

Les chemins de l'eau - ruissellement, irrigation, drainage - manuel tropical

Hugues Dupriez
Philippe de Leener

TERRES ET VIE
13, rue Laurent Delvaux, 1400 Nivelles, Belgique

CTA
postbus 380, 6700 AJ
Wageningen, Pays-bas

l'harmattan
7, rue de l'Ecole Polytechnique, 75005 Paris, France

enda
BP 3370, Dakar, Sénégal

Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA)

Le Centre Technique de Coopération Agricole et rurale (CTA) est installé depuis 1983 à Ede-Wageningen au titre de la convention de Lomé entre les Etats membres de la Communauté Européenne et les Etats du groupe ACP.

Le CTA est à la disposition des Etats ACP pour leur permettre un meilleur accès à l'information, à la recherche, et à la formation, ainsi qu'aux informations dans le secteur du développement agricole et rural et de la vulgarisation.

Adresse du siège: "de Rietkampen", Galvanistraat 9, Ede, Pays-Bas.
Adresse postale: postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas.
Téléphone: 31- (0) 8380-60400. Fax 8380-31052. Télex (44) 30169 CTA NL

Terres et vie remercie la Fondation Ford, et en particulier son bureau de Dakar, qui a financé le long travail d'étude et de rédaction préalable à cette publication. Sans la confiance et la patience qu'elle a manifestées aux auteurs durant les 4 années qui ont suivi la décision d'entreprendre cet ouvrage, il n'aurait pas existé.

Nous remercions également le CTA pour la collaboration efficace dont nous avons bénéficié, tant par ses encouragements cordiaux que par son appui financier.

Ce livre doit beaucoup à une multitude de personnes que nous ne pouvons toutes citer. Nombreux sont les paysans et paysannes, les agents ruraux, les techniciens qui, au cours de nos pérégrinations en Afrique et ailleurs, nous ont enseigné, montré, aidé à comprendre les matières faisant l'objet de ce livre.

Parmi leurs collaborateurs les plus directs, les auteurs remercient particulièrement Michelle Favart qui a traqué dans les textes les redites, les redondances et les inconséquences, Bridaine O'Meara et Roseline Piraux qui ont eu la tâche difficile du secrétariat et de la composition des maquettes, et Georges Staquet qui a mené à bien l'ensemble des tirages photographiques.

dessins de H. Dupriez

photos: H.Dupriez et P. De Leener

composition: Terres et Vie

impression: Nouvelles imprimeries Havaux, Nivelles, Belgique

ISBN 2-87105-009-X

dépot légal Belgique: D/1990/3319/1

dépot légal France: 11/1990

copyright: © H.Dupriez

1990

(introduction...)

Introduction

Première partie - L'eau et l'agriculture

Leçon 1 - Différents types d'agriculture, vus sous l'angle de l'économie en eau

Leçon 2 - L'eau des terroirs: Ou et sous quelle forme?

Première partie - L'eau et l'agriculture

Leçon 1 - Différents types d'agriculture, vus sous l'angle de l'économie en eau

(introduction...)

Cette leçon s'attache à bien définir le langage utilisé par la suite. Il s'agit de s'entendre sur le sens de certains termes tels que agriculture pluviale, cultures irriguées, cycles pluviométriques, etc.

Agriculture pluviale

L'agriculture pluviale ou **agriculture sous pluie** dépend entièrement des pluies. Elle est tributaire du calendrier des pluies et de la répartition de celles-ci au cours des saisons pluvieuses.

On parle aussi de **cultures de plateau** ou de **cultures sèches** pour caractériser ce type d'agriculture.

Dans certaines régions, l'agriculture pluviale est pratiquée en un **seul cycle cultural**, dans d'autres, **deux cycles de culture** sont possibles.

Dans le premier cas, il n'y a qu'une seule saison pluvieuse et une seule saison sèche dans l'année; le calendrier est dit **unimodal**. Plus on s'approche des tropiques (Cancer ou Capricorne), plus la saison pluvieuse est courte. Cela signifie qu'on ne peut semer les espèces saisonnières qu'une seule fois dans l'année et qu'elles doivent avoir terminé de produire au moment où les sols se dessèchent.

Dans ce type de climat, le nombre d'espèces, cultivées ou non, qui arrivent à subsister durant les saisons sèches est d'autant plus réduit que les saisons sèches sont longues et les saisons pluvieuses incertaines.

Dans d'autres régions, il y a deux saisons des pluies et deux saisons sèches d'inégales importances. On parle de grandes ou de petites saisons sèches ou pluvieuses, sans que ces termes, ne revêtent un caractère très précis. Le calendrier des pluies est **bimodal** et les cultivateurs peuvent pratiquer **deux cycles** de cultures saisonnières.

Cela signifie que les cultivateurs peuvent ensemer ou planter à deux périodes de l'année, par exemple en avril et en septembre. Si les espèces semées ont un cycle de production court, on disposera sur une même parcelle de deux récoltes successives dans l'année (maïs, sorgho, haricot, riz, gombo,...), alors que si les cycles de production sont de plus de six mois (igname, taro, manioc,...), une parcelle déterminée ne pourra pas être enssemencée plus d'une fois dans le courant de l'année.

Ce qui caractérise les régions à pluviosité bimodale, c'est la possibilité qu'ont de nombreuses plantes de poursuivre leur vie sans discontinuer durant toute l'année. Le bananier, le poivrier, les colocases, franchiront sans trop de difficultés les deux saisons sèches d'une région à pluviométrie bimodale, alors qu'ils ne pourraient pas franchir la saison sèche prolongée d'une région à pluviosité unimodale.

Le fait d'une pluviosité bimodale est particulièrement intéressant pour l'agriculture. Il explique la luxuriance de certaines régions tropicales et équatoriales. Il permet dans bien des cas d'étaler les périodes de semis et de plantation dans l'année et de décaler certains cycles culturaux en fonction des disponibilités de main d'oeuvre.

Dans le centre-ouest de la Côte d'Ivoire, le climat est bimodal. Un très grand nombre d'espèces saisonnières, plurisaisonnières et pérennes peuvent y être cultivées: le riz, le maïs, l'arachide, la patate, le gombo, l'igname, le manioc, le bananier, le palmier, le caféier, le palmier, le cacaoyer et bien d'autres espèces agricoles (**photo 9**).



champ d'igname en Côte d'Ivoire

Les plantes se succèdent ou s'associent dans les champs selon les circonstances. Remarquons que les plantes non pérennes ont des **cycles de vie** de longueurs très différentes. Certaines achèvent leur cycle en 4 ou 5 mois, d'autres en 8 ou 10, d'autres en 18 ou 24 mois, etc.

La diversité des cycles de vie ou **cycles végétatifs** conduit le cultivateur à composer son champ en fonction des multiples possibilités de complantations. (1)

(1) voir *Agriculture tropicale en milieu paysan africain*, Hugues Dupriez et Philippe Deleener (leçon 1), TERRES ET VIE, 1986

Dans le Saloum sénégalais, les cultivateurs ne disposent pas des mêmes avantages que leurs collègues ivoiriens (**photo 10**). Les pluies s'annoncent en juin, éclatent en juillet et s'achèvent au plus tard au début d'octobre. Seule la culture de plantes saisonnières peu exigeantes en eau et dont le cycle productif est bref peut être envisagée - sorgho, mil, arachide, niébé et coton, outre diverses espèces de légumes. Encore existe-t-il des risques d'échec en début et en fin de saison culturale.



grand champ pluvial avec haies au Sénégal

Certaines espèces d'arbres agricoles sont à même de persister durant la saison sèche: baobab, rônier, acacia, néré, balanites, manguier, guiera,... Le bananier, l'élaïs, l'avocatier, le safoutier, par contre, ne peuvent pas vivre dans cette région, sauf s'ils bénéficient d'arrosages artificiels durant les saisons sèches.

Les parcelles que l'on voit sur la **photo 10** sont cultivées une fois par an, dans un système de rotation qui fait se succéder, en association ou en culture pure, le sorgho, le niébé, l'arachide et de courtes jachères.

Cultures irriguées

Irriguer veut dire arroser artificiellement la terre et les plantes. Si les cultures pluviales dépendent entièrement des pluies, les cultures irriguées bénéficient d'arrosages organisés par l'homme, au moyen de conduites d'eau, de canaux, de réservoirs, de pompes, etc.

On parle d'**irrigation totale** lorsque les besoins en eau de la culture sont satisfaits par l'irrigant sans discontinuer, d'un bout à l'autre du cycle cultural. On parle d'**irrigation d'appoint** lorsque l'arrosage artificiel vient seulement suppléer l'arrosage par les pluies, lorsque celui-ci est déficient ou insuffisant.

On distingue deux grands modes d'irrigation. Le plus courant est l'**irrigation par gravité** qui imite l'écoulement naturel des eaux à la surface de la terre. Le second est l'**irrigation par aspersion** qui projette l'eau en l'air pour la laisser retomber sur les cultures, sous forme de pluie.

Les aménagements et les équipements d'irrigation vont du plus simple au plus complexe comme le montrent les exemples qui suivent.

Voici un jardin irrigué à partir d'un **puits** peu profond (**photo 11**). L'eau extraite du puits est déversée dans une citerne. Le jardin est arrosé au moyen d'arrosoirs transportés à la main. Durant la saison pluvieuse, on n'arrose les plantes que lorsque les pluies font défaut plusieurs jours de suite. Les semis bénéficient de soins plus attentifs.



jardin avec citernes au Burkina Faso

Lorsque survient la saison sèche, on peut encore arroser quelques semaines avec l'eau du puits, mais celui-ci finit par tarir et le jardinage prend fin jusqu'au retour des pluies. Seuls subsistent les arbres fruitiers capables de résister à la sécheresse durant plusieurs mois.

L'équipement utilisé dans ce jardin est simple et peu coûteux. Il s'agit principalement de faire l'appoint d'eau lorsque l'état des cultures, l'exige.

Sur la **photo 12**, nous voyons un **périmètre irrigué** au Burkina Faso. A droite, apparaissent les **casiers ou bassins** dans lesquels est pratiquée la riziculture. Au fond, on aperçoit le **barrage** en terre et son **déversoir** qui permettent de constituer une réserve d'eau très importante. Le **canal d'amenée** d'eau est visible à gauche. C'est par lui que passe l'eau qui va être distribuée dans les différents casiers de culture. L'eau est amenée à proximité des parcelles par écoulement naturel (ou gravité), la canalisation principale étant en pente légère. Puis, elle est conduite sur ces parcelles qui peuvent être disposées soit en terrasses, soit en casiers. (leçon 43)

Les investissements réalisés dans ce périmètre pour contrôler la fourniture d'eau sont importants. Les résultats sont à la mesure de cette importance: dans cette région où l'agriculture pluviale permet de cultiver un cycle de mil ou de sorgho avec une production de

800 à 1200 kilos de grains par hectare, parfois moins, l'aménagement a permis de produire du riz deux fois par an et d'obtenir de 4000 à 5000 kilos de paddy à l'hectare.

L'efficacité d'un système d'irrigation ne dépend pas nécessairement du niveau d'investissement consenti. Il existe d'immenses périmètres irrigués établis à coup de milliards dont l'efficacité est très faible et les coûts de fonctionnement très élevés. D'autres périmètres plus restreints et ne bénéficiant que d'équipements minima donnent parfois des résultats supérieurs.

La possibilité d'irriguer dépend de la **réserve d'eau** disponible. Lorsqu'on dispose d'une rivière ou d'un lac permanent, l'irrigation est possible durant toute l'année, du moins si d'autres facteurs que l'eau ne viennent pas limiter la culture. Mais, dans bien des cas, les réserves ne sont pas permanentes. Elles évoluent dans le temps en fonction de la pluviométrie du lieu même ou de régions plus lointaines et de l'état de l'environnement: par exemple; l'état de la couverture végétale sur le bassin versant alimentant une rivière.

Lorsque l'eau est disponible toute l'année, on peut pratiquer successivement plusieurs cycles de cultures par an et "gommer" les calendriers pluviaux. On dit alors pouvoir réaliser 2 ou 3 cycles de culture par an.



périmètre rizicole

Lorsque les ressources en eau sont périodiques, elles peuvent être utilisées de plusieurs façons:

- comme **appoint au cours d'une saison pluvieuse**, aux moments où les plantes risquent de souffrir d'un manque d'eau;
- comme **appoint pour prolonger l'arrosage naturel** par les pluies, au début d'une saison sèche, et permettre l'achèvement correct d'un cycle de culture commencé durant la saison pluvieuse;

- pour **arroser durant une saison sèche**. Dans ce dernier cas, l'irrigation permet de réaliser des **cultures de saison sèche** ou **cultures de contre-saison**. Il faut évidemment s'assurer de ce que les réserves d'eau soient suffisantes durant toute la saison sèche.

L'efficacité de l'agriculture irriguée se mesure à plusieurs niveaux:

- celui du **rendement de la terre**. Des cultures correctement irriguées auront toujours un meilleur rendement que celles qui souffriraient de pénurie aux moments cruciaux de leur cycle végétatif;
- celui du **rendement du travail**, c'est à dire de ce que rapporte chaque journée de travail;
- celui de l'étalement des travaux et de **l'emploi rural**. Dans bien des cas, l'irrigation permet d'occuper la main-d'oeuvre durant de plus longues périodes. Par exemple, sur le périmètre de la **photo 12**, les travailleurs sont entièrement occupés entre 7 et 8 mois par an. Avant l'aménagement, l'emploi se limitait aux 4 mois de la saison pluvieuse. Ils étaient donc amenés à émigrer vers les villes à la recherche d'emplois non agricoles durant les périodes creuses de l'activité agricole;
- celui du **risque agricole**. Bien irriguées, les cultures ne subissent pas les hasards de la pluviométrie;
- celui de la **rentabilité financière**.

Cultures inondées, cultures de crues et de décrues

On parle de **cultures inondées** dès lors que les plantes sont amenées à pousser les pieds dans l'eau durant des phases prolongées de leur cycle végétatif.

Peu de plantes supportent l'inondation prolongée. C'est pourquoi ces termes s'appliquent généralement à la culture du riz dont un grand nombre de variétés profitent bien de l'inondation.

L'inondation peut être **naturelle** ou **artificielle, contrôlée ou non**, selon les circonstances locales. Dans le périmètre de la photo 12, l'inondation est contrôlée. On y a délimité des casiers de 20 à 50 ares, entourés de diguettes. La terre des casiers a été aplaniée. Lorsqu'on ouvre les rigoles d'entrée des casiers, on peut y déposer une couche d'eau bien définie ou lame d'eau, puis refermer les rigoles.

Le contrôle de l'inondation des terres cultivées est un acte d'intensification agricole.

Dans les bas-fonds, le long des rivières et des fleuves, l'inondation se produit au moment des crues. La rivière quitte son lit et s'étend sur les terres voisines.

La **photo 13** est prise d'avion, au-dessus d'un affluent du fleuve Niger. Le régime des eaux du fleuve fluctue fortement en relation avec la pluviosité sur les hautes vallées situées loin en amont.



le fleuve Niger au Mali

Quelques semaines après le début des pluies, la rivière et le fleuve entrent en crue et débordent de leur lit. L'eau envahit les terres environnantes. L'épaisseur de la lame d'eau dépend de la topographie des lieux. Certains lieux, en dépression, reçoivent beaucoup d'eau; d'autres restent à sec ou ne reçoivent qu'une couche d'eau mince et fluctuante.

Diverses variétés de riz sont semées sur les terres du village que l'on voit au centre de la photo. **Riz flottant** croissant au rythme de la montée des eaux dans les parties inondées durant plusieurs semaines et dont les tiges croissent jusqu'à 2 ou 3 mètres de long; riz Inondé sur les parcelles où la nappe d'eau est peu épaisse et fluctuante; **riz de décrue** dans les endroits que l'eau atteint moins fréquemment et d'où elle se retire assez rapidement.

La photo montre nettement les légères différences de relief. On y voit en bas, à gauche, des bas-fonds dans lesquels l'eau se maintient plusieurs semaines après la décrue du fleuve. L'agriculture inondée de cette zone présente les caractéristiques suivantes:

- elle profite des inondations naturelles du fleuve;
- les eaux débordantes amènent avec elles des argiles et des limons qui enrichissent les parcelles inondées;
- les inondations dépendent du régime hydraulique du fleuve qui lui-même dépend de la pluviosité dans les hautes vallées et de l'état de la couverture végétale des versants;
- l'humidité des terres de cultures ne dépend pas uniquement de l'inondation. Celles-ci bénéficient également de l'eau de pluie qu'elles reçoivent directement;

- une partie des terres inondées lors des crues peut être exploitée en cultures de décrue (voir ci-dessous), en particulier dans les mares comme celle de la **photo 14**, dans lesquelles de l'eau se maintient entre deux et quatre mois après la fin de la saison pluvieuse.



plaine inondable en bordure du fleuve Niger

Marquée d'incertitude, l'agriculture inondée des bords du Niger (ou d'autres fleuves et rivières sahéliennes ou soudaniennes) exige de la part des cultivateurs une très grande maîtrise des pratiques culturales. Il faut pouvoir s'adapter d'une saison à l'autre à chaque particularité du terrain et du régime des eaux.

L'agriculture de décrue se pratique au moment où les eaux se retirent après une période d'inondation. Elle cherche à profiter des réserves en eau du sol constituées suite à l'inondation. Elle se déroule donc toujours en fin de saison pluvieuse.

Le cultivateur malien de la **photo 15** pratique l'agriculture de décrue sur les bords d'une mare. Chaque jour, il laboure la portion de terre délaissée par l'eau, la veille. Il y sème diverses espèces à cycle de vie court.

Les premières parcelles qui sont les plus élevées produisent aussi les premières. Les plantes y consomment l'eau emmagasinée dans le sol. Il faut cependant que les plantes semées aient des cycles végétatifs assez courts puisque les réserves d'eau du sol ne seront pas ou peu remplacées avant l'achèvement de leur cycle végétatif.

La **photo 16** montre une berge du fleuve Sénégal cultivée en décrue. Les graines ont été plantées dans des trous profonds de 20 cm afin que les plantes développent leurs racines en profondeur et profitent le plus longtemps possible de l'humidité accumulée sous la berge.



culture de décrue au Mali

Les bas-fonds et les berges inondés naturellement par des crues peuvent parfois être aménagés en vue du contrôle des inondations. L'importance des investissements à consentir dépend de la configuration topographique et du degré de contrôle recherché.

Cultures drainées

Le mot **drainage** est utilisé dans deux significations différentes.

- Drainage désigne le mouvement de l'eau qui quitte un volume de sol déterminé. C'est un **mouvement naturel** qui se fait selon les règles de la gravité, à travers les pores du sol et du sous-sol, vers le bas.
- Le mot est aussi utilisé pour désigner l'**action** de l'homme consistant à favoriser l'échappement de l'eau excédentaire dans ses terres de cultures.

En période pluvieuse, l'eau s'accumule dans certains bas-fonds à tel point qu'il n'est pas possible d'y cultiver. Soit parce que l'eau stagne au-dessus de la surface du sol pendant de longues périodes, soit parce que la terre argileuse ou limoneuse contient trop d'eau et que les racines des plantes cultivées y dépérissent, faute d'air.



culture de décrue au Sénégal

Le **drainage** consiste alors à créer des passages (appelés **drains**) qui permettent à l'eau de quitter la couche arable. On en trouve un exemple sur la **photo 17**. A l'avant, on voit une longue rigole appelée **collecteur principal** destinée à recevoir les eaux excédentaires des parcelles cultivées avoisinantes. Sur la gauche de la photo, on distingue les planches de culture séparées entre elles par des drains. Lorsqu'il pleut, le bas-fond est inondé, mais les planches de culture émergent et l'eau excédentaire s'écoule des drains vers le collecteur.



jardin drainé

Il existe de nombreuses pratiques de drainage qui toutes ont pour but de se débarrasser des eaux excédentaires en les faisant circuler dans des canalisations situées à l'air libre ou placées en terre.

Conclusion

Cette première leçon nous a permis d'approcher les modes de culture en relation avec l'économie générale de l'eau. Elle situe le contenu des parties qui vont suivre. Elle nous permet aussi de porter un regard sur la diversité des situations rencontrées en agriculture.

La leçon 2 précise les formes dans lesquelles l'eau se présente sur nos terroirs et nous conduit à faire l'analyse des ressources disponibles.

Leçon 2 - L'eau des terroirs: Ou et sous quelle forme?

Les états de l'eau

L'eau prend trois formes distinctes: elle est liquide, gazeuse ou solide. Dans chacun de ces états, elle a des comportements différents.

- **L'eau liquide** est celle qu'on connaît le mieux. On la voit, on la boit, on la capte dans des récipients, on l'utilise pour se laver.
- La **vapeur d'eau** est plus difficile à percevoir. On la voit s'échapper des récipients d'eau en ébullition et disparaître aussitôt, diluée dans l'air. L'air que nous respirons est plus ou moins chargé de vapeur d'eau, sans qu'on s'en rende toujours bien compte, et notre haleine en contient.

La vapeur d'eau contenue dans l'air joue un rôle essentiel dans la vie des plantes, des animaux et de l'homme.

- Lorsqu'il fait très froid, l'eau se transforme en glace, elle devient **solide** et acquiert certaines caractéristiques de la pierre. Parfois, la pluie se transforme en **grêle**. Les **grelons** sont des gouttes de pluie congelées dans la hauteur du ciel. S'il est fréquent sous les tropiques de trouver de la glace dans les réfrigérateurs, il est plus rare d'en trouver dans la nature, à part sur quelques montagnes très élevées.

Ce sont les états liquides et gazeux de l'eau qui vont nous intéresser par la suite: nous parlerons de la liquéfaction ou de l'évaporation mais pas de la congélation de l'eau ni de la fusion de la glace.

Dans la nature, l'eau passe constamment d'un état à l'autre. Ces transformations participent grandement à la détermination des climats mais elles sont elles-mêmes conditionnées par d'autres éléments tels que la température de l'air ou du sol, la pression atmosphérique, etc.

quelques définitions

- la transformation de l'eau liquide en vapeur s'appelle **évaporation**;
- inversement, on parle de **liquéfaction** ou encore de **condensation** lorsque la vapeur d'eau se transforme en eau liquide;
- la **congélation** est la transformation de l'eau liquide en glace. Elle se fait à une température inférieure à 0 degrés centigrades.

Où y a-t-il de l'eau?

Un premier pas dans l'observation concrète est de repérer où se trouve l'eau du terroir étudié et sous quelle forme.

Dans ce livre, nous utiliserons le mot **terroir** pour désigner l'ensemble des terres d'un village, d'une ferme, ou éventuellement d'une zone agricole. Il s'agit d'un terme général. D'autres termes seront utilisés pour caractériser des entités plus précises: le **champ**, la **parcelle**, le **volume de sol**, etc.

- Les **eaux de surface** sont celles qu'on voit dans les étangs, les lacs, les rivières et la mer. On distingue les **eaux de ruissellement**, qui se déplacent plus ou moins rapidement, des **eaux stagnantes** accumulées dans un endroit particulier, tel qu'une mare, un lac, une flaque, etc.

Par expérience, nous savons que les unes et les autres n'ont pas les mêmes qualités. Les eaux de ruissellement, par exemple, sont chargées de limon. Elles contiennent aussi plus d'air (oxygène) et les poissons qui y vivent diffèrent de ceux qu'on trouve dans les eaux stagnantes. Ces dernières sont souvent moins aérées; il s'y développe des plantes aquatiques, des algues et des organismes différents de ceux qu'on trouve dans les eaux ruisselantes.

La qualité des eaux de surface, plus ou moins acides, plus ou moins chargées de particules de terre ou de sel, est souvent un élément important pour le cultivateur, le pisciculteur ou le buveur.

Laissées à elles-mêmes, les eaux de surface ont un comportement simple: elles s'écoulent toujours des points hauts vers les points les plus bas dans le sens de la plus forte pente.

- Les **eaux souterraines** sont celles qu'on trouve sous la surface du sol, à l'état liquide ou gazeux. Elles peuvent, elles aussi, être en mouvement entre les grains de sol et de sous-sol. Lorsqu'il y a accumulation à une certaine profondeur, on parle de **nappes d'eau souterraines**. Certaines d'entre elles sont proches de la surface et leur niveau fluctue largement en fonction des pluies tombant dans la région. On les appelle **nappes phréatiques**. D'autres, appelées **nappes géologiques**, se situent à plus grande profondeur. Les pluies régionales ne les font que très peu fluctuer, et très lentement.

Lorsqu'on creuse un puits ou un forage jusqu'à atteindre une nappe, l'eau s'y écoule et peut y être puisée. Dans ce cas, l'eau qui circule entre les particules de sol est appelée **eau libre**, par

opposition à l'**eau fixée** ou **captive** qui est retenue par les particules de sol ou entre elles (leçon 5).

Les nappes d'eaux souterraines sont constituées par **infiltration** des eaux de surface. Dans le sol, l'eau d'infiltration se déplace de haut en bas et latéralement. Elle peut être fixée à certains endroits de l'espace souterrain et circuler facilement à d'autres. Cela dépend de la **porosité** du sol. Le mot **pore** caractérise l'espace qui reste vide entre les grains de sol accumulés. Plus l'espace est grand, plus grande est la porosité. Plus l'espace entre les grains de sol ou les blocs de roche est large (grande porosité), plus rapide est l'infiltration. Si l'espace est très réduit (faible porosité), la circulation de l'eau est très ralentie ou nulle.

Outre l'eau liquide, on trouve dans le sol de la vapeur d'eau. Elle occupe les pores entre les grains et les blocs de sol ou de sous-sol.

La température du sol, et en particulier celle des quelques premiers centimètres, est un facteur important car elle détermine l'état de l'eau qui s'y trouve.

On ne peut voir ce qui se passe dans le sol sauf si on dispose d'équipements particuliers, mais on peut imaginer que l'eau qui s'infiltre dans le sol évolue, se déplace, s'écoule, s'arrête contre des obstacles, s'évapore, se reliquéfie, se fixe, se détache,... exactement comme elle le fait dans l'espace aérien.

• **L'eau biomassique** est celle qui est contenue dans la biomasse. La **biomasse** est la masse de matière vivante, organisée en cellules, qu'on trouve sur une terre. Elle est composée de végétaux, d'animaux ou de micro-organismes. Le jus de citron, le vin de palme, le sang, sont typiquement de l'eau biomassique.

Le stock d'eau biomassique d'un terroir fluctue constamment au cours des saisons, en raison des pluies, de l'évaporation, de la température, etc. mais surtout en relation avec le développement de la végétation.

Nous verrons qu'il existe des échanges constants entre le stock d'eau biomassique d'une terre et les espaces aériens et souterrains qui l'entourent (leçons 17 à 20).

Munis de ces quelques définitions, nous pouvons procéder à un premier repérage relatif à l'économie en eau d'un terroir, d'une zone ou d'un bassin versant. Il s'agit de percevoir et de localiser les ressources disponibles, tant sur le plan des stocks que sur celui des mouvements d'eau.

Pour cela, il faut avoir bien défini les dimensions de ce qu'on veut observer. On n'analyse pas l'économie en eau d'une parcelle de culture comme on le fait pour le bassin versant d'un petit ruisseau ou d'un grand fleuve, d'un terroir villageois ou d'un échantillon de sol.

Le **tableau 19** est un aide-mémoire. Certaines des questions qui y sont posées trouveront une réponse précise et quantifiée. D'autres seront peut-être sans réponse et devront faire l'objet de recherche; la suite du livre nous éclairera sur les méthodes permettant d'approfondir l'analyse.

Il n'est évidemment pas possible de faire un bilan précis de toutes les ressources en eau d'autant plus qu'elles sont très fluctuantes. L'intérêt de l'analyse, même incomplète, est de se rendre compte où on peut agir: augmenter ou diminuer les eaux souterraines, faire stagner

l'eau plutôt que de la laisser ruisseler, augmenter le stock d'eau biomassique, etc. Des observations aussi précises que possible sont nécessaires avant toute action, en sachant que l'économie en eau de chaque lieu est fortement tributaire des lieux avoisinants et parfois même de lieux très lointains. Nous verrons par exemple que les moussons qui tombent sur certaines régions du continent sont des pluies formées par de l'eau évaporée à des centaines de kilomètres de l'endroit où elles tombent.

Lorsqu'on a bien observé les faits, on peut chercher à découvrir les interrelations existant entre les diverses ressources en eau du terroir. Voici quelques exemples d'interrelations.

La vapeur de l'air se condense dans les nuages qui se transforment en pluie; lorsque la pluie est tombée, il n'y a plus de nuage, mais il y a une augmentation des eaux de surface et des eaux souterraines; de même, l'eau stagnante s'évapore petit à petit dans l'air sous l'effet de la température, ce qui augmente le stock de vapeur d'eau de l'air alors que le stock d'eau de surface diminue.

repérage des ressources en eau

quelles sont les ressources en eau?

- **eaux de surface**

- ruisselantes
- stagnantes

- **eaux souterraines**

- eau libre
- eau fixée
- vapeur d'eau
- nappes phréatiques
- nappes géologiques

- **eaux aériennes**

- vapeur d'eau de l'air
- nuages
- brume et brouillard
- pluie grêle

- **eaux biomassiques**

- incluse dans les plantes et les animaux
- incluse dans les déchets des êtres vivants
- incluse dans les micro-organismes du sol

où? quand? comment?

où sont les eaux?

d'où proviennent-elles ?

à quels moments sont-elles présentes?

comment fluctuent-elles?

quelles sont leurs qualités?
dans quels états sont-elles?
quelle est leur importance relative?
dans quel ensemble vivant: forêt, savane, champ, parc arboré..?

L'homme ne peut maîtriser l'ensemble du bilan de l'eau. Il peut toutefois améliorer certains aspects à son profit. L'analyse globale de l'environnement est cependant un préalable à toute action cohérente. A quoi servirait-il d'aménager un terrain pour la culture si on sait que la prochaine inondation viendra détruire l'aménagement. Pourquoi planterait-on des arbres si on n'est pas assuré de leur approvisionnement en eau? Etc.

Lorsqu'on veut intervenir pour modifier l'économie en eau d'un terroir, d'un bassin versant, d'une parcelle cultivée ou de toute autre entité topographique, il est nécessaire de se poser d'autres questions encore, afin de bien cerner les problèmes.

- L'eau est-elle rare ou abondante? calme ou violente? capricieuse ou pondérée?
- Quels sont les flux qu'on observe à l'endroit où l'on veut intervenir et dans son environnement?
- Quelles sont les règles et les lois qui président à l'utilisation de l'eau du terroir par les habitants?
- Quels types d'agriculture pratique-t-on sur le terroir? Etc.

Elle est fugace. Elle est subtile ou violente. Elle est vapeur, liquide ou glace. Elle est indispensable à la vie. C'est l'eau.

Comment l'homme peut-il apprivoiser cette matière à la fois si rare et si abondante? Se protéger contre les dégâts causés par sa violence? Se prémunir contre la sécheresse ou contre l'inondation?

Le ruissellement, l'érosion, le drainage du sol, l'irrigation des cultures sont au cœur de ce livre. Il explique les phénomènes que chacun peut observer: la pluie, l'évaporation, le splash des averses sur le sol et ses effets destructeurs, l'infiltration de l'eau dans les nappes souterraines qui alimentent les puits et les forages, les relations intimes liant les plantes à l'eau du sol et de l'air, et encore bien d'autres phénomènes naturels.

Entrer dans la pratique est un autre but de ce manuel. Il se veut accessible à chacun, paysans, cadres moyens ou supérieurs, élèves. Il veut être pédagogique traitant sous forme de leçons, de figures et d'illustrations photographiques, la multitude des sujets qu'aborde l'enseignant de ces matières.

Les exemples servant de base au manuel sont tous choisis en milieu paysan. Rien de ce qui y est décrit n'est hors de sa portée, malgré les difficultés qui peuvent naître parfois de l'explication écrite.

Apprivoiser l'eau! Simple ou complexe



Figure

TERRES ET VIE
CTA l'harmattan enda

ISBN 2-87105-009-X