

Série Agrodok No. 13

# **Collecter l'eau et conserver l'humidité du sol**

## **Part 1**

Justine Anschütz

Antoinette Kome

Marc Nederlof

Rob de Neef

Ton van de Ven

© Fondation Agromisa, Wageningen, 2004.

Tous droits réservés. Aucune reproduction de cet ouvrage, même partielle, quel que soit le procédé, impression, photocopie, microfilm ou autre, n'est autorisée sans la permission écrite de l'éditeur.

Première édition : 1998

Deuxième édition : 2004

Auteurs : Justine Anschütz, Antoinette Kome, Marc Nederlof, Rob de Neef, Ton van de Ven

Conception : Janneke Reijnders

Traduction : Evelyne Codazzi

Imprimé par : Digigrafi, Wageningen, Pays Bas

ISBN Agromisa: 90-77073-78-7

## **Avant-propos**

La série des Agrodoks ne serait pas complète sans un numéro sur la manière de mettre à profit pour l'agriculture les eaux de pluie et de ruissellement originaires de sources plus petites que les rivières et les eaux souterraines. Antoinette Kome, Rob de Neef et Ton van de Ven ont comblé cette lacune et nous avons complété leur travail. Les techniques de collecte de l'eau décrites dans cet Agrodok "La collecte de l'eau et la rétention de l'humidité du sol" sont utiles surtout dans les zones (semi-)arides. Cependant, les techniques de rétention de l'humidité du sol sont applicables également dans les régions sub-humides.

Theo Meijer et Max Donkor ont contribué à la réalisation de cet Agrodok en nous donnant des conseils techniques. Agromisa remercie également Anne Gobin de l'Institut pour la gestion des terres et de l'eau de Louvain (Belgique) et Pierre Chevallier du Département d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier (France) pour leurs commentaires sur la première version. Notre reconnaissance va aussi à Lineke van Dongen pour son aimable collaboration à la mise au point rédactionnelle et à la traduction en français certains termes techniques. Finalement, nous remercions Barbara Oranje qui a (re)dessiné un grand nombre d'illustrations.

Justine Anschütz & Marc Nederlof, rédacteurs

Wageningen, avril 1997

# Sommaire

## 1 Pourquoi collecter l'eau et retenir l'humidité du sol ? 6

### Partie I : La collecte de l'eau 9

## 2 Le principe de la collecte de l'eau 9

### 2.1 Définition 9

### 2.2 Conditions 10

### 2.3 Intrants nécessaires 12

## 3 La conception des systèmes de collecte de l'eau 14

### 3.1 Introduction 14

### 3.2 Le système eau-sol 15

### 3.3 Infiltration et ruissellement 15

### 3.4 Pluie et ruissellement 18

### 3.5 Besoin en eau des produits agricoles 21

### 3.6 Calcul du rapport C:CA 23

## 1 Pourquoi collecter l'eau et retenir l'humidité du sol ?

L'eau est l'un des principaux besoins des végétaux. Cependant, la pluviosité est insuffisante et irrégulière dans la plupart des régions arides et semi-arides. Dans ces régions, le taux d'évaporation est généralement élevé pendant la saison de croissance. Lorsqu'il pleut, les pluies sont torrentielles et la plupart des sols ne peuvent pas absorber l'eau tombée en si peu de temps. Les pluies s'accompagnent donc d'une grande quantité de ruissellement superficiel. En raison de ces caractéristiques climatiques, le peu d'eau de pluie disponible doit être utilisé le plus efficacement possible. Pour cela, soit on utilise le ruissellement superficiel (*collecte de l'eau*), soit on stimule l'infiltration et la conservation de l'eau de pluie (*rétection de l'humidité du sol*). Les avantages des techniques de collecte de l'eau et de rétention de l'humidité dans les zones (semi-)arides se résument comme suit : plus les plantes disposent d'eau, plus les rendements sont fiables et élevés. De plus, les plantes supportent mieux les périodes de sécheresse et une production végétale est possible là où elle n'aurait aucune chance de réussir dans les conditions normales.

La plupart des techniques de collecte de l'eau utilisent des grandes sources d'eau comme les rivières et les eaux souterraines (par ex. les puits et les systèmes d'irrigation) et exigent des investissements à grande échelle. Dans de nombreux pays cependant, des méthodes simples ont

été mises au point pour collecter le ruissellement superficiel dans des buts de production. Le ruissellement est collecté et utilisé au lieu de provoquer l'érosion. Il existe de nombreuses techniques de collecte aux applications différentes. Cet Agrodok "**La collecte de l'eau et la rétention de l'humidité du sol**" décrit plusieurs de ces techniques. Alors que la collecte de l'eau utilise et même provoque le ruissellement superficiel (voir Figure 1), la rétention de l'humidité du sol a pour but d'éviter le ruissellement et de conserver l'eau de pluie le plus possible à l'endroit où elle tombe. Cependant, la distinction entre les deux types de techniques n'est pas toujours évidente, surtout quand le bassin versant (qui produit le ruissellement) est très petit. De plus, les techniques de rétention de l'humidité du sol sont applicables dans la zone cultivée des systèmes de collecte de l'eau.

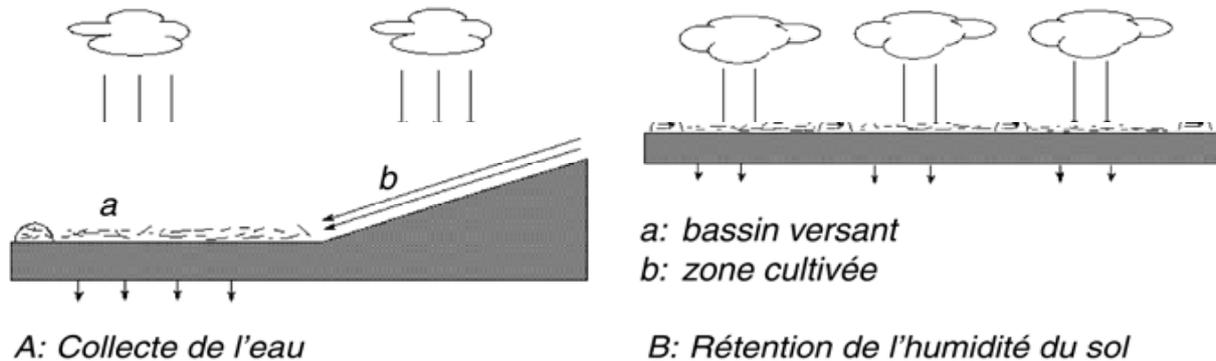


Figure 1 : Collecte de l'eau et rétention de l'humidité du sol

Cet Agrodok est destiné aux coopérateurs et aux conseillers agricoles qui travaillent dans les zones (semi)arides avec les paysans confrontés au manque d'eau, à des sols érodés et à de bas rendements. Deux remarques sont nécessaires ici : d'une part, les techniques décrites n'augmentent pas la quantité totale de pluie disponible dans une zone ; elles augmentent seulement la quantité d'eau disponible pour les plantes en collectant de l'eau qui autrement serait perdue. D'autre part, comme elles concentrent l'eau de ruissellement dans une petite zone (cultivée), les techniques de collecte de l'eau augmentent le risque d'érosion.

Cet Agrodok est composé comme suit :

La partie I (chapitres 2 à 6) traite de la collecte de l'eau. Après une introduction au chapitre 2, le chapitre 3 expose la théorie sous-jacente à la conception d'un système de collecte de l'eau. Le chapitre 4 traite du choix d'un bon système de collecte de l'eau et les chapitres 5 et 6 donnent des exemples de systèmes à petite échelle. La partie II traite de la rétention de l'humidité du sol. Les chapitres 7 et 8 décrivent des mesures permettant d'augmenter l'infiltration de l'eau dans le sol au profit de la production agricole. Finalement, le chapitre 9 décrit des mesures pour réduire les pertes d'eau dans le sol en réduisant l'évaporation et des mesures pour optimiser l'utilisation de l'humidité du sol. Le glossaire donne une description de l'équipement de billonnage à traction animale pour réduire le travail manuel et l'Annexe 1 une explication détaillée de la méthode du niveau d'eau permettant de mesurer l'altitude, de marquer les courbes de niveau et de définir l'angle d'inclinaison de la pente.

## Partie I : La collecte de l'eau

### 2 Le principe de la collecte de l'eau

#### 2.1 Définition

Au sens le plus large, la collecte l'eau est le captage du ruissellement dans des buts de production agricole. Le ruissellement peut être collecté à partir des toits et des terres, mais aussi à partir des

cours d'eau saisonniers. Les systèmes qui collectent le ruissellement des toits et des terres sont regroupés sous le terme de collecte de l'eau de pluie, et les systèmes qui collectent le ruissellement des cours d'eau saisonniers sous le terme de collecte de l'eau courante. Cet Agrodok se limite à la collecte de l'eau de pluie à partir des terres. Le but des techniques décrites est de collecter l'eau au profit de la production agricole. Le principe des techniques de collecte de l'eau est illustré à la Figure 2. Les techniques décrites sont à petite échelle et peuvent être appliquées par des paysans individuels.

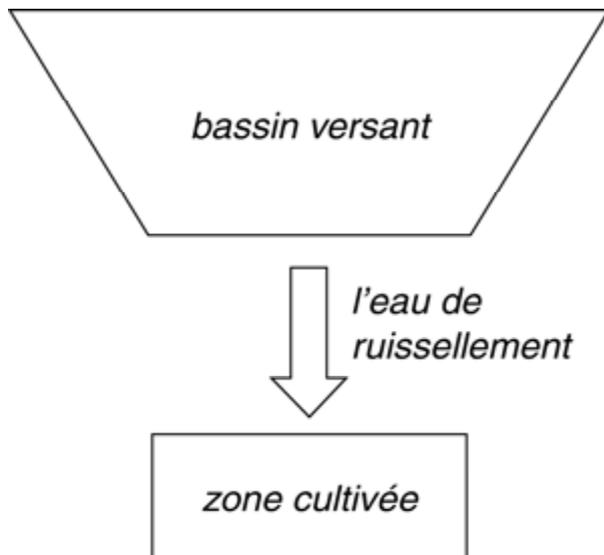
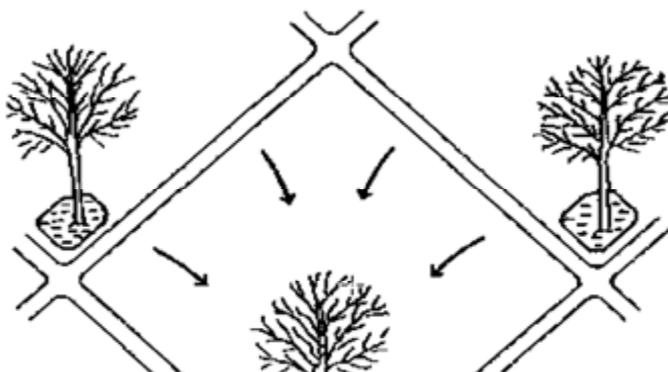


Figure 2 : Principe de collecte de l'eau pour la production agricole

Un terrain ou *bassin versant* est volontairement laissé inculte. L'eau de pluie ruisselle de ce bassin versant vers la zone où les produits sont cultivés ou *zone cultivée*. Le ruissellement est retenu dans la zone cultivée grâce à des méthodes de rétention de l'humidité du sol (structures en terre ou en pierres). Ces méthodes permettent à l'eau de s'infiltrer dans le sol et d'être disponible pour les racines des plantes. Les techniques de collecte de l'eau à petite échelle collectent les eaux de pluie et de ruissellement dans de petits bassins couvrant des pentes relativement courtes : la longueur de la pente est inférieure à 30 m (microbassins).

Le bassin versant est situé entre les champs cultivés. La collecte de l'eau de pluie est possible également sur des pentes plus longues (30 à 200 m) à l'extérieur des champs cultivés, mais cette technique n'entre pas dans le cadre de cet Agrodok. La Figure 3 donne un exemple d'un système de microbassins.



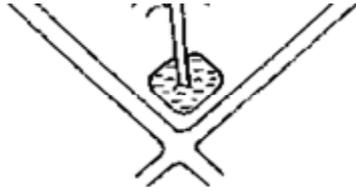


Figure 3 : Système de microbassins  
(Critchley, 1991).

## 2.2 Conditions

### Climats

La collecte de l'eau convient surtout aux régions (semi-)arides (pluviosité annuelle moyenne : 300-700 mm). Elle est pratiquée aussi dans certaines zones arides (pluviosité annuelle moyenne : 200-300 mm). Il s'agit alors surtout de zones subtropicales de pluviosité d'hiver, comme le désert du Néguev en Israël et certaines régions d'Afrique du Nord. Dans la plupart des régions tropicales, la principale saison des pluies est l'été, quand les taux d'évaporation sont élevés. Dans les régions tropicales plus arides, le risque de perte de rendement est beaucoup plus élevé et les structures de collecte de l'eau sont plus coûteuses car elles doivent être beaucoup plus grandes.

### Pentes

La collecte de l'eau n'est pas recommandée sur les pentes de plus de 5%, en raison de la distribution inégale du ruissellement, de l'érosion du sol et du coût élevé des structures nécessaires.

### Sols et gestion de la fertilité du sol

Les sols de la zone cultivée doivent être assez profonds pour permettre une bonne capacité de rétention de l'humidité et pour être fertiles. Les sols du bassin versant doivent avoir un faible taux d'infiltration. Voir Chapitre 3 "Système eau-sol".

Pour être productifs et durables, la plupart des systèmes de collecte de l'eau nécessitent une amélioration ou du moins le maintien de la fertilité du sol. La collecte de l'eau permet une meilleure disponibilité de l'eau et une hausse de rendement, et donc une meilleure exploitation des nutriments du sol. Les sols sableux ne profitent de l'eau supplémentaire que si l'on applique en même temps des mesures pour améliorer la fertilité du sol. L'Agrodok n° 2 : "La fertilité du sol" décrit différentes méthodes pour maintenir la fertilité du sol dans la zone cultivée.

### Produits agricoles

L'un des principaux critères pour choisir une technique de collecte de l'eau est son adaptation à l'espèce végétale que l'on veut cultiver. Cependant, l'espèce végétale peut aussi être choisie en fonction de la structure. Le Chapitre 3 donne plus de détails sur les besoins en eau des plantes. La différence essentielle entre les plantes pérennes (arbres) et les plantes annuelles est que les plantes pérennes exigent une concentration de l'eau à *certaines endroits*, alors que les plantes annuelles profitent plus d'une distribution *égale* de l'eau sur la zone cultivée. On obtient une distribution égale en nivelant la zone cultivée. L'herbe supporte mieux que les céréales une distribution inégale de l'humidité. Pour plus d'informations sur les produits agricoles pouvant être cultivés dans les systèmes de collecte de l'eau, voir Chapitre 3.

### Critères techniques

Le choix d'une bonne technique de collecte de l'eau dépend de deux groupes de critères d'égale importance :

- 1 la méthode doit bien fonctionner du point de vue technique et
- 2 elle doit pouvoir s'intégrer dans le système de production des usagers.

Si la nouvelle technique comporte un trop grand risque de perte de production ou si elle exige des besoins en travail trop importants en comparaison aux méthodes éprouvées, elle ne conviendra pas, même si elle est bien conçue, car elle ne répondra pas aux priorités de ses futurs usagers.

## **2.3 Intrants nécessaires**

Comme pour toutes les pratiques agricoles, les coûts et les bénéfices des systèmes de collecte de l'eau doivent s'équilibrer. Le bénéfice le plus concret est une hausse des rendements agricoles pour les paysans. Dans les années de pluviosité moyenne, la collecte de l'eau donne des hausses de rendement d'environ 50 à 100% selon le système utilisé, le type de sol, la gestion des terres, etc. De plus, certains systèmes permettent de cultiver des terres où rien ne poussait auparavant. Dans les années où la pluviosité est inférieure à la moyenne, les rendements sont généralement plus élevés que sur les lopins de contrôle. Cependant, l'effet peut être nul en cas d'année très sèche.

### **Coûts, travail et équipement**

Les principaux coûts d'un système de collecte de l'eau sont dus aux constructions en terre et/ou en pierres. Le creusement des canaux de drainage, le ramassage et le transport des pierres, l'entretien des structures, etc. donnent une indication du coût du système. Ces besoins en travail sont généralement élevés. La plupart des structures de collecte de l'eau sont construites pendant la saison sèche. Cependant, les paysans ne peuvent pas toujours investir beaucoup de travail bénévole dans ces structures. Pendant la saison sèche, ils sont souvent occupés à d'autres activités. Dans certaines circonstances, comme par exemple une forte pression sur les terres ou une forte dégradation de l'environnement, les paysans sont davantage disposés à investir dans la collecte de l'eau. Les besoins en travail dépendent beaucoup du type d'équipement utilisé. Dans les systèmes à petite échelle, le travail est surtout effectué à la main. Les bêtes de trait, comme les boeufs, les ânes et les chevaux, sont parfois utilisés pour le billonnage et la confection des semis. Un exemple d'équipement de billonnage simple à traction animale est la billonneuse (adosseuse) à versoirs. Pour plus d'informations sur cet équipement, voir Annexe 1.

## **3 La conception des systèmes de collectes de l'eau**

### **3.1 Introduction**

Le manque d'eau dans la zone cultivée est complété avec l'eau du bassin versant (Figure 2). Pour concevoir un système de collecte de l'eau, il faut calculer ou estimer les dimensions du bassin versant pour être sûr de collecter suffisamment d'eau de ruissellement pour les produits de la zone cultivée. La relation entre les deux zones est exprimée par le rapport C:CA, c'est-à-dire le rapport entre le bassin versant C et la zone cultivée CA. Pour les plantes saisonnières, on utilise généralement un rapport C:CA de 3:1, c'est-à-dire que la superficie du bassin versant C doit être environ trois fois plus grande que celle de la zone cultivée CA.

Bien que le calcul du rapport C:CA permette d'obtenir des systèmes de collecte très précis, il est souvent difficile à établir dans les zones adaptées à la collecte. Dans ces zones, les données nécessaires (pluviosité, ruissellement et besoin en eau des plantes) sont rarement disponibles ou sont très variables. Elles diffèrent d'un endroit à l'autre, d'une année à l'autre. Les calculs peuvent sembler exacts sans l'être vraiment car ils sont basés sur des données sujettes à une grande variabilité.

Par conséquent, les systèmes de collecte de l'eau sont souvent conçus à l'aide d'une estimation (supposition éclairée) du rapport C:CA. La plupart des systèmes de collecte de l'eau efficaces ont été établis sur les résultats d'une petite structure expérimentale préalable conçue à l'aide d'un rapport C:CA estimé. La conception de départ a ensuite été modifiée à la lumière de l'expérience. Pour estimer le rapport C:CA et confirmer de manière critique les résultats du premier système expérimental, il est nécessaire de comprendre le fonctionnement du système. Quels sont les facteurs qui influencent le fonctionnement d'un système de collecte de l'eau ? Ces facteurs sont passés en revue dans les paragraphes suivants. Le dernier paragraphe donne une formule permettant de calculer le rapport C:CA.

### 3.2 Le système eau-sol

L'objectif d'un système de collecte de l'eau est de collecter l'eau de ruissellement. Le ruissellement se produit dans le système eau-sol là où a lieu l'interaction entre la pluie et le sol. Le principe du système eau-sol est le suivant : le sol a une certaine capacité d'absorber l'eau de pluie. La pluie qui ne peut pas être absorbée s'écoule sur la surface du sol en *ruissellement superficiel*.

La quantité de ruissellement dépend de la capacité d'absorption du sol et de la quantité de pluie tombée.

La quantité de pluie qui tombe sur le sol pendant un certain laps de temps est appelée *intensité de pluie* et est exprimée par la profondeur d'eau de pluie en mm à l'heure (mm/heure). La capacité d'absorption d'un sol ou *taux d'infiltration*, est exprimée par la profondeur d'eau en mm à l'heure (mm/heure). Le ruissellement se produit quand l'intensité de pluie excède le taux d'infiltration du sol.

### 3.3 Infiltration et ruissellement

Ce paragraphe donne les facteurs qui influencent le taux d'infiltration et le ruissellement.

#### Type et texture du sol

Le taux d'infiltration diffère pour chaque type de sol (voir Tableau 1). Le type de sol dépend de la *texture* du sol, c'est-à-dire des particules minérales qui le composent. On distingue trois principaux types de sol sur la base des trois principaux types de particules minérales : sableux, limoneux et argileux. Un sol composé surtout de grosses particules de sable (texture grossière) est appelé sol sableux ; un sol composé surtout de particules de limon de taille moyenne (texture moyenne) est appelé sol limoneux ; un sol composé surtout de fines particules d'argile (texture fine) est appelé sol argileux. En réalité, la plupart des sols sont composés d'un mélange de différentes particules minérales de différentes tailles. Par exemple, le sol limoneux sableux du Tableau 1 est fait d'un mélange de particules de sable et de limon en proportions égales.

*Tableau 1 : Taux d'infiltration courants (Brouwer et al., 1986).*

Type de sol	Taux d'infiltration (mm/heure)
sableux	moins de 30
limon sableux	20-30
limoneux	10-20
limon argileux	5-10
argileux	1-5

La taille des particules minérales détermine la taille des espaces libres entre les particules ou *pores du sol*. Par exemple, l'eau s'infiltré plus facilement (taux d'infiltration plus élevé) dans les gros pores d'un sol sableux que dans les petits pores d'un sol argileux (taux d'infiltration plus bas).

#### Structure du sol

Le taux d'infiltration est influencé aussi par la *structure du sol*. La structure du sol est la manière dont les particules minérales adhèrent entre elles et forment des mottes ou *agrégats*. Par exemple, un sol sableux sec est un sol à texture sableuse et granuleuse car les particules de sable n'adhèrent pas entre elles et ne forment pas d'agrégats. Au contraire, certains sols argileux se fissurent en séchant et forment des agrégats (mottes) que l'on peut prendre dans la main. Ces types de sols ont une texture fine (particules d'argile) et une structure mixte grossière. La taille et la distribution des "fissures" entre les agrégats influencent le taux d'infiltration d'un sol : un sol à fissures larges a un taux d'infiltration élevé.

### **Bassin versant et zone cultivée**

Le sol du bassin versant doit transformer le maximum d'eau en ruissellement, c'est-à-dire que son taux d'infiltration doit être bas. Par exemple, si une forte pluie d'une intensité de 20 mm/heure tombe sur un sol argileux ayant un taux d'infiltration de 5 mm/heure, il y aura ruissellement ; si la même pluie tombe sur un sol sableux ayant un taux d'infiltration de 30 mm/heure, il n'y aura pas de ruissellement. Par conséquent, les sols sableux ne conviennent pas à la collecte de l'eau. En effet, la majeure partie de la pluie qui tombe sur le bassin versant est absorbée par le sol sableux et le ruissellement n'atteint pas ou très peu la zone cultivée. Le sol de la zone cultivée doit non seulement avoir un taux d'infiltration élevé, mais aussi une bonne capacité de rétention de l'eau infiltrée pour que cette eau puisse profiter aux produits cultivés. La combinaison idéale est un bassin versant au sol rocheux et une zone cultivée au sol limoneux, profond et fertile. Dans la pratique, les conditions du sol de la zone cultivée s'opposent souvent à celles du bassin versant. Dans ces cas, les besoins de la zone cultivée doivent toujours être prioritaires.

### **Colmatage**

Le taux d'infiltration du sol dépend aussi de l'impact des gouttes de pluie sur la surface du sol. Les gouttes de pluie frappent la surface du sol avec une force considérable, ce qui provoque la rupture des agrégats et pousse les fines particules de sol dans les pores de la couche supérieure. Cela entraîne l'obstruction des pores et la formation à la surface du sol d'une couche fine, mais dense et compacte, qui réduit considérablement le taux d'infiltration. Cet effet, souvent appelé *cimentation*, *encroûtement* ou *colmatage*, explique les grandes quantités de ruissellement rencontrées dans les régions (semi-)arides où les pluies très intenses sont fréquentes. Les sols très argileux et très limoneux sont les plus sensibles au colmatage. Les sols sableux à texture grossière sont relativement moins sensibles au colmatage. Le colmatage du bassin versant favorise la collecte de l'eau car il diminue le taux d'infiltration. Cependant, le colmatage de la zone cultivée pose un problème. Pour réduire le taux d'infiltration de la zone cultivée, on rend inégale la surface du sol de la zone cultivée en pratiquant une certaine forme de labour : le billonnage (voir Partie II sur la rétention de l'humidité du sol).

### **Végétation**

La végétation a un effet important sur le taux d'infiltration d'un sol. Un couvert végétal dense protège le sol contre l'impact des gouttes de pluie, réduit le colmatage du sol et augmente le taux d'infiltration. Le système racinaire et les matières organiques présentes dans le sol augmentent aussi la porosité du sol et donc son taux d'infiltration. Sur les pentes douces surtout, la végétation ralentit le ruissellement, ce qui laisse davantage de temps à l'eau pour s'infiltrer. Les mesures de conservation du sol sont basées sur ce principe. Dans les systèmes de collecte de l'eau, le bassin versant doit si possible être aplani et laissé inculte.

### **Longueur de la pente**

Les pentes raides produisent davantage de ruissellement que les pentes douces. Plus la pente est longue, moins il y aura de ruissellement car il faut de temps aux gouttes de pluie pour atteindre la zone cultivée, c'est-à-dire qu'elles sont exposées plus longtemps à l'infiltration et à l'évaporation. L'évaporation est un facteur important de perte de ruissellement dans les zones (semi-)arides à pluviosité d'été, en raison de la basse humidité et des températures de surface souvent élevées.

### 3.4 Pluie et ruissellement

Toute la pluie tombée sur le bassin versant ne se transforme pas en ruissellement. Le pourcentage de pluie qui se transforme en ruissellement dépend des différents facteurs mentionnés plus haut. Si l'intensité de pluie est inférieure au taux d'infiltration du sol, il n'y aura pas de ruissellement. Le pourcentage de la pluviosité totale qui devient du ruissellement est appelée le *coefficient de ruissellement*. Par exemple, un coefficient de ruissellement de 0,20 signifie que 20% de toute la pluie tombée pendant la saison de croissance se transforme en ruissellement. Chaque averse individuelle a son propre coefficient de ruissellement aussi. Pour la conception d'un système de collecte de l'eau, le coefficient de ruissellement saisonnier R est plus pertinent que le coefficient de ruissellement r pour chaque pluie. Le coefficient R permet de calculer le rapport C:CA. Au dernier paragraphe de ce chapitre "Calcul du rapport C:CA", vous trouvez plus d'informations concernant la détermination du coefficient R.

#### Efficienc

L'eau de ruissellement du bassin versant est retenue dans la zone cultivée et s'infiltrer dans le sol. La plante ne peut pas utiliser toute l'eau collectée, car une partie se perd par *évaporation* et *percolation profonde* (voir le glossaire pour ces termes). L'utilisation par la plante de l'eau collectée est appelée l'*efficienc* du système de collecte et est exprimée par un *coefficient d'efficienc*. Par exemple, un coefficient d'efficienc de 0,75 signifie que 75% de l'eau collectée est réellement utilisée par la plante. Les autres 25% sont perdus. Il faut donc collecter davantage d'eau pour répondre au besoin de la plante: le bassin versant devra être plus grand.

#### Capacité de rétention

La capacité d'un sol de retenir l'eau et de la rendre disponible aux plantes est appelée *taux de rétention de l'eau disponible*. Ce taux dépend du nombre et de la taille des pores du sol ou texture et de la profondeur du sol. Le taux de rétention de l'eau disponible est exprimé en mm de profondeur d'eau retenue par mètre de profondeur de sol (mm/m).

Le Tableau 2 donne les taux de rétention de l'eau des principaux types de sol.

Par exemple, un sol limoneux ayant un excellent taux de rétention de l'eau disponible (120 mm par mètre de profondeur) perd de sa valeur s'il est peu profond. Une couche de terre de 40 cm sur un lit rocheux fournit seulement 48 mm d'eau disponible pour la plante.

Tableau 2 : Capacité de rétention de l'eau disponible.

Type de sol	Eau disponible (mm par mètre)
sableux	55
limon sableux	120
limon argileux	150
argileux	135

Le taux de rétention de l'eau disponible et la profondeur du sol ont des conséquences sur la conception d'un système de collecte. Par exemple, dans un sol de 2 mètres de profondeur ayant un bon taux de rétention de l'eau disponible de 150 mm/m, le taux de rétention de l'eau sera de 300 mm et l'eau de ruissellement sera facilement retenue dans la zone cultivée à des profondeurs supérieures à 300 mm (30 cm). Toute quantité d'eau supérieure à 30 cm sera perdue par drainage profond et formera un risque d'inondation. Le taux de rétention de l'eau disponible et la profondeur du sol ont aussi une conséquence sur le choix de l'espèce végétale. Un sol profond ayant un bon taux d'eau disponible ne peut être utilisé efficacement que par une plante ayant un système racinaire profond. Les oignons par exemple, dont la profondeur d'enracinement de 30 à

40 cm, ne peuvent pas utiliser toute l'humidité retenue dans le sol. Le Tableau 3 donne la profondeur d'enracinement de plusieurs produits agricoles.

Tableau 3 : Profondeur d'enracinement de plusieurs produits agricoles (Doorenbos et al., 1979).

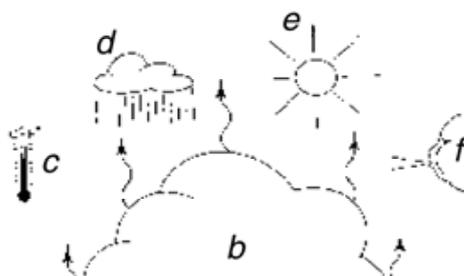
Plante	Profondeur d'enracinement (m)
Haricot	0,5 – 0,7
Maïs	1,0 – 1,7
Oignon	0,3 – 0,5
Riz	0,8 – 1,0
Sorgho	1,0 – 2,0
Tournesol	0,8 – 1,5

### 3.5 Besoin en eau des produits agricoles

Le besoin en eau d'une plante est la quantité d'eau dont elle a besoin pendant toute sa saison de croissance. Chaque espèce végétale a son propre besoin en eau. Par exemple, le maïs adulte a besoin de davantage d'eau par jour que les oignons adultes (voir Tableau 4).

Produit agricole	Période de croissance totale(jours)	Besoin en eau du produit (mm/période de croissance)	Sensibilité à la sécheresse
Haricot	95 -110	300 – 500	moy.-forte
Maïs	125 – 180	500 – 800	moy.-forte
Melon	120 – 160	400 – 600	moy.-forte
Mil	105 – 140	450 – 650	faible
Oignon	150 – 210	350 – 550	moy.-forte
Riz	90 – 150	450 – 700	forte
Sorgho	120 – 130	450 – 650	faible
Tournesol	125 - 130	600 - 1000	faible-moy

Au sein d'une même espèce, le besoin en eau peut être très variable. Les besoins en eau d'une plante comprennent la transpiration et l'évaporation (Figure 5), autrement dit l'évapotranspiration. Le besoin en eau d'un produit est influencé par le climat sous lequel il est cultivé. Par exemple, une variété de maïs cultivée sous un climat froid et nuageux aura besoin de moins d'eau par jour que la même variété cultivée sous un climat chaud et ensoleillé. Les principaux facteurs climatiques sont présentés à la Figure 5 et au Tableau 5. La durée totale de la saison de croissance varie pour chaque produit. Par conséquent, le besoin total en eau pendant la saison de croissance dépend de l'espèce végétale. Par exemple, le besoin en eau par jour des melons est plus élevé que celui des haricots, car la durée de la saison de croissance totale des melons est beaucoup plus longue. Le Tableau 4 donne une indication de la saison de croissance totale de certains produits. En général, la saison de croissance est plus longue sous un climat froid.



- a: évaporation
- b: transpiration
- c: température
- d: humidité
- e: soleil
- f: vitesse du vent

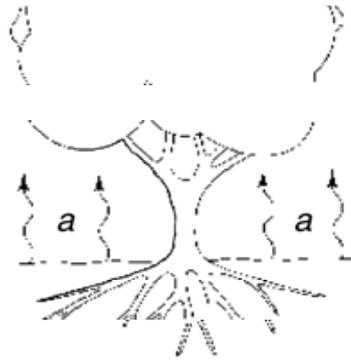


Figure 5 : Principaux facteurs climatiques influençant les besoins en eau des produits agricoles (Brouwer et al., 1986).

Tableau 5 : Influence du climat sur le besoin en eau des produits agricoles (Brouwer et al, 1986)

Facteur climatique	Besoin en eau des produits agricoles	Besoin en eau des produits agricoles
	Élevé	Bas
Température	élevée (chaud)	basse (froid)
Humidité	basse (sec)	élevée (humide)
Vitesse du vent	vents violents	vent calme
insolation	ensoleillé (absence de nuages)	nuageux (absence de soleil)

Pendant une même saison de croissance, le besoin en eau par jour varie avec les stades de croissance de la culture. Les produits agricoles ne diffèrent pas seulement dans leur besoin en eau mais aussi dans leur réaction aux manques d'eau. Lorsque le besoin en eau n'est pas satisfait, les produits très sensibles à la sécheresse souffrent d'une baisse de rendement plus forte que les produits peu sensibles. Le Tableau 4 donne une indication de la sensibilité à la sécheresse de certains produits. Dans les zones où le ruissellement est incertain, il est donc fortement conseillé de cultiver des produits peu sensibles à la sécheresse.

### Produits agricoles

Vu la grande variété des besoins en eau des produits agricoles, il est préférable de rechercher localement des données sur les besoins en eau d'un certain produit. Si on ne dispose d'aucune donnée, il suffit souvent de se référer à une estimation du besoin en eau des produits courants (voir Tableau 4).

### Arbres

Les besoins en eau des arbres sont généralement plus difficiles à déterminer que ceux des produits agricoles. Pour la plupart des arbres, le stade critique est les deux premières années de l'établissement des plants. Une fois leur système racinaire entièrement développé, les arbres ont une forte résistance à la sécheresse. Peu d'informations sont disponibles en termes de rendement sur la réaction des arbres à la sécheresse.

### Pâturages et plantes fourragères

Le besoin en eau des pâturages et des espèces fourragères cultivées dans les zones (semi-)arides dans des systèmes de collecte de l'eau n'est généralement ni estimé ni calculé. L'objectif est d'améliorer le rendement et d'assurer la survie des cultures d'une saison à l'autre, sans pour cela satisfaire entièrement leur besoin en eau.

## 3.6 Calcul du rapport C:CA

### Calcul du besoin en eau des produits agricoles

Comme on l'a vu plus haut, le besoin en eau d'une plante dépend de son espèce et du climat sous lequel elle est cultivée. Pour faciliter le calcul du besoin en eau des produits agricoles sous certaines conditions climatiques, on prend l'herbe comme *produit de référence*. Le besoin en eau de l'herbe a déjà été déterminé pour la plupart des zones climatiques (voir Tableau 6). Le besoin en eau du produit de référence est appelé *évapotranspiration de référence*,  $ET_0$ , exprimée en mm de profondeur d'eau par jour (mm/jour). Il existe des méthodes plus compliquées pour déterminer l'évapotranspiration de référence, mais une estimation à l'aide du Tableau 6 suffit pour la conception d'un système de collecte de l'eau. Des données plus précises sur le  $ET_0$  peuvent être obtenues sur place.

*Tableau 6 : Valeurs indicatives de l'évapotranspiration de référence  $ET_0$  (Brouwer et al., 1986).*

	Température de jour moyenne	Température de jour moyenne	Température de jour moyenne
	basse (< 15°C)	moyenne (15-25°C)	élevée (> 25°C)
Zone climatique	ET (mm/jour)	ET (mm/jour)	ET (mm/jour)
Désertique (aride)	4-6	7-8	9-10
Semi-aride	4-5	6-7	8-9
Sub-humide	3-4	5-6	7-8
Humide	1-2	3-4	5-6

En utilisant le besoin en eau du produit de référence comme point de départ pour le calcul du besoin en eau des produits, on prend déjà en compte l'influence du climat. Il ne reste qu'à établir un rapport entre les besoins en eau du produit de référence et ceux du produit que l'on veut cultiver.

Pour établir ce rapport, on utilise le coefficient cultural  $K_c$ . Pour obtenir le besoin en eau du produit que l'on veut cultiver, on multiplie ce coefficient par le besoin en eau du produit de référence. La formule est la suivante :

$$ET_{\text{culture}} = K_c \times ET_0$$

$ET_{\text{culture}}$  = évapotranspiration de la culture en mm/jour

$K_c$  = coefficient cultural

$ET_0$  = évapotranspiration de référence en mm/jour

Le besoin en eau d'une culture varie selon son stade de croissance. Dans la collecte de l'eau, le paysan contrôle mal la quantité d'eau apportée ; il ne contrôle que son rythme. Par conséquent, il est peu utile de calculer la quantité d'eau dont la culture a besoin à chacun de ses stades de croissance. Pour la conception d'un système de collecte, il suffit de calculer la quantité totale d'eau dont la culture a besoin pendant toute sa saison de croissance.

On calcule  $ET_{\text{culture}}$  à l'aide de la formule  $ET_{\text{culture}} = K_c \times ET_0$ , avec des valeurs moyennes de  $K_c$  et  $ET_0$  pour la saison de croissance totale.

Le Tableau 7 donne les valeurs moyennes de  $K_c$  de certains produits.

Un exemple de calcul du besoin en eau des produits agricoles est donné ci-dessous.

*Tableau 7 : Valeurs moyennes du coefficient cultural (Critchley, 1991)*

Produit agricole	$K_c$ moyen
Coton	0,82
Arachides	0,79
Légumineuses	0,79
Maïs	0,82
Mil	0,79
Sorgho	0,78

## Calcul de la pluviosité nominale

La quantité de pluie tombée pendant la saison de croissance du produit sert de base à la conception d'un système. C'est ce qu'on appelle la *pluviosité nominale*. La difficulté de choisir la bonne pluviosité nominale est due à la grande variabilité des pluies dans les régions (semi-)arides. Alors que la pluviosité annuelle moyenne peut être de 400 mm, il peut y avoir des années sans aucune pluie et des années "humides" avec 500 ou 600 mm de pluie, ou même plus. Si la pluviosité réelle est inférieure à la pluviosité nominale, le bassin versant ne produira pas suffisamment de ruissellement pour satisfaire le besoin en eau des produits ; si la pluviosité réelle dépasse la pluviosité nominale, il y aura trop de ruissellement, ce qui risque d'endommager la structure de collecte.

En concevant un système de collecte de l'eau, il faut veiller à ce que le système résiste bien au courant de l'eau et choisir des produits peu sensibles à la sécheresse pour minimaliser le risque de pertes pendant les années où la pluviosité nominale n'est pas atteinte. Il est conseillé d'essayer des variétés résistantes à la sécheresse déjà cultivées dans la région, car cela permet de comparer leurs résultats dans le nouveau système de collecte.

### Exemple de calcul du besoin en eau des produits agricoles.

Produit à cultiver: Sorgho

Durée de la saison de croissance: 120 jours

Moyenne  $K_c$ : 0,78

$ET_0$  (calculée par le service météorologique, ou estimée) :

mois	1	2	3	4
$ET_0$ (mm/jour)	9	8,5	8	8

Calcul de  $ET_0$  moyenne pour la saison de croissance :

$$ET_0 = (9 + 8,5 + 8 + 8) / 4 = 8,4 \text{ (mm/jour)}$$

Calcul de  $ET_{culture}$  :

$$ET_{culture} = 0,78 \times 8,4 = 6,55 \text{ (mm/jour)}$$

Besoin en eau moyen pour la saison de croissance =

$$6,55 \times 120 = \text{env. } 790 \text{ mm}$$

(Critchley, 1991)

## Détermination du coefficient de ruissellement

La première méthode pour déterminer le coefficient  $R$  est de faire une supposition éclairée et de procéder ensuite par tâtonnements. Généralement, la valeur du coefficient de ruissellement saisonnier (annuel)  $R$  varie entre 0,20 et 0,30 sur les pentes de moins de 10%. Il peut aller jusqu'à 0,50 sur les bassins versants naturels rocheux. Le coefficient de ruissellement  $R$  est souvent estimé ou évalué sur la base des résultats des premiers systèmes expérimentaux de collecte l'eau. La seconde méthode, plus précise mais plus compliquée, pour déterminer le coefficient  $R$  consiste à mesurer d'abord le coefficient  $r$  pour chaque pluie et de déterminer ensuite le coefficient de ruissellement saisonnier (annuel). Critchley (1991) recommande de mesurer le coefficient  $r$  pendant une période d'au moins deux ans avant de commencer un programme de construction plus grand. Pour mesurer le coefficient  $r$ , on aménage des *lopins de ruissellement*. Il s'agit de lopins de terre aménagés dans une partie représentative de la zone où le système de collecte est prévu. Les lopins de ruissellement permettent de mesurer la quantité de ruissellement pour chaque pluie. On peut aussi utiliser des coefficients de ruissellement déterminés dans des zones voisines, mais il faut être prudent. Le coefficient de ruissellement dépend en grande mesure des conditions locales.

## Le coefficient d'efficience

La quantité d'eau collectée qui peut réellement être utilisée par le produit agricole est exprimée par le *coefficient d'efficacité*. L'efficacité est plus grande si la zone cultivée est nivelée. Le coefficient d'efficacité se situe environ entre 0,5 et 0,75. Si on ne dispose pas de données exactes (étudiez les systèmes d'irrigation voisins), le seul moyen d'estimer le coefficient est de se fier à son expérience, c'est-à-dire par tâtonnements.

*Formule pour calculer le rapport C:CA :*

1 Eau nécessaire dans la zone cultivée (CA) =

Eau collectée dans le bassin versant (C)

2 Eau nécessaire dans la zone cultivée (CA) =

[Besoin en eau des produits – pluviosité estimée] × CA (m<sup>2</sup>)

et

Eau collectée dans le bassin versant (C) =

R × pluviosité estimée × coefficient d'efficacité × C (m<sup>2</sup>)

3 par conséquent :

[Besoin en eau des produits – Pluviosité estimée] × CA =

R × Pluviosité estimée × Coefficient d'efficacité × C

ou

C :CA =  $\frac{\text{Besoin en eau des produits}}{\text{Pluviosité estimée} \times \text{Coefficient d'efficacité}}$

Le calcul du rapport C:CA à l'aide de cette formule est utile en premier lieu pour des systèmes où l'on cultive des produits. Pour les arbres, le rapport C:CA est difficile à déterminer et un calcul approximatif suffit. Généralement, les arbres sont cultivés dans des systèmes de microbassins. Il suffit de donner au microbassin la même taille que le bassin versant. La taille du microbassin pour chaque arbre varie environ de 10 à 100 m<sup>2</sup> selon le climat et l'espèce cultivée.

Pour les pâturages et les plantes fourragères, l'objectif des systèmes de collecte de l'eau est d'améliorer les rendements sans pour autant répondre entièrement aux besoins en eau des plantes.

Par conséquent, une estimation du rapport C:CA est suffisante. Le calcul du rapport C:CA pour les produits agricoles est illustré dans l'exemple ci-dessous. Un rapport C:CA de 2:1 à 3:1

convient généralement à la conception de systèmes de microbassins utilisés pour les pâturages et les plantes fourragères.

#### **Exemple de calcul du rapport C:CA pour les produits agricoles**

Climat:	Semi-aride
Technique de collecte:	à petite échelle, par ex. billons en courbe de niveau
Produit:	Sorgho
Besoin en eau du produit	550 mm
Pluviosité estimée:	320 mm
Coefficient de ruissellement(R):	0,50
Coefficient d'efficacité:	0,70

$$C:CA = (550 - 320) / (320 \times 0.50 \times 0.70) = 2.05$$

Conclusion : le bassin versant doit être environ 2 fois plus grand que la zone cultivée.

On a vu plus haut que l'on utilise souvent un rapport C:CA de 3:1. Cependant, ce rapport est souvent plus bas dans les systèmes à petite échelle. Cela est dû au coefficient de ruissellement plus élevé en raison de la pente du bassin plus courte et au coefficient d'efficacité plus élevé en raison d'une rétention moins profonde de l'eau de ruissellement dans la zone cultivée.

(Source : Critchley, 1991)