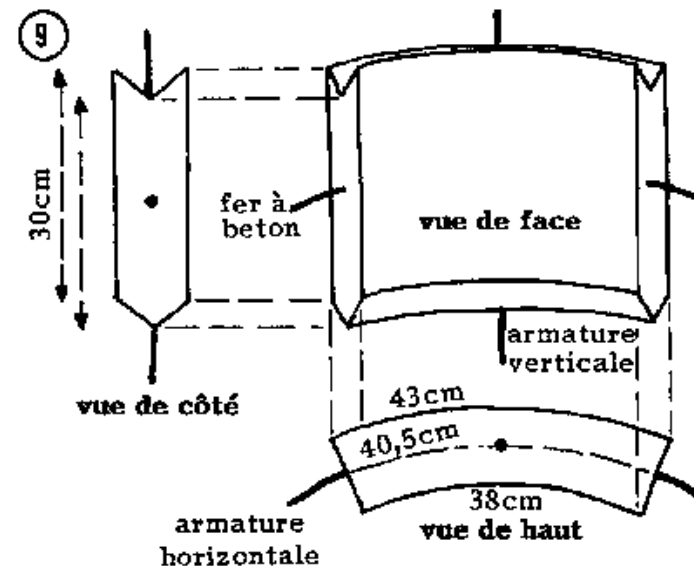


Figure 9: forme et dimensions des parpaings cintrés

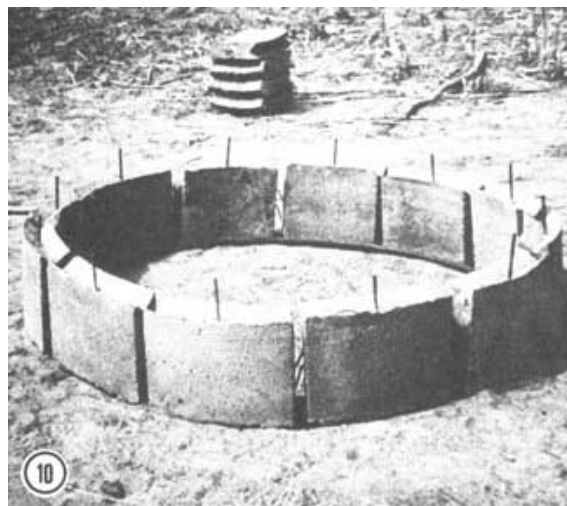


Photo 10

Au moment de maçonner les parpaings dans le puits, on replie les bouts de l'armature horizontale de façon à ce que les bouts des faces juxtaposées de deux parpaings se croisent.

Pour assurer la solidité du mur et son étanchéité, il faut veiller à combler, par un coulis de béton, toutes les fentes pouvant exister entre les parpaings. Un premier coulis se fait dans la rigole au moment de placer les parpaings d'une couche sur ceux de la couche précédente. L'angle inférieur des parpaings d'une couche vient donc s'enfoncer dans le béton souple déposé dans la rigole de la couche précédente. En durcissant, ce béton assurera l'étanchéité au niveau des fentes horizontales.

Un second coulis de béton souple sert à combler les fentes verticales. Des morceaux de tôle accrochés de part et d'autre de la fente verticale existant entre deux parpaings servent de coffrage, de façon à éviter que le béton ne s'échappe sur le côté (**photo 12**). Ils sont simplement repliés à leur sommet et accrochés sur les arrêtes supérieures des parpaings. Ce coulis de béton permet de sceller entre elles les deux armatures repliées. Lorsque le mur est achevé, un lissage de ciment, effectué à la truelle, termine le travail.

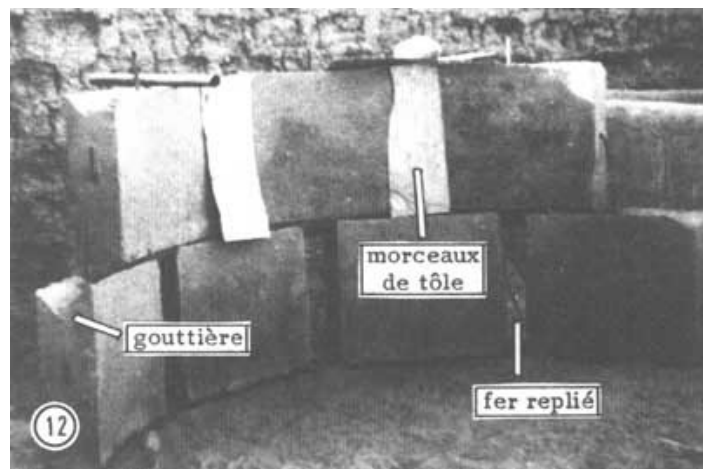


Photo 12

Les douze parpaings cintrés de la première couche sont un peu différents de ceux des couches suivantes. Leur face inférieure est plane (plutôt que moulée en angle), de façon à ce qu'ils soient disposés bien à plat sur la semelle maçonnée (**figure 13**). Les couches suivantes sont construites de telle sorte que les parpaings d'une couche soient décalés de moitié par rapport à ceux de la couche précédente; de cette façon, les bouts de l'armature verticale d'un parpaing viennent se placer exactement entre les parpaings des couches supérieures et inférieures (**figure 11**).

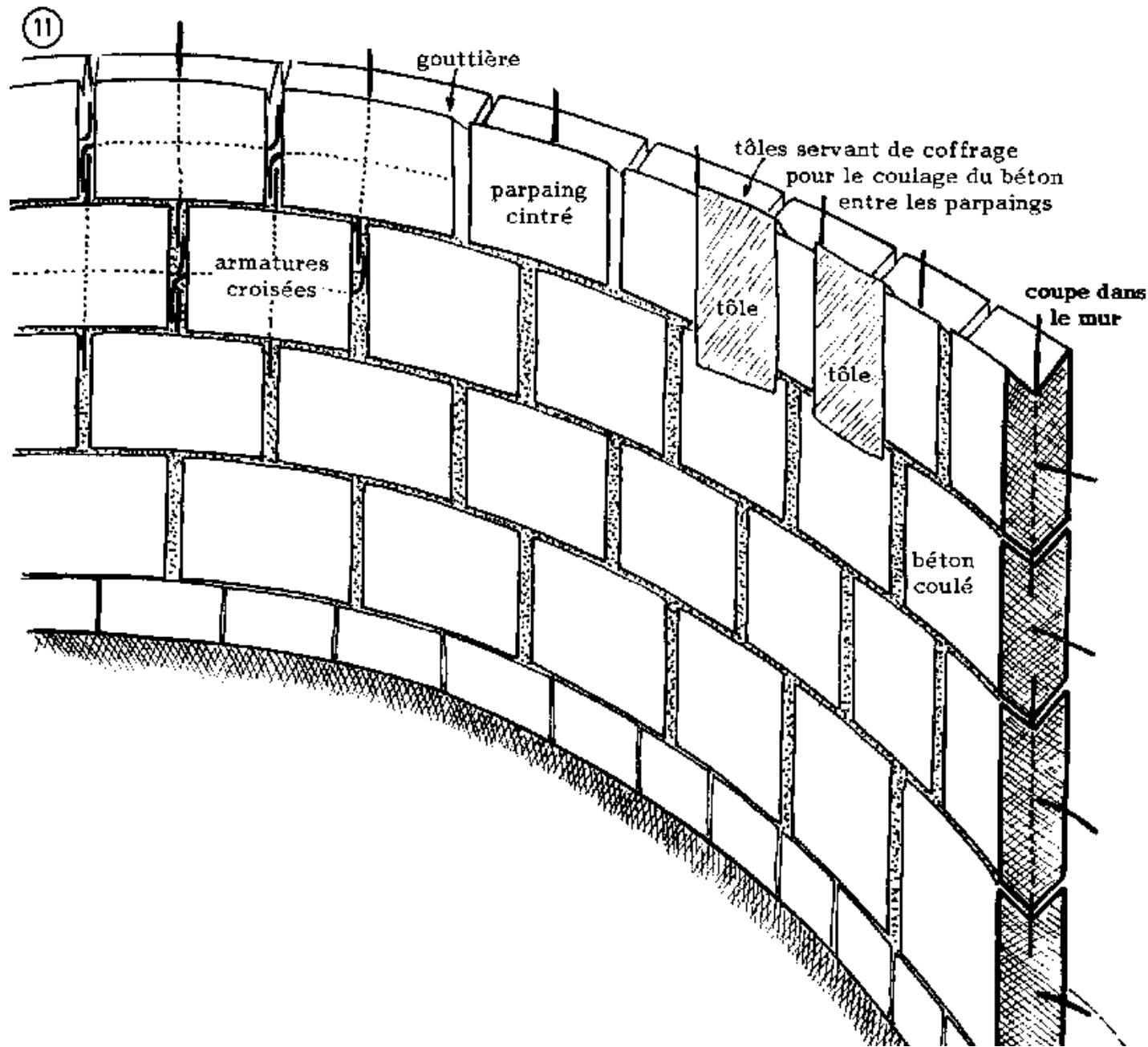


Figure 11: construction du mur d'un puits (vue de l'intérieur)

- les fers horizontaux sont repliés vers le haut et vers le bas,
- les fers verticaux sont placés entre les parpaings des niveaux inférieurs et supérieurs,
- les interstices sont ensuite remplis de façon à intégrer les armatures dans le béton et à lier les parpaings entre eux.

La position de la semelle est déterminée par le niveau de la nappe phréatique. Elle doit être maçonnée à quelques dizaines de centimètres au-dessus du niveau où l'eau de la nappe ramollit le sol. Elle est encastrée dans le sol dur et les deux faces inférieures et supérieures sont bien horizontales (**figure 13**).

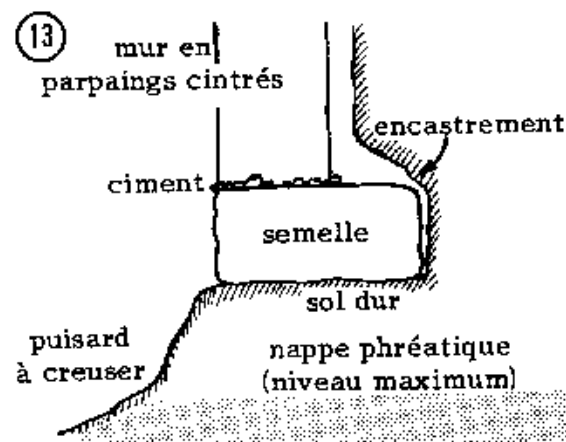


Figure 13: **disposition de la semelle sur laquelle est déposé le mur du puits**

Les **photos 14** et **15** ainsi que le **tableau 16** montrent comment sont constitués les moules métalliques permettant de fabriquer les parpaings. Ces moules sont construits en tôle métallique de 3 millimètres d'épaisseur par des artisans locaux. Ils sont constitués de trois parties: la base, le corps et le couvercle.

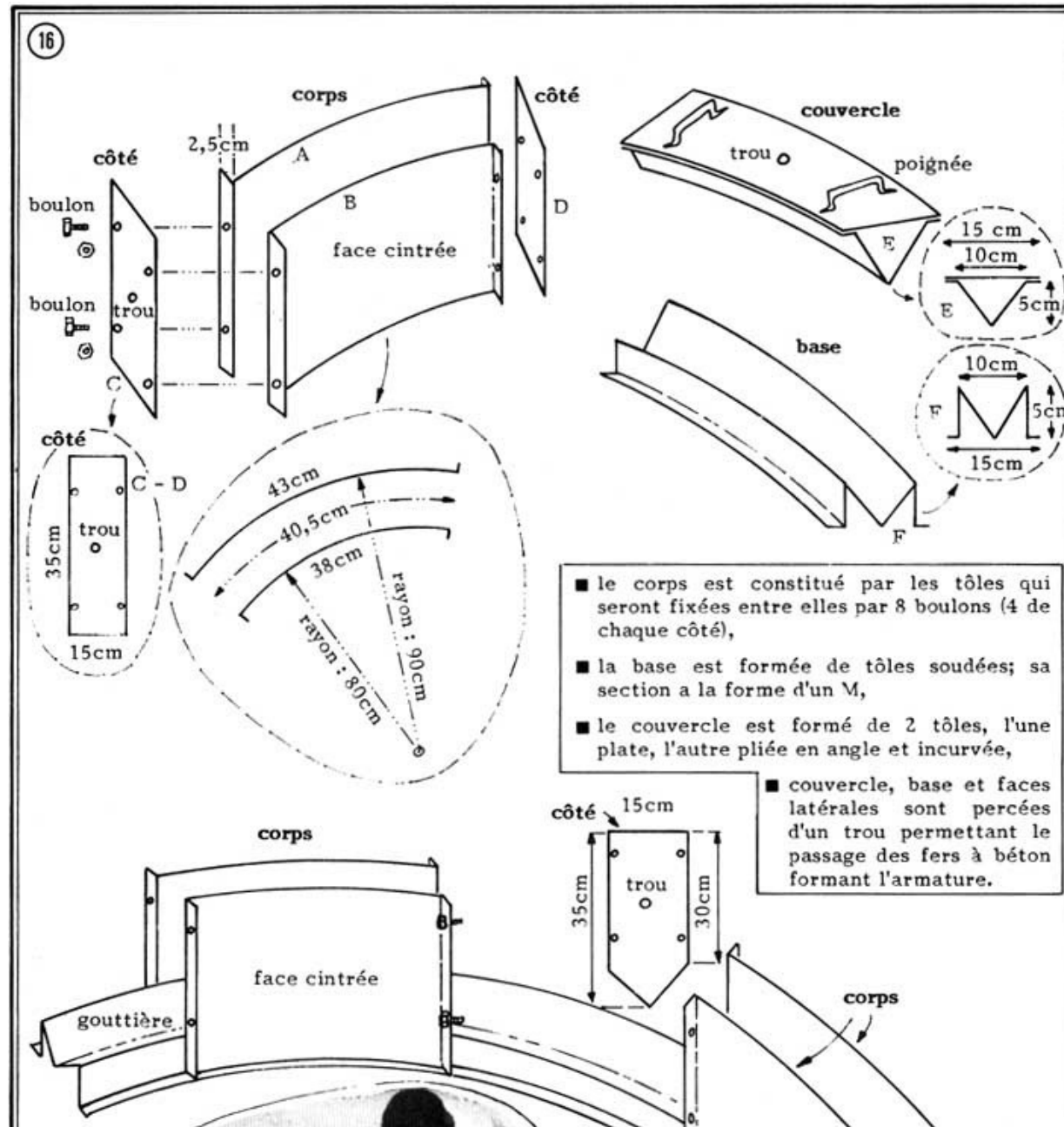
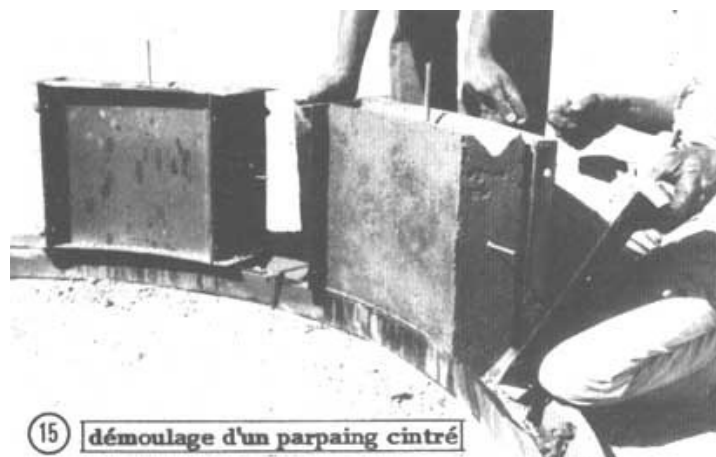


Tableau 16: caractéristiques et dimensions des moules pour la fabrication des parpaings cintrés destinés à la construction du mur d'un puits

- le corps est constitué par les tôles qui seront fixées entre elles par 8 boulons (4 de chaque côté),
- la base est formée de tôles soudées; sa section a la forme d'un M,
- le couvercle est formé de 2 tôles, l'une plate, l'autre pliée en angle et incurvée,
- couvercle, base et faces latérales sont percées d'un trou permettant le passage des fers à béton formant l'armature.

Les deux faces latérales, le couvercle et la base sont percés d'un trou permettant le passage d'un fer à béton de 10 à 12 mm de diamètre. Les faces latérales sont fixées aux faces cintrées par quatre boulons de 14 mm, serrés à la main. Comme toutes les pièces sont séparables, il est facile de démouler les parpaings après remplissage du moule par le béton.

Afin d'augmenter la vitesse de fabrication des parpaings, on peut placer plusieurs corps de moule sur une seule base, comme le montre la **photo 15**. Dans ce cas, les tôles formant les faces latérales du moule sont taillées en angle de façon à se placer dans la rigole de la base.

**Photo 15: démoulage d'un parpaing cintré**

Pour le remplissage, on place le corps du moule, bien nettoyé et huilé, sur la base F, posée sur le sol. On glisse ensuite les fers à béton. L'un est vertical et rectiligne; l'autre, horizontal, est incurvé de façon à adopter la courbe du parpaing. L'armature en fer rend le parpaing plus résistant; les quatre bouts de fer permettent d'accrocher les parpaings les uns aux autres lors de la construction du puits.

Quand le moule et l'armature sont prêts, le béton, assez sec, est versé au moyen d'une truelle, et compacté au fur et à mesure du remplissage au moyen d'un pilon. Il se compose

d'un tiers de gravier, d'un tiers de sable et d'un tiers de ciment, mélangés à l'eau. Lorsque le moule est presque plein, on place le couvercle et on appuie fortement sur les poignées afin d'obtenir le profil en gouttière (**photo 14**).

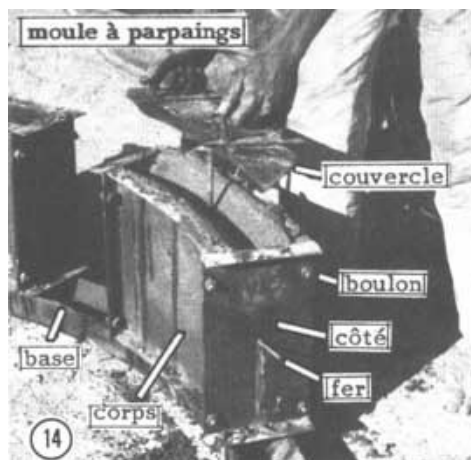


Photo 14: moule à parpaings

Le démoulage suit immédiatement le remplissage. On libère les huit écrous fixant les deux faces latérales et on fait glisser celles-ci le long de l'armature horizontale. Ensuite, on fait glisser les deux faces incurvées vers le haut, jusqu'à les dégager complètement.

Les parpaings sont alors mis à sécher à l'ombre, sous un abri de nattes. Après 24 heures de séchage à l'ombre, ils sont placés dans un bac rempli d'eau dont on ne les sort que pour les amener sur le chantier, en vue de leur mise en place dans le puits (**photo 17**).



Photo 17: bac à eau pour le durcissement des parpaings cintrés

La trousse coupante

La trousse coupante est le deuxième élément qu'il faut fabriquer. C'est un anneau de béton, armé de fer, posé au fond du captage et qui sert à le faire progresser en profondeur. Ses caractéristiques sont indiquées sur la **figure 18**.

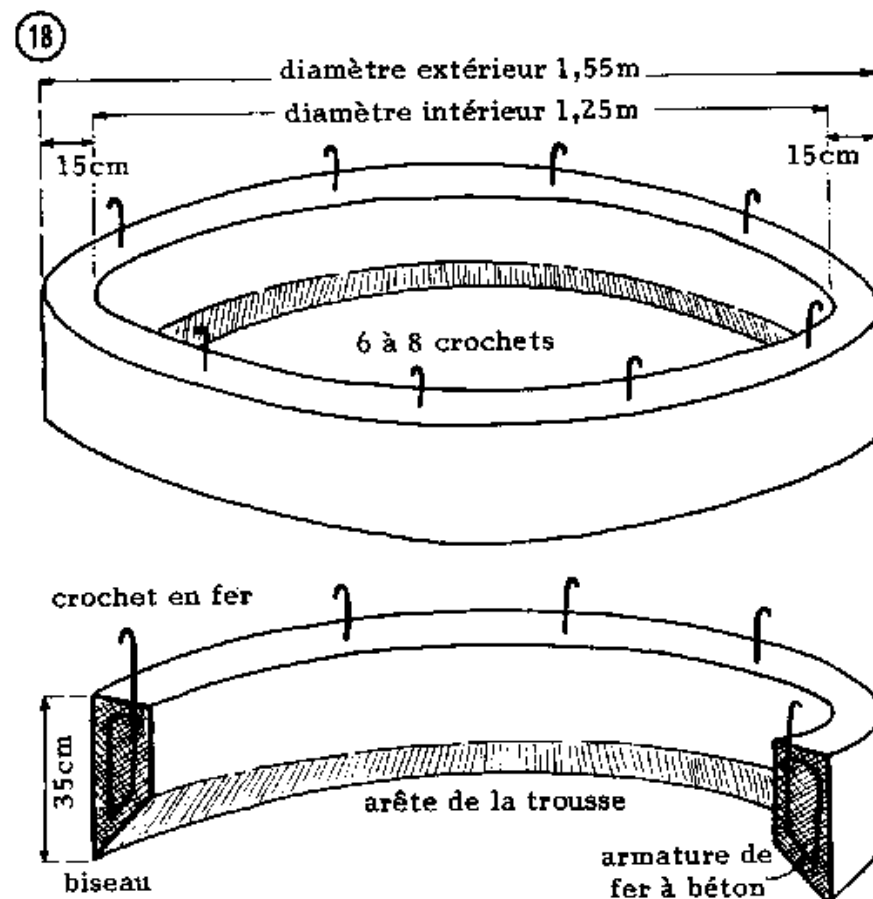


Figure 18: la trousse coupante

La trousse coupante est munie de 6 à 8 armatures incrustées dans le béton. Elle est coulée dans un moule circulaire. Dès qu'un peu de béton a été coulé au fond du moule, on

place les crochets de fer dont la forme est indiquée au bas de la **figure 18**.

Le moule est formé de six tôles incurvées formant deux cercles (intérieur et extérieur) (**figure 19**). Chaque cercle est constitué par trois tôles boulonnées. Le fond est formé par une ou plusieurs tôles cintrées, placée obliquement entre les deux parties du moule.

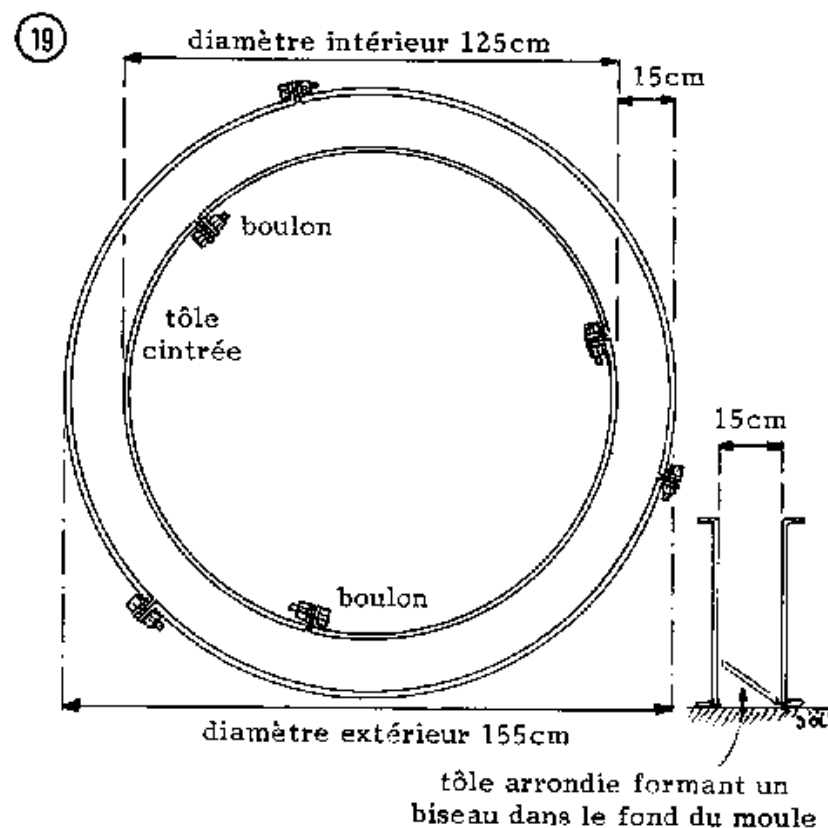


Figure 19: forme et dimensions du moule de la trousse coupante

La trousse coupante, qui est la base du captage, est en fait une sorte d'outil qui restera en permanence au fond du captage. Cet outil découpera le sol humide d'une façon nette, dès que le puisatier creusera à l'intérieur de son diamètre. Comme la trousse est un peu plus large que les buses perforées qui lui sont superposées, elle crée le passage pour ces buses, tout en laissant un interstice entre le bord du trou de terre et la face extérieure des buses perforées.

Les buses perforées

Les buses perforées du captage viendront se poser au-dessus de la trousse coupante. Le diamètre intérieur est comparable à celui de la trousse, soit 125 cm. Le diamètre extérieur est par contre plus petit, il fait 145 cm au lieu de 155. Cela laissera un espace de 5 cm de chaque côté entre le bord du trou et la buse, espace qui sera rempli de graviers lorsque les buses seront en place (figure 7).

La hauteur des buses est de 50 cm. Leur base et leur sommet sont cannelés, de telle façon qu'ils s'encastrent les uns sur les autres (**figures 7 et 23, photo 20**).

La cannelure est formée au moyen de deux tuyaux plastiques de 2,5 cm de section extérieure que l'on enroule dans le fond du moule, autour de sa face interne, au bas de la buse et sur la face externe, à son sommet, lorsque le moule est quasiment rempli de béton (**figure 22**).

La tôle intérieure du moule (**photo 21**) est percée d'une série de trous disposés de 15 en 15 centimètres (**photo 20 et figure 23**), trous dans lesquels on enfonce des chevilles en bois ou en fer au moment du remplissage.

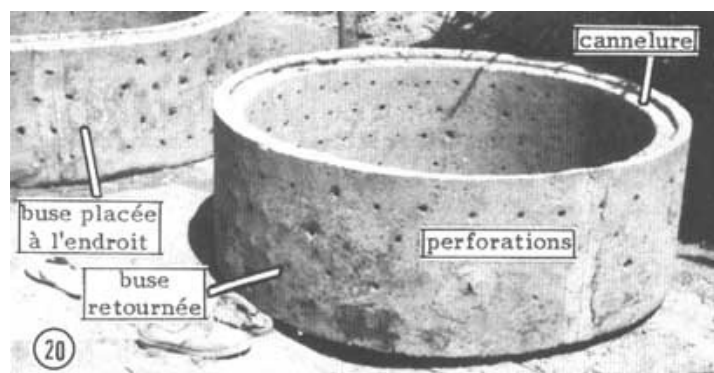


Photo 20



Photo 21

Ces chevilles percent la buse de part en part, de façon à créer les futurs passages d'eau; elles sont retirées peu après le remplissage, dès que le béton est assez rigide pour que les ouvertures se maintiennent et, en tout cas, avant d'être prises dans la masse du béton séché (**figure 22**).

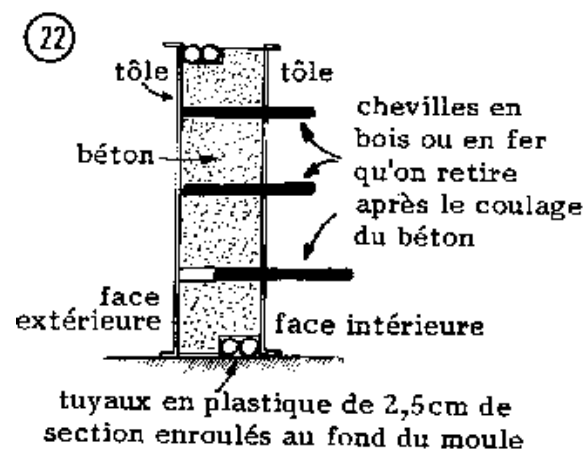


Figure 22: coupe dans le moule servant à fabriquer les buses perforées et méthode de perforation

Il faut noter que la cannelure doit toujours remonter sur la face intérieure (**figure 23**). La position inverse faciliterait la pénétration des particules de sol dans le puits.

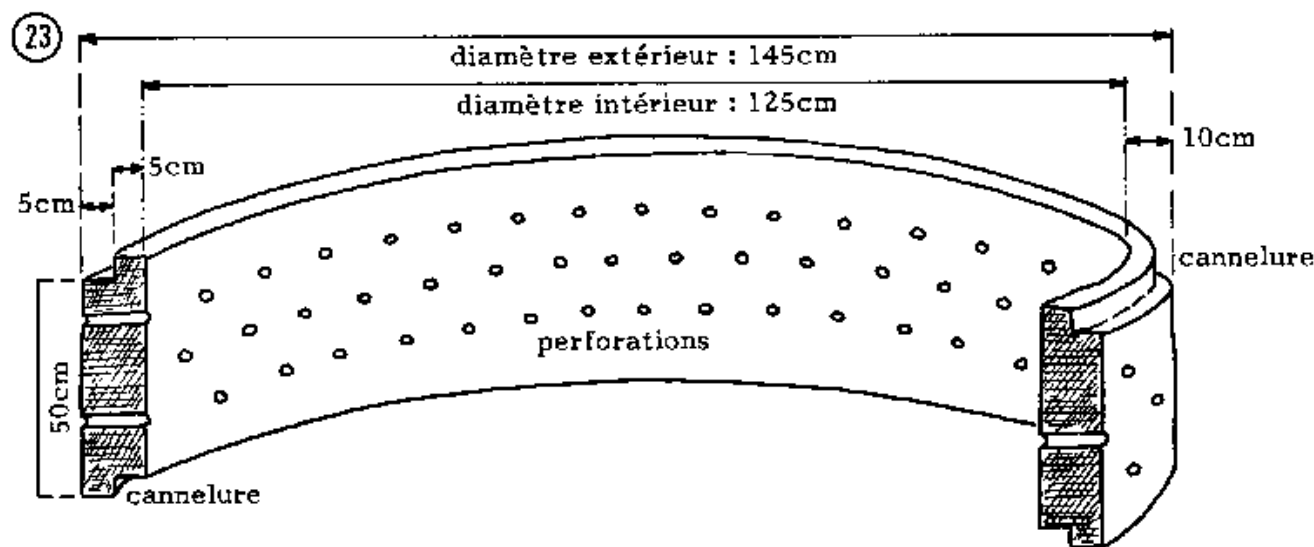


Figure 23: caractéristiques et dimensions d'une buse perforée

Le démoulage se fait au bout d'environ une heure. Le séchage se fait lentement; comme pour les parpaings, il faut arroser de temps en temps et couvrir pour que le béton sèche lentement. Pour déplacer la buse lorsqu'elle est bien sèche, on peut ficher trois chevilles métalliques dans les trous, à des endroits facilitant le transport.

La première buse, posée sur la trousse coupante, est coulée au fond du puits, de façon à ce qu'elle y soit bien accrochée par les armatures. Le moule est donc descendu au fond du puits et retiré après le coulage du béton. La première buse doit être cannelée à son sommet comme les suivantes, mais pas à la base.

Ensuite, les buses fabriquées hors du puits, sont descendues et posées successivement les unes sur les autres. Au fur et à mesure que le captage s'enfonce plus profondément, on ajoute de nouvelles buses perforées en tenant compte du fait qu'il faut au moins deux mètres de chevauchement du captage et du puits (4 buses de 50 cm). Le mur du puits doit en effet servir de guide aux buses du captage.

Pour éviter que les buses perforées ne se décollent l'une de l'autre, on les fixe entre elles au moyen de 4 ou 5 étriers en fer à béton de 10 mm, fichés dans les perforations, comme indiqué à la **figure 24**.

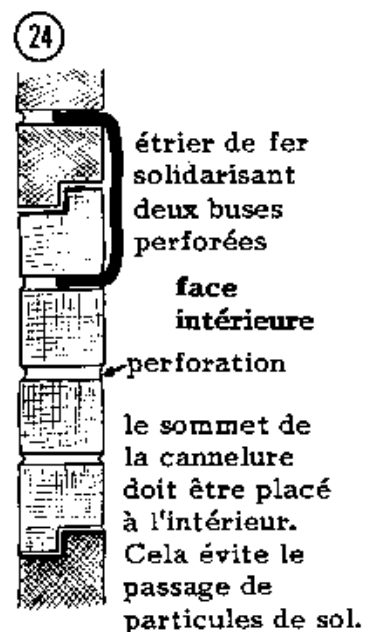


Figure 24: encastrement des buses et liaison entre elles

Le creusement du puits et du captage

Le matériel minimum dont on doit disposer pour creuser un puits est le suivant:

- Une "chèvre" à trois pieds qui se placera au-dessus du trou (**photo 25**).
- Des poulies.
- Une longue corde et un seau à descendre au fond du puits pour dégager la terre et les pierres extraites du fond.
- Une brouette pour transporter ces matériaux à distance du trou.
- Des outils pour creuser: pelle, pioche, etc ...
- Un gabarit permettant de vérifier la forme du trou. C'est une planche sciée en cercle ou en demi-cercle de la dimension exacte de l'orifice du puits.
- Un fil à plomb pour vérifier la verticalité des parois.

- Un niveau à bulle permettant de vérifier l'horizontalité.
- Quelques planches.
- Une tôle pour préparer du ciment.
- Une truelle et des outils de maçonnerie.



Photo 25

D'autres matériels peuvent être fort utiles:

- si on en a les moyens, on peut remplacer la corde et le seau par un câble d'acier de 7,5 mm et une benne de 60 litres (trois fois plus grande qu'un seau), qui seront mus par un treuil fixé sur le côté de la chèvre;
- une petite pompe à main ou à moteur pour extraire l'eau gênant le travail du puisatier, munie d'une crépine.

La **chèvre** du puisatier est constituée de trois tubes creux en acier de deux pouces, réunis au sommet par une plaque d'accrochage (**photo 25 et figure 26**), supportant une

solide poulie. Les trois pieds de 6 mètres de long sont formés chacun de deux morceaux de trois mètres, réunis par un manchon fileté, ce qui permet de les démonter et de les transporter facilement (**photo 27**).

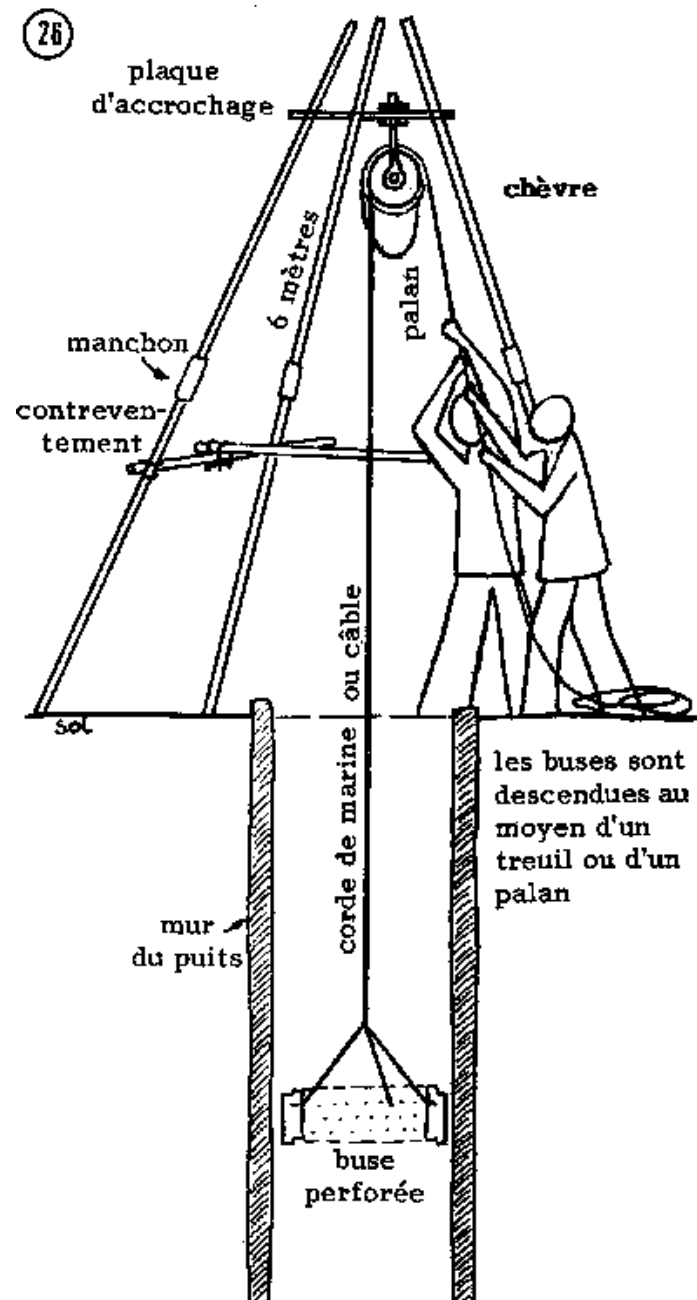
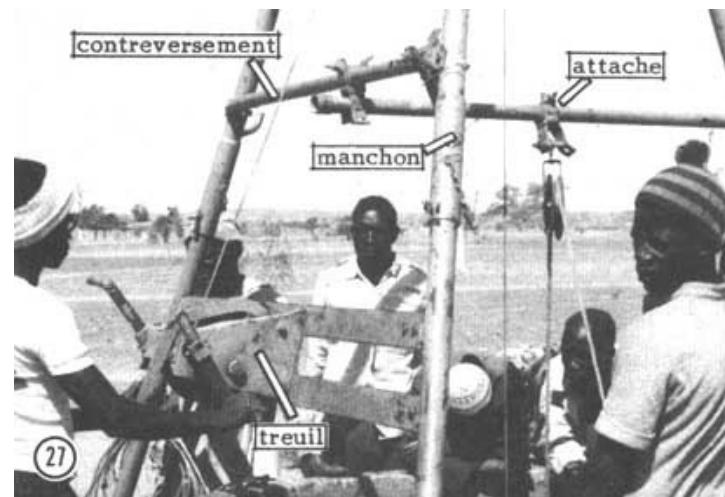


Figure 26: position de la chèvre et de la poulie au-dessus du puits**Photo 27**

Un contreventement réunit les trois pieds de la chèvre à mi-hauteur, afin d'assurer la rigidité de l'ensemble et d'accrocher une poulie légère utilisée lorsque la charge à extraire du puits n'est pas très lourde.

La chèvre est placée au-dessus de l'excavation du puits, de façon à ce que la corde tombant de la poulie principale (fixée sur la plaque d'accrochage) se place en plein milieu. Cette corde, tirée à main d'homme, ou, le cas échéant, par un treuil, servira à monter et à descendre toutes les charges nécessaires: le puisatier lui-même, les déblais, l'eau ou la boue, les parpaings, la trousse coupante, la buse, etc ...

Lorsque le puisatier travaille au fond du puits, trois hommes s'activent en surface. Deux hommes se chargent de monter les déblais et de faire descendre les matériaux, le troisième transporte les déblais à distance, au moyen d'une brouette. Il faut éviter en effet que les déblais ne soient déposés à proximité du puits; ils viendraient alourdir les abords et risqueraient de provoquer des effondrements dangereux, d'autant plus qu'étant souvent argileux, ils peuvent emmagasiner cinq à six fois leur poids d'eau lors d'une pluie intense.

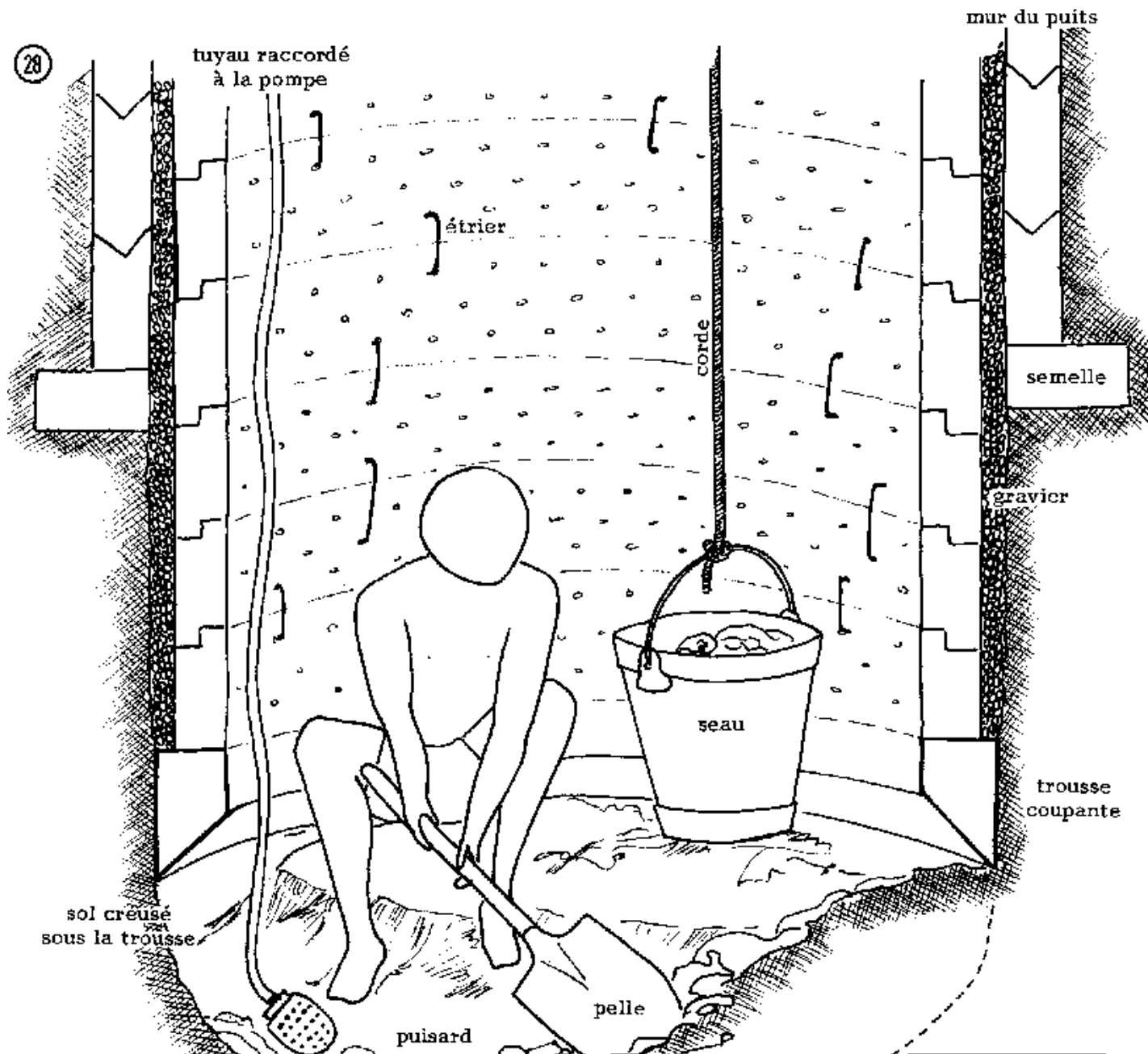


Figure 28: creusement du puits et travail de la trousse coupante

Le diamètre du trou dans lequel sera construit le mur du puits doit être légèrement supérieur à 1,80 m, puisque ce mur aura 1,80 m de diamètre extérieur.

On poursuit le creusement du puits jusqu'à ce qu'on rencontre une zone humide et encore solide. A ce moment seulement, on est assuré du résultat et on peut construire le mur en parpaings cintrés comme indiqué à la figure 12. Il faut veiller à ce que le mur du puits soit bien vertical, de façon à ce que les buses du captage puissent ensuite descendre facilement au fond du puits.

Lorsque le mur du puits est achevé, on aplanit le fond et on y descend la trousse coupante. Elle doit être déposée tout à fait horizontalement. Une erreur dans la position de la trousse peut entraîner la déviation du captage par la suite; il faut donc la vérifier avec précision au niveau à bulle.



Photo 29: descente du puisatier

Lorsque la trousse est en position, on place le moule qui permettra de couler la première buse perforée, fixée à la trousse par les armatures métalliques. Après démoulage et séchage de la première buse, on lui superpose trois ou quatre autres buses perforées, moulées à l'extérieur et descendues au moyen de la poulie principale. Elles sont fixées entre elles par les étriers métalliques. Pour que tout se passe bien, il faut que le captage s'emboîte d'au moins deux mètres à l'intérieur du puits. Ce dernier sert alors de guide et dirige les buses du captage bien verticalement lorsqu'on creuse le fond. Durant le creusement, on doit vérifier régulièrement, au moyen d'un fil à plomb, si le captage poursuit sa route verticalement.

Les étriers qui lient les buses de captage entre elles sont constitués par des morceaux de fer à béton pliés en trois, dont on enfonce les deux bouts dans les perforations de la buse. Il en faut quatre à six par niveau (**figure 24**).

Lorsque les quatre premières buses du captage sont placées et fixées entre elles, on peut recommencer à creuser à l'intérieur de la trousse. Au fur et à mesure que l'on creuse, l'ensemble du captage s'enfonce. La trousse donne la forme circulaire exacte à l'excavation.

Peu à peu, l'eau se met à suinter et remplit cette excavation puisqu'on atteint la nappe phréatique. Dès que l'eau atteint une hauteur de 50 à 60 cm dans le captage, il n'est plus possible de creuser, sauf si l'on dispose d'une pompe pour sortir l'eau gênant le travail de fouille.

Pour faciliter la fouille en présence de l'eau, on commence par creuser un "puisard" d'un côté du fond. L'eau s'y écoule et peut être pompée à cet endroit. On enlève alors le reste de la terre jusqu'à ce que le captage descende de quelques centimètres. Ensuite, on creuse un nouveau puisard plus profond du côté opposé au premier. L'eau s'écoule dans le second puisard et est pompée pendant que l'on enlève la terre émergée. En procédant de la sorte, on arrive à approfondir le captage malgré la présence de l'eau (**figure 30**).

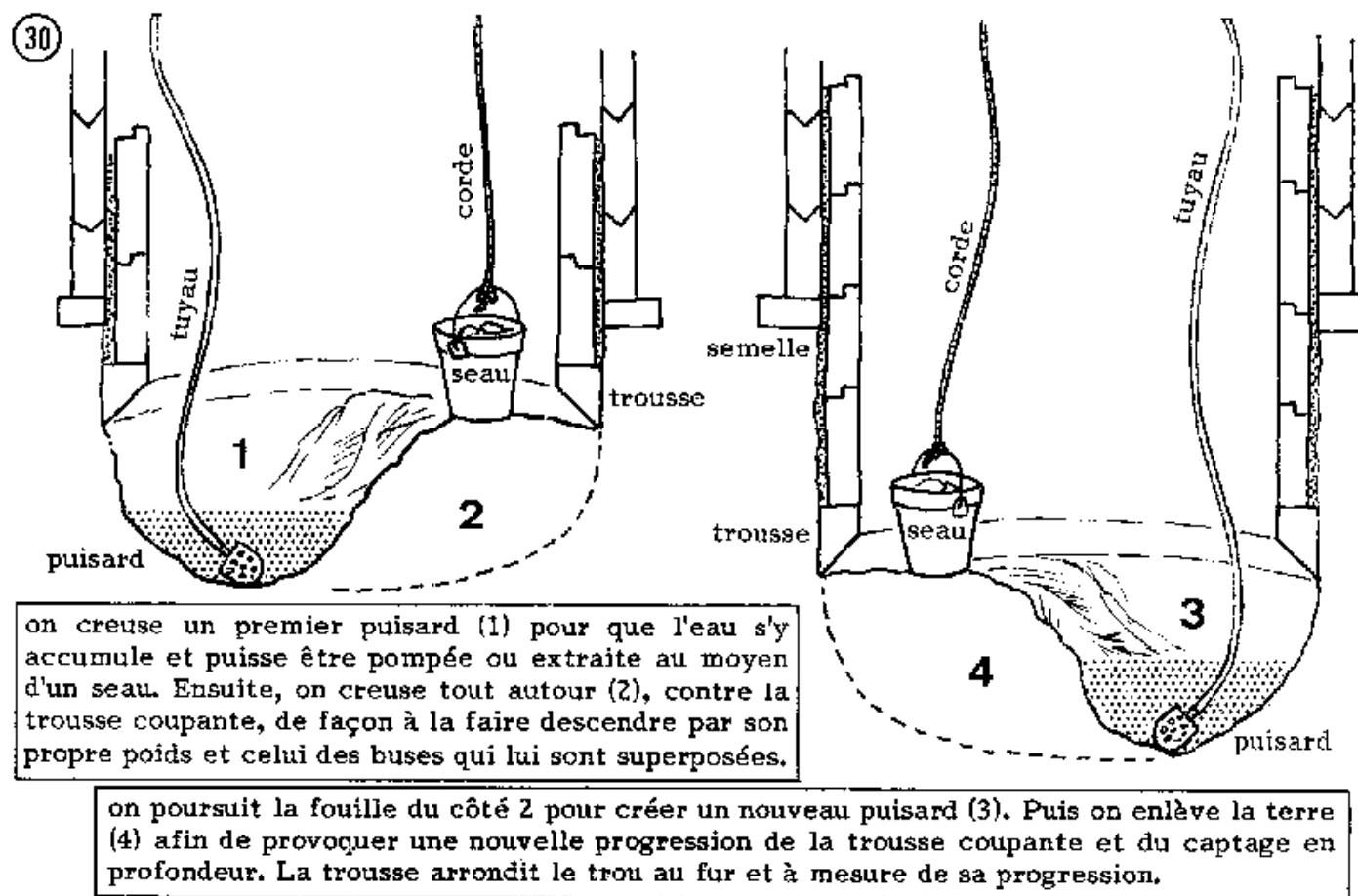


Figure 30: la progression du captage en profondeur

L'intérêt de la trousse coupante et du captage mobile est que l'on peut redescendre dans le puits lorsque le niveau de la nappe a baissé (par exemple en fin de saison sèche) et continuer de creuser le fond, tout en ajoutant, par le haut, des buses perforées. On peut ainsi suivre la nappe phréatique jusqu'à son niveau le plus bas. Lorsque la saison

pluvieuse revient et que le niveau de la nappe s'élève à nouveau, le captage sera abondamment alimenté.

L'achèvement du captage se fait en déposant sur le fond aplani une couche de 10 à 15 cm de graviers ou une dalle de béton perforée. De même, on place du gravier calibré dans l'interstice compris entre les buses perforées et le sol creusé. Ce remplissage se fait d'ailleurs au fur et à mesure de la pose des buses perforées.



Photo 31: travail du puisatier dans le fond du puits

Les graviers du fond et du côté des buses servent à éviter les infiltrations de sable dans le captage. En effet, lorsque l'eau s'écoule rapidement de la nappe d'eau vers les perforations des buses, elle peut entraîner avec elle des particules de sable qui viendront s'accumuler dans le fond et colmateront petit à petit le captage. En plaçant un filtre de gravier, on oblige l'eau à déposer les grains de sable qu'elle entraîne.

Si la pression de l'eau est élevée, il est bon de placer des buses dont les perforations sont plus nombreuses que si la pression et le débit sont faibles. De cette façon, on diminue la vitesse à laquelle l'eau se dirige vers les perforations, ce qui diminue son effet d'érosion des parois sableuses du trou.



Photo 32: travail en surface

Chapitre 9: Les forages

Le creusement d'un forage est une opération plus complexe que celui d'un puits. Il exige un matériel plus important. La technique du forage est cependant à la portée d'équipes d'artisans bien organisés comme l'indique l'expérience du G.A.R.Y.

La méthode de forage qui va être décrite ici est entièrement manuelle. Elle permet de creuser jusqu'à quarante ou cinquante mètres de profondeur. Pour creuser plus profondément, des moyens plus puissants seraient nécessaires. Les équipes du G.A.R.Y. qui mettent cette méthode en œuvre sont constituées de huit personnes: trois sont des permanents du groupement (un foreur, un aide-foreur et un manœuvre), cinq sont des recrues villageoises, soit bénévoles, soit rémunérées à la journée.

Description d'un forage et de ses éléments

Le forage achevé est constitué d'un long tube en P.V.C. enfoncé dans le sol et entouré de fins graviers (**figure 33**). Il est terminé au fond par une crépine qui est un tube de même dimension que le précédent mais percé par de nombreuses fentes à travers lesquelles s'effectue le suintement de l'eau.

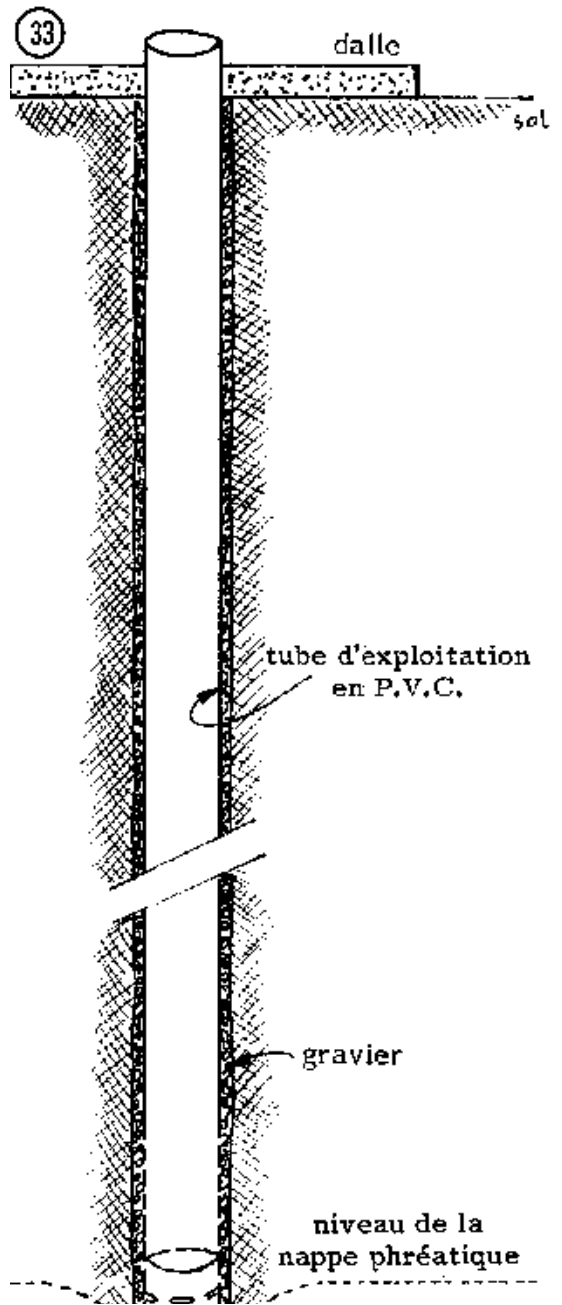


Figure 33: les différentes parties d'un forage

Le tube d'exploitation en P.V.C. et la crépine sont placés dans un orifice assez étroit dont la forme a été déterminée par un tube métallique, plus large que le tube P.V.C., appelé "casing". Le casing est un outil qui ne sert qu'au moment où l'on creuse; on l'enlève ensuite et il peut être utilisé pour creuser d'autres forages.

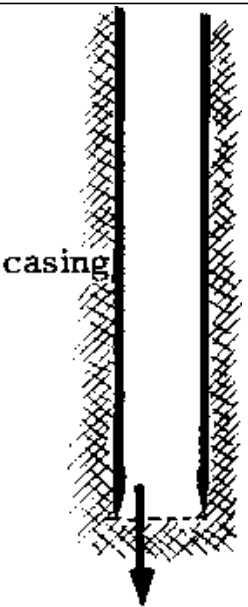
Lorsque le forage est terminé, l'eau peut être puisée manuellement au moyen d'une puitsette ou extraite au moyen d'une pompe.

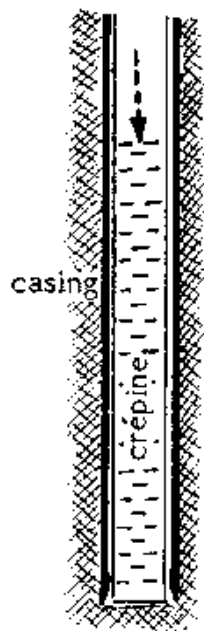
L'installation d'un forage se fait en **quatre étapes**:

- il faut **creuser** le sol et y enfoncer le tube de casing,
- **il faut placer la crépine et le tube en P.V.C. qui resteront définitivement dans le forage,**
- **il faut ensuite récupérer le tube de casing,**
- et enfin, **aménager les abords** du forage et **mettre en place les moyens d'exhaure** de l'eau.

Le **tableau 34** rappelle les trois premières étapes. **les 3 étapes du forage**

Tableau 34: les 3 étapes du forage

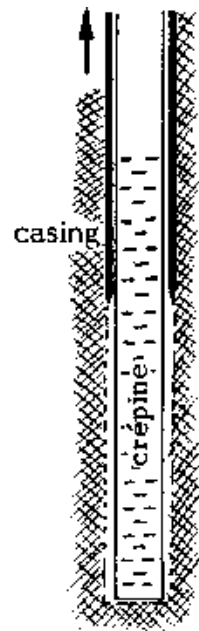
| | |
|---|---|
|  <p>1ère étape: perçage et alésage</p> | <p>placer et enfoncer le tube de casing jusqu'à ce qu'il atteigne la nappe phréatique</p> |
|---|---|



placer la crépine et le tube d'exploitation en P.V.C. à l'intérieur du casing

2ème étape: placement du tube d'exploitation

retirer le casing en laissant le tube d'exploitation sur le place et "développer" le forage



3ème étape: retrait du tube de casing

Le matériel et les outils de forage

Le tube de casing

C'est un tube en acier de 6 mm d'épaisseur, découpé en sections de 2 mètres de long chacune. Le diamètre extérieur du tube est de 17,8 cm, le diamètre intérieur de 16,6 cm (**photo 35 et figure 36**). Les sections seront vissées les unes aux autres en prenant soin de graisser les pas de vis. Il faut un filetage externe et un filetage interne à chaque section du tube. Au fur et à mesure que le trou s'approfondira, on allongera le tube de casing en lui vissant de nouvelles sections par le haut.

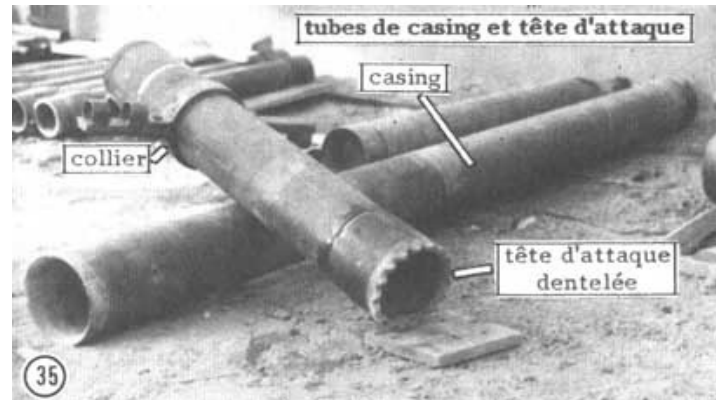


Photo 35: tubes de casing et tête d'attaque

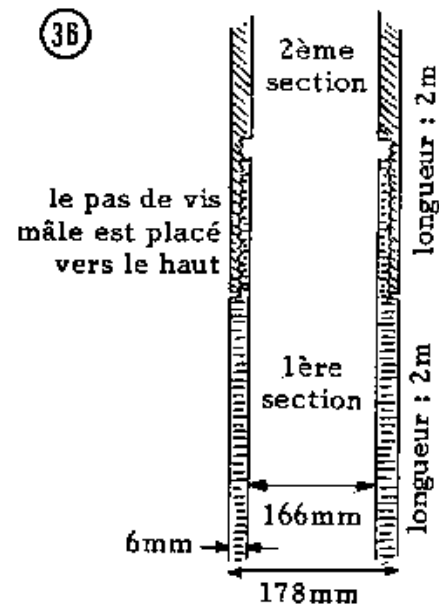


Figure 36: raccordement des sections du tube de casing

La base du tube de casing est munie d'une pièce spéciale très dure qui est chargée de donner au trou du forage sa forme définitive. Cette opération s'appelle "alésage". Le profil de cette pièce d'attaque est soit biseauté, soit denté, suivant le type de matériaux qu'elle va rencontrer: profil coupant pour des matériaux sableux et argileux, profil denté pour les roches dures (granit) (photo 35 et figure 37). Parfois, on utilise un anneau pourvu de dents en carbure de tungstène qui est un métal extrêmement dur.

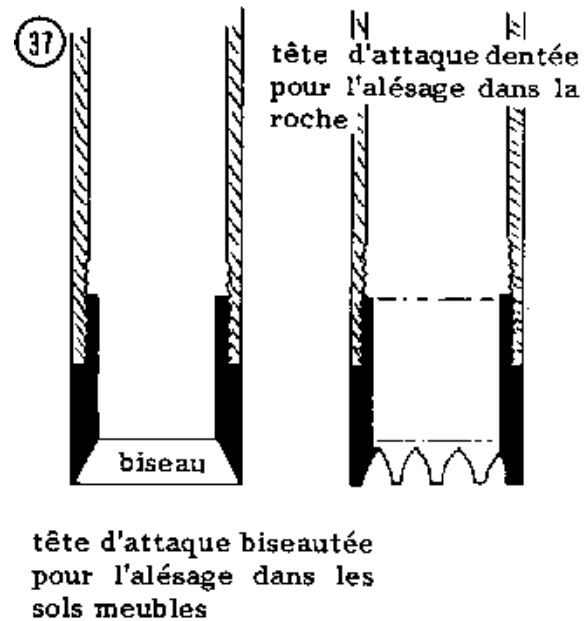


Figure 37: le tube de casing et ses têtes d'attaque

La progression du tube de casing en profondeur est provoquée par le travail de fouille qui se fait à son intérieur par le trépan ou la tarière, ainsi qu'à son mouvement rotatif et aux coups de mouton qu'on lui donne au sommet.

Nous allons donc étudier les outils de fouille qui travaillent à l'intérieur du casing, puis nous reviendrons sur le maniement du casing.

Les outils de fouille et de perçage

Le G.A.R.Y. utilise trois types d'outils de fouille: la tarière, actionnée par une tubulure, le trépan et la cuiller, actionnés au moyen d'une corde ou d'un câble.

- La **tarière** est une sorte de grande vis hélicoïdale qui s'enfonce dans les sols meubles par le fait du mouvement de rotation qu'on lui donne (**figure 38 et photo 39**). A l'aide d'un manchon, on y fixe une tubulure d'acier de 5 à 6 centimètres de diamètre extérieur, dont les sections de 2 mètres chacune sont vissées entre elles comme celles du casing et qui remonte jusqu'à la surface du sol. C'est cette tubulure, actionnée en surface par un levier, qui donne à la tarière son mouvement de rotation. Au fur et à mesure que celle-ci s'enfonce, on ajoute de nouvelles sections; leur nombre dépend de la profondeur du forage.

Lorsque la tarière s'est enfoncée dans le sol et est remplie de terre, on la ramène en surface en démontant la tubulure. Le montage et le démontage de celle-ci est l'opération qui exige le plus de temps lors d'un forage.

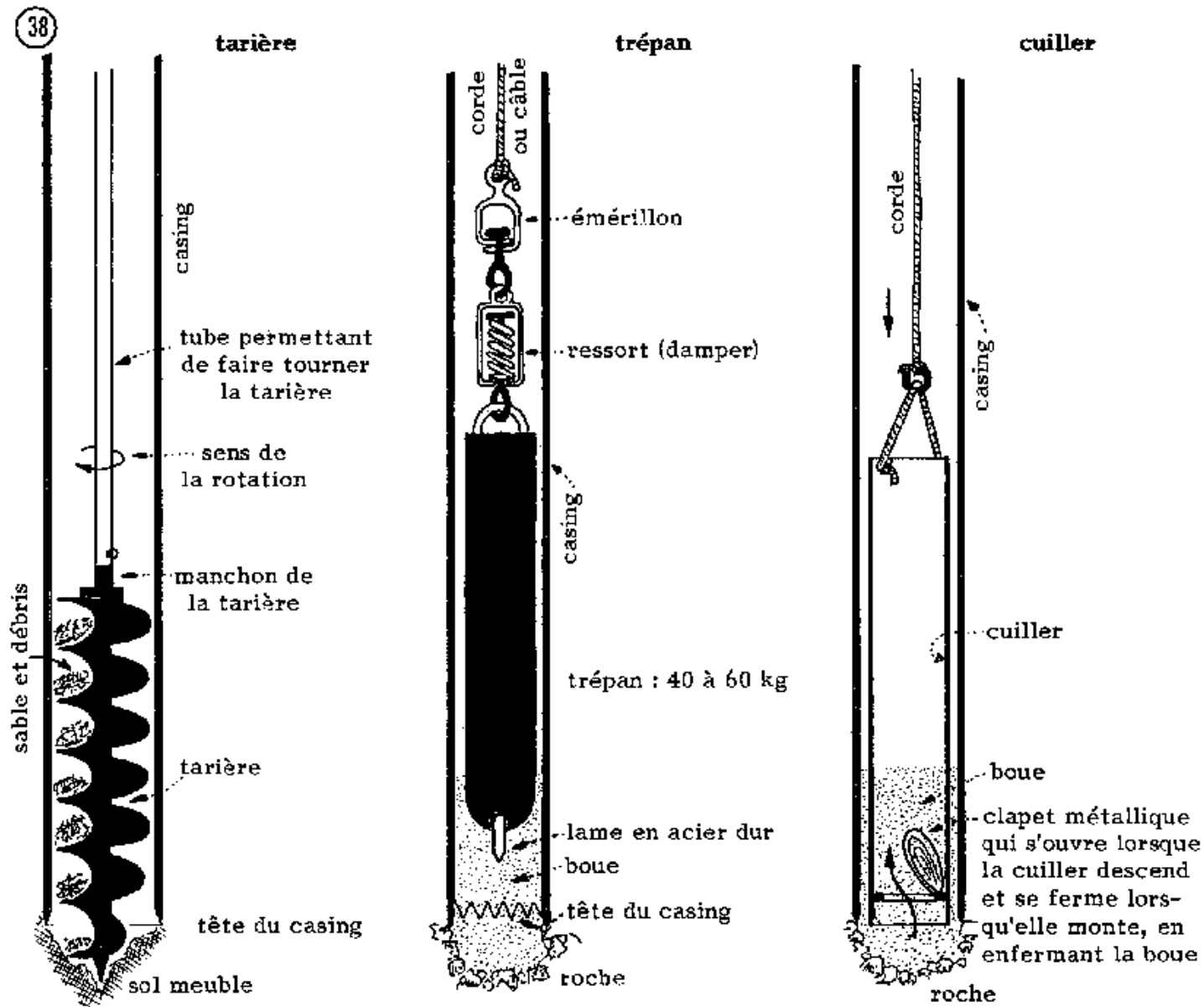


Figure 38: les outils de perçage

- Le **trépan** utilisé pour forer la roche est une barre de métal plein, armée à son extrémité basse d'un biseau - d'acier trempé très dur (**figure 38 et photo 40**). Il pèse entre quarante et soixante kilos. On le soulève depuis la surface du sol au moyen de la corde et on le laisse retomber dans le fond du trou de forage afin de briser et de pulvériser la roche. Le travail de pulvérisation se fait en présence d'une petite quantité d'eau additionnée parfois de kaolin. Il se forme alors une boue que l'on peut extraire du fond du casing au moyen de la cuiller.

Notons que le trépan est accroché à la corde par l'intermédiaire d'un émerillon et d'un ressort (damper). Ces deux pièces libèrent totalement le mouvement rotatif du trépan par rapport à la corde.

- La **cuiller** est un outil qui permet de puiser la boue formée au fond du casing par le travail du trépan (**figure 38 et photo 41**). Elle est formée d'un tube d'acier comportant à sa base un clapet métallique qui s'ouvre lorsque la cuiller descend dans la boue et qui se rabat lorsqu'elle remonte, en enfermant celle-ci du fait de son propre poids. Le bas du tube formant la cuiller est biseauté de façon à faciliter sa pénétration dans la boue.

Tarière, trépan et cuiller sont guidés par le tube de casing. C'est lui qui assure la verticalité du forage. Il est nécessaire que la progression de l'outil de perçage (tarière, trépan et cuiller) se fasse de pair avec celle de l'outil d'alésage (casing avec sa pièce d'attaque).

La plupart des outils de forage doivent être achetés. C'est une dépense importante qui nécessite de grouper les efforts. Une partie d'entre eux peuvent cependant être fabriquée par des artisans: c'est le cas des trépans ou des cuillers.

Les premiers sont fabriqués à partir de section d'essieux de camion et de lames de ressort; les secondes, à partir de tuyauteries métalliques récupérées, dont le diamètre est légèrement inférieur à celui du tube de casing.



Photo 39, 40, 41

Les outils utilisés à la surface du sol

Voici maintenant les outils nécessaires pour le travail au sommet du forage.

- Comme dans le cas du creusement d'un puits, la chèvre est le matériel qui permet de placer les outils de forage dans leur position de travail et de les actionner de haut en bas (**photo 25**). Elle comprend trois pieds, une poulie, un treuil et des glissières de réglage. Ces glissières sont formées par des tubes ronds de la même grosseur que les tubes formant les pieds. Ils sont fixés aux pieds par des attaches boulonnées.
- Divers guides réglables permettent de bien centrer la corde ou le câble par rapport au trou de forage, ou de positionner correctement la tarière, le trépan ou les tubes de casing (figure 27).
- Un niveau à bulle de précision est nécessaire pour effectuer correctement les réglages.
- Les leviers permettent de visser et de dévisser les tubes de casing ou le tube actionnant la tarière.

Pour visser les tubes de casing entre eux, on utilise un levier en bois et une corde de chanvre de 35 mm de diamètre. La corde, préalablement mouillée, entoure le tube "et le bâton. Le mouvement rotatif du levier provoque le serrage de la corde autour du tube et son entraînement. Ce levier est d'utilisation facile et n'exige pas de boulonnage (**figure 42**).

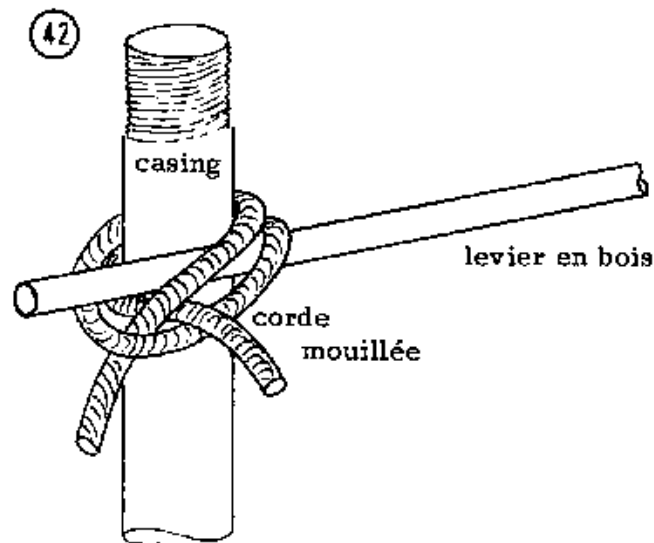


Figure 42: levier de serrage du casing

Pour faire pivoter la tarière ou le tube de casing entier, ou encore pour soulever celui-ci, on utilise des leviers métalliques munis en leur centre d'un collier de serrage dont le diamètre intérieur équivaut au diamètre extérieur du tube à faire pivoter (**photo 43**). Le collier est fermé autour du tube par des boulons. Les bras du levier peuvent avoir 1,2 à 1,5 mètre. Ces leviers doivent être très solides, car ils sont parfois utilisés pour soulever toute la lourde masse du tube de casing implanté dans le trou de forage.

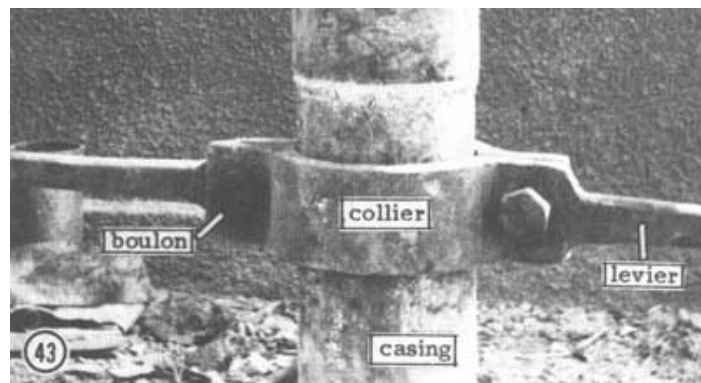


Photo 43: casing

- Pour enfoncer le tube de casing dans le sol après le travail de la tarière ou du trépan, on utilise un mouton de **battage (48 et 49)**.
- Pour sortir le tube de casing du sol après le placement de la buse en P.V.C., il faut disposer de plusieurs vérins hydrauliques (photo 54). Ce sont des appareils capables de soulever des poids élevés.
- Un treuil est nécessaire pour descendre et remonter les outils travaillant au fond (tarière, tuyau) ou en surface (**photo 44**).

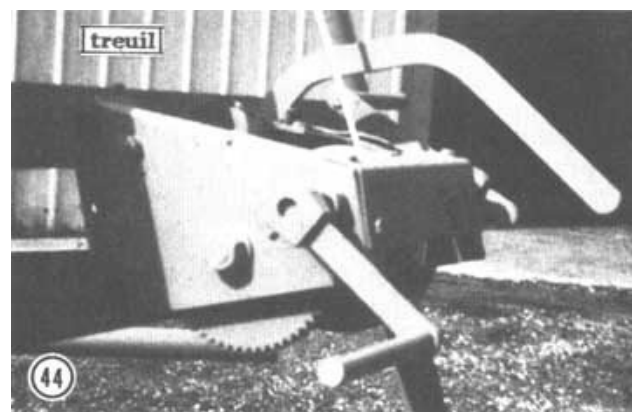


Photo 44: treuil

- Une boîte à échantillons permettant de garder un peu de la terre extraite des différentes couches traversées par le forage (**figure 52**).

- Des câbles, des cordes, du petit matériel divers.

La réalisation du forage

Voici les étapes de cette réalisation:

- le perçage se fait au moyen de la tarière, du trépan et de la cuiller,
- l'alésage se fait au moyen du tube de casing que l'on enfonce dans le sol,
- la pose de la crépine et du tube d'exploitation,
- la récupération du casing,
- le "développement" du forage,
- l'aménagement des abords et la mise en place des moyens d'exhaure.

Le perçage et l'alésage

On commence par creuser à la main un trou d'un mètre de profondeur. On y place un tube-guide d'un mètre de long dont le diamètre intérieur est légèrement supérieur au diamètre extérieur du tube de casing.

Ce guide est fixé verticalement au centre du trou, au moyen de pierres et de sable. Il faut veiller à ce que son axe vertical soit situé exactement dans le prolongement vertical de la corde passant par la poulie, car c'est dans cet axe vertical que devront travailler les outils (tarière et trépan) et que sera placée la tubulure actionnant la tarière et guidant le mouton de battage (**figure 45**).

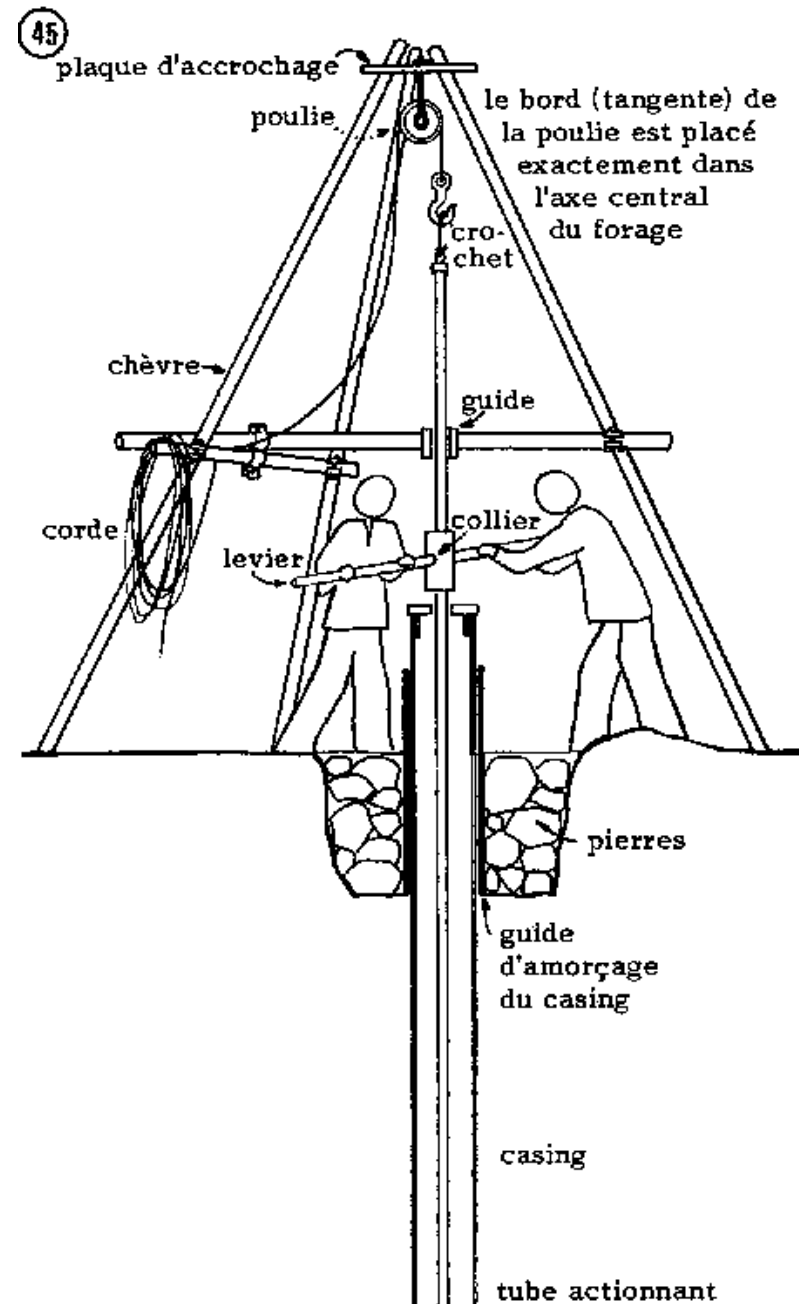


Figure 45: disposition de la chèvre au-dessus du trou de forage

La position verticale du guide et de la première section du tube de casing est essentielle, car elle situe la verticalité du forage lui-même.

A l'intérieur du tube-guide, on place une première section du casing, munie de la tête d'attaque adéquate, biseautée ou dentée selon le matériau que l'on pense rencontrer en creusant. Puis on introduit la tarière et l'on commence à creuser en la faisant tourner au moyen d'un levier (**figure 45 et photo 46**). Pour faciliter son travail, on ajoute un peu d'eau dans le tube de casing.

**Photo 46: actionnement de la tarière par levier**

Lorsqu'on a progressé de la longueur de la tarière (environ 1 mètre) et que celle-ci est remplie de boue, on l'extrait du fond du casing en démontant les tubes qui l'actionnent. Un échantillon de terre est prélevé et classé dans la boîte d'échantillonnage et la tarière est nettoyée.

Ensuite, on enfonce le tube de casing en lui assurant un double mouvement qui permet à la tête biseautée ou dentée du casing de faire son travail d'alésage du trou et qui évite que le tube soit bloqué dans la masse du sol et qu'on ne puisse plus le sortir ensuite.

Le premier mouvement est celui que provoque le **battage**. Le mouton de battage coulisse de haut en bas sur un tube-guide fixé à l'enclume. Celle-ci est vissée au casing avant le battage. Le mouton est relevé au moyen de la corde qu'on lâche ensuite pour le laisser retomber brutalement et faire descendre le tube de casing (**figure 48 et photo 49**).

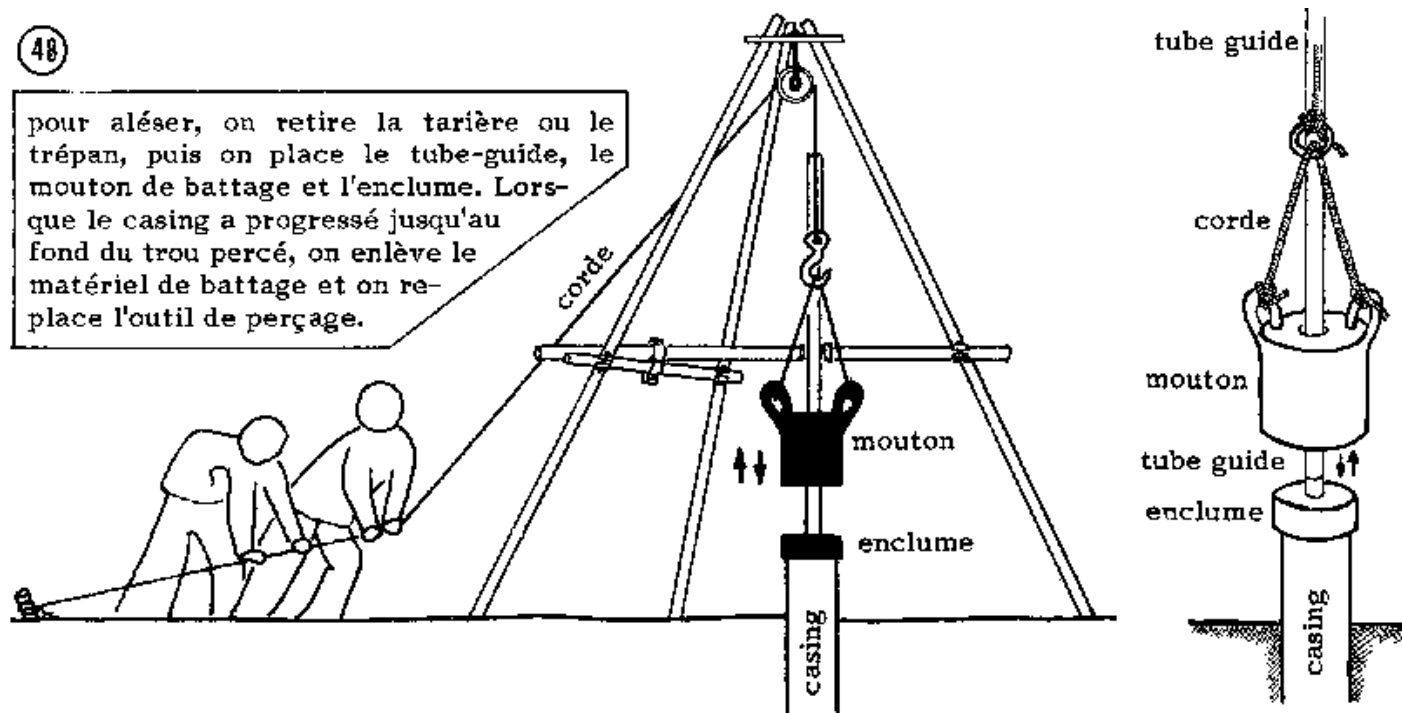


Figure 48: battage du tube de casing au moyen du mouton

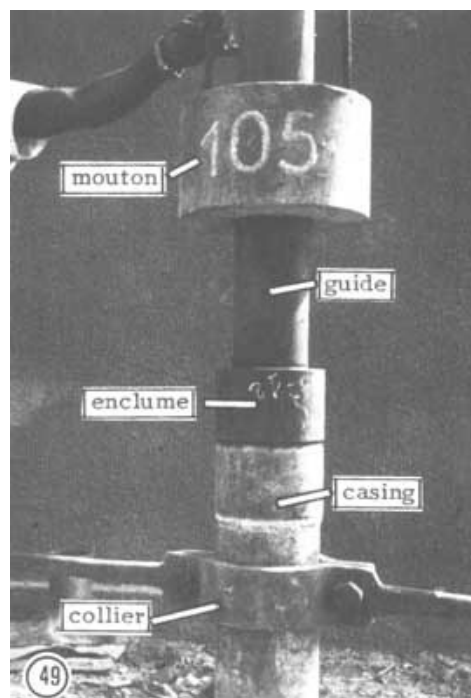


Photo 49

Le second mouvement est le **louvoient** du tube de casing. C'est un mouvement de rotation qui comporte une double utilité: la progression du tube d'une part, son décollage des parois d'autre part (**photo 47**).



Photo 47

En effet, au fur et à mesure que le casing s'enfonce dans le sol, la pression qui s'exerce sur lui par le sol s'accroît. Il existe un risque important de voir le tube de casing se bloquer à l'intérieur du trou par suite de cette pression. C'est pourquoi il est nécessaire de procéder au louvoisement du tube deux ou trois fois par jour. Sans quoi on risque de ne plus pouvoir le récupérer à la fin du forage.

Quand le tube de casing est arrivé au fond du trou creusé par la tarière, on replace celle-ci, en ajoutant éventuellement une section de tubulure et on recommence l'opération.

Lorsque le sommet d'une section du casing affleure à la surface du sol, on visse une nouvelle section en prenant soin de nettoyer et graisser les pas de vis. Cette opération peut se faire au moyen d'un levier de bois et d'une corde.

Au moment où la deuxième section est vissée sur la première, on vérifie encore soigneusement la verticalité du tube. Au cas où l'on constate une légère erreur, il est préférable de recommencer toute l'opération, afin d'éviter la déviation du tube par la suite. Pour que le forage progresse normalement, il est en effet indispensable que les coups de mouton soient transmis de façon égale dans toute la section du tube de casing. Une erreur de verticalité occasionnerait des déformations au tube de casing et sa déviation par rapport à l'axe vertical ce qui pourrait rendre impossible sa récupération.

En terrain meuble, le travail de la tarière peut progresser de 1 à 3 mètres par jour.

Dans les terrains rocheux et caillouteux, c'est au trépan et à la cuiller qu'on effectue le perçage; l'alésage étant alors nécessairement effectué au moyen d'une tête d'attaque dentelée.

Le trépan est actionné en tirant sur la corde, puis en la lâchant brusquement (**figure 50**). En retombant de tout son poids, il brise la roche et la transforme en poussière et en boue. Un émerillon permet au trépan de pivoter de façon à ce que son burin biseauté frappe dans des angles variables.

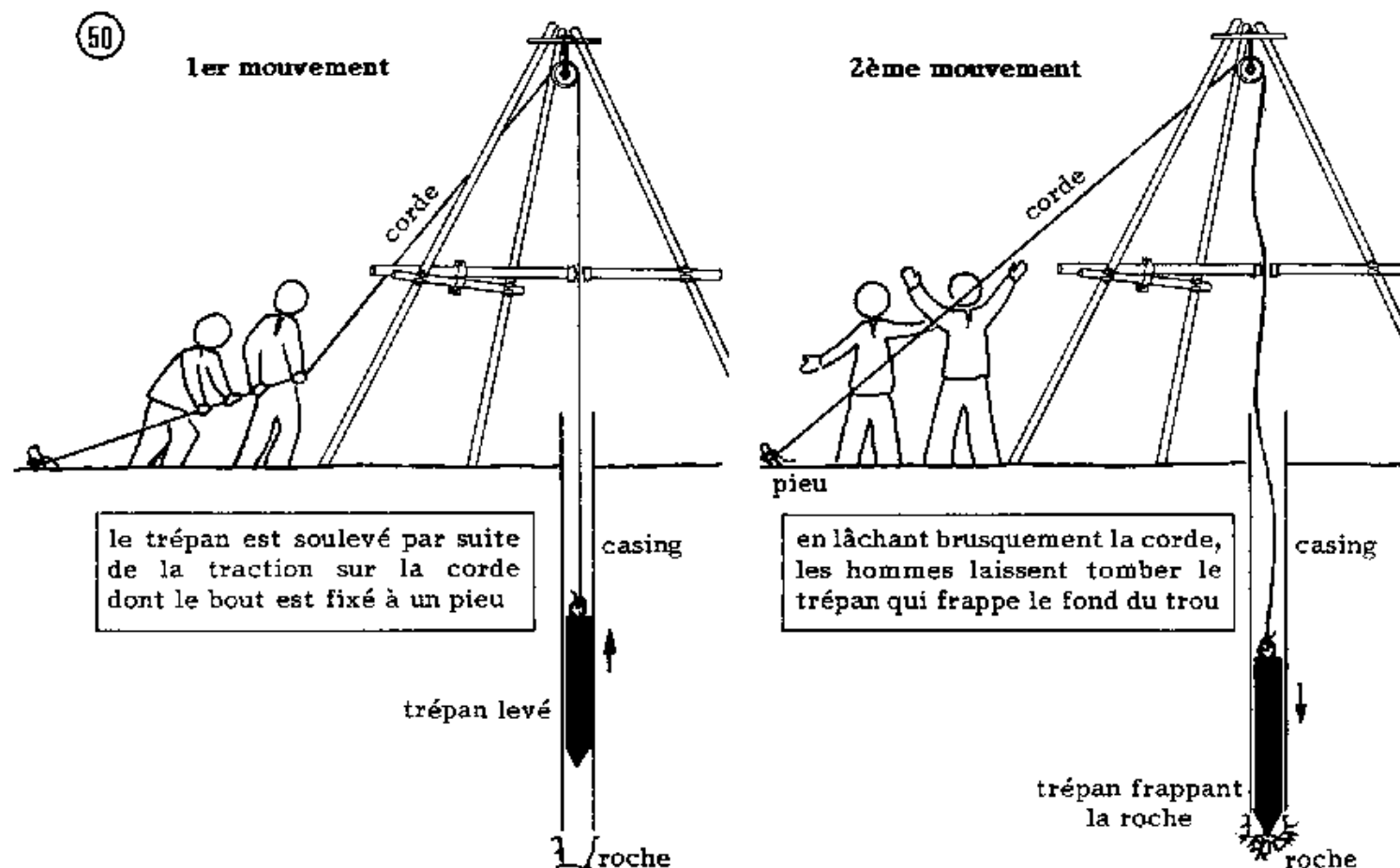


Figure 50: battage manuel au trépan

Lorsque le trépan a creusé la roche de 8 à 10 centimètres, on le retire; on enfonce le tube de casing en le frappant au moyen du mouton et en le faisant tourner, et ensuite on puise la boue avec la cuiller.

La progression du perçage et de l'alésage au trépan dans une roche peut être de 20 à 40 centimètres par jour selon la dureté.

Au cours du forage, il est nécessaire de prélever régulièrement des échantillons de terre ou de gravier dans les couches traversées, car ce sont eux qui permettent de déterminer si le forage atteint une couche productrice d'eau. Les échantillons sont prélevés à chaque mètre de profondeur du forage, ils sont déposés selon l'ordre du prélèvement dans l'un des casiers de la caisse décrite à la **figure 52**.



Photo 51: divers matériels de forage

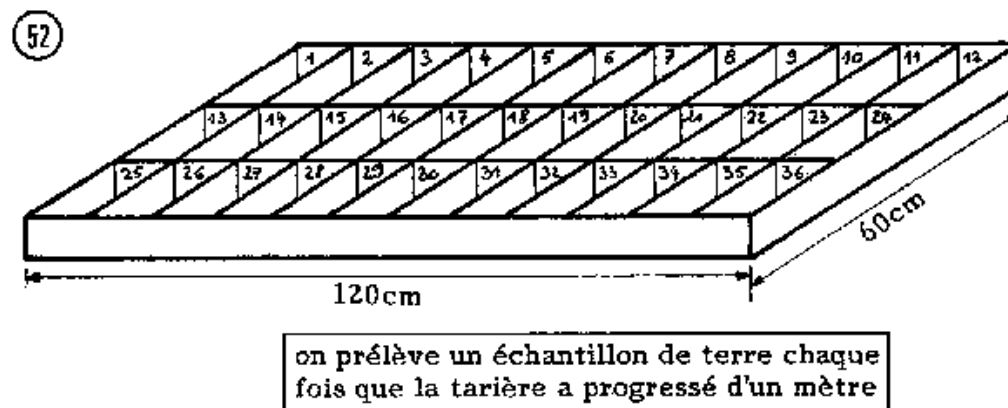


Figure 52: boîte d'échantillonnage

Leur examen permet de voir les différences de composition entre les couches traversées. Tant que le matériau ramené à la surface est argileux, il est probable que la couche soit peu exploitable car l'argile et le limon retiennent fortement l'eau, jusqu'à rendre imperméable la couche argileuse. Par contre, si l'échantillon est composé principalement de

graviers, c'est qu'il provient d'une couche dans laquelle l'eau circule plus facilement, en particulier des couches gravillonnaires que l'on trouve dans le fond des vallées fossiles décrites au chapitre 7.

Dès qu'on pense s'approcher d'une couche productrice d'eau, on procède à l'analyse granulométrique des échantillons, c'est-à-dire que l'on va trier les grains de sol dans des tamis dont les mailles ont des dimensions différentes et peser les diverses fractions ainsi constituées (**figure 53**).

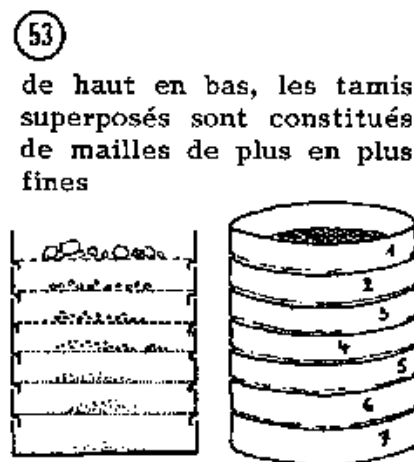


Figure 53: tamis granulométrique

On pèse les "refus" de chaque tamis, c'est-à-dire la quantité de sol qui ne passe pas à travers le tamis. Plus la proportion de refus des premiers tamis est élevée, plus le sol est gravillonnaire. Plus la proportion de l'échantillon qui se retrouve dans les derniers tamis et dans le fond est élevée, plus le sol de l'échantillon est argileux.

La granulométrie des couches exploitées est importante, car elle permet de faire une évaluation approximative du débit probable du forage:

- lorsque la nappe aquifère se trouve dans une couche gravillonnaire, l'eau circule plus facilement que si elle est incluse dans une couche de sol argileuse; le débit y est donc plus élevé;
- de même, on peut considérer que plus le matériau de la couche exploitée est homogène, plus l'écoulement de l'eau se trouve facilité; l'idéal serait que la couche d'exploitation soit composée de grains ayant tous la même dimension.

Dans une couche constituée de graviers, l'influence du forage se fait sentir à une distance pouvant aller jusqu'à 50 mètres et plus. Cela veut dire que le niveau de la nappe s'abaisse tout autour du tube d'exploitation à partir de cette distance (figure 1 page 68). On dit que le cône d'influence du forage est large. Son débit est abondant mais la nappe s'épuise plus vite que dans le cas suivant.

Si la couche exploitée est constituée de particules fines, le cône d'influence est plus réduit. Le débit est moins élevé, mais l'épuisement de la nappe d'eau risque d'être moins rapide.

Le perçage doit être poursuivi dans la couche exploitable jusqu'à rencontrer une couche imperméable. C'est à ce moment que le forage est définitivement arrêté. Contrairement au puits, il n'est pas possible de surcreuser un forage. C'est pourquoi il faut forer assez profondément, afin de disposer de réserves d'eau suffisantes dans la nappe exploitée pour que le forage ne tarisse pas.

La pose du tube d'exploitation

Le tube d'exploitation est un tube en P.V.C. résistant à la pression, d'un diamètre extérieur de 12,5 cm et de 3 mm d'épaisseur. Les sections ont 3 mètres de longueur, elles sont emboîtées et collées ou vissées les unes aux autres au fur et à mesure de leur descente dans le tube de casing.

La crépine est formée d'un tube de mêmes dimensions percé de nombreuses fentes. Si la couche d'eau à exploiter dépasse 3 mètres, on joint une ou plusieurs sections.

Le tube d'exploitation, y compris la crépine, repose simplement sur le fond du trou de forage et sera englobé dans un gravier calibré au moment de l'enlèvement du casing. Le diamètre des grains calibrés doit être supérieur à la largeur des fentes de la crépine afin qu'ils ne puissent y pénétrer. Le sommet du tube d'exploitation sera fixé par une dalle bétonnée.

Lorsque le tube d'exploitation est placé, on peut procéder à l'enlèvement du tube de casing qui servira pour d'autres forages.

Enlèvement du tube de casing et développement du forage

L'enlèvement du tube de casing est une opération exigeant beaucoup de force. Si l'on compte que chaque mètre du tube de casing pèse 25 kg, c'est une tonne de métal qu'il faut extraire du trou lorsque la profondeur du forage est de 40 mètres. Par ailleurs, la terre exerce une forte pression sur le tube qui l'empêche de glisser facilement même si on l'a fait louvoyer régulièrement. C'est d'ailleurs l'extraction du tube de casing qui limite actuellement la capacité de forage manuel du G.A.R.Y.; elle prend parfois plusieurs jours.

Pour l'extraction, on utilise des vérins hydrauliques d'une puissance de 15 ou de 30 tonnes, ainsi que les leviers munis de colliers de serrage (**photo 54 et figure 55**). Un ou plusieurs colliers sont nécessaires, chaque collier étant soumis à la force de deux vérins. Lorsqu'une section de casing est extraite, on la dévisse et on poursuit le travail d'extraction des autres sections en déplaçant les colliers le long du tube.

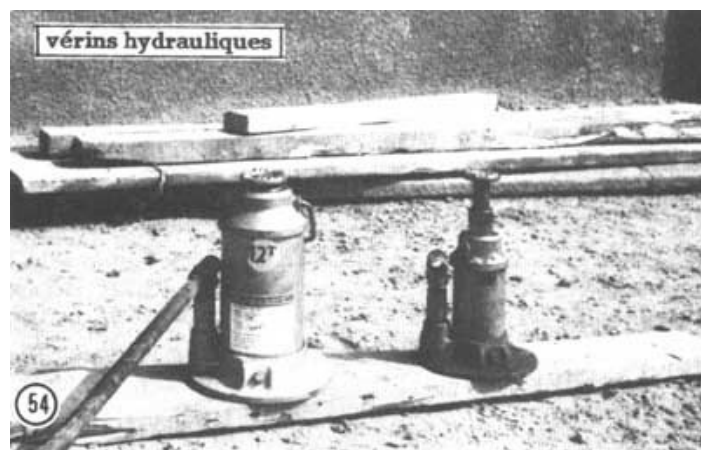


Photo 54: vérins hydrauliques

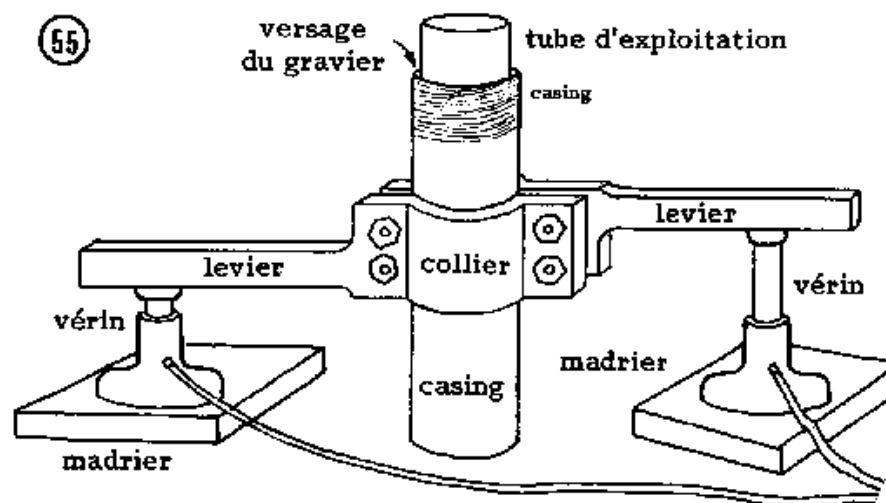


Figure 55: enlèvement du casing

Au fur et à mesure de l'extraction, on verse entre le tube d'exploitation et la paroi du casing un gravier calibré de 2 à 5 mm de diamètre. Celui-ci viendra combler l'interstice entre la paroi du trou et celle du tube d'exploitation en P.V.C.

Lorsque toutes les sections du tube de casing sont extraites, il reste à procéder au développement du forage. Cette opération consiste à créer autour de la crépine une zone d'écoulement facile, ne comprenant plus de particules fines susceptibles de traverser la crépine, de pénétrer le forage. L'eau qui s'écoule de la nappe phréatique vers la crépine

entraîne avec elle les particules de sol les plus fines. Sans développement, ces particules s'accumuleront petit à petit au fond de la crépine et formeront un bouchon qu'il sera très difficile d'éliminer. Par contre, si on procède au développement, on force ces particules fines à se détacher des graviers plus gros et à se concentrer dans le tube. Il est alors facile de les extraire au moyen d'une puisette adaptée.

Le principe du développement est d'actionner de bas en haut et de haut en bas, dans le tube d'exploitation, un piston constitué de caoutchouc et de contreplaqué plongeant dans l'eau du forage (**figure 56**). Ce piston agit comme celui d'une pompe : en aspirant puis en refoulant l'eau à travers les fentes de la crépine, il crée la zone de développement. Il est actionné au moyen du tube ayant servi à mouvoir la tarière lors du forage.

- 56 ■ en remontant, le piston aspire rapidement l'eau dans le tube à travers les fentes de la crépine. Le mouvement rapide de l'eau entraîne les particules fines du sol environnant : elles se disposent au fond de la crépine. On les extrait au moyen d'une pissette.
- En refoulant le piston, on renvoie l'eau vers l'extérieur de la crépine. Elle s'engouffre dans les fentes du sol et y décolle les particules fines qui seront ensuite aspirées dans la crépine, lors de la remontée du piston.

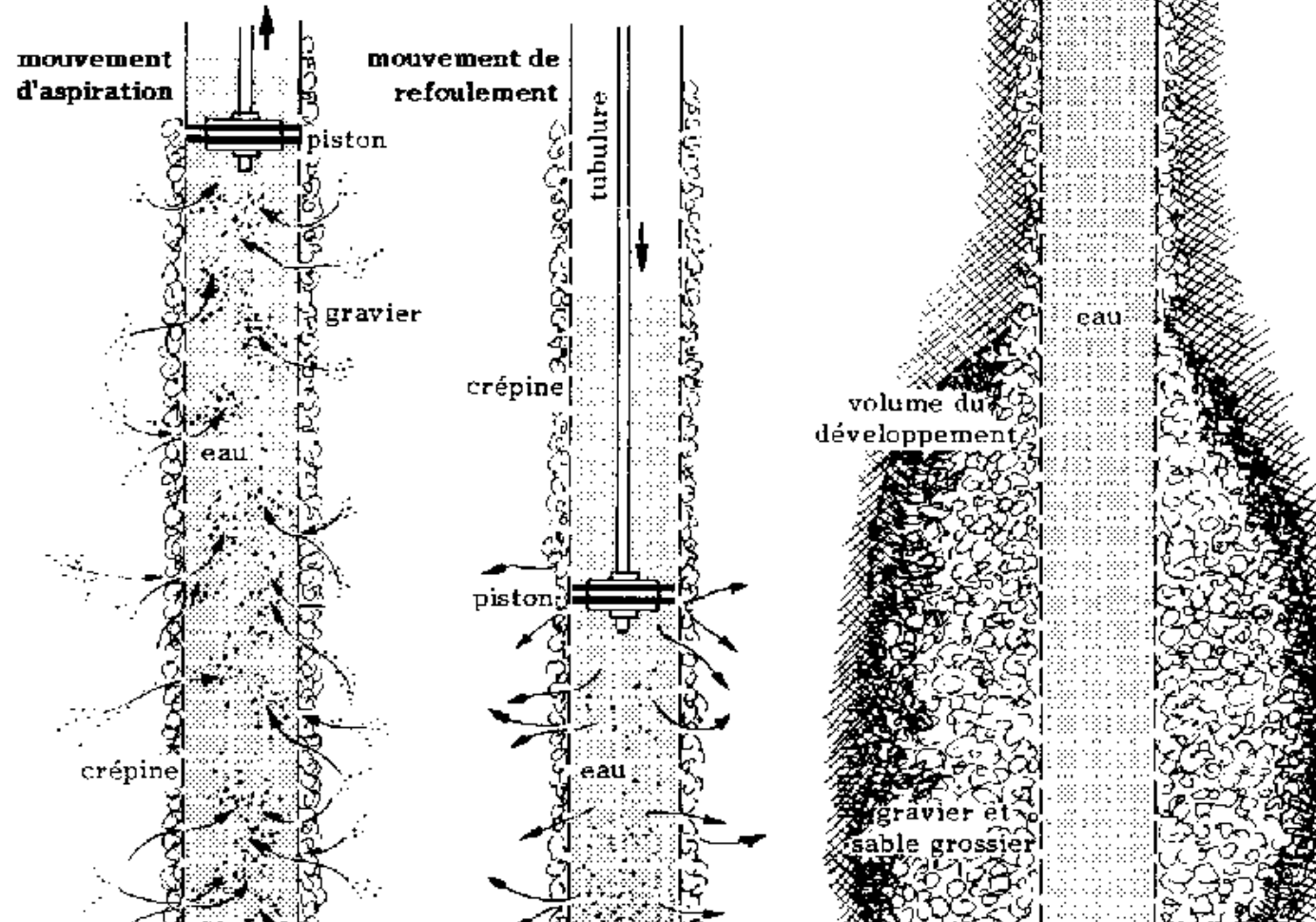


Figure 56: le développement d'un forage

Le développement se poursuit tant que l'eau remontée à la surface au moyen de la puisette contient des particules de sable ; cela peut prendre deux à trois semaines.

Le temps nécessaire pour la réalisation d'un forage

Le temps nécessaire pour la réalisation d'un forage selon la méthode du G.A.R.Y., est variable suivant la nature du sol.

Dans l'argile, le perçage peut se faire au rythme de 1 à 3 mètres par jour. Un forage de 40 mètres prend alors de 1 à 3 mois pour le perçage, de 10 à 20 jours pour la pose du tube d'exploitation, de 1 à 3 semaines pour le développement et l'aménagement des abords.

Dans le granit, la progression est beaucoup plus lente : soit 15 à 30 centimètres par jour. Dans ces conditions, il faut parfois 6 mois pour réaliser un forage, là où une foreuse mécanique aurait mis quelques jours seulement.

On peut se demander pourquoi le G.A.R.Y. utilise une méthode manuelle plutôt que de faire appel aux grands moyens mécaniques. Plusieurs raisons justifient ce choix.

- Les forages mécaniques exigent un matériel important et coûteux dont la manipulation est réservée à quelques techniciens. En 1983, il faut estimer le coût moyen d'un forage mécanique à environ 1 million de francs CFA. A ce coût, il faut ajouter les frais de déplacement des machines.
- En général, le pays ne dispose que d'un nombre très limité de ces machines. Les villages (et surtout les familles) restent dans l'attente du forage durant de longues années. Ils doivent négocier longuement avec l'Etat pour que celui-ci trouve le budget nécessaire. Ce budget est consacré principalement à payer le matériel et le gaz-oil nécessaire pour le faire fonctionner, ainsi qu'à rémunérer les techniciens qui le manipulent.
- Le budget nécessaire pour réaliser un forage selon la méthode du G.A.R.Y. n'est probablement pas très différent que dans le cas d'une foreuse mécanique (à part les frais de déplacement qui sont très faibles). Mais ce budget sert principalement à payer des artisans et des ouvriers vivant dans la région. Il ne quitte donc pas la région en même temps que les machines. Cela fait une grande différence sur le plan économique.
- La machine reste au village durant quelques jours seulement. Les salaires distribués dans la région sont quasi nuls. Par contre, la méthode du G.A.R.Y. permet de créer de l'emploi pour des gens de la région, durant quelques mois. Ceci est particulièrement intéressant si l'on veut maintenir les jeunes au village durant les saisons sèches.
- En travaillant aux forages, les artisans et les jeunes gens qui travaillent avec eux apprennent un métier de grande utilité pour l'avenir de leur région.

La méthode de travail du G.A.R.Y. contribue donc fortement à la modernisation du milieu rural, puisqu'elle permet simultanément de former des hommes de métier, de créer de l'emploi pour les jeunes et de faire circuler l'argent dans la région.

La méthode du G.A.R.Y. rencontre ses limites lorsqu'il faut creuser à plus de 40 ou 50 mètres de profondeur. A ce moment, il devient très difficile de procéder au louvoisement du tube de casing et à son extraction. Dans le cas de forages très profonds, mieux vaut donc faire appel à l'assistance d'une machine.

Chapitre 10: Les moyens d'exhaure et les aménagements de surface

Les moyens d'exhaure sont les moyens qui servent à extraire l'eau des puits ou des forages. On peut en distinguer **plusieurs types**:

- il y a les **puisettes** ou les **godets** qui se remplissent au fond du puits ou du forage et se vident en surface. Le déversement de l'eau est discontinu dans ces cas;
- il y a les **pompes**: l'eau est aspirée à l'entrée de la pompe et refoulée à l'extérieur du puits ou du forage. Le déversement est continu lorsque la pompe est actionnée;
- l'exhaure peut être faite **manuellement** ou **mécaniquement**. Lorsqu'elle est mécanique, le mouvement peut être assuré par un **animal** ou par un **moteur**.

Le **choix** des moyens d'exhaure que l'on met en place pour exploiter un point d'eau dépend de plusieurs éléments qu'il faut analyser avec précision. Citons-les.

- Dans un **forage**, il n'est pas possible d'utiliser du matériel encombrant. Seules les puisettes ou les pompes ayant un diamètre inférieur au tube d'exploitation peuvent être utilisées. Dans un puits, par contre, il y a de la place pour un matériel plus volumineux.
- Le choix du matériel dépend aussi du **débit** d'eau que l'on peut et que l'on veut obtenir. La capacité d'exhaure du matériel utilisé ne doit pas dépasser le débit d'alimentation du captage; elle doit être ajustée en fonction des besoins de la consommation.

En général, l'utilisation de puisettes et de pompes manuelles est suffisante pour assurer la consommation humaine, l'abreuvement de quelques animaux et l'arrosage de petits jardins. Elle n'est pas suffisante lorsqu'il s'agit d'abreuver des troupeaux importants ou d'irriguer des jardins plus vastes.

- Le **nombre et le type d'utilisateurs** entrent en ligne de compte. On peut dire qu'un matériel actionné par de nombreux utilisateurs risque d'avantage d'être détruit qu'un équipement utilisé plus individuellement. La résistance et la robustesse de l'équipement doivent toujours être recherchées.
- Il faut savoir d'avance qui **payera les charges** et plus particulièrement les dépenses d'énergie et d'entretien. Une analyse des coûts et du mode de gestion de ces coûts est nécessaire.
- Les **possibilités de réparation du matériel** sont un autre élément du choix. Mieux vaut parfois un matériel simple, ayant un rendement peu élevé, mais pouvant être réparé très vite par un artisan, qu'un matériel de plus haut rendement risquant des pannes plus graves, plus longues et plus coûteuses.
- Parmi les **questions sociales et sanitaires**, on pense par exemple à l'ambiance de rencontres féminines qui existe autour des points d'eau ou aux risques de pollution qui peuvent exister lorsque les points d'eau sont mal aménagés et gérés. L'équipement doit aussi être choisi en fonction de tels facteurs.

C'est dire qu'il est toujours utile et nécessaire de discuter longuement, au village, des moyens d'exhaure qui seront mis en place. Trop de points d'eau ont été détruits ou rendus inutilisables faute d'une discussion sur tous ces points, discussion dont l'efficacité est d'autant plus grande qu'elle se déroule avant même que commence le creusement.

Les puisettes

Les puisettes sont utilisées traditionnellement pour extraire l'eau des puits, dans les villages. Elles sont fréquemment fabriquées à partir de chambres à air de camion cousues,

armées d'un anneau métallique et d'une anse (**photo 57**). Anciennement, elles étaient fabriquées en cuir. Elles sont parfois remplacées par des seaux achetés dans le commerce.



Photo 57

Ces puisettes sont lancées dans le fond du puits et soulevées au moyen d'une corde.

Au Sahel, les cordes sont souvent fabriquées par les vieux à partir de l'écorce de baobab. Ces cordes ont l'avantage d'être peu coûteuses et leur fabrication crée quelques revenus pour les personnes âgées. Elles ont l'inconvénient d'être assez peu résistantes, ce qui oblige à les remplacer fréquemment. De plus, leurs débris développent en pourrissant des matières toxiques qui peuvent polluer l'eau. L'utilisation de cordes de jute ou de nylon plus solides est nettement plus coûteuse.

Le G.A.R.Y. a mis au point une puisette dont le rendement est supérieur à celui de la puisette en caoutchouc, par le fait d'une meilleure étanchéité (**figure 58 et photo 59**). Elle peut être utilisée aussi bien dans les forages que dans les puits. Il s'agit d'un tube en P.V.C., renforcé au sommet et fermé à la base par un fond muni de perforations et d'une membrane de caoutchouc souple découpée dans une chambre à air de voiture. Lorsque la puisette descend dans l'eau, la membrane se relève et l'eau pénètre dans le tube. Lorsqu'elle monte, la membrane s'applique au fond et bouche les perforations. Il n'y a donc pratiquement aucune fuite d'eau lors de la remontée de la puisette.

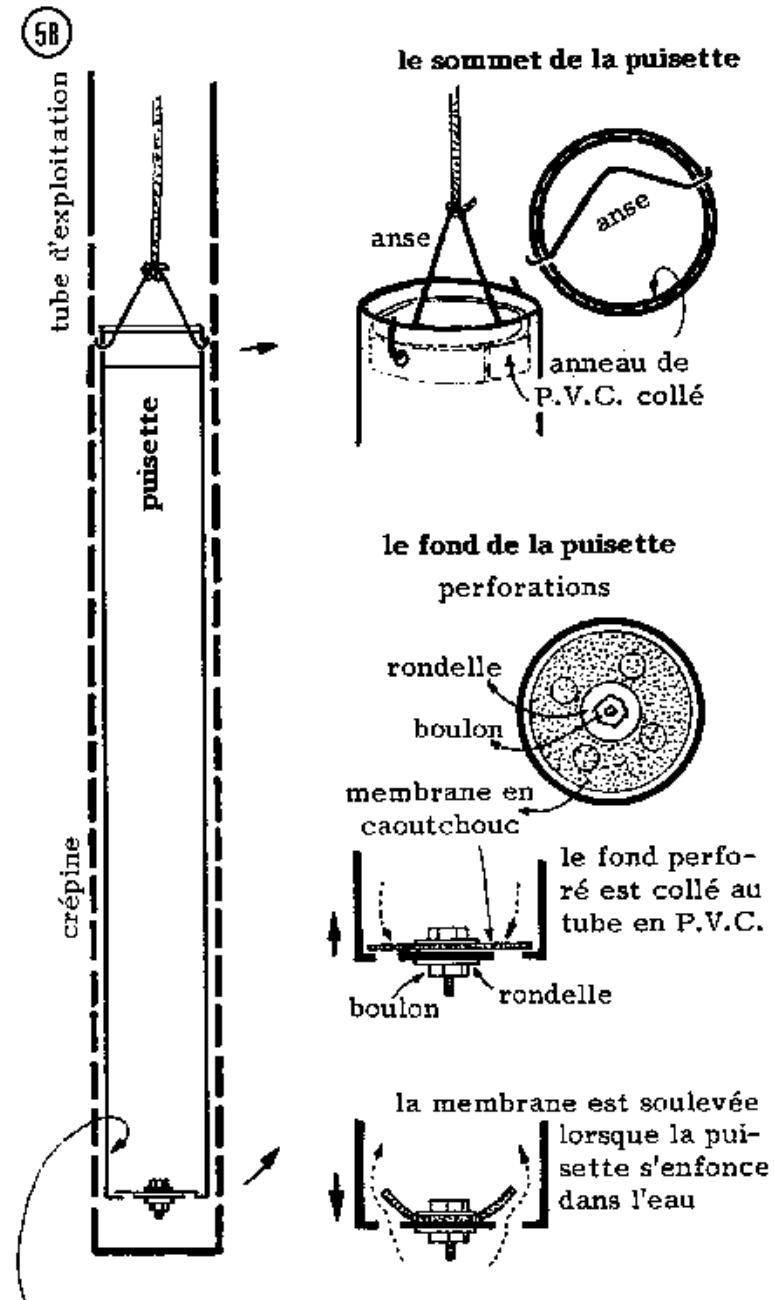


Figure 58: plan de la puisette utilisée pour extraire l'eau du forage



Photo 59

Le matériel peut être fabriqué par n'importe quel artisan au moyen d'un tube P.V.C. de 10 à 12 centimètres de diamètre et d'une longueur de 1 à 1,20 mètre. Un morceau de 4 à 5 cm du même tube est fendu et collé au sommet de la puisette afin de le renforcer. L'anse d'accrochage est faite d'un morceau de fer à béton de 5 ou de 7 mm, plié comme indiqué sur la **figure 58**. Le fond est formé d'une plaque perforée, collée au bord du tube. La membrane est fixée au centre par un boulon et deux rondelles métalliques. Les dimensions de la puisette peuvent être différentes pour un enfant et pour un adulte.

Cette puisette peut extraire de 5 à 7 litres d'eau à la fois sans fuites dues à la mauvaise étanchéité. La cadence moyenne d'utilisation pour un forage de 40 mètres est de 30 à 35 puisettes de 7 litres par heure pour deux femmes, soit 200 à 250 litres, ce qui est mieux que le débit d'une pompe manuelle de construction industrielle. Cela s'explique par le fait que l'énergie manuelle déployée est entièrement consacrée à remonter l'eau, tandis que dans la pompe le poids de la tringlerie s'ajoute au poids de l'eau soulevée.

Les **photos 59 et 60** montrent des femmes en train d'extraire l'eau d'un forage au moyen de la puisette qui vient d'être décrite. La poulie est montée sur une petite chèvre pouvant être fabriquée facilement par un artisan (**photo 61**).

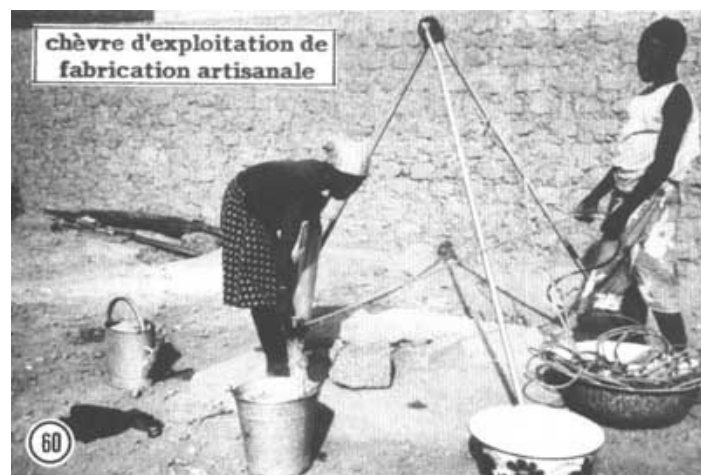


Photo 60: chèvre d'exploitation de fabrication artisanale

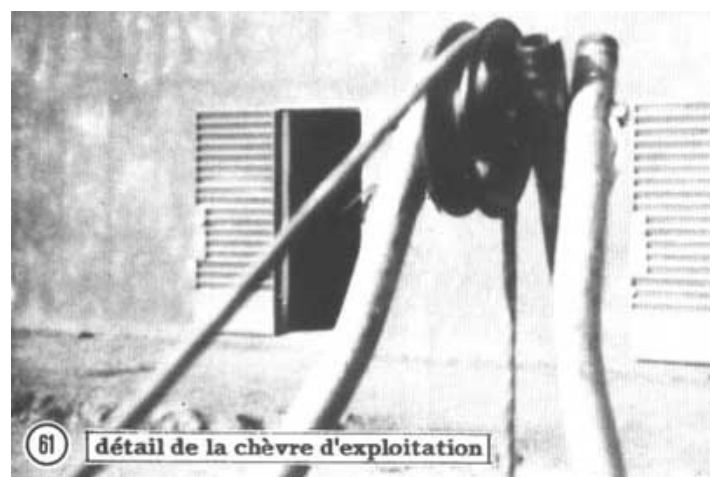


Photo 61: détail de la chèvre d'exploitation

Notons le soin que prennent les femmes à enrouler la corde dans une bassine propre de telle façon qu'elle ne soit pas souillée par du sable ou des saletés. De telles précautions sont indispensables si l'on veut éviter la pollution du forage.

Les pompes

L'eau que l'on extrait au moyen d'une pompe est débitée de façon continue: c'est une colonne d'eau qui se déplace depuis le fond jusqu'à la surface et non des quantités d'eau fractionnées dans des puisettes ou des godets. Il existe de nombreux modèles de pompes actionnées par l'énergie humaine, animale ou mécanique.

Divers types de pompes

Dans le commerce, il existe trois grands types de pompes.

- Les **pompes à rotor** sont composées d'un boîtier arrondi comportant une entrée et une sortie. Une roue ayant plusieurs ailes tourne à l'intérieur du boîtier; elle aspire l'eau d'un côté et la refoule de l'autre.
- Les **pompes à enceintes élastiques** sont constituées d'une outre en caoutchouc fixée sur une plaque comportant les ouvertures d'entrée et de sortie de la pompe. Deux clapets agissent en sens inverse, l'un (la sortie) se fermant lorsqu'on étire l'outre, l'autre (l'entrée) se fermant lorsqu'on contracte l'outre.

Le principe de fonctionnement de cette pompe est identique à celui du soufflet des forgerons traditionnels (l'air étant remplacé par l'eau). Le principe de la pompe à rotor est, lui, comparable à celui des soufflets "modernes", actionnés par une manivelle, qu'utilisent aussi les forgerons d'aujourd'hui.

- La **pompe à piston** est constituée d'un cylindre de métal et d'un piston.

Dans le cadre de ce livre, nous ne nous intéressons pas directement aux pompes à grand débit qui sont nécessaires lorsque la consommation d'eau est très importante et qui ne peuvent être placées, entretenues et réparées que par des techniciens spécialisés. Nous nous limiterons à l'étude de deux pompes qui peuvent être fabriquées par des artisans dans le cadre régional: la pompe à nœuds et la pompe à piston.

La pompe à nœuds

La pompe à nœuds (ou à chapelet) peut être utilisée dans les puits peu profonds (jusqu'à 10 mètres). Elle est constituée d'une corde à nœuds s'étirant dans un tuyau de remontée et actionnée à la surface par un tambour (**figure 62 et photo 63**). Le diamètre extérieur des nœuds doit être égal au diamètre intérieur du tube de remontée. Lorsqu'on fait tourner le tambour au moyen de la manivelle, les nœuds entraînent la colonne d'eau vers le haut. La corde redescend librement jusqu'au fond du puits après être passée sur le tambour. Celui-ci est conçu de façon à empêcher le glissement de la corde au moment de la rotation. Il peut être cannelé ou bien être composé de deux plateaux enserrant la corde, comme on le voit sur la **photo 63** qui nous montre deux artisans voltaïques occupés à préparer une pompe à nœuds de leur fabrication.

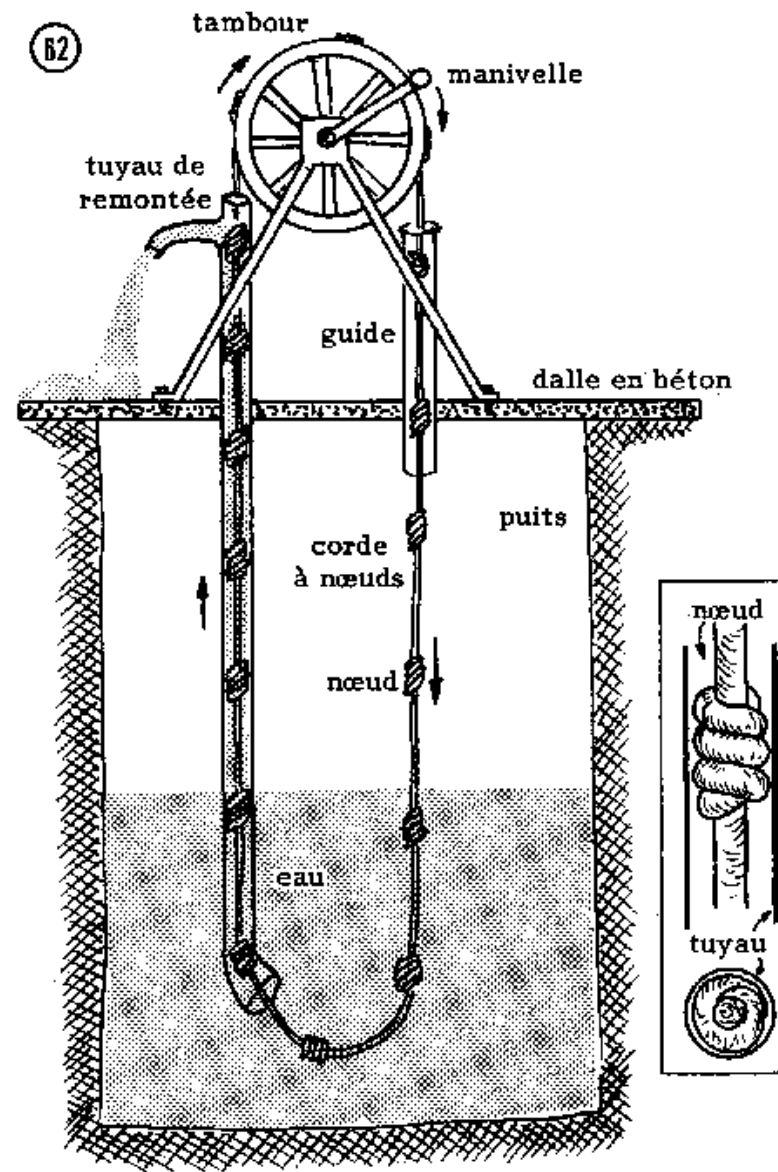


Figure 62: pompe à nœuds

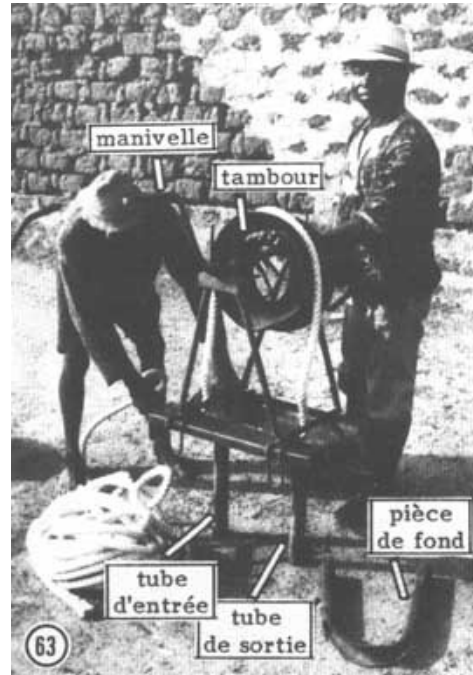


Photo 63

Pour améliorer l'étanchéité de la pompe, on peut prévoir une rondelle en caoutchouc au-dessus de chaque nœud.

La pompe à piston

La **figure 64** décrit le principe de fonctionnement d'une pompe à piston. Partons du bas de cette figure.

- **L'entrée** de la pompe est un tube de faible diamètre qui plonge dans l'eau. Ce tube peut être plus ou moins long; il ne peut cependant dépasser 3 mètres de hauteur, car la colonne d'eau aspirée risquerait alors de se briser.
- Le **cylindre**, aussi appelé corps de la pompe, est plus large que le tube d'entrée.
- Le **piston** est une pièce ronde dont le diamètre extérieur est quasi égal au diamètre intérieur du cylindre. Il comporte une ou plusieurs ouvertures permettant à l'eau de le traverser.
- Une **tringle** fixée au piston permet de lui donner un mouvement de va et vient à l'intérieur du cylindre. Cette tringle agit à l'intérieur du tube de sortie et se prolonge jusqu'à la surface du sol.

- Le **tube de sortie** de la pompe s'élève jusqu'à la surface du sol et s'y termine par un bec verseur. Son diamètre est égal ou inférieur à celui du cylindre. S'il est égal ou très légèrement supérieur, il est facile d'extraire le piston lorsqu'il le faut. S'il est inférieur, c'est toute la pompe qu'il faut sortir du fond pour la démonter en cas de panne.
- **Deux valves** agissent en sens contraire, l'une sur le piston, l'autre à l'entrée de la pompe; lorsque l'une est ouverte, l'autre est nécessairement fermée. Nous le voyons sur les trois dessins successifs: lorsque le piston descend, sa valve est ouverte et laisse passer l'eau, alors que la valve d'entrée est fermée. Lorsque le piston monte, sa valve est fermée: il soulève la colonne d'eau au-dessus de lui et aspire l'eau à l'intérieur du cylindre; sous lui, la valve d'entrée est alors ouverte et laisse passer l'eau. Lorsque l'aspiration du piston arrivé dans le haut du cylindre s'arrête, l'eau a tendance à s'écouler par le tube d'entrée, mais par son poids, elle referme la valve d'entrée et se trouve emprisonnée dans le cylindre. Un nouveau mouvement d'aspiration et d'entrée d'eau pourra donc avoir lieu dès que le piston sera redescendu au fond du cylindre.

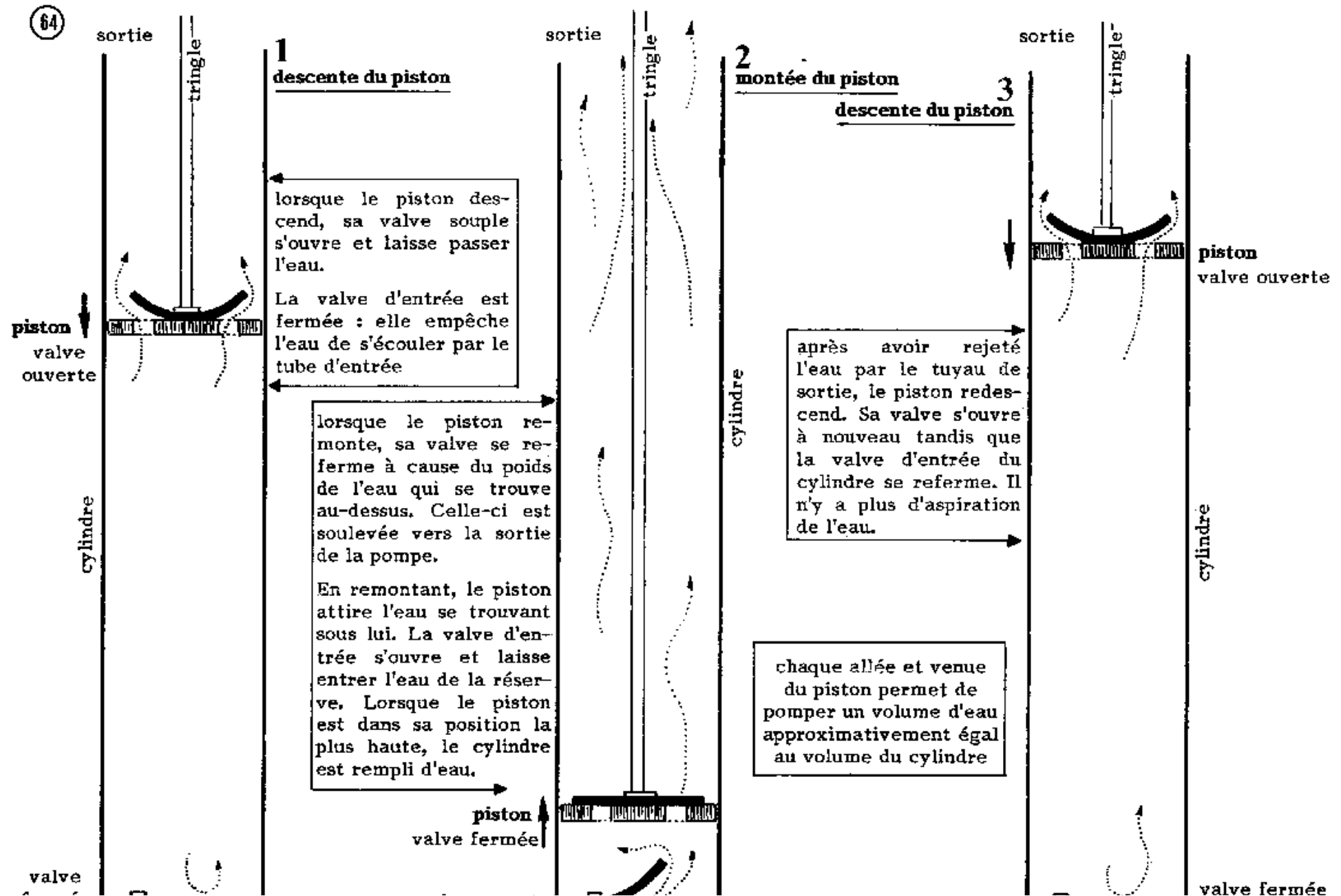


Figure 64: le fonctionnement d'une pompe à piston

La pompe à piston n'est pas un appareil compliqué, mais son utilisation pose de nombreux problèmes liés d'une part aux conditions dans lesquelles elle travaille, d'autre part à sa fabrication, son entretien et sa réparation.

Les pompes travaillant constamment dans l'eau sont soumises à la corrosion; en particulier lorsque l'eau contient du fer, leurs éléments sont attaqués par des bactéries. Si elles sont mal protégées et entretenues, elles peuvent être abîmées par des grains de sable qui s'insinuent entre le piston et le cylindre. Il faut donc en protéger l'entrée par une crépine efficace.

Les mouvements du piston sont provoqués par le va et vient de la tringlerie. Celle-ci est souvent actionnée avec brusquerie par de nombreuses personnes durant 10, 15 ou même 20 heures par jour. Des dégâts et pannes peuvent survenir dans les fixations.

Les valves et les clapets peuvent parfois éclater ou se bloquer par suite d'usure. Le joint d'étanchéité du piston peut également s'user.

Ces différents problèmes résultant de l'utilisation doivent être résolus par des artisans villageois, de façon à éviter qu'un point d'eau ne devienne inutilisable pour de longues périodes par suite de petites pannes.

Il y a aussi des difficultés résultant de la fabrication et de la distribution des pièces de rechange. De nombreux modèles de pompes ont été étudiés pour des conditions d'utilisation ne correspondant pas à celles existant au Sahel. Elles sont composées de pièces très spécialisées qu'il est impossible de trouver sur les marchés locaux ou de fabriquer sur place. Des pannes minimes (un boulon, un joint, ...) peuvent provoquer l'immobilisation de la pompe parce qu'il faut commander des pièces à l'étranger.

On peut donc dire, actuellement dans le Sahel, qu'il n'existe pas encore de fabrication locale de matériel de pompage. Cette fabrication est pourtant à la portée des artisans qui voudraient l'entreprendre et en faire leur métier.

Voici à titre d'exemple la description complète des pièces nécessaires pour fabriquer une pompe à partir de matériaux qui, pour la plupart, peuvent être trouvés dans les quincailleries de toutes les grandes villes (**photo 65 et figure 66**). Son montage nécessite uniquement un poste de soudure et quelques outils pour le travail du métal.

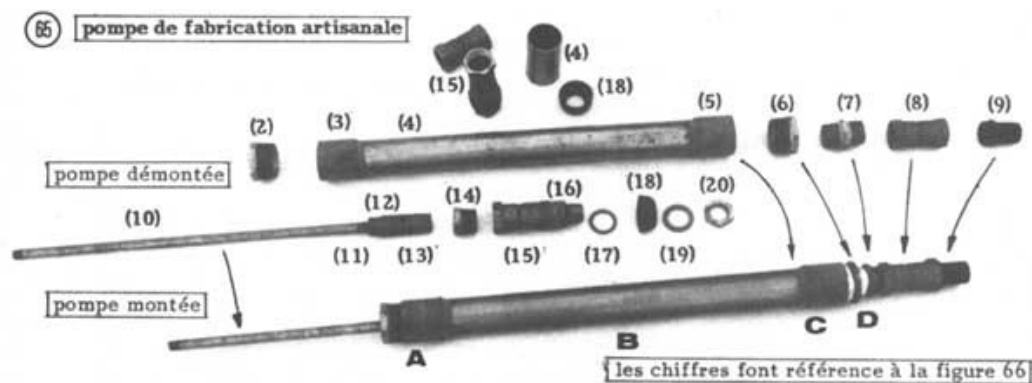


Photo 65: pompe de fabrication artisanale

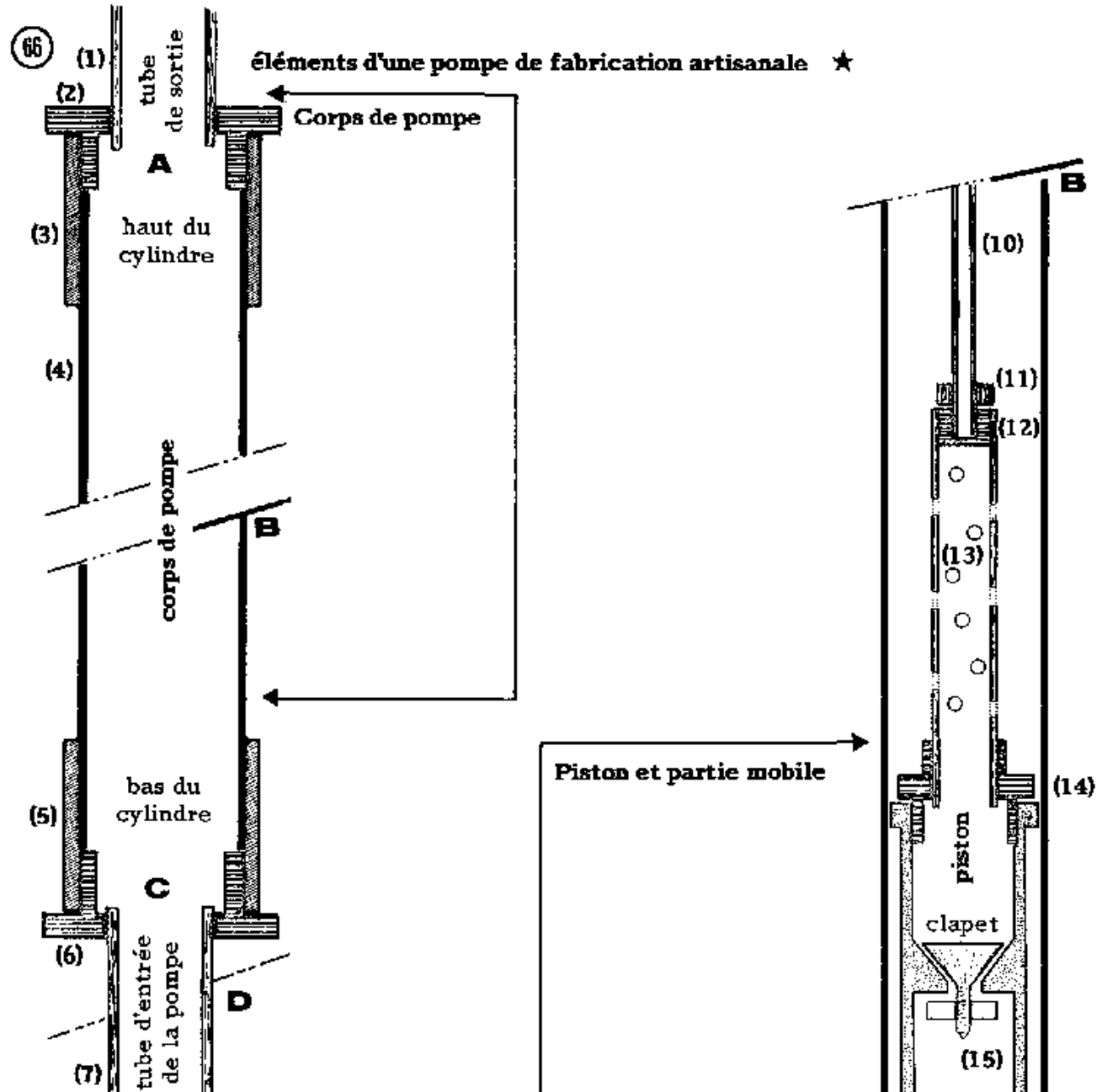


Figure 66: éléments d'une pompe de fabrication artisanale**Corps de pompe**

- (1) tuyau 1 pouce (1) - sections de 3 mètres.
- (2) réduction 6/4 - 1 pouce
- (3) manchon acier 6/4 - le filet est usiné dans la partie inférieure du manchon, de façon à pouvoir introduire le tube 4 et le souder.
- (4) tube inoxydable soudé - diamètre extérieur 48,3 mm, épaisseur 1,6 mm, diamètre intérieur 45,1 mm - sa longueur est de 50 cm.
- (5) manchon acier 6/4, identique à la pièce n°3, mais inversé. La longueur totale du tube inox et des 2 * manchons est de environ 55 cm.
- (6) réduction 6/4 - 1 pouce - identique à 2.
- (7) tube standard de 1 pouce et de 3 mètres de long.
- (8) clapet en laiton et nylon de 1 pouce
- (9) crépine en matière plastique.

Piston et partie mobile

- (10) tube d'1/4 pouce de 50 cm. Il sert de raccord entre la pompe d'une part et la tringle qui s'élève vers la surface du sol. Celle-ci est constituée également par des sections de 3 mètres du même type de tube.
- (11) écrou d'1/4 pouce destiné à bloquer et consolider la pièce n° 12.
- (12) douille soudée à l'intérieur du tube 13. Elle est taraudée en son centre de façon à pouvoir y visser le tube n° 10.
- (13) tube 3/4 pouce perforé de plusieurs trous de 1 cm de diamètre - soudé au sommet sur la douille n°12 - pas mâle à la base - 10 cm de longueur.
- (14) réduction 3/4-1 pouce servant de raccord entre le tube n°13 et le clapet n°15.
- (15) clapet identique au clapet n°8. La partie basse du clapet est travaillée de telle sorte que l'hexagone est usiné à 35 mm de diamètre extérieur, permettant le placement du joint n°18.
- (16) mammelon double 1-3/4 pouce, dont l'hexagone est également usiné et au diamètre de 35 mm.

(17) rondelle de 27 mm de diamètre intérieur, 35 mm de diamètre extérieur et 5 mm d'épaisseur.

(18) joint en cuir de 4 mm d'épaisseur mis en forme selon schéma ci-contre.

(19) rondelle de 27 mm de diamètre intérieur, 40 mm de diamètre extérieur, 5 mm d'épaisseur.

(20) écrou de $\frac{3}{4}$ pouce.

(1) 1 pouce = 33 millimètres

* ATELIER SUD, BP 177, Thiès, Sénégal.

En tout, la pompe se compose de vingt éléments qu'il est possible de se procurer dans le commerce, le tout pour une valeur de 20.000 à 30.000 francs CFA au maximum. Les parties essentielles sont le tube inoxydable constituant le corps de pompe, les deux clapets et le joint en cuir qui permet d'assurer l'étanchéité.

Les avantages d'une telle pompe sont nombreux, en particulier le fait qu'elle est très peu coûteuse. Il se peut qu'elle soit de 5 à 10 fois moins coûteuse qu'une pompe de même capacité achetée à l'étranger. Les villageois trouvent donc plus facilement les moyens de se la procurer.

Les pièces de rechange sont des pièces courantes. Seuls le cylindre en acier inoxydable et le joint d'étanchéité en cuir ne sont pas standardisés. Le cylindre doit donc être commandé spécialement et le joint de cuir peut être évidé et embouti au moyen d'un appareil très simple dont la description peut être obtenue à l'Atelier Sud.

Transmission et commande de la tringlerie

C'est la tringle qui transmet le mouvement donné en surface au piston. Elle se déplace à l'intérieur du tube de sortie dont elle émerge quelque peu. La tringle est faite de tubes de 1/2 ou 1/4 pouce. Elle doit être rigide, mais son poids doit être réduit au minimum possible.

Le sommet de la tringle est adapté à un mécanisme de commande qui lui donne son mouvement de va et vient. Il y a trois types de mécanismes: commande par levier (**figure 67**), par manivelle (**figure 68**) et par volant (**figure 69**).

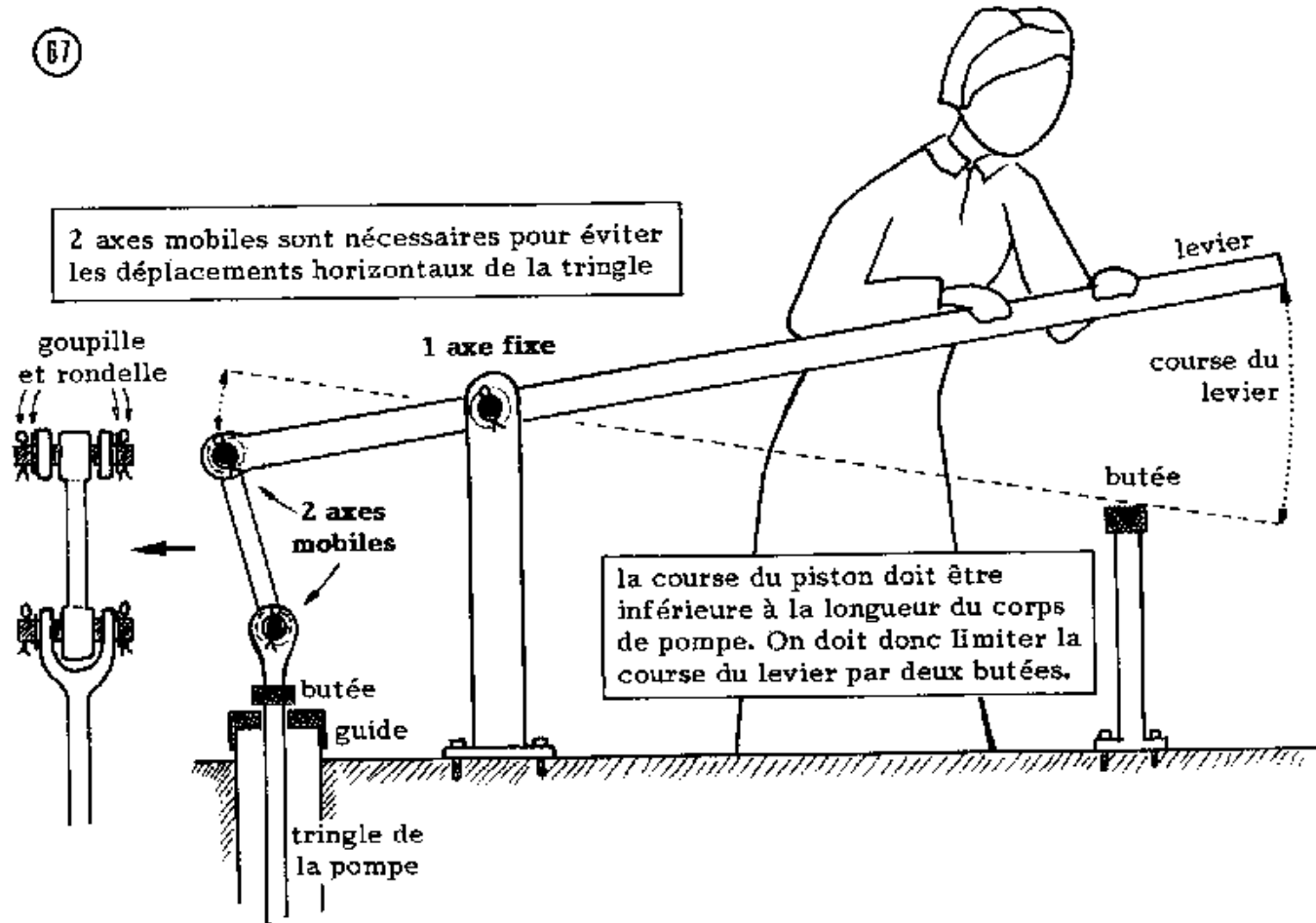


Figure 67: commande d'une pompe par un levier

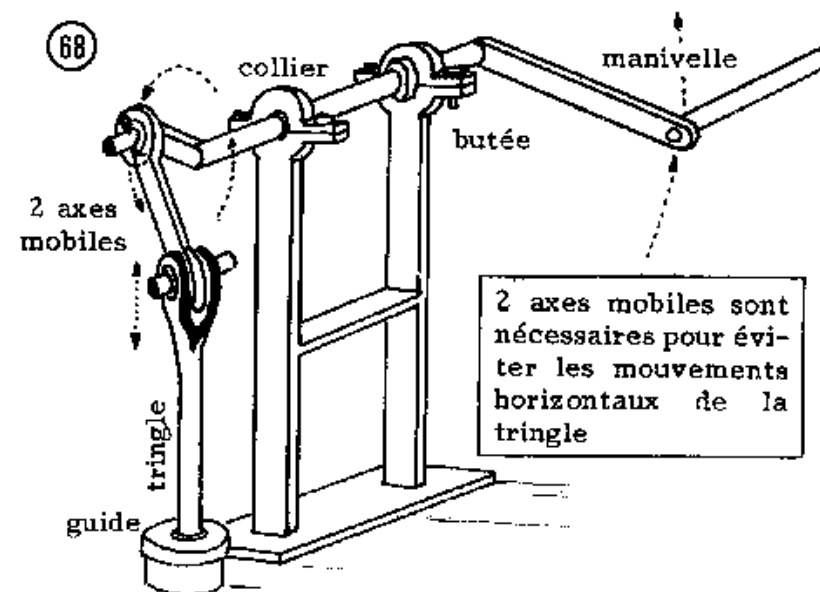


Figure 68: commande de pompe par manivelle

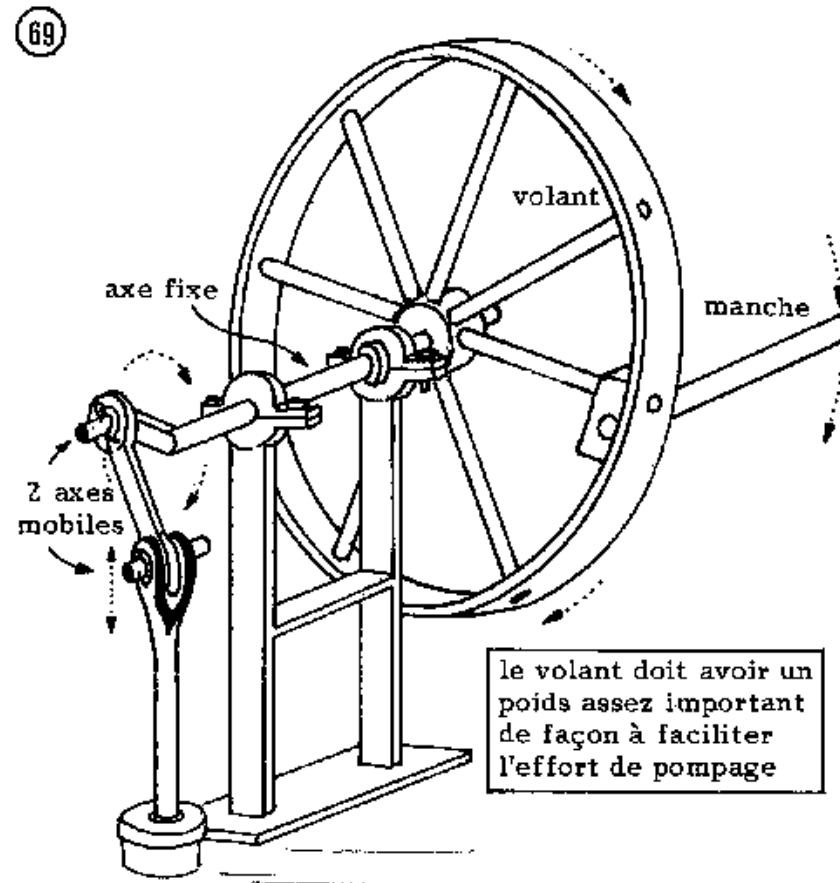


Figure 69: commande de pompe par volant d'inertie

Les commandes par levier, en bois ou en métal, sont plus simples à construire que les commandes à manivelle ou à volant, mais elles sont plus difficiles à régler et à manipuler. Les utilisateurs n'exercent pas tous la même force sur le levier et ne lui font pas parcourir la même trajectoire. Le travail de pompage par levier est parfois assez fatigant.

Le réglage d'une manivelle ou d'un volant est plus facile lorsque les calculs sont bien faits: chaque tour provoque un déplacement déterminé du piston, quelle que soit la vitesse de rotation de la manivelle ou du volant. Par contre, l'utilisation de la manivelle peut être fatigante pour certaines personnes, en particulier pour les enfants. La position de l'axe mobile de la manivelle doit être calculée de telle sorte qu'en faisant un demi-tour du point le plus haut au point le plus bas, elle déplace la tête de tringle (et donc le piston) d'une longueur égale à la course maximum que peut parcourir le piston dans le cylindre (environ 80 à 85 % de sa longueur).

Le volant permet de donner une force d'inertie au mécanisme de transmission; la roue continue de tourner de par son propre poids. Cela facilite grandement le mouvement de

va et vient, en particulier au moment où le piston se trouve au bas de sa course et où son mouvement doit être inversé pour la remontée. Pour être efficace, le volant doit être assez lourd; la force nécessaire est importante au moment du lancement; par la suite, elle est moindre et plus régulière que dans le cas de la manivelle.

Quelle que soit la solution choisie pour la commande du mouvement de la tringle, toutes les pièces doivent être construites très solidement et facilement réparables, en particulier les axes et les paliers sur lesquels ils reposent. Il existe de nombreux modèles valables pour la transmission du mouvement des pompes, ressemblant tous plus ou moins au schéma des figures 64 à 66. Pour être acceptés, ils doivent nécessairement comporter un axe fixe et deux axes mobiles. Les deux axes mobiles sont absolument nécessaires pour éviter les mouvements horizontaux de la tringlerie qui sont néfastes tant du point de vue du rendement de la pompe que du point de vue de la résistance de l'ensemble pompe-tringle-transmission.

L'énergie utilisée pour extraire l'eau

Quel que soit le type de pompe utilisé, il faut de l'énergie pour l'actionner. Cette énergie peut provenir de diverses sources: humaine, animale, pétrolière, électrique, éolienne ou solaire.

La force humaine

C'est celle que les femmes sahéniennes utilisent pour extraire leurs puisettes du fond du puits ou que des enfants mettent en œuvre pour tourner la manivelle ou actionner le levier d'une pompe. Si elle est utilisée pour la consommation familiale, on peut dire qu'elle ne coûte rien. Par contre, son coût se confond à celui de la main d'œuvre salariée lorsqu'on dépasse la consommation familiale et qu'il faut payer des travailleurs pour l'exhaure.

L'exhaure manuelle est limitée par la force physique de la personne qui la réalise. On compte en général qu'une personne travaillant à plein rendement peut soulever 2,5 kilos d'eau en une seconde, sur un parcours d'un mètre en moyenne. On dit que la force qu'elle peut exercer est de 2,5 kilogrammes-mètres par seconde (kgm/sec).

Comme il y a 3.600 secondes dans une heure, on peut calculer qu'elle soulèvera 9.000 kg (ou litres) d'eau sur un mètre de hauteur, durant une heure de travail. Si la hauteur à parcourir est supérieure à 1 mètre, on peut diviser 9.000 par cette hauteur pour connaître le débit d'exhaure que l'on peut escompter. Les chiffres sont repris au **tableau 70**.

Tableau 70

| profondeur du puits ou forage | débit possible par exhaure manuelle |
|--------------------------------------|--|
| en mètres | en litres par heure |
| 1 | 9.000 |
| 5 | 1.800 |
| 10 | 900 |
| 20 | 450 |
| 30 | 300 |
| 40 | 225 |
| 50 | 180 |
| | |



Ce calcul du débit de l'exhaure manuelle est fort approximatif pour plusieurs raisons, en voici trois.

- Une seule personne peut difficilement puiser de l'eau sans arrêt durant une heure entière. En général, le puisage se fait par deux personnes qui se relaient; c'est alors seulement qu'on peut s'approcher des débits indiqués au tableau 70.
- Le calcul du débit est effectué comme si le poids soulevé ne comprenait que l'eau. Or, il faut aussi soulever le poids de la puisette ou de la tringlerie. S'il s'agit d'une pompe placée à grande profondeur, le poids de cette dernière peut être important et consommer une partie non négligeable de l'effort fourni par la personne qui pompe.
- Le rendement de la pompe et du mécanisme de transmission est aussi déterminant pour le débit. Par exemple, si le piston ou la puisette n'est pas étanche, une partie de l'eau soulevée retombe au fond du puits ou du forage; une partie de l'effort fourni est donc gaspillé. De même, si les axes de transmission sont déformés, mal réglés ou mal graissés, une partie de l'énergie se perd dans ces mécanismes plutôt que de servir à soulever l'eau.

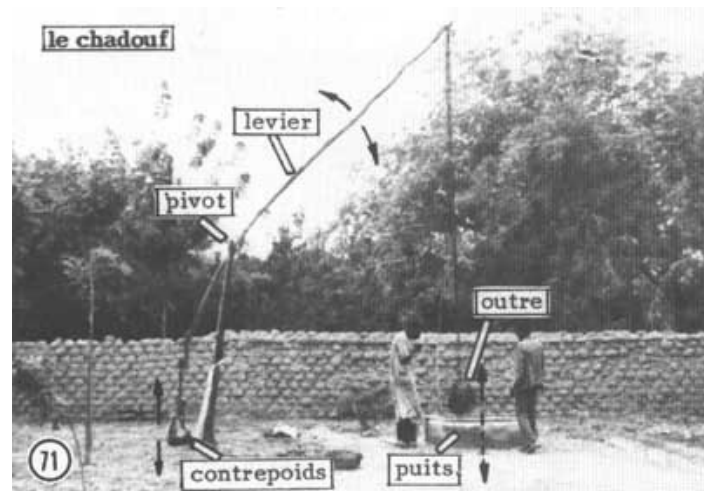


Photo 71: le chadouf

La force animale

La force animale permet d'accroître le débit d'exhaure: il peut être de 3 à 6 fois supérieur à celui que l'on obtient en utilisant l'énergie humaine.

Les coûts de fonctionnement comprennent principalement les charges d'entretien des animaux, le salaire du manœuvre qui les surveille, les frais de réparation et d'entretien de la pompe et du mécanisme de transmission.

L'utilisation d'animaux pour l'exhaure n'est pas très fréquente dans le Sahel. Elle est par contre fort répandue en Afrique du nord, en Amérique latine et en Asie. L'investissement nécessaire n'est pas très élevé, étant donné que le matériel peut être construit entièrement sur place.

La **figure 72** décrit le dalou; c'est une outre ouverte de grande capacité, munie d'une anse et d'une manche de déversement: l'anse est attachée à la corde principale, passant par la poulie; le bout de la manche est attaché à une autre corde, plus fine, chargée d'ouvrir la manche en fin de course. La puisette monte et descend dans le puits par suite du mouvement de va et vient de l'animal qui se déplace sur une rampe légèrement descendante. Quand l'outre monte ou descend dans le puits, la manche est repliée vers le haut. Quand elle arrive à la surface du puits, la manche est étirée et l'outre déverse son eau dans une rigole.

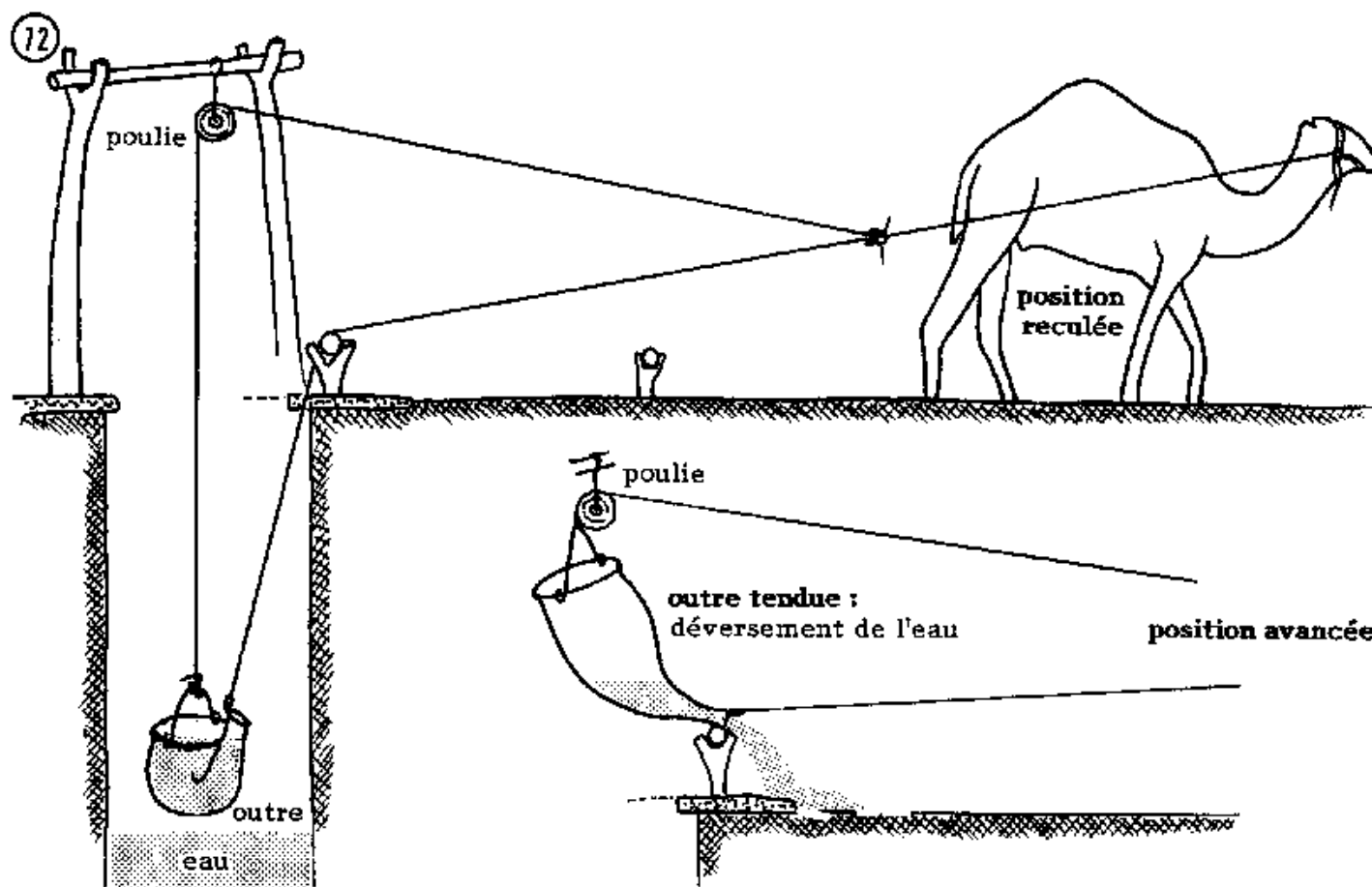


Figure 72: utilisation de l'énergie animale pour l'exhaure de l'eau: le dalou

La **figure 73** montre le principe de la noria, très courante dans de nombreuses régions du monde. C'est une pompe à godets. L'animal fait tourner une grande roue horizontale

munie de barreaux verticaux. Une roue-cage, placée dans le plan vertical et engrenée sur la roue horizontale, supporte des cordes auxquelles sont fixées des outres ou des godets rigides. Les godets renversés descendent à vide au fond du puits; ils s'y remplissent d'eau en se retournant et remontent à la surface. Lorsqu'ils passent sur la roue verticale, ils déversent l'eau dans une rigole aménagée dans le cœur de la roue-cage. Les godets peuvent être plus ou moins nombreux et volumineux, selon la force animale qui est utilisée.

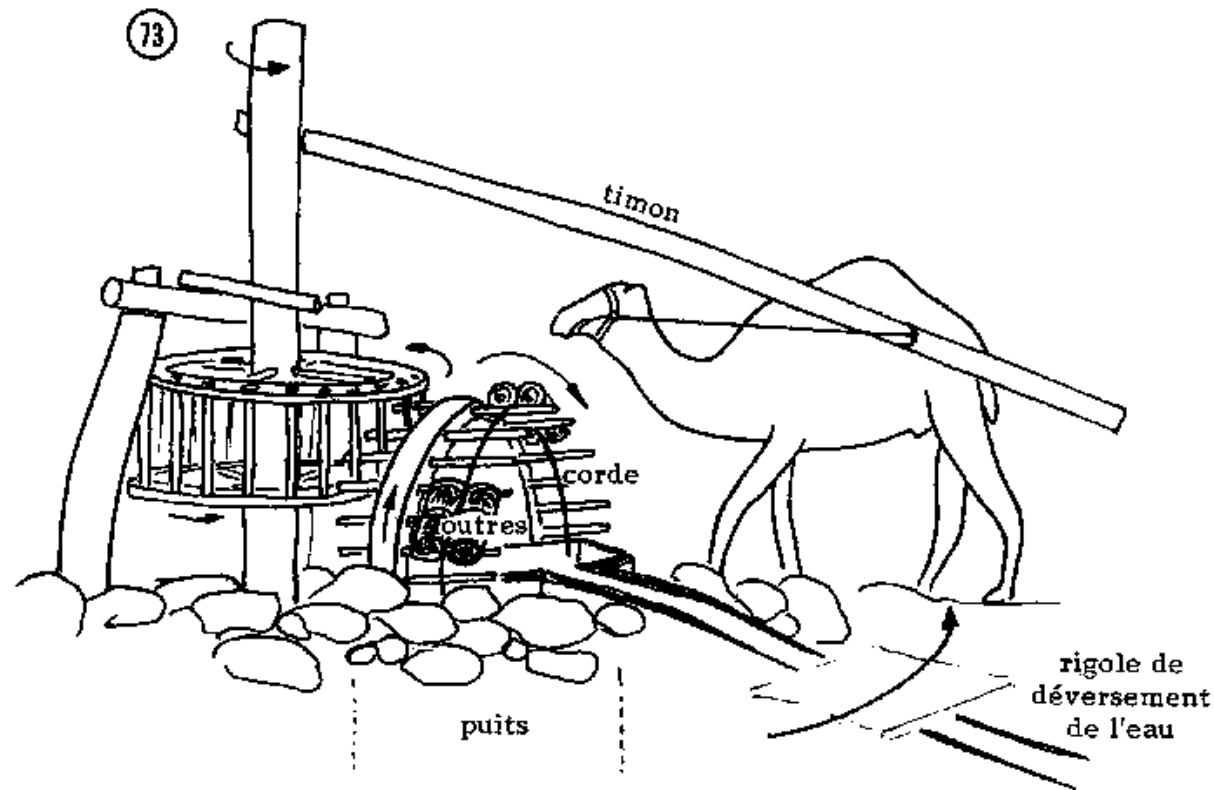


Figure 73: utilisation de l'énergie animale pour l'exhaure de l'eau: la noria

L'utilisation de l'énergie animale est intéressante lorsque la consommation d'eau est relativement peu élevée, mais que le débit doit être régulier. C'est le cas par exemple lorsqu'on veut irriguer des grands jardins ou des vergers et que la main d'oeuvre ne peut suffire. En se relayant, deux (ou quatre) animaux dressés peuvent travailler sans discontinuer durant toute la journée, sous la surveillance d'une seule personne.

Traditionnellement, là où on les utilise, les dalous, les norias ou les autres équipements d'exhaure étaient réalisés en bois par des artisans. Aujourd'hui, on les construit fréquemment en métal, éventuellement en utilisant des axes et des engrenages de récupération.

L'énergie pétrolière

L'énergie pétrolière (gaz-oil ou essence) est utilisée pour le pompage. Il faut alors associer un moteur au mécanisme de transmission de la pompe. Dans certains cas, le moteur est entièrement séparé de la pompe; il transmet l'énergie à celle-ci à travers un axe fixe muni d'un embrayage, une chaîne ou une courroie. Dans d'autres cas, le moteur et la pompe font partie d'un même ensemble qu'on appelle moto-pompe. La **photo 74** nous montre une petite motopompe utilisée pour l'arrosage d'un jardin maraîcher. C'est une pompe à rotor et non à piston. On voit que la pompe et le moteur forment un seul bloc.



Photo 74

Lorsque le débit recherché à partir d'un même point d'eau est très important, l'énergie mécanique s'impose. Son avantage est d'ailleurs d'être d'une utilisation particulièrement souple: le régime du moteur peut varier, la pompe peut fonctionner 24 heures sur 24 s'il le faut. Pour les grands débits, on utilise les pompes à rotor plutôt que les pompes à piston, mais il s'agit alors de matériel industriel dont la description et l'utilisation n'entrent pas dans les perspectives de ce livre. Mieux vaut, dans ce cas, s'adresser aux sociétés spécialisées.

La motorisation de l'exhaure est une décision qui doit être prise en connaissance de cause.

- L'achat d'un moteur est une opération coûteuse. Il s'agit toujours de matériel importé.
- Il faut être assuré de disposer des services d'un artisan pour les réparations et de pouvoir s'approvisionner en pièces de rechange.
- Il faut pouvoir dégager chaque jour les moyens financiers nécessaires à l'achat du combustible.

La motorisation d'un point d'eau exige donc une bonne organisation et une gestion économique précise indiquant les droits et les devoirs des utilisateurs ainsi que la façon dont ils s'acquittent des charges financières qui leur incombent. Il faut aussi que la pompe et le moteur soient placés sous la responsabilité d'une personne ou d'un comité qui en fera la gestion, le suivi technique et la surveillance.

Trop nombreux sont les échecs consécutifs à une mauvaise organisation des utilisateurs de motopompes. Il n'est pas rare que des points d'eau ne soient plus utilisés simplement

parce que le gestionnaire n'a plus de carburant, que les utilisateurs n'ont pas payé leur consommation, qu'une petite panne ne puisse être réparée faute de pièces, etc ... Il en résulte parfois que les habitants retournent au marigot ou à la mare pour puiser leur eau de boisson, ce qui peut avoir de graves répercussions sur leur santé.

Ceux qui pensent que la motorisation est la seule voie de modernisation risquent de se tromper s'ils ne font pas de calculs précis. La motorisation comporte beaucoup d'avantages et de facilités, mais elle a l'inconvénient - jusqu'à présent - de créer, pour l'utilisateur, des dépendances coûteuses (équipements et combustibles).

L'énergie électrique

Il est très rare de trouver cette forme d'énergie dans les villages du Sahel. Lorsqu'on la trouve, elle est produite à partir de groupes électrogènes fonctionnant au gaz-oil ou à l'essence. L'énergie électrique est donc toujours plus coûteuse que l'énergie pétrolière dont elle provient. Les mêmes remarques s'imposent donc à son sujet.

L'énergie éolienne

L'énergie éolienne est produite par le vent. On la capte au moyen de moulins à vent appelés éoliennes (**photos 75 à 77**). Ils comportent en général une grande roue ailée dont les ailes sont profilées, montées sur un pylône. En agissant sur les ailes, le vent fait tourner la roue autour d'un axe horizontal. Celui-ci transmet l'énergie à un axe vertical par un engrenage.

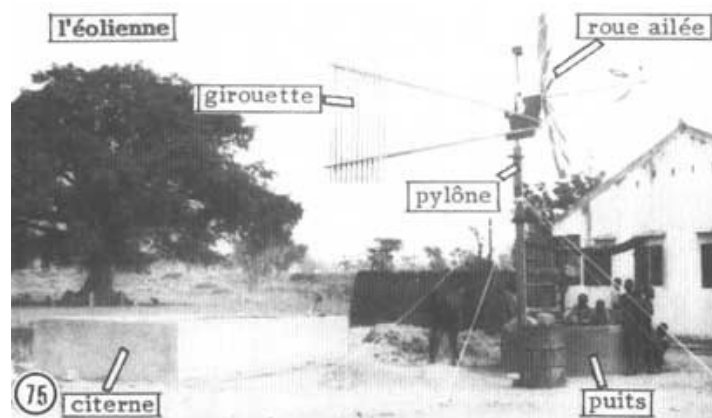


Photo 75: l'éolienne

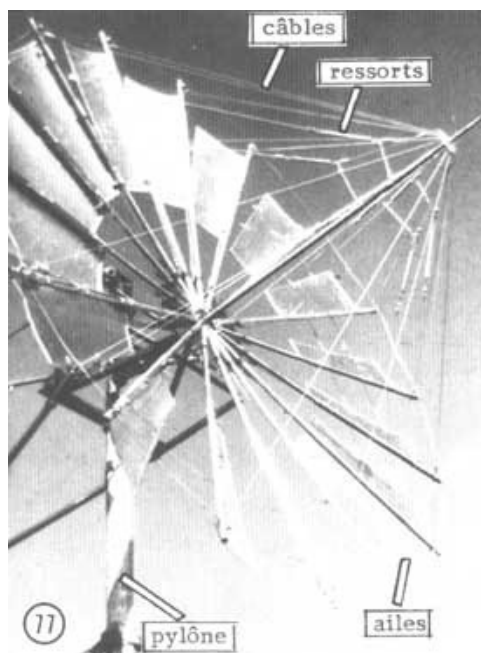


Photo 77 / photo F. Platbroodt

Au bas du pylône, un autre jeu d'engrenages transmet l'énergie à la tringlerie de la pompe. Les ailes, la roue ailée elle-même et le pylône doivent pouvoir absorber sans dégâts de brusques coups de vent; les ailes doivent donc être munies d'un jeu de ressorts qui permet de modifier leur position selon la force du vent qui les frappe. De plus, une girouette permet en permanence de placer la roue ailée face au vent.

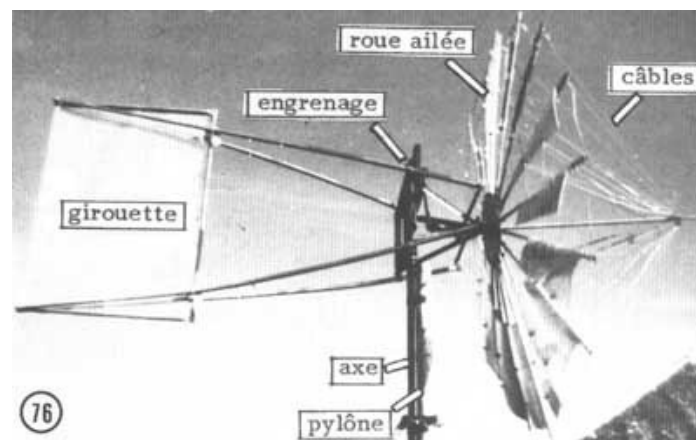


Photo 76 / photo F. Platbroodt

Le principal avantage de l'éolienne est le coût nul de l'énergie servant à la faire tourner. L'inconvénient est l'irrégularité du fonctionnement: elle ne tourne que lorsqu'il y a du vent et sa vitesse de rotation varie selon la force de celui-ci. Le débit de pompage est donc lui aussi irrégulier. Cet inconvénient peut être compensé par la construction d'une citerne qui se remplit chaque fois que l'éolienne est actionnée par le vent, de jour ou de nuit (**photo 75**); alors qu'un robinet permet aux utilisateurs de prélever l'eau régulièrement au moment où ils le désirent.

Un autre avantage de l'éolienne est que sa fabrication peut être entreprise par des artisans ou des entrepreneurs locaux ayant bénéficié d'une bonne formation technique. Rien dans la construction d'une éolienne n'est hors de portée d'un bon mécanicien. Il y a donc là un secteur largement ouvert pour ceux qui voudraient se créer un métier. Certains organismes - en particulier les Ateliers Sud dont nous avons déjà parlé - peuvent fournir en pièces détachées tous les éléments nécessaires à la construction d'éoliennes. L'étude de ce matériel et sa reproduction pourraient être un premier pas de la maîtrise de cette technologie par de tels artisans.

L'utilisation d'éoliennes en milieu rural est fort intéressante pour toutes les utilisations n'exigeant pas de très gros débits. Elle convient bien pour les usages familiaux, l'abreuvement des animaux, l'irrigation de petites surfaces de terre.

Dès qu'il faut développer de fortes puissances, la technique de construction des éoliennes est plus complexe et il faut recourir à du matériel industriel.

L'énergie solaire

Une fois l'installation terminée, l'énergie solaire, comme l'énergie éolienne, est d'une utilisation fort peu coûteuse.

Des panneaux solaires de construction industrielle transforment l'énergie des rayons solaires en électricité (**photo 78**). Celle-ci permet de faire fonctionner une pompe, appelée pompe solaire. L'électricité ainsi fabriquée ne coûte rien, mais les panneaux solaires et les pompes sont par contre très coûteux, du moins pour l'instant. Il n'y a aucun espoir pour que ces matériels soient fabriqués localement et que cette fabrication bénéficie à des habitants de la région.

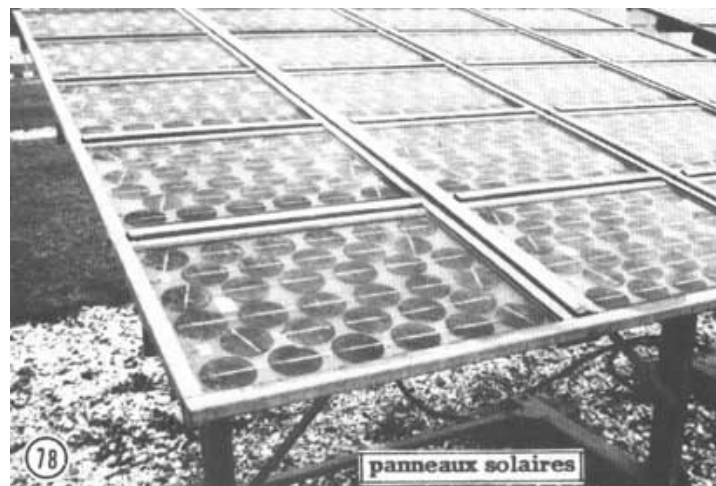


Photo 78: panneaux solaires

Durant les périodes d'ensoleillement, il n'y a théoriquement aucune limite à la capacité de production d'énergie solaire. Il suffit en effet d'ajouter des panneaux les uns à côté des autres, l'énergie produite étant directement proportionnelle à la surface de captation des rayons solaires. En dehors des périodes d'ensoleillement, les panneaux ne sont pas actifs. Une utilisation régulière de l'énergie solaire suppose donc, comme dans le cas de l'énergie éolienne, qu'on puisse la stocker dans des batteries.

Panneaux solaires et batteries sont encore très coûteux à l'heure actuelle. L'utilisation de cette forme d'énergie dans les villages l'est donc également, si l'on se réfère au prix de l'équipement.

Comment choisir les moyens d'exhaure?

Ceux qui veulent avoir plus d'informations concernant les moyens d'exhaure - ou plus généralement les techniques décrites dans ce livre - peuvent s'adresser aux services techniques locaux ou à l'une ou l'autre des organisations citées en annexe.

Les informations qui doivent être disponibles pour faire un bon choix sont les suivantes:

- le **coût des équipements** d'exhaure au moment de leur installation,
- la répartition des dépenses d'équipement entre **ce qui profite aux habitants** du pays et **ce qui est acheté à l'étranger**,
- le **coût de l'entretien et des réparations**,
- le coût de **l'énergie** qui sera utilisée (humaine, animale, pétrolière, éolienne, solaire),

- les **possibilités**, pour des habitants de la région, **d'apprendre un métier et d'obtenir des revenus**,
- les possibilités de trouver localement **les artisans et les pièces de rechange** nécessaires pour effectuer les réparations,
- **l'organisation future du point d'eau**: son mode de gestion et de surveillance,
- **la façon dont les coûts seront répartis** entre les divers utilisateurs,
- les **facilités d'utilisation**,
- **la façon dont les utilisateurs se succéderont au point d'eau**,
- les règles à respecter pour éviter les **pollutions**.

Des difficultés naîtront toujours, tôt ou tard, si la technique utilisée et les coûts qu'elle engendre ne peuvent être maîtrisés par des hommes de métier vivant dans la région. Pour éviter ces difficultés, il est nécessaire que tous les points cités fassent l'objet d'une discussion entre tous les utilisateurs et responsables du point d'eau, préalablement à son installation. **En l'absence d'un accord collectif, le point d'eau risque d'être rapidement détérioré par la mauvaise utilisation des uns ou la mauvaise volonté des autres.**

L'aménagement des abords du point d'eau

Les **tableaux 81 et 82** résument les caractéristiques essentielles d'un bon aménagement à la surface d'un puits. Le but en est principalement d'éviter les accidents et d'empêcher la pollution de l'eau. La dalle et la margelle sont donc les deux éléments essentiels. Un couvercle en béton, en bois ou en métal est toujours utile; il est indispensable lorsqu'il s'agit d'un forage.



Photo 79: dalle et pompe au-dessus d'un forage



Photo 80: potence et margelle construites trop basses

L'aménagement de surface doit être adapté en fonction des moyens d'exhaure qui sont utilisés: dalle entourant le puits lorsqu'on utilise une pompe (**photo 79**), citerne (**photo 75**), potences pour accrocher les poulies (**photo 80**), bloc de fixation d'une pompe, etc ... Ces adaptations doivent être étudiées pour chaque cas particulier. Lorsqu'une dalle de béton ferme le puits, il est nécessaire de prévoir une ouverture permettant le passage d'un homme, pour le cas où il faudrait y descendre.

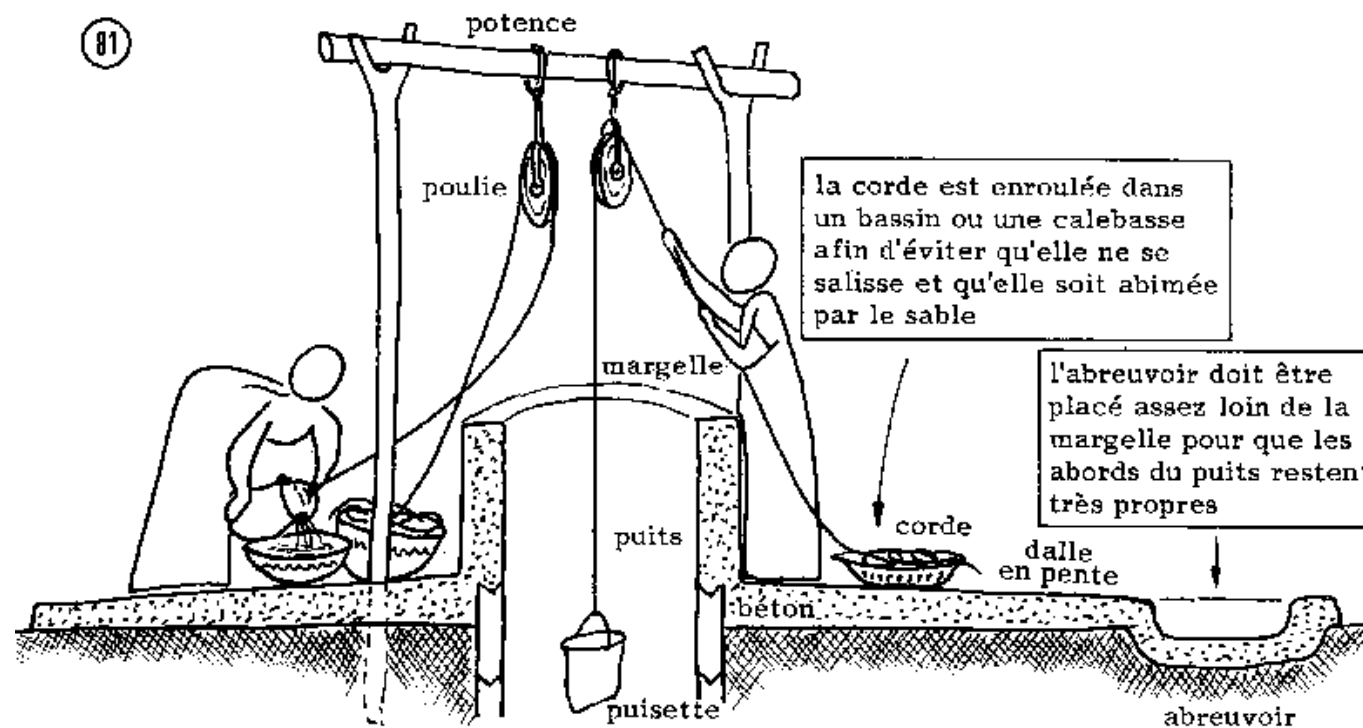
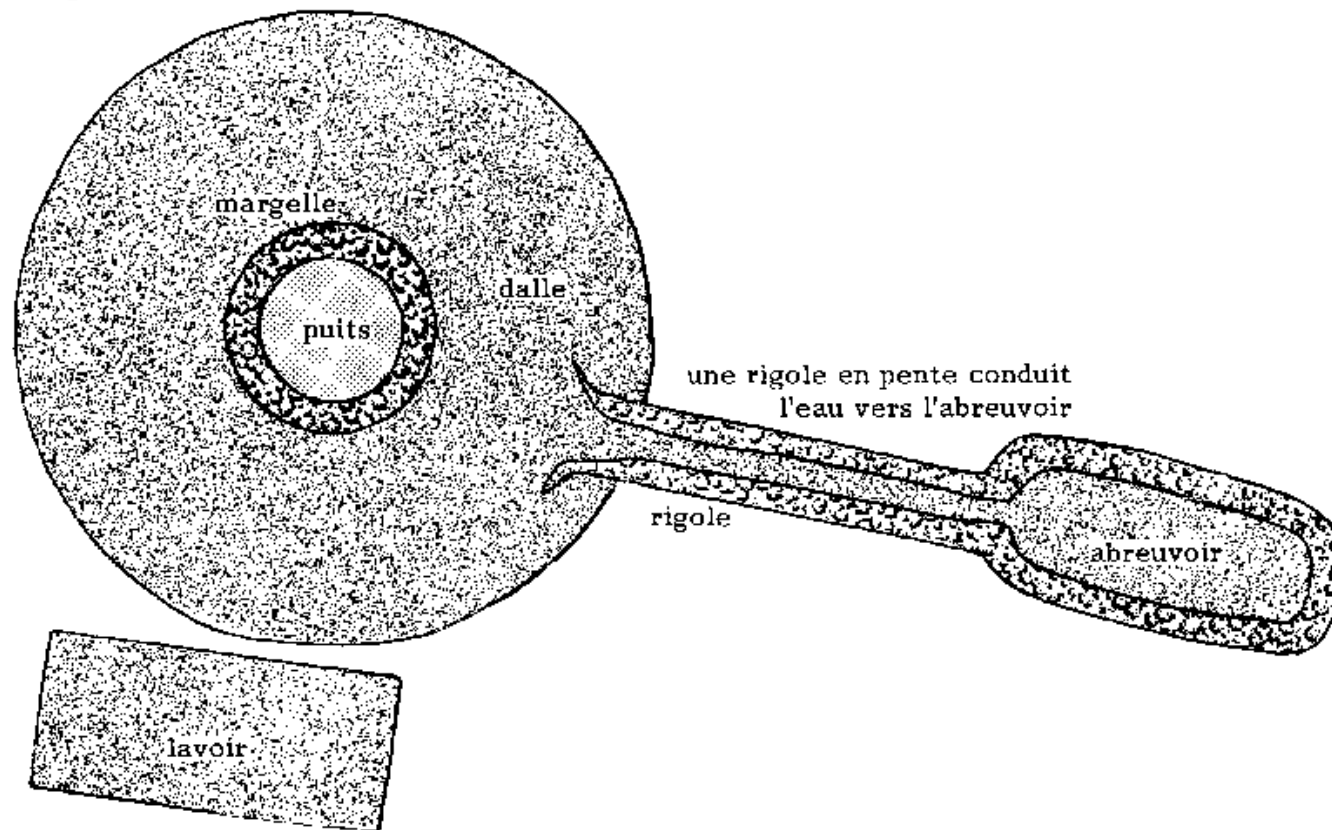


Figure 81: aménagement du puits en surface

82 **plan de surface**



plan en coupe

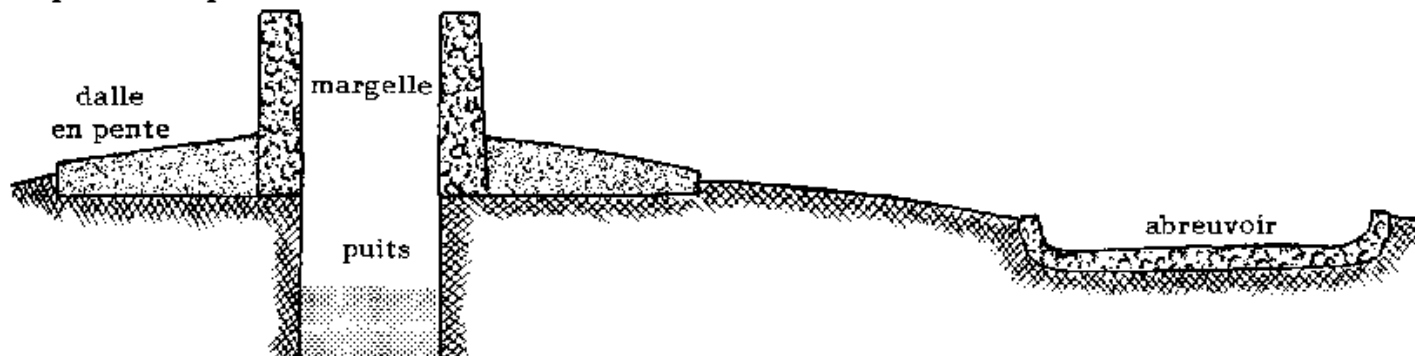


Figure 82: les caractéristiques d'un bon aménagement à la surface d'un puits**plan de surface**

- la dalle est construite en **pente légère**. Elle est munie ou non d'une rigole,
- **sa largeur est suffisante** pour empêcher les infiltrations et le ruissellement de l'eau dans le puits ou le forage et pour éviter la stagnation de l'eau et la formation de boue à proximité de la margelle,
- la dalle **résiste au piétinement** et aux chocs des seaux et bassins,
- l'abreuvoir est construit en **matériaux durs** pour résister à la brutalité des animaux,
- le lavoir est conçu de façon à **faciliter le travail des femmes**. Il comprend principalement une table et de la place pour déposer les calebasses et bassins de lessive.

plan en coupe

- la margelle est **assez élevée** pour empêcher la chute des enfants et des animaux,
- elle est **solide** et peut servir de point d'appui aux personnes qui puisent l'eau,
- elle est faite en **matériaux durs** pour éviter l'usure par les cordes, ou encore, elle est **renforcée** à l'endroit où glissent les cordes (par exemple par un appui en bois),
- le sol rapporté autour de la margelle avant de construire la dalle, crée **une pente telle que l'eau s'éloigne du puits** au lieu de stagner à sa proximité.

Cinquième partie: Stocker l'eau en surface

Lorsqu'il a plu à suffisance, l'eau de ruissellement a tendance à s'accumuler dans les creux naturels ou artificiels du terrain: on les appelle mares, étangs ou lacs, selon leurs dimensions. Ces accumulations d'eau peuvent être provisoires ou permanentes.

Le tarissement des réserves d'eau accumulées en surface résulte de trois causes:

- **l'utilisation de l'eau pour la consommation** humaine, animale ou agricole,
- **l'infiltration** de l'eau dans le sol,
- son **évaporation** dans l'air.

La présence permanente d'une réserve d'eau en surface est toujours une aubaine pour un village. Elle facilite les activités rurales: arrosages, abreuvement, pisciculture, etc ... Malheureusement, les réserves d'eau accumulées au moment des pluies ont très vite fait de s'épuiser, dans la plupart des cas. La consommation des habitants y est pourtant pour peu de chose.

Si l'on veut prolonger l'existence d'une réserve de surface ou la rendre permanente, il faut **agir sur plusieurs points**:

- **augmenter le volume total** d'eau accumulée,
- **réduire la surface d'évaporation**, c'est-à-dire la surface de l'eau qui est exposée au soleil et au vent,
- **réduire les causes d'évaporation** qui sont principalement réchauffement de l'eau lorsqu'elle est frappée par le rayonnement solaire et son exposition aux vents,:
- **réduire l'infiltration** de l'eau dans le sol.

La construction de barrages de retenue est une façon d'accroître les réserves de surface. Il peut s'agir de micro-barrages, comme ceux dont nous avons parlé dans la première partie, ou de barrages plus importants. Si la technique de construction en gabions est la même dans les deux cas, les buts d'un micro-barrage et d'un barrage de retenue sont différents: garder la terre, faire infiltrer l'eau et former des terrasses de cultures en supprimant les marigots dans le premier cas, accumuler l'eau pour pouvoir la puiser au cours de la saison sèche dans le second cas.

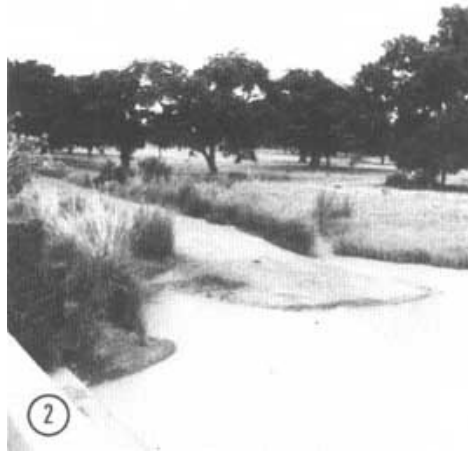


Photo 2

La construction de grands barrages de retenue, comme celui de la **photo 1**, demande toujours l'intervention de services spécialisés. Les problèmes techniques qui se posent sont nombreux:

- évaluer l'eau de pluie qui tombe et qui ruisselle durant la saison des pluies sur l'ensemble du bassin versant alimentant la retenue. Ce calcul doit être fait en relation avec la pluie la plus forte qui risque de tomber durant la vie du barrage; il suffit parfois d'une pluie particulièrement intense pour que l'eau submerge le barrage et le détruise;
- l'évaluation du régime des pluies et de l'alimentation de la retenue (régime "hydrologique") permet de calculer les dimensions du déversoir que l'on doit construire pour que le barrage ne soit jamais submergé par la crue;
- le poids du barrage doit être calculé avec précision;
- la terre ou la roche sur laquelle sera implanté le barrage doit être bien étudiée. Poser un barrage sur une terre trop meuble, c'est risquer que l'eau d'infiltration mine le barrage à sa base et que la pression de l'eau le fasse glisser en avant;
- un barrage d'envergure doit aussi être imperméable. Il faut y créer un "cœur" d'argile compactée qui empêche l'eau de le traverser en emmenant avec elle des particules de terre. Un tel phénomène allège petit à petit le barrage et provoque son érosion sur son flanc d'aval. Les infiltrations d'eau à travers le barrage érodent sa masse. Les particules érodées sont entraînées dans les ravines qui se creusent sous le barrage, ce qui peut conduire à sa rupture. Il faut espérer que personne ne se trouve en aval d'un tel barrage lorsque le flot d'eau et de boue s'élancera brutalement dans la vallée.



Photo 1

Vu le caractère complexe de la construction d'un grand barrage de retenue, nous ne l'envisagerons pas dans ce livre, consacré exclusivement aux métiers de l'eau maîtrisables dans le cadre villageois et artisanal. Notons cependant que lorsque des techniciens sont disponibles, la construction d'un barrage de retenue peut se faire presque entièrement avec de la main d'œuvre locale (creusement des tranchées, apport de pierres, construction de gabions, apport d'argile et compactage, coulage du déversoir, etc ...). Les seuls éléments qu'il faut acheter consistent en ciment, fil de fer, fer à béton et planches. Les outils et le matériel sont simples et peuvent en général être trouvés sur place, à moins que l'on ne décide d'utiliser des moyens mécaniques (bull-dozers, pelles mécaniques, etc ...).



Photo

Dans les régions relativement peu accidentées du Sahel, les retenues sont souvent peu profondes et les surfaces d'eau exposées au soleil sont assez vastes. L'eau s'échauffe donc assez fortement, la surface est balayée par le vent qui entraîne avec lui énormément de vapeur d'eau. Dans ces conditions, on peut compter que l'évaporation emporte chaque jour une couche de 1 à 1,5 centimètre d'eau. En un mois, ce sont donc 30 à 45 centimètres d'épaisseur d'eau qui disparaissent dans l'air. C'est dire que la mare que nous voyons sur la **photo 2**, dont l'épaisseur ne dépasse nulle part 60 cm, aura complètement disparu du paysage avant 1,5 à 2 mois.

Les boulis

Les anciens habitants du Yatenga avaient mis au point une technique - celle des boulis - leur permettant de **prolonger la durée de vie des mares**, de façon à disposer d'un stock d'eau de surface durant toute la saison sèche à proximité de leur village.

Cette technique assez simple n'est plus fort en vigueur mais il est intéressant de l'expliquer, car elle pourrait inspirer ceux qui se préoccupent des réserves d'eau villageoises. A travers elle, nous découvrons à quel point les anciens disposaient de savoir-faire, n'ayant rien à envier aux techniciens d'aujourd'hui.

Le bouli est une mare circulaire très profonde. S'il est bien fait et bien géré, le bouli permet de disposer d'eau d'un bout à l'autre de la saison sèche, même si cette eau, en fin de saison, risque d'être très polluée.

L'idée qui est à la base de la technique du bouli est très simple et facile à expérimenter: pour une même quantité d'eau, plus la surface exposée au soleil et au vent est faible, moins l'évaporation est importante.

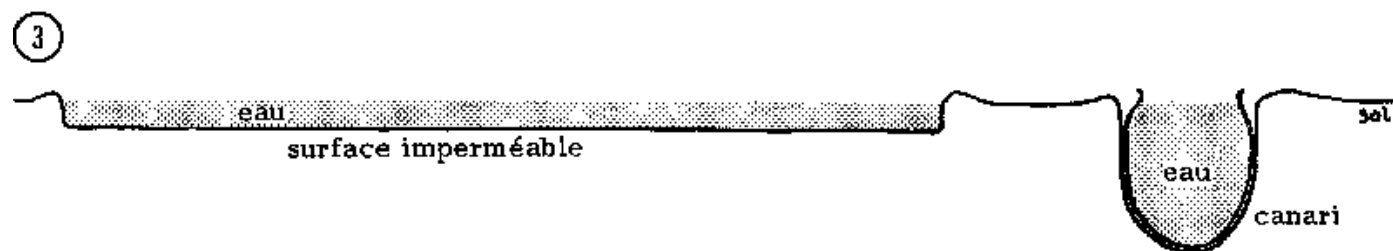


Figure 3: comment réduire l'évaporation d'une quantité d'eau déterminée

- si je verse 10 litres d'eau sur une grande surface exposée au soleil et au vent, elle sera évaporée en quelques heures
- si je place 10 litres d'eau dans un canari enfoncé en terre, il restera de l'eau au bout de plusieurs jours

La technique du bouli est fondée sur les principes suivants, rappelés aux **figures 3 et 5**:

- **réduire la surface d'évaporation** par rapport au volume d'eau stockée; les boulis ont de 20 à 50 mètres de diamètre;
- **augmenter la profondeur de la mare**; cette profondeur peut aller de 5 à 10 mètres;
- **diminuer les effets du vent**. La terre enlevée en profondeur est accumulée sur une butte circulaire dont le niveau s'élève chaque année après le curage du fond du bouli. Des buissons épineux et des arbres sont plantés sur la butte pour jouer le rôle de coupe-vent. Certains arbres poussant sur la butte circulaire créent des zones d'ombre à la surface de l'eau, ce qui réduit son insolation durant la journée;
- **le fond du bouli est pavé de pierres et d'argile**, de façon à le rendre imperméable;
- un sentier circulaire permet de passer soit à pied, soit avec une charrette, pour effectuer les travaux de curage annuels;
- un passage en pente douce permet aux animaux d'aller s'abreuver;
- l'approvisionnement en eau du bouli se fait par **un canal qui capte l'eau d'un marigot**. Le captage est permis grâce à un muret en banco composé d'une argile particulière, résistante à l'érosion, soigneusement triturée et damée. Le niveau de remplissage du bouli est déterminé par la hauteur de ce muret.



Photo 4: bouli

La **figure 5** présente le bouli sous trois aspects: au-dessus, on le voit en perspective avec son canal d'approvisionnement et son abreuvoir; au centre, on en voit une coupe centrale. En bas à gauche, on a représenté à une échelle plus petite la position du bouli par rapport au marigot.

Au cours de l'hivernage, le bouli se remplit d'eau à partir du marigot voisin. Puis, il se vide progressivement durant la saison sèche, suite à la consommation d'eau villageoise et à l'évaporation. A la fin de la saison sèche, l'eau est boueuse et polluée, en particulier par suite du passage régulier du bétail à l'abreuvoir et de l'utilisation du bouli par les lavandières. Cette pollution est l'inconvénient majeur de ce mode de mise en réserve de l'eau.

La propreté et la transparence de l'eau qui alimente le bouli dépendent de la qualité de l'eau du marigot et de la façon dont celle-ci est captée. S'il y a de la végétation à l'entrée du canal, elle crée une dépression qui permet au flot d'eau chargée d'alluvions de se calmer et de se décharger; l'eau du bouli sera alors assez propre.

Certains villages, comme par exemple le village de Tibou dans la sous-préfecture de Titao, n'ont pas d'autre ressource en eau, durant la saison sèche, que celle de leur bouli. C'est pourquoi ils s'organisent chaque jour pour assurer la garde du bouli et chaque année pour le curer et l'entretenir.

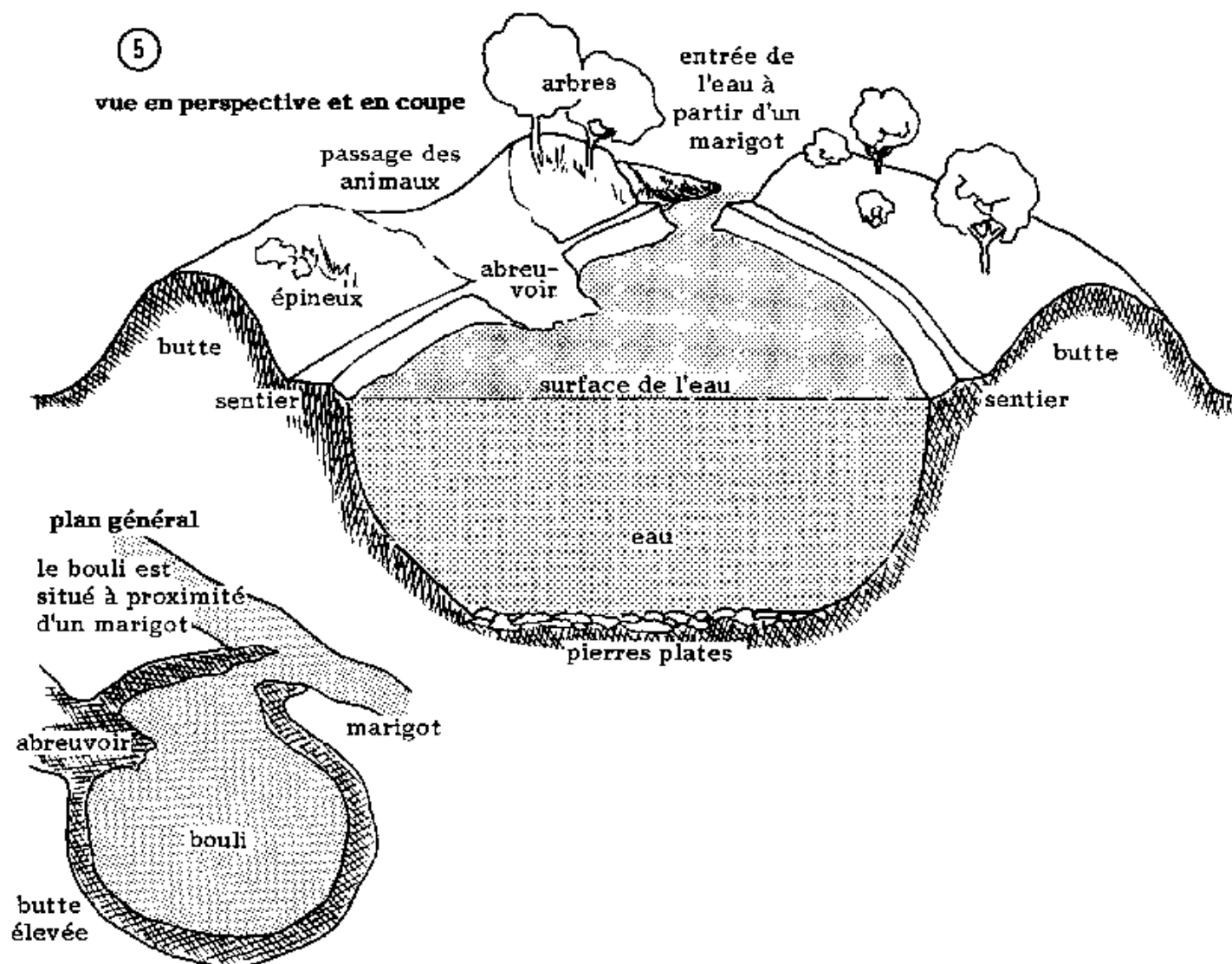


Figure 5: le bouli: mare traditionnelle

le bouli est une mare approfondie. La terre extraite de la mare est accumulée sur une butte circulaire. Le fond de la mare est recouvert de pierres plates.

Plus la mare est profonde et la butte élevée, meilleures sont les conditions de conservation de l'eau.

L'eau des boulis peut être utilisée pour l'arrosage des jardins et l'abreuvement des animaux. Elle ne doit pas être utilisée pour la consommation humaine.

Cette technique ancienne reste une technique intéressante aujourd'hui, surtout si on la perfectionne (**figure 6**).

- On peut **aménager le canal d'entrée du bouli**. Il est intéressant de consolider les berges et le muret de dérivation venant du marigot et de construire un seuil de pierres à l'entrée du bouli au moyen de quelques gabions. Si ce seuil est bien placé, il agit comme un micro-barrage et calme l'eau avant l'entrée en lui permettant de se décharger de ses alluvions. De même, la forme et le profil du canal peuvent être étudiés de façon à permettre à l'eau de se décharger. Le déchargement de l'eau évite le colmatage du bouli et diminue les travaux de curage.
- On peut aussi **empêcher toute activité polluante à l'intérieur de l'enceinte du bouli**. Le placement d'une pompe à main et d'une tuyauterie peut permettre la construction d'un abreuvoir et de lavoirs à l'extérieur de la butte plutôt qu'à même la mare.
- Des **buissons épineux** peuvent être plantés sur les flancs de la butte afin d'éviter le passage. De même, le bétail doit être empêché, par une clôture, de pénétrer le bouli par le canal d'alimentation.
- Des **arbres utiles** peuvent être plantés sur le flanc intérieur de la butte de façon à augmenter l'effet coupe-vent et à créer de la fraîcheur au-dessus de la surface de l'eau.

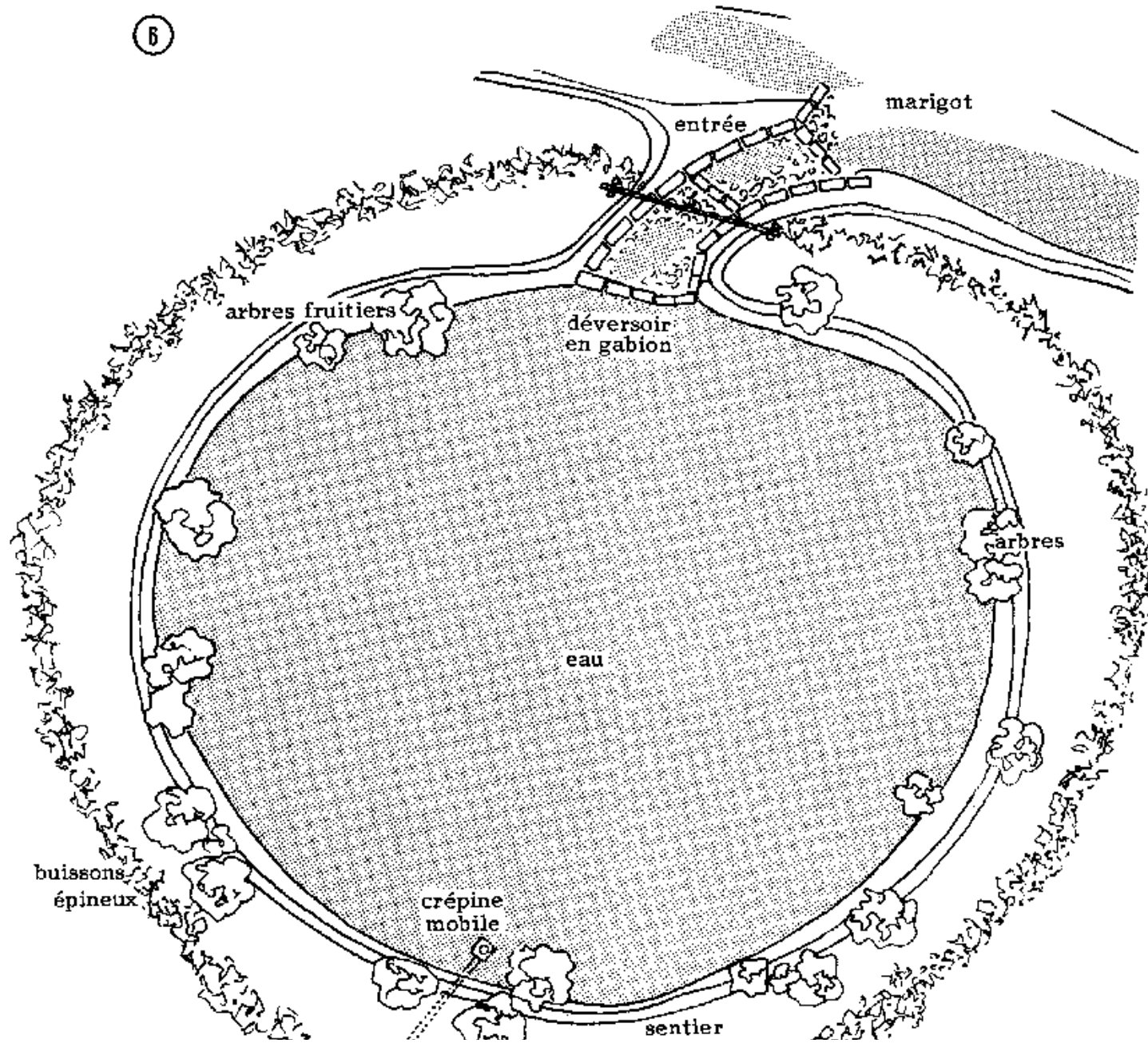


Figure 6: les possibilités d'amélioration d'un bouli

- **le canal d'entrée de l'eau est empierré.** Un ou plusieurs micro-barrages en gabions empêchent la pénétration dans le bouli, de la boue charriée par le marigot
- la butte est entourée d'une **haie dense de buissons épineux** ou d'une **clôture** afin d'empêcher le bétail de pénétrer dans le bouli. Une clôture ferme le canal d'entrée.
- des **arbres** sont plantés sur la butte. Ils freinent le vent, ce qui diminue l'évaporation à la surface du bouli. Ils sont choisis pour leurs productions diversifiées de fruits, de fourrages et de bois.
- **l'accès du bétail au bouli est supprimé** afin d'éviter la pollution de l'eau. Un **abreuvoir** est aménagé à l'extérieur de la butte et alimenté au moyen d'une pompe à main.
- **le bouli est approfondi et ses buttes surélevées** chaque fois que cela est possible. **Ses bords sont nettoyés** chaque année à la fin de la saison sèche.
- des **règles** sont édictées pour le maintien de la propreté de l'eau.

**Photo 7: l'ombrage de la surface de l'eau diminue l'évaporation**

Lorsqu'on installe une pompe, on prévoit que la crépine d'entrée de la pompe puisse être réglée de telle sorte qu'elle puise l'eau sans remuer le fond. L'eau reste ainsi plus propre. On peut par exemple fixer le tube d'aspiration à un piquet ou installer un flotteur.

La création d'un bouli et son entretien ne demandent pratiquement pas d'autres moyens que de la main d'oeuvre et quelques outils. C'est un travail de saison sèche. Le bouli est

surtout utile pour l'abreuvement du bétail et l'arrosage de petits jardins en saison sèche. Par contre, les risques de maladies sont élevés s'il s'agit d'eau de consommation humaine. Cette technique peut aussi être utilisée dans un but de pisciculture puisqu'elle permet d'assurer la permanence d'un point d'eau. Le problème est alors de nourrir le poisson.



Photo 8: les nénuphars, signes d'une présence permanente de l'eau dans le bouli, limitent l'évaporation



Photo 9: un ancien bouli dégradé faute d'entretien

Sixième partie: S'organiser pour l'action

Le développement des métiers de l'eau dans les villages sahéliens est une affaire qui concerne tout le monde. Une société "développée" est en effet une société dans laquelle chaque habitant rencontre l'ensemble des services dont il a besoin pour vivre en bonne santé, en toute sécurité et en relation avec sa communauté. Nombreux sont encore les villages ou les quartiers où ces conditions ne sont pas réunies: agriculture en difficulté faute d'eau, santé déficiente des habitants à cause de la mauvaise qualité de l'eau de boisson, faiblesse du bétail ne trouvant pas suffisamment de fourrage et d'eau, échanges de services et de revenus insuffisants qui font que chacun reste replié sur lui-même, forte dépendance vis-à-vis de services lointains et d'entreprises étrangères.

Plusieurs partenaires sont intéressés et interviennent plus ou moins directement dans le développement d'un artisanat de l'eau:

- les habitants et les artisans ruraux sont les premiers concernés; aucun développement n'existe au village sans eux;
- les autorités coutumières locales et les autorités administratives;
- les services techniques et de formation;
- les financiers.

C'est de leurs actions conjuguées que peut naître un développement concret au bénéfice de tous les habitants.

Les habitants

Aucune action ne peut démarrer et se poursuivre avec succès pour le village s'il n'y a pas, à la base, un groupe de personnes décidées à agir pour résoudre un problème particulier: un groupe de jeunes ou de femmes, un groupe des notables, un groupe d'artisans, un groupe d'élèves, une famille, un groupe d'éleveurs, ...



Photo

De tels groupes de base se manifestent lorsqu'il existe **un problème particulier** qu'il n'est pas possible de résoudre individuellement. Les problèmes posés au groupe peuvent avoir de multiples formes:

- il n'y a plus d'eau au village à certaines périodes,
- les femmes doivent aller trop loin pour chercher l'eau,
- l'eau est sale et provoque des maladies chez les enfants,
- l'agriculture est déficitaire,
- on manque de légumes,
- les jeunes sont sans emploi durant la saison sèche,
- les terres sont emportées par le ruissellement.

C'est toujours autour d'un problème précis qu'il est possible de motiver pour l'action le groupe de personnes qui le ressent et de former les hommes de métier en relation avec ces personnes.

Pour aboutir à une solution au problème qui se pose, le groupe de base devra, dans la plupart des cas, faire appel à des partenaires capables de l'aider techniquement et parfois financièrement. S'il ne rencontre pas ces partenaires, ou que ceux-ci sont inefficaces, il se sent impuissant et se décourage. Inversement, si les partenaires du groupe constatent que celui-ci ne respecte pas ses engagements, ils cesseront de l'appuyer.

La pratique du G.A.R.Y. est toujours d'établir un contrat entre lui-même, groupement d'artisans qui animera le travail technique et de formation, et le groupe de base, chacun ayant à respecter un certain nombre de conditions.

Voici à titre d'exemple la procédure suivie pour la construction d'un micro-barrage à Tollo, dans la région de Titao. Il illustre la relation existant entre le G.A.R.Y. et une communauté villageoise.

Tout a commencé à l'initiative d'un groupe de jeunes, conscients des problèmes de santé. Ce sont ces jeunes qui, par leurs discussions avec les habitants, ont amené les responsables du village à faire appel au G.A.R.Y. dont ils avaient entendu parler. Un rendez-vous fut fixé entre tous ceux qui étaient concernés, et en particulier les autorités du village.

Lors de la première rencontre, on essaya de déterminer les problèmes posés et les besoins. De quoi s'agissait-il? Que désirait-on? De l'eau pour les gens et quelques animaux? De l'eau pour le bétail? De l'eau pour arroser des jardins? Qu'est-ce qui manquait le plus dans le village? Pour certains villageois, c'était uniquement l'eau de boisson, située très loin ou polluée, qui posait problème; pour d'autres, il s'agissait de restaurer des surfaces cultivables; pour les jeunes, de disposer de l'eau saine, ...

Au bout d'une longue discussion, il s'est avéré qu'une volonté forte existait chez tout le monde pour la construction d'un micro-barrage, et qu'une force de travail pouvait être dégagée au village pour réaliser un tel objectif. La construction du micro-barrage devint donc l'objectif prioritaire des habitants et du groupement des artisans, le creusement de puits étant passé provisoirement au second plan.

Avant de prendre les dispositions techniques, il fallait être mieux informé. Une délégation fut constituée pour aller étudier comment d'autres villages s'y étaient pris et en

rendre compte. Toutes les questions devaient être posées, aussi bien celles qui concernaient la position et la construction du micro-barrage, que celles qui concernaient les problèmes fonciers, en amont et en aval.

Lorsque tous les habitants concernés furent informés et convaincus de l'intérêt de l'aménagement, on décida de la manière dont les nouvelles terres seraient utilisées, puis on se mit à discuter des aspects techniques de la construction.

En premier lieu, il fallait choisir le marigot qu'on barrerait et l'emplacement exact du barrage. Ce choix prit plusieurs semaines, pour diverses raisons: les villageois avaient à comprendre eux-mêmes la façon de procéder; ils devaient **parcourir le terroir et le redécouvrir par rapport à l'objectif fixé** et aux indications fournies par le G.A.R.Y.; pour chaque emplacement possible, il fallait étudier les problèmes fonciers qui se posaient. Il fallait en particulier éviter le mécontentement de certains cultivateurs qui allaient devoir céder des parcelles déjà cultivées et prévoir l'attitude d'autres cultivateurs ou familles qui profiteraient de l'aménagement, sans pourtant vouloir participer à sa réalisation.

L'exemple de Tollo éclaire la nécessité d'une analyse très fouillée de ces questions. A l'amont du futur barrage, aucune terre n'était cultivée. La surface récupérée par suite de la construction du barrage fut divisée entre diverses familles et cela ne posa pas de problèmes. Par contre, il y eut, et il y a toujours, des problèmes à l'aval. Certaines familles, installées à cet endroit, bénéficient de l'aménagement sans avoir voulu y participer: leurs récoltes se sont très largement accrues du fait de l'infiltration de l'eau à l'avant du barrage. Mais ces familles refusent de céder les terres nécessaires pour construire un second barrage, selon le principe des aménagements successifs décrits au chapitre 6. Quelques personnes, bénéficiant du travail communautaire, bloquent donc le développement du village parce qu'elles ne veulent considérer que leurs intérêts propres. Il eut donc mieux valu que ces problèmes soient complètement résolus préalablement à la réalisation de l'aménagement.

Les autorités coutumières et administratives

Si de tels problèmes se sont posés à Tollo, c'est que l'autorité coutumière n'a pas joué son rôle correctement. Le village était d'ailleurs trop divisé pour qu'elle puisse le faire. C'est à cette autorité que revient la charge de trouver les solutions aux problèmes fonciers et, plus généralement, à tous les problèmes posés par la vie communautaire. L'autorité coutumière est un partenaire obligé des groupes de base et du G.A.R.Y. Celui-ci n'accepte pas de commencer à travailler si ces autorités n'ont pas pris les décisions et posé les premiers actes qui manifestent clairement qu'elles participent à l'aménagement (par exemple, les premiers travaux de défrichage, ou l'apport de pierres, ou le rassemblement d'une cotisation, ...). Mieux vaut laisser passer du temps que d'entreprendre les travaux avant qu'il n'existe un accord complet.

Il est très rare que l'autorité administrative puisse se substituer à l'autorité coutumière pour prendre les décisions qui s'imposent avant l'aménagement. Par contre, elles peuvent aider les villageois par des conseils précieux, en leur faisant connaître les différentes facettes du travail et en les mettant en relation avec les services techniques pouvant les appuyer. Elles peuvent également jouer un rôle dans les phases préliminaires de mise en contact des groupes de base avec les artisans et avec les financiers.

Les financiers

Nombreux sont les cas où les villages ou groupes de base ont besoin d'un appui financier minimum pour réaliser leur projet, en particulier là où la vie économique est peu développée. Il faut donc que les habitants et les artisans rencontrent ces financiers et négocient avec eux.

On n'insistera cependant jamais assez sur le fait que **ce sont les ressources propres d'un groupe, d'une communauté ou d'un village, qui sont les plus efficaces pour l'amélioration de leur vie**. Ces ressources sont multiples: la terre, l'eau, l'air, la lumière, les plantes, le bétail, la main d'oeuvre, les savoir-faire des habitants, les ressources monétaires, ont beaucoup plus d'importance dans la réussite d'une action villageoise que l'argent venu de l'extérieur. Celui-ci ne peut être efficace que s'il est utilisé en complément des ressources propres.

Dans l'esprit des villageois, une chose leur appartient s'ils y ont investi leur intelligence et leur travail. Mais quelle intelligence et quel travail ont-ils investis dans une somme d'argent qui leur parvient après le passage d'un fonctionnaire ou d'un expert inconnu? Cette somme ne leur appartient pas, et si l'aménagement naît de sa seule présence, il sera la propriété du propriétaire de l'argent, non la leur.

Cela se confirme d'ailleurs si l'on étudie les exigences du financier. Avec ses experts et ses techniciens, c'est bien souvent lui qui décide de l'endroit où sera créé l'aménagement, de l'organisation qu'il faudra mettre en place, du calendrier des travaux ... Lorsqu'il apporte son argent, le financier - souvent pressé - croit qu'il peut décider à la place des habitants; il ne leur laisse pas le temps, ni les moyens, de réfléchir comme il faut; il veut aller vite et se croit le plus savant; il est si sûr de l'importance de son argent pour la réalisation de l'aménagement qu'il sous-estime l'importance des ressources propres des habitants et la nécessité d'une négociation en profondeur.

Telles sont les raisons les plus fréquentes d'échec. Celui-ci n'apparaît pas toujours au cours des premiers mois, dans la période joyeuse au cours de laquelle le village reçoit son "cadeau"; il apparaît plus tard, lorsque des tensions naissent entre les habitants et que l'organisation mise en place est insuffisante pour les régler avec l'accord de tous.

Trop de communautés attendent impatiemment, depuis bien des années, des cadeaux qui ne viennent pas. Dans cette attente naïve mais compréhensible, elles perdent leur temps et leurs ressources humaines (les jeunes s'en vont), tout en constatant la dégradation de leur milieu de vie. Les financiers contribuent bien souvent à cette passivité. Ils laissent croire que leurs moyens et leurs projets techniques sont susceptibles de transformer la vie villageoise; ils font naître des espoirs partout, alors qu'ils ne peuvent intervenir que sur des aspects limités du progrès rural.

De plus, les financiers sont mal organisés pour intervenir chichement. Ils préfèrent quelques grosses dépenses que l'on peut remarquer, qu'une série de petites dépenses répondant exactement à l'appui limité sollicité par un groupe de base ou une communauté. Leur intervention financière est fréquemment assortie d'une série d'exigences qui rendent dépendantes les décisions des groupes de base.

Sans généraliser outre mesure, on peut dire que les partenaires financiers sont rarement des partenaires faciles pour les habitants et les artisans. Les groupes qui s'adressent à eux doivent savoir clairement ce qu'ils veulent et ne pas être obnubilés par l'espoir d'une richesse factice fondée sur une somme d'argent tombée du ciel. Ils doivent être conscients de ce que leurs décisions collectives doivent prévaloir, l'avis des financiers sur leur projet n'étant qu'un avis parmi beaucoup d'autres.

Le premier échec du barrage de Tollo a été dû précisément à la façon dont sa réalisation fut décidée. C'est un étranger, de passage au village, qui proposa de le construire en indiquant même l'emplacement à proximité du village. Ce même étranger apporta la contribution financière qui poussa les villageois à se mettre au travail. On a vu les difficultés qui sont nées du fait que toutes les facettes de l'aménagement n'ont pas été correctement étudiées: rupture du barrage, difficultés avec certaines familles à la suite de la reconstruction, impossibilité actuelle de créer de nouveaux barrages en aval, etc ...

L'expérience montre à quel point il est nécessaire que les habitants et leurs autorités, les artisans et techniciens, les financiers, négocient longuement entre eux pour trouver un accord, quel que soit le temps nécessaire. Dans cette négociation, les techniciens et les financiers ne doivent pas oublier qu'il ne leur revient pas de prendre eux-mêmes les décisions, mais bien d'appuyer des décisions prises par ceux qui sont directement intéressés par l'aménagement.

Les artisans

Les artisans sont les partenaires privilégiés des groupes de base sur le plan technique. Ils sont eux aussi des habitants décidés à vivre dans la région du produit de leur travail. C'est ce qui les distingue d'autres techniciens ou d'experts dont la vie s'organise en ville ou dans d'autres régions ou pays. L'artisan est un homme de métier qui travaille de ses mains. Il est capable de maîtriser à lui seul, au moyen d'un outillage adéquat, tous les aspects de ce qu'il fabrique. On peut dire que l'artisan est un homme de métier qui utilise des techniques simples ne faisant pas appel à d'importantes recherches scientifiques et techniques.

La position sociale de l'artisan est donc différente de celle d'un ouvrier ou d'un employé travaillant sur un chantier ou dans une usine, sous la direction d'un chef de chantier. L'ouvrier ou l'employé ne maîtrise pas tous les aspects de son métier. Parfois même, il n'en réalise qu'une toute petite partie.

Les villageois du Sahel connaissent bien certains métiers artisanaux: le puisatier, le forgeron, le potier, le vannier, le menuisier, le charpentier, le maçon, le tisserand, le bijoutier, le mécanicien, le fondeur, le carrossier, le tailleur, le cordonnier, etc ... Ce livre montre qu'il y a aussi de la place pour des artisans travaillant dans le domaine de l'eau.

Toutefois, vu le caractère communautaire des problèmes posés dans ce domaine et la nécessité d'innover, la réussite sera plus grande si les artisans se regroupent. Comment un artisan individuel pourrait-il négocier la construction d'un micro-barrage, d'un puits ou d'un forage, avec tout le village? S'il y arrivait, serait-il capable de mener à bien, tout seul, la réalisation technique, l'organisation et la gestion? Un homme seul peut-il entourer le tronc du baobab?

L'idée du G.A.R.Y. est précisément qu'il faut être plusieurs pour ceinturer ce gros arbre. C'est en se groupant que les artisans, avec l'aide d'un conseiller, ont réussi à développer leur activité dans les villages du Yatenga et à créer de l'emploi pour des jeunes.



Photo

Etablir un contrat

Aucun ouvrage ne doit commencer sans qu'il y ait un accord unanime de tous les partenaires sur le travail à réaliser par chacun. Cet accord se traduit sous forme d'un contrat oral ou écrit qui lie le G.A.R.Y., les autorités locales, les chefs de famille ou de quartier, les groupes de base, les services techniques ou financiers, etc ... Le contrat est considéré comme définitivement acquis lorsque les villageois ont réellement commencé le travail.

Le contrat doit prévoir la façon dont les travailleurs (artisans du G.A.R.Y. ou recrues villageoises) seront rémunérés. En général, il est convenu que ce sont les villageois qui logent et qui nourrissent les artisans du G.A.R.Y. durant leur séjour au village. De plus, un salaire leur sera payé en nature au moment de la première récolte qui suit la réalisation du chantier. Lorsqu'il s'agit de micro-barrage ou de diguettes, c'est en général le tiers ou la moitié de la nouvelle récolte qui est prélevé pour payer les artisans.

Lorsqu'il s'agit d'un puits ou d'un forage, un prix est convenu préalablement.

La composition du G.A.R.Y. après 8 années de fonctionnement

Le fonctionnement du G.A.R.Y. vaut la peine d'être décrit comme un exemple. Il ne s'agit pas de dire que la méthode de ce groupement est la seule bonne, mais bien de montrer ce qui s'est passé dans un cas concret et enrichir ainsi la réflexion.

En 1983, le G.A.R.Y. de Titao comprenait 26 artisans répartis en équipes de travail:

- trois équipes de forage comprenant chacune un chef d'équipe, un adjoint et un manœuvre. Le chef d'équipe est un artisan chevronné. L'adjoint et le manœuvre sont des apprentis qui pourront devenir chef d'équipe si le groupement constate leur capacité à le devenir. Chacune des équipes possède un matériel de forage complet;
- deux équipes de puisatiers composées également de trois hommes: un chef d'équipe, artisan chevronné, un adjoint et un manœuvre en formation;
- trois responsables de chantiers villageois. Ce sont des artisans qui travaillent dans les villages avec les habitants qui aménagent des diguettes et des barrages. Ils sélectionnent l'emplacement des micro-barrages, apprennent aux cultivateurs à établir leurs diguettes, aident les villageois à calculer les quantités de pierre à transporter, etc ...
- une équipe est chargée de la fabrication du treillis pour les gabions et les clôtures. Elle comprend quatre personnes dont un chef gabionneur et trois adjoints qui se forment au métier. A ces personnes s'ajoutent un homme fabricant les piquets pour les clôtures et un autre responsable de la fabrication de fourneaux améliorés (c'est une activité du G.A.R.Y. dont nous n'avons pas parlé, car elle n'est pas directement liée aux problèmes de l'eau);
- il y a enfin un chef d'atelier et son adjoint qui sont chargés d'entretenir les outils et le matériel du groupement;
- en cas de nécessité, le groupement fait parfois appel à deux ou trois travailleurs temporaires.

Le groupement vise à ce que ses artisans formés soient interchangeable. Un chef d'équipe de forage doit pouvoir diriger le creusement d'un puits ou organiser un chantier villageois; un responsable de chantier doit pouvoir diriger le gabionnage ou le forage, etc ... C'est donc une formation artisanale complète qui est visée par la méthode de travail du G.A.R.Y.

Les artisans se réunissent chaque mois en assemblée générale pour s'informer mutuellement et prendre les grandes décisions.

Pour les décisions journalières, l'assemblée désigne un conseil composé de trois artisans. L'un d'entre eux est remplacé chaque année et l'assemblée générale veille à ce qu'il y ait une rotation des responsabilités au sein du conseil. Celui-ci se réunit chaque jour pour prendre collectivement les décisions qui s'imposent: c'est lui qui dirige l'activité technique et la gestion.

En cas de nécessité, le conseil ou l'assemblée générale fait appel au conseiller technique. Celui-ci veille à mettre au point et à enseigner des techniques encore mal connues des artisans. Il est également responsable des contacts avec les financiers lorsqu'un appui financier est nécessaire. C'est un animateur du groupement avec lequel les artisans ont pu engager un dialogue permanent.

Si le groupement lui-même ne comprend pas plus de 26 personnes, le nombre de personnes ayant acquis des connaissances techniques en relation avec les problèmes de l'eau dans les villages est beaucoup plus élevé.



Photo

Dans tous les villages où ils travaillent, les artisans du G.A.R.Y. repèrent les quelques jeunes qui ont compris le principe des aménagements et qui sont capables de les continuer. Par exemple, dans le village de Tikaré, entre Kongoussi et Seguenaga, une série de séances de formation ont été mises sur pied: le matin, des explications étaient données au tableau, l'après-midi était consacré aux travaux dans les champs. Les dix jeunes ainsi formés ont fait deux kilomètres de diguettes antiérosives durant la première année. La récolte sur leurs champs est passée de 6 à 10 tonnes. Il y a eu 4 tonnes pour rémunérer le travail des artisans. Dès l'année suivante, du groupe de jeunes qui avait fait les diguettes en aménageant deux champs, sont nés six autres groupes dans d'autres villages, qui ont fait chacun deux kilomètres de diguettes. En une seule année, les aménagements sont donc passés de deux à douze kilomètres de diguettes. A présent, le mouvement est lancé; toute cette région installe des diguettes. Ils pratiquent la méthode dans des endroits où il n'y avait pas de gros marigots, c'est-à-dire sur des terrains qui ne sont pas encore entièrement dégradés. Ce mouvement très rapide est dû au fait que les résultats obtenus par la construction des diguettes sont immédiats. Ces résultats sont le plus puissant moteur de la formation.

Au début de leur formation au G.A.R.Y., les jeunes qui sont recrutés apprennent d'abord les travaux les plus faciles. Ils apprennent le métier de terrassier, ils apprennent à creuser un fossé droit à pans rectilignes suivant une dimension déterminée au moyen d'un mètre pliant. Il est nécessaire qu'au moins un des jeunes en formation ait fréquenté une école de brousse ou une école rurale. Ensuite, ils doivent pouvoir eux-mêmes montrer aux paysans comment on se sert d'une pelle, comment on descend une tranchée en

ligne droite et comment on l'arrête à une profondeur déterminée. C'est la partie la plus facile du métier.

Ils acquièrent ensuite les techniques de fabrication des gabions. Au bout d'un mois, ils savent travailler seuls et fabriquer l'outillage pour les faire. Le matériel est très simple: un villebrequin et deux mèches à bois suffisent. Après cela, ils vont apprendre à déterminer l'emplacement des premiers micro-barrages, ce qui est un apprentissage plus difficile.

Les jeunes en formation passent ainsi des techniques simples aux techniques de plus en plus compliquées. Une sélection se fait au fur et à mesure du recrutement. Certains n'arrivent pas à faire autre chose qu'un travail répétitif (remplir les gabions, tailler les pierres, etc ...), d'autres vont plus loin et abordent des techniques plus compliquées comme celles des puits ouverts ou des forages. Pour l'acquisition et la parfaite maîtrise de telles pratiques, plusieurs années d'apprentissage sont nécessaires. Les jeunes qui y sont intéressés restent au G.A.R.Y. de Titao le temps nécessaire. Ils s'y intègrent définitivement ou, s'ils le peuvent, s'installent à leur propre compte.

Les artisans du G.A.R.Y. se forment donc "sur le tas". C'est sur la pratique qu'ils comptent pour apprendre leur métier, et cette pratique est aussi diversifiée que possible (gabionnage, forage, creusement des puits, direction de chantier paysan, gestion, etc ...). Les premiers résultats techniques sont parfois de qualité médiocre, mais ils permettent à chacun de perfectionner la pratique. Un principe de la formation dans le G.A.R.Y. est de ne pas chercher d'emblée la meilleure qualité, mais de veiller à une excellente assimilation de toutes les facettes du métier, qui permettra, elle, de déboucher sur une meilleure qualité de travail.

Dans ce domaine, la pratique du G.A.R.Y. diffère de celle des grands projets utilisant des agents bénéficiant d'une très grande spécialisation technique au détriment des connaissances sociologiques, économiques et pratiques et d'une bonne insertion humaine dans le milieu villageois.

Lorsqu'ils mettent en œuvre des solutions techniquement parfaites, mais compliquées, ces projets privent les habitants de leur propre formation. La perfection technique et la complication ne sont pas à la portée immédiate des mentalités villageoises. Faire à leur place, c'est, le plus souvent, provoquer leur désintérêt.

Dans la collection Terres et Vie

Rue Laurent Delvaux 13, 1400 Nivelles, Belgique

- **Paysans d'Afrique noire**, de H. Dupriez, 1980, 256 pages, 2ème édition.

Les vues d'un agronome-économiste sur les pratiques du "développement rural" en Afrique Noire.

- **Agriculture tropicale en milieu paysan africain**, de H. Dupriez et Ph. De Leener, 1983, 282 pages.

Un livre illustré consacré à l'agriculture paysanne, destiné aux agriculteurs, aux élèves, aux cadres ruraux et à tous ceux qui s'intéressent au milieu agraire.

- **Eau et terres en fuite, métiers de l'eau du Sahel**, de J.-L. Chleq et H. Dupriez, 1984, 136 pages, 2ème édition.

Dans le cadre villageois, divers métiers de l'eau pratiqués à l'échelle artisanale: lutte contre l'érosion, micro-barrages, puits, forages, pompes, retenues de surface.

- **Langue française et agriculture tropicale**, de F. Tsoungui, 1985, 193 pages.

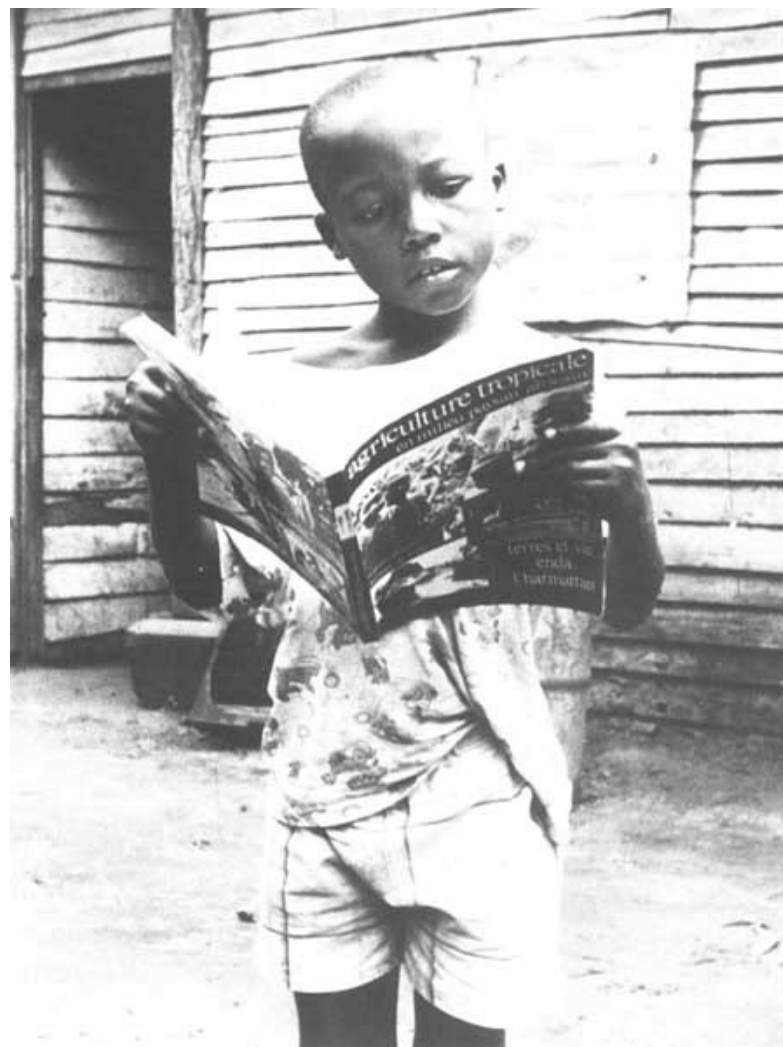
Un outil d'apprentissage de la langue française se basant sur les textes du livre "Agriculture tropicale en milieu paysan africain".

- **Ecocultures d'Afrique** (Shifting Cultivation in Africa), de P. de Schlippe (+), traduction et adaptation, 1986, 208 pages.

Une description du système d'agriculture des Azande situés à la frontière entre le Zaïre, le Soudan et la République Centrafricaine.

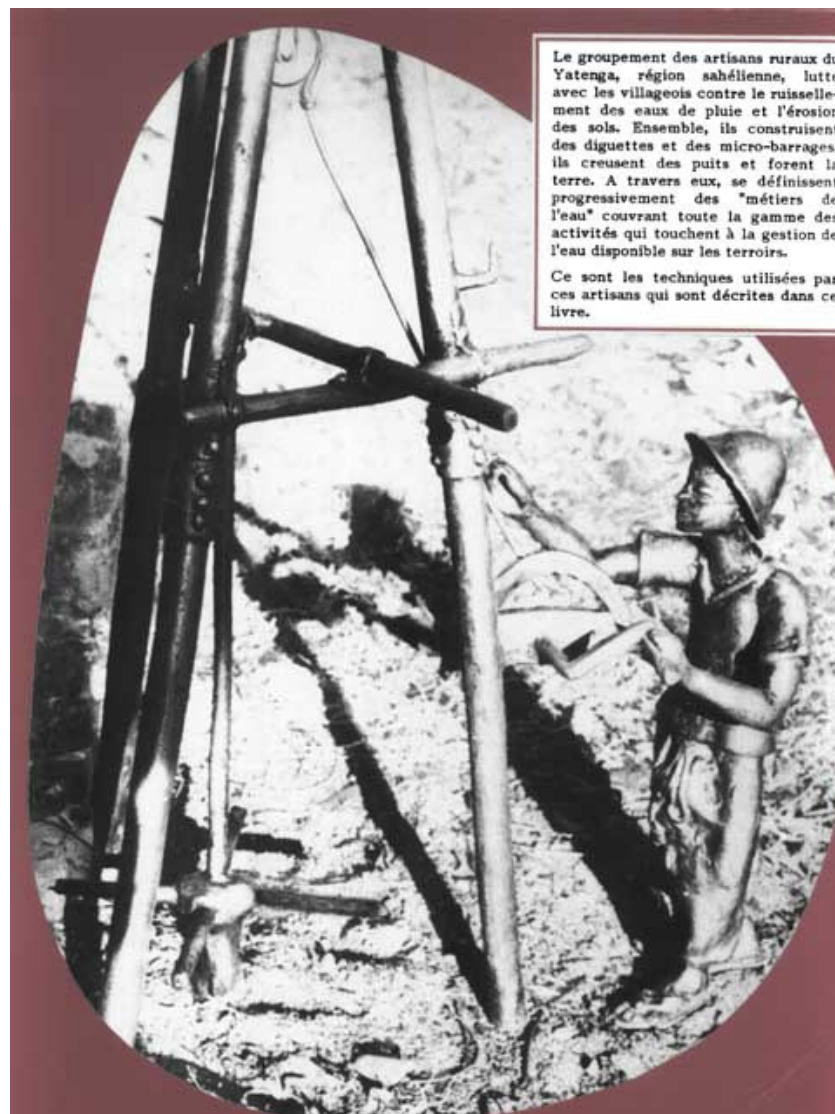
- **Jardins et vergers d'Afrique**, de H. Dupriez et Ph. De Leener, 1986.

Ce livre vise à mettre en évidence divers aspects de la production maraîchère, fruitière et condimentaire propres à l'Afrique tropicale.

**Photo**

Le groupement des artisans ruraux du Yatenga, région sahélienne, lutte avec les villageois contre le ruissellement des eaux de pluie et l'érosion des sols. Ensemble, ils construisent des diguettes et des micro-barrages, ils creusent des puits et forent la terre. A travers eux, se définissent progressivement des "métiers de l'eau" couvrant toute la gamme des activités qui touchent à la gestion de l'eau disponible sur les terroirs.

Ce sont les techniques utilisées par ces artisans qui sont décrites dans ce livre.



Photo

[Version texte](#)