

Préparer les familles de petits paysans
à s'adapter au changement climatique

GUIDE DE POCHE 3

GESTION DES RESSOURCES EN EAU



Gaye Burpee
Brendan S. Janet
Axel Schmidt



USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE



Cette publication a été rendue possible par le généreux appui de la population américaine par l'intermédiaire de l'Office of Acquisition and Assistance de l'Agence des États-Unis pour le développement international (USAID) dans le cadre de l'Accord coopératif Leader with Associates No AID-OAA-L-10-00003 avec l'Université d'Illinois d'Urbana Champaign pour le projet MEAS (Modernisation des services de vulgarisation et de conseils).

Le projet MEAS a pour objectif de promouvoir et d'aider à la modernisation des services ruraux de vulgarisation et de conseils dans le monde entier grâce à des produits et services variés. Ces services bénéficient à une large gamme d'utilisateurs, comme des décideurs politiques et spécialistes techniques des pays en développement, des spécialistes du développement d'ONG, d'autres bailleurs de fonds et des consultants et le personnel et les projets de l'USAID.

Équipe éditoriale

Douglas Pachico
Brent Simpson

Illustrations

Chris Roy Taylor
Coty Tsang
Tsang Lee Yu

Éditeur technique

Solveig Bang

Traduction française

Odile Adjavon

Mise en page et design

Solveig Bang

Catholic Relief Services est l'agence humanitaire internationale officielle de la communauté catholique des États-Unis. CRS soulage la souffrance et apporte une assistance à des personnes dans le besoin de plus de 100 pays, sans considération de race, de religion ni de nationalité. Le travail d'assistance et de développement de CRS est accompli par l'intermédiaire de programmes d'intervention d'urgence, VIH, santé, agriculture, éducation, microfinance et consolidation de la paix. CRS a fourni un co-financement pour cette publication.

Catholic Relief Services

228 West Lexington Street
Baltimore, MD 21201-3413 USA
www.crs.org

ISBN-10: 1614921490

ISBN-13: 978-1-61492-149-3

Vous pouvez télécharger cette publication et les documents associés sur <http://www.crs.org/our-work-overseas/research-publications/pocket-guide-3>

Suggestion de citation : Burpee, G., B.S. Janet & A. Schmidt. 2015. *Préparer les familles de petits paysans à s'adapter au changement climatique : Guide de poche N°3* : Gestion des ressources en eau. Catholic Relief Services : Baltimore, MD, USA

Préparer les familles de petits paysans à s'adapter au changement climatique
Guide de poche N°3 ; Gestion ressources en eau.

© 2015 Copyright Catholic Relief Services—Conférence des évêques catholiques des États-Unis et projet MEAS

Ce travail est protégé sous Licence Creative Commons Attribution 3.0 non transposé. Les utilisateurs sont libres :

- De partager — reproduire, distribuer et communiquer l'œuvre
- De remixer — adapter l'œuvre

À condition d'attribuer l'œuvre à l'auteur/aux auteurs ou à l'institution (mais pas d'une manière qui suggérerait que ceux-ci approuvent l'utilisateur ou son utilisation de l'œuvre).



Préparer les familles de petits paysans
à s'adapter au changement climatique

GUIDE DE POCHE N°3
**GESTION DES
RESSOURCES
EN EAU**

Gaye Burpee
Brendan S. Janet
Axel Schmidt

TABLE DES MATIÈRES

Introduction : Objectif et contenu	1
1^{ère} partie : Comprendre les concepts	9
1.1 Comprendre le cycle de l'eau	9
1.2 Le cycle de l'eau et le changement climatique	10
1.3 Améliorer la productivité de l'eau : Opportunités dans l'agriculture pluviale	13
1.4 Une perspective prometteuse sur l'eau dans l'agriculture	15
2^{ème} partie : Évaluer les risques du changement climatique pour l'eau et estimer la vulnérabilité agricole	19
2.1 Passer des concepts à l'action	19
2.2 Évaluer l'exposition au changement climatique	19
2.3 Évaluer la vulnérabilité des moyens d'existence agricoles	20
2.4 Évaluer la capacité locale à s'adapter	21
2.5 Sélectionner les pratiques prometteuses pour l'adaptation	22
3^{ème} partie : Recommander des pratiques pour l'adaptation relative à l'eau grâce à une meilleure gestion	24
3.1 Introduction.....	24
3.1.1 Note aux agents de terrain qui travaillent dans la vulgarisation agricole.....	24
3.1.2 Principes directeurs pour l'adaptation grâce à la gestion de l'eau.....	25
3.1.3 Améliorer la productivité de l'eau : Cultiver plus de nourriture avec moins de pluies ou des pluies fortes	28
3.1.4 Règles de base pour la gestion de l'eau	29
3.2 Pratiques agronomiques pour une meilleure gestion de l'eau	31
3.2.1 Travail du sol minimum ou semis sans labour	31
3.2.2 Densité des plantations.....	31
3.2.3 Engrais organiques.....	32
3.2.4 C Culture suivant les courbes de niveau.....	33
3.3 Gérer l'eau de surface et les ressources en eau dans le sol.....	34
3.3.1 Fossés suivant les courbes de niveau (tranchées suivant les courbes de niveau, fossés d'infiltration)	34
3.3.2 Fossés suivant les courbes de niveau avec des haies vives.....	39
3.3.3 Barrières pierreuses (barrières mortes, diguettes de pierres)	40
3.3.4 Barrières pierreuses dans les zones semi-arides	41
3.3.5 Fossés de drainage et de dérivation	44
3.3.6 Récupération de l'eau dans des bassins et des étangs	45
Irrigation par gravité à partir des étangs.....	49

3.3.7 Restauration des terres arides.....	50
Système de filet et cuvettes pour la restauration de terres arides.....	51
Microreliefs pour la restauration des terres arides.....	52
3.3.8 Récupération de l'eau grâce à des pratiques végétales : haies vives, zones tampons, cultures de couverture et paillage.....	54
Haies vives.....	54
Zones tampons et bandes végétales.....	55
Cultures de couverture.....	55
Paillage.....	58
3.4 Pratiques d'utilisation de l'eau : Irrigation à petite échelle.....	59
3.4.1 Irrigation goutte-à-goutte.....	60
Irrigation goutte-à-goutte à petite échelle.....	61
Irrigation goutte-à-goutte en utilisant des seaux.....	63
3.4.2 Irrigation par gravité.....	64
Irrigation par gravité grâce à l'eau captée sur les toits.....	65
3.4.3 Irrigation du paysage avec les keylines.....	67
3.5 Combiner les pratiques dans les systèmes agricoles pour gérer les risques.....	68
3.5.1 Agroforesterie.....	69
3.5.2 Agriculture de conservation.....	71
3.5.3 Systèmes mixtes cultures/bétail.....	73
4^{ème} partie : Mobiliser l'action et la planification de la communauté pour s'adapter au changement climatique	75
4.1 Évaluations initiales participatives.....	76
4.2 Élaborer un plan d'action communautaire.....	78
4.3 Mise en œuvre des plans d'action.....	79
4.4 Suivi, évaluation et apprentissage.....	79
Glossaire.....	81
Références.....	86

Les concepts et suggestions pratiques contenus dans ce guide viennent de nombreuses sources et sont basés sur l'expérience sur le terrain et la recherche de paysans, agents de vulgarisation agricole et scientifiques. Pour ne pas compliquer ce guide, une liste de ces sources d'informations et des citations est présentée dans la section *Références* à la fin du guide. Des informations et des liens vers des guides et manuels utiles ont aussi été inclus tout au long du guide dans les sections intitulées *Ressources*.

INTRODUCTION

Objectif et contenu

Cette série de guides de poche, *Préparer les familles de petits paysans à s'adapter au changement climatique*, est écrite pour vous, agent de terrain qui travaillez dans la vulgarisation agricole. Les concepts, informations et pratiques présentés dans ces guides ont pour objectif de vous aider dans votre travail avec les familles paysannes et d'aider à réduire les risques auxquels elles sont confrontées du fait des changements dans le climat. Beaucoup des familles qui cultivent de petites parcelles non irriguées sous les tropiques ont déjà des problèmes de pauvreté, de terres dégradées et de variations des précipitations d'année en année. Ce type d'agriculture, parfois appelée agriculture pluviale, est particulièrement vulnérable au changement climatique. Les suggestions contenues dans ces guides peuvent être utilisées pour aider les familles paysannes à faire des changements qui aideront leur exploitation à résister au mauvais temps en s'y adaptant.

Ces guides contiennent des méthodes pratiques qui répondent aux objectifs que l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a fixés pour une agriculture intelligente face au climat :

- Des manières d'augmenter durablement la productivité agricole – des pratiques qui produisent tout en protégeant l'environnement.
- Des pratiques agricoles pour que chaque famille paysanne et les groupes de familles améliorent leur résilience au changement climatique.
- Des pratiques qui peuvent réduire certaines des causes du changement climatique – une diminution des gaz à effet de serre pour éviter de contribuer à plus de changements dans le climat.
- Des informations pour aider les familles rurales à tirer parti des possibilités que peut présenter le changement climatique.

Préparer les familles de petits paysans à s'adapter au changement climatique est une série de guides complémentaires qui comprend :

- Rôle de la vulgarisation agricole et des services de conseils dans l'adaptation
- Gestion des cultures
- Gestion des ressources en eau
- Gestion des sols

Les guides de poche sur l'adaptation suivent une approche générale en quatre étapes qui a été conçue par Catholic Relief Services pour concevoir et mettre en œuvre des interventions en réponse au changement climatique afin d'aider à réduire la vulnérabilité des systèmes d'agriculture à petite échelle. Ces étapes sont :

- **Comprendre** les concepts : les effets du changement climatique sur le domaine traité par chaque guide.
- **Évaluer** les risques posés par les changements climatiques pour chaque thème et estimer la vulnérabilité agricole.
- **Recommander** des pratiques à adopter.
- **Mobiliser** la planification et l'action de la communauté pour l'adaptation.

Cf. Ashby and Pachico (2012) dans *Ressources* pour plus d'informations sur cette approche.

Le vocabulaire du changement climatique

Ces guides utiliseront des termes relatifs au changement climatique que vous devrez connaître. Ils peuvent vous aider à identifier comment les moyens d'existence agricoles sont vulnérables au changement climatique et comment vous pouvez aider les paysans à être moins vulnérables en améliorant leur capacité à s'adapter au changement climatique.

Termes relatifs au changement climatique

L'**exposition** au changement climatique est en grande partie liée à la situation géographique. Des communautés de l'arrière pays dans des régions semi-arides peuvent être exposées à la sécheresse tandis que des communautés de la côte seront plus exposées aux cyclones et aux ouragans.

La **sensibilité** est le degré auquel un système ou une communauté est affecté par des stress en lien avec le climat. Une culture de climat frais comme le café, qui pousse à basse altitude, sera plus sensible à une augmentation de la température que du café qui pousse plus haut sur la montagne. Une culture de légumineuses aux racines peu profondes sera plus sensible aux fortes pluies et au vent que des arbres aux racines profondes.

La **capacité d'adaptation** est la capacité d'un système à s'ajuster au changement climatique, comme la variabilité du climat et les extrêmes climatiques, à modérer les dégâts potentiels, à tirer avantage des possibilités ou à faire face aux conséquences.

La **vulnérabilité** : dans quelle mesure un système est sensible aux effets négatifs du changement climatique ou incapable d'y faire face. La vulnérabilité dépend du type, de la magnitude et du rythme du changement climatique et de la variation à laquelle un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.

Source: IPCC (Panel intergouvernemental sur le changement climatique), 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability; Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds.). Cambridge University Press: Cambridge, Royaume Uni.

Trois éléments contribuent à la vulnérabilité des moyens d'existence agricoles :

Vulnérabilité des moyens d'existence = (exposition x sensibilité) – capacité d'adaptation

Autrement dit, la **vulnérabilité** du système agricole d'une famille résulte de son **exposition** au changement climatique multipliée par sa **sensibilité** au changement climatique moins sa **capacité à s'adapter** au changement climatique.

Si une famille cultive des haricots communs (*Phaseolus vulgaris*) dans une zone qui commence à être inondée tous les trois ou quatre ans pour la première fois de mémoire d'homme, l'**exposition** de son exploitation au changement climatique augmente et sa production les années d'inondation est moitié moindre qu'elle ne l'était dans le passé. Les haricots ne supportent pas bien les conditions humides et sont donc **sensibles** aux inondations. Quand vous recommandez que cette famille fasse des buttes sur le champ de haricots et surélève les haricots au dessus du niveau habituel de l'inondation dans le champ, la famille peut réduire son **exposition** à l'inondation. Sa **capacité à s'adapter** à des inondations plus fréquentes s'améliore aussi.

Si vous habitez là où les gens mangent des racines de taro (*Colocasia esculenta*), vous pouvez aussi travailler avec des familles pour qu'elles plantent du taro plutôt que des haricots. Le taro pousse bien dans les sols humides et, avec ce changement, la **sensibilité** des cultures cultivées dans l'exploitation de cette famille est réduite. Finalement, la famille décide d'élever des poulets et peut trouver des bons conseils techniques. Cela aide à augmenter la **capacité d'adaptation** de la famille en introduisant les compétences nécessaires pour une autre activité de subsistance qui est moins affectée par les fortes pluies.

Les pratiques présentées dans ces guides suggéreront des manières d'améliorer la **capacité d'adaptation** de la famille paysanne et de la communauté paysanne. Ces pratiques peuvent aider les paysans utilisant l'agriculture pluviale à réduire les effets négatifs du changement climatique et à s'en remettre. Il est cependant important de comprendre qu'elles ne pourront peut-être pas résoudre toutes les vulnérabilités qui sont causées ou empirées par le changement climatique. Les familles paysannes devront aussi apprendre à vivre avec les changements qu'apporte le changement climatique.

Du café au chocolat

Pendant une dizaine d'années, un paysan avait travaillé à augmenter l'ombre sur sa petite parcelle de café mais l'ombre ne suffisait plus à réduire l'impact des températures plus élevées sur cette plante de climat frais qui préfère des températures entre 16° et 24°. Maintenant, le paysan remplace progressivement ses caféiers vieillissants par du cacao qui préfère un climat plus chaud (18° à 32°). Le paysan n'a pas pu surmonter la **vulnérabilité** de son exploitation à des températures plus élevées du fait de son **exposition**, causée par sa situation à une altitude plus basse et de la **sensibilité** du café à des températures plus élevées. En passant à une culture de rente différente, il **adapte** son système agricole et apprend à vivre avec les effets du changement climatique.

L'**exposition** aux risques du changement climatique fait référence aux changements dans les précipitations et les températures. Par exemple, des orages plus graves peuvent engorger d'eau les cultures ou augmenter l'érosion du sol ; la sécheresse et la chaleur peuvent réduire la productivité des cultures ou affecter la santé des animaux. Il peut y avoir des changements dans le type et le nombre des maladies, des ravageurs et des mauvaises herbes qui peuvent réduire la productivité des cultures ou la qualité des graines stockées.

La **sensibilité** aux effets du changement climatique est la mesure dans laquelle un système agricole est affecté. Prenez par exemple une paysanne de 60 ans qui plante du maïs. Depuis 25 ans, elle voit que le climat a tendance à devenir plus sec. Ses récoltes ont diminué bien qu'elle ait commencé à planter une variété qui est moins sensible au temps sec. Sa voisine a investi dans un étang et un équipement d'irrigation et peut encore cultiver du maïs. Mais elle ne peut plus cultiver maintenant que du sorgho qui est moins sensible aux périodes sèches que le maïs. Contrairement à sa voisine, elle est confrontée à une **pénurie économique d'eau** en plus d'une pénurie agricole d'eau parce qu'elle n'a pas les fonds nécessaires pour le stockage de l'eau et l'équipement basique d'irrigation qu'a sa voisine. Sa production est donc plus faible, sa **capacité d'adaptation** est moindre et sa **vulnérabilité** est plus importante. Les familles de petits paysans qui produisent dans des conditions d'agriculture pluviale et qui sont confrontés à des tendances plus sèches peuvent être incapables de résoudre les difficultés de la pénurie d'eau uniquement grâce à des améliorations techniques.

La **capacité d'adaptation** dépend de nombreux facteurs autres que les pratiques techniques qui font l'objet de ce guide. L'adaptation dépend aussi du nombre de personnes, suffisant ou non, (la main d'œuvre) dont dispose la famille paysanne pour faire le travail nécessaire pour s'adapter. L'adaptation dépend aussi :

- Des fonds et autres ressources (les capitaux) que la famille peut investir dans les changements. Les capitaux comprennent les réseaux sociaux, l'éducation et les connaissances.
- Des services que la communauté reçoit ou non du gouvernement.
- De la volonté de la communauté de travailler ensemble pour faire des changements dans son bassin versant (en travaillant ensemble à différentes échelles).
- Du fait qu'ils vivent ou non dans un pays qui a une politique et une stratégie agricoles pour augmenter la résilience nationale au changement climatique.
- De l'appui que les services de recherche agricole et de vulgarisation apportent à l'adaptation, en particulier pour l'agriculture pluviale (systèmes et structures nationaux).
- De l'appui des systèmes sociaux et économiques à un juste accès à l'eau et à la terre, à l'éducation, à l'information, aux services financiers, aux services de vulgarisation et aux infrastructures.

L'**inégalité** est un autre point à prendre en compte pour la capacité d'adaptation. L'inégalité a des visages différents à différents endroits : différentes classes sociales ou castes, différents groupes ethniques, même différents moyens d'existence comme les éleveurs par opposition aux cultivateurs. Par exemple, bien que 43%

des paysans des pays en développement soient des femmes, leur production agricole est 25% plus faible que celle des hommes. Leur production n'est pas plus faible parce qu'elles sont de moins bonnes cultivatrices mais parce qu'elles ont un accès limité à la terre, aux ressources financières et aux intrants productifs (outils appropriés, semences ou bétail améliorés). Elles ont aussi moins accès à des services cruciaux de vulgarisation agricole et de crédit. Les femmes partagent aussi leur temps entre l'agriculture et les tâches ménagères comme aller chercher de l'eau, du bois, préparer les repas et s'occuper des enfants. De ce fait, les paysannes ont souvent moins de capacité d'adaptation du fait de l'inégalité des genres.

Capacité d'adaptation avec de nouvelles informations et des pratiques anciennes

Les scientifiques peuvent prédire comment le changement climatique affectera une certaine zone ou certaines cultures ou systèmes agricoles. Cette recherche de modélisation du climat commence à prédire des changements dans les températures et les précipitations d'ici 15 à 25 ans et leur effet sur certaines cultures. Quand ces informations seront disponibles, elles aideront les agents de terrain à prendre des décisions sur ce qu'ils peuvent recommander pour réduire l'exposition ou la sensibilité au changement climatique et comment améliorer la capacité d'adaptation.

Avec ou sans informations sur les effets qu'aura le changement climatique sur votre zone locale spécifiquement, vous devrez, en tant qu'agent de vulgarisation, travailler avec les familles paysannes qui luttent contre le faim pour réduire leur sensibilité et leur exposition aux risques dus à l'augmentation des températures et aux pluies variables. La capacité à s'adapter dépend beaucoup des connaissances et des informations. L'une de vos tâches est de chercher, partout et toujours, de nouvelles informations, formations ou expérience. Ainsi, vous pourrez continuellement apprendre des choses des paysans, tester de nouvelles méthodes avec eux pour découvrir ce qui fonctionne localement et aussi les former à des pratiques et des méthodes qui permettront d'avoir des exploitations agricoles résilientes dans leur communauté. Les changements qui résultent du changement climatique continueront dans le temps, il est donc important de continuer à apprendre.

L'une de vos tâches est de chercher, partout et toujours, de nouvelles informations, formations ou expérience.

Beaucoup des pratiques que promeuvent déjà les agents de vulgarisation sur le terrain contribuent à l'adaptation au changement climatique. En actualisant vos connaissances, vous comprendrez comment ces pratiques réduisent la vulnérabilité et où concentrer les efforts pour obtenir le plus de bénéfice. Devriez-vous d'abord réduire l'exposition ou travailler à augmenter la capacité d'adaptation ? Ou devriez-vous réduire la sensibilité ? Quels sont les coûts et les avantages qu'il y a à commencer par l'une ou l'autre de ces combinaisons ?

Quand les agents de terrain encouragent les paysans qui cultivent à des altitudes plus basses et plus chaudes à passer de cultures annuelles à un système mixte d'agroforesterie, les paysans augmentent le nombre d'arbres qui réduisent les gaz contribuant au réchauffement climatique. En même temps, les arbres ajoutent au sol une litière de feuilles qui sert de paillage, l'évaporation du sol est ralentie, le sol retient plus d'eau et les cultures voisines

supportent plus longtemps les périodes sèches. Tout ceci augmente la capacité d'adaptation du système agricole. En revenant dans les services de vulgarisation à une agronomie de base et en apprenant à combiner de nouvelles pratiques prometteuses à des pratiques positives du passé, on aura un formidable potentiel d'adaptation pour des millions de petits paysans des tropiques.

Pourquoi avez-vous besoin d'un guide sur l'adaptation au changement climatique pour l'eau ?

Il sera très difficile pour les paysans de s'adapter au changement climatique sans améliorer leur gestion de l'eau, surtout dans les systèmes pluviaux. La production des cultures, du bétail, du poisson comme des forêts est dépendante de l'eau. Environ 80% des terres agricoles du monde dépendent des pluies et beaucoup des terres marginales où la production est faible se trouvent dans des zones manquant d'eau. De même, la plus grande partie de la nourriture produite dans le monde est produite dans de petites exploitations. Ces paysans obtiennent des récoltes beaucoup plus faibles que ce qu'ils pourraient obtenir avec des pratiques et des technologies améliorées. Cela est particulièrement vrai en Afrique sub-saharienne, en Amérique Centrale et en Asie Centrale, où la productivité actuelle est 76%, 65% et 64%, respectivement, en dessous du potentiel. Pour améliorer leur productivité, les paysans devront s'adapter en améliorant la gestion de l'eau, la récupération de l'eau de pluie, la gestion des nutriments, la gestion des cultures et l'agroforesterie.

Les paysans du passé comme ceux d'aujourd'hui ont souvent été confrontés à des changements de temps et à des années où la pluie tombe plus tôt ou en plus grande quantité que d'autres années. Mais le changement climatique amène de nouveaux défis et les conditions agricoles ne reviendront pas à ce qu'elles étaient dans le passé. Pour répondre à ces changements, beaucoup de paysans devront faire des ajustements importants à leurs systèmes agricoles dans les 10 ou 20 prochaines années. Votre travail, en tant qu'agent de vulgarisation, est plus important aujourd'hui qu'il ne l'a jamais été.

Le *Guide de poche N°3 : Gestion des ressources en eau* présente quelques concepts de base, des principes directeurs et des pratiques à évaluer, tester et utiliser avec les familles paysannes et les communautés rurales pour gérer les ressources en eau et réagir au changement climatique. Ces pratiques comprennent une meilleure récupération de l'eau de pluie, le stockage de l'eau de pluie et une utilisation plus efficace de l'eau. Elles devraient être combinées à la gestion des cultures (*Guide de poche N°2*) pour améliorer la capacité des plantes à absorber l'eau et avec une meilleure gestion des sols (*Guide de poche N°4*) pour améliorer la capacité du sol à retenir l'eau.

L'adaptation au changement climatique est urgente.

Climate change adaptation: the pivotal role of water. Dossier politique de l'ONU sur l'eau, 2010

On pense que plupart des effets du changement climatique sur l'agriculture et les moyens d'existence ruraux seront provoqués par des changements dans le cycle de l'eau.

Climate-Smart Agriculture Sourcebook, Module 3: Water Management. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2013

Qui peut utiliser ce guide ?

Ce guide est écrit pour des agronomes, agents de vulgarisation sur le terrain et leurs responsables, gouvernementaux ou non gouvernementaux, qui travaillent dans des programmes de développement rural avec des familles et des communautés paysannes. Il peut aussi y avoir des informations qui aideront les décideurs politiques à fixer les priorités du gouvernement. Les auteurs comprennent que les lecteurs de ce guide auront une formation et une expérience sur le terrain très différentes. Nous espérons que tous les lecteurs y trouveront quelque chose d'intéressant pour les aider dans leur travail pour l'adaptation locale au changement climatique.

Comment ce guide peut-il être utilisé ?

Les agents de terrain peuvent utiliser ce guide avec des paysans ou des communautés pour analyser, concevoir et planifier des manières d'adapter leurs systèmes agricoles aux changements dans les températures et le rythme ou la quantité des précipitations. Ce guide peut aussi être utilisé pour préparer des ateliers de formation ou comme guide pour la planification de projets. Le guide fournit un échantillon de pratiques pour l'adaptation au changement climatique dans le cadre de concepts et principes de base. Il comprend aussi des approches participatives, des outils d'évaluation et d'autres activités qui peuvent aider le personnel de terrain dans la planification et la priorisation des activités avant de passer aux actions.

Le défi pour l'adaptation est que les températures et les précipitations continueront à changer et demanderont un processus continu d'introduction, de tests et de modification des pratiques pour les adapter aux conditions locales. Le moment optimal pour faire des changements peut être différent pour chaque paysan. C'est pourquoi une grande partie des informations fournies ici traitent d'approches générales de la gestion de l'eau, avec des exemples dans des conditions différentes, plutôt que de donner un ensemble de pratiques précises qu'il faudrait mettre en œuvre partout.

Le changement climatique dépend du lieu.

Quel est le contenu de ce guide ?

Ce guide comprend quatre parties :

- Comprendre les concepts : les effets du changement climatique sur l'eau pour l'agriculture
- Évaluer les risques du changement climatique pour l'eau et estimer la vulnérabilité agricole
- Recommander des pratiques d'adaptation pour l'eau grâce à une amélioration de la gestion de l'eau
- Mobiliser la planification et l'action de la communauté pour l'adaptation au changement climatique

Ce guide (*Guide de poche N°3*) présente des options pour améliorer la gestion de l'eau, d'autres guides s'intéressent à d'autres aspects de l'agriculture, comme une meilleure gestion des **cultures** (*Guide de poche N°2*) et la gestion du **sol** (*Guide de*

poche N°4). Le *Guide de poche N°1* explique les effets généraux du changement climatique sur l'agriculture et propose aux services de vulgarisation un rôle dans l'appui à l'adaptation.

Vous pouvez utiliser ces guides ensemble à différents moments du processus d'adaptation. Au début, quand on évalue les vulnérabilités des moyens d'existence et qu'on choisit des priorités pour les pratiques d'adaptation, on ne peut pas réfléchir uniquement aux questions d'eau. Elles doivent être envisagées avec la gestion des sols ou du bassin versant, par exemple. Vous devrez d'abord faire une évaluation préliminaire pour pouvoir fixer des priorités et travailler en premier sur l'exposition aux risques les plus graves et les principales sensibilités face au changement climatique.

De plus, quand vous fixerez les priorités pour une meilleure gestion de l'eau, il faudra les comparer à d'autres priorités et envisager d'éventuels compromis. Comment les différentes options pour s'adapter au changement climatique affectent-elles d'autres domaines de la gestion agricole ? Par exemple, si on utilise des résidus de culture pour protéger la surface du sol de l'évaporation, ces résidus ne pourront pas être utilisés comme aliment pour le bétail, comme combustible pour la cuisine ou dans le compost. Quand vous fixez de priorités pour les actions et que vous choisissez les options à mettre en 'uvre, il est important de réfléchir à tous les effets.

Ce guide comprend des pratiques familières qui sont bénéfiques même quand les effets du changement climatique sont incertains. Cependant, lorsque des études de modélisation prédisent des effets locaux particuliers, il vous sera plus facile de sélectionner les pratiques ayant le plus fort potentiel de réduire les vulnérabilités locales. Ce seront les interventions les plus efficaces, du moment que vous prenez en compte les ressources et les préférences des paysans et de la communauté locale.

Certaines pratiques apparaissent dans plusieurs des guides de poche. Par exemple, les cultures de couvertures sont mentionnées dans le *Guide de poche N°2 : Gestion des cultures* comme moyen de contrôler les mauvaises herbes et les ravageurs. Elles apparaissent aussi dans le *Guide de poche N°4 : Gestion des sols* comme une manière d'améliorer la fertilité du sol, son humidité, sa structure et en général, sa santé. De plus, certaines pratiques ne seront totalement efficaces que si elles sont combinées à d'autres. Même quand le facteur le plus limitatif pour de bonnes récoltes est la rareté de l'eau, une irrigation complémentaire ne peut permettre que de modestes augmentations de la production sur des sols dégradés. Pour obtenir des augmentations plus importantes des récoltes, il faut aussi améliorer la fertilité du sol.

Il y a une étroite interaction entre les plantes, le sol et l'eau et les guides d'adaptation sont prévus pour être utilisés ensemble. En les utilisant en groupe, vous multipliez leurs bénéfices et augmenterez la résilience au changement, quelle que soit son origine.

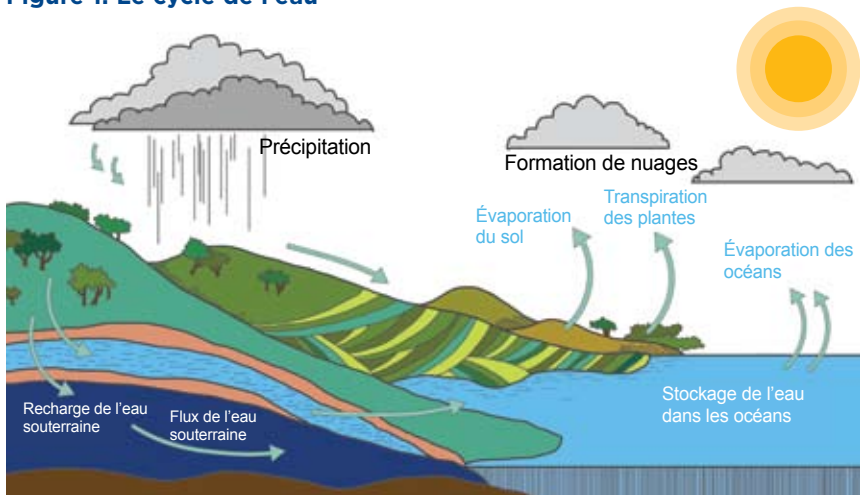
1ÈRE PARTIE

Comprendre les concepts

1.1 COMPRENDRE LE CYCLE DE L'EAU

Comprendre le cycle de l'eau et comment il va changer avec le réchauffement climatique vous permettra de comprendre les changements et les pratiques qui contribueront à réduire la vulnérabilité des paysans et de l'agriculture au changement climatique.

Figure 1: Le cycle de l'eau



Adapté de : Catholic Relief Services. 2014. *Natural resource management: Basic concepts and strategies*. CRS: Baltimore, Maryland, USA.

La quantité d'eau sur Terre est limitée – l'eau n'est ni créée ni détruite. L'eau est plutôt comme l'énergie dans le sens qu'elle est transformée d'un état à un autre (liquide, vapeur ou solide) et transportée d'un endroit à l'autre, en un cycle continu, circulant par différentes sources sous différentes formes. Les océans contiennent 97% de toute l'eau présente sur Terre. Les 3% restants sont l'eau douce que l'on trouve dans les cours d'eau, les lacs, les glaciers, les manteaux neigeux, les nuages et les aquifères (l'eau souterraine). Et, ce qui est important pour l'agriculture, elle est aussi stockée dans le sol sous forme d'humidité du sol, où elle peut être utilisée par les plantes. Lorsque l'eau coule par ses nombreuses sources, sa qualité et ses propriétés changent aussi. Par exemple, sous forme d'eau liquide, elle peut s'évaporer des lacs et devenir de la vapeur d'eau qui forme des nuages si les températures sont au-dessus du point de congélation (0° Celsius ou 32° Fahrenheit). À des températures en dessous du point de congélation, le lac peut geler et se transformer en glace, la forme solide de l'eau.

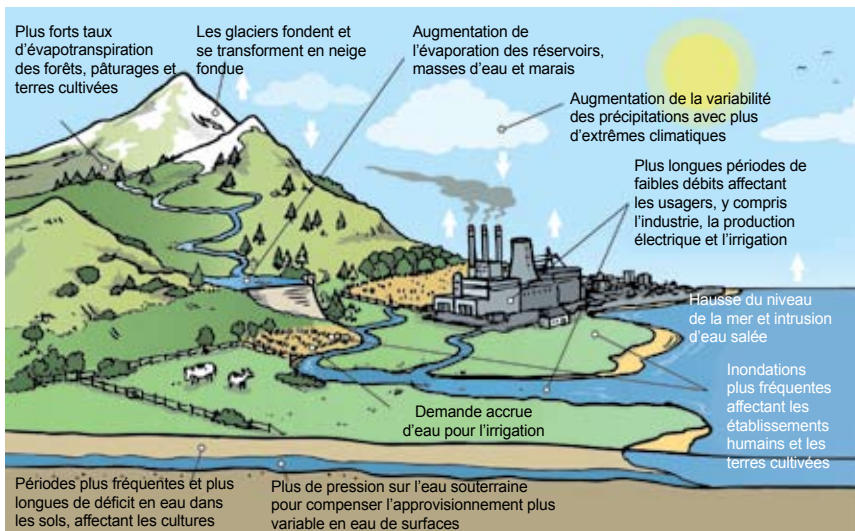
Dans le cycle de l'eau, le soleil fait évaporer l'eau de la surface des océans, des lacs, des réservoirs, de la neige et de la surface du sol et des plantes (forêts, champs et pâtures). Les plantes perdent aussi de l'eau pendant le processus de photosynthèse quand les stomates des feuilles sont ouverts et transpirent de l'eau. (La transpiration est considérée comme une utilisation productive de l'eau avant qu'elle ne retourne dans l'atmosphère). La combinaison de ces pertes d'eau dans l'atmosphère est appelée évapotranspiration, mais l'évaporation et la transpiration sont des processus différents. Seule l'eau pure s'évapore, les sels contenus dans l'eau ne s'évaporent pas. La vapeur d'eau forme ensuite des nuages dans l'atmosphère.

Avec la rotation de la terre, les nuages développent leur réserve d'eau jusqu'à ce qu'ils deviennent lourds et que l'eau retombe à terre sous forme de précipitation d'eau douce. Les précipitations peuvent prendre la forme de pluie, de neige ou de glace. Une fois que la précipitation atteint la terre, elle fait une de ces trois choses :

- Elle s'écoule de la terre sous forme de pluie ou de neige fondue vers les cours d'eau, les lacs et les océans.
- Elle entre dans le sol par l'infiltration puis s'évapore de la surface du sol ou transpire par les feuilles des plantes avant de retourner dans l'atmosphère.
- Elle est absorbée par le sol et, avec le temps, s'infiltré dans l'eau souterraine.

1.2 LE CYCLE DE L'EAU ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Figure 2: The water cycle and predicted impacts of climate change



Graphique modélisé d'après *Climate-smart agriculture sourcebook. Module 3: Water management* (FAO 2013)

Le réchauffement climatique accélère le cycle de l'eau. Les températures plus élevées augmentent la vitesse d'évaporation des masses d'eau et des terres humides, les quantités de neige fondue des glaciers et des zones enneigées et la transpiration de la végétation. Cette perte d'eau en direction de l'atmosphère signifie que l'air plus chaud contient plus d'humidité. L'augmentation de l'humidité causera des changements tels que des inondations, des glissements de terrain, des sécheresses ou de fortes tempêtes plus fréquentes, comme des cyclones et des ouragans. L'eau qui s'évapore ne peut pas être réutilisée avant qu'elle ne tombe sous forme de précipitations et ce processus se produira maintenant plus rapidement. Du fait des flux de circulation climatique au niveau mondial, en général, les zones humides deviendront plus humides et les zones sèches plus sèches.

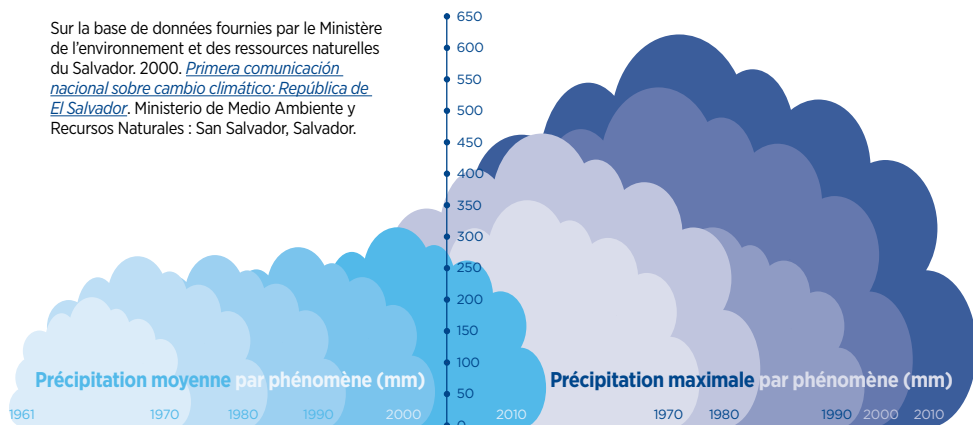
« Je ne me souviens pas d'ouragans quand j'étais enfant »

En Amérique centrale, une région qui devrait être fortement touchée par le changement climatique, on prévoit que les températures augmenteront d'un degré Celsius d'ici la fin des années 2020 et de 2°C d'ici les années 2050. La période normale de sécheresse au milieu de la première saison agricole dure maintenant plus longtemps pendant des phases clés de la croissance où les plantes ont besoin d'eau pour produire des grains. Ce déficit réduit la productivité du maïs et des haricots, les deux principales cultures de base. Bien qu'on prévoie que le total des pluies va diminuer, le nombre et l'intensité des forts orages doit augmenter.

« Je ne me souviens pas d'ouragans quand j'étais enfant. Les pluies étaient lentes et régulières. Nous avions des tempêtes, mais elles duraient quelques heures, parfois une journée. Maintenant, les pluies sont beaucoup plus fortes et violentes. Avant l'ouragan Stan (2005), nous avions eu l'ouragan Mitch (1998). Les gens ont très peur qu'il n'y ait autre ouragan. Avant, nous n'avions jamais rien vu de semblable aux ouragans [qu'on a] par ici [maintenant]. Même mes grands-parents ne se souviennent pas de tempêtes aussi fortes que celles-ci. »

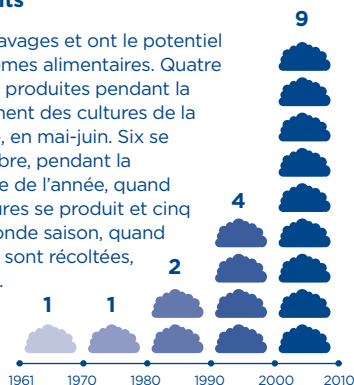
Gavino, paysan à San Marcos, Guatemala

Avec le changement climatique, les tempêtes seront plus fréquentes, avec des pluies plus fortes et les périodes sèches et les sécheresses seront plus fréquentes ou plus longues. Avec une augmentation des tempêtes, l'eau traversera les paysages plus rapidement et pourra devenir destructrice, causant une grave érosion, des coulées de boue ou des inondations. Les inondations plus nombreuses affecteront les terres cultivées et le bétail ainsi que les zones en aval. Inondations, élévation du niveau de la mer et intrusion de l'eau salée dans les puits d'eau douce et les aquifères des régions côtières commencent déjà à contaminer les ressources en eau pour la consommation des ménages et l'irrigation. Avec des phénomènes extrêmes et une plus grande quantité d'eau perdue par évaporation et ruissellement, les déficits d'humidité dans le sol seront plus fréquents et dureront plus longtemps. Ceci causera des problèmes pour les cultures, les zones de pâturage et la santé du sol. Les températures plus élevées augmenteront aussi l'occurrence de maladies telles que le paludisme et la dengue si les zones de stockage de l'eau ne sont pas bien gérées pour contrôler les moustiques. Les cultures, les animaux et les gens seront affectés par les vagues de chaleur.

Figure 3 : Phénomènes climatiques extrêmes au Salvador par décennies (1961-2010)

Nombre d'évènements

Ces tempêtes font des ravages et ont le potentiel de déstabiliser des systèmes alimentaires. Quatre de ces tempêtes se sont produites pendant la plantation et l'établissement des cultures de la première saison agricole, en mai-juin. Six se sont passées en septembre, pendant la deuxième saison agricole de l'année, quand l'établissement des cultures se produit et cinq étaient à la fin de la seconde saison, quand les cultures mûrissent et sont récoltées, en octobre et novembre.



Les signes sont partout

Les signes visibles du réchauffement climatique sont partout, dans le changement des températures et les conséquences, comme des sécheresses plus fréquentes et plus longues, des inondations, de forte tempêtes, la fonte des glaciers, les changements dans les précipitations et autres. *Human development report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world* (PNUD 2007)

Si vous travaillez dans une zone qui est affectée par des tempêtes plus fortes ou des pluies plus violentes, vous verrez probablement :

- Plus de ruissellement des eaux.
- Plus d'érosion qui enlève les nutriments de la terre arable dans les parcelles agricoles.
- Plus de maladies des cultures, en particulier des maladies fongiques.
- Plus d'inondations qui causes des dégâts pour les parcelles agricoles, les animaux, les logements et les routes.
- Une propagation plus rapide des maladies du bétail.
- Des difficultés à stocker les grains, les semences et les aliments pour le bétail.
- Des changements dans les niveaux de l'eau des puits.

Près des côtes, l'élévation du niveau de la mer signifie que l'eau de mer contaminera les puits et l'eau souterraine. Beaucoup de paysans des tropiques signalent déjà ces changements dans le climat :

- Températures plus chaudes.
- Plus de sécheresses ou sécheresses plus longues.
- Pluies plus fortes.
- Tempêtes plus violentes et augmentation de la concurrence pour une eau de moins bonne qualité.

Même si vous travaillez dans une zone où il pleut beaucoup, vous pouvez commencer à voir des sécheresses et des périodes sèches ainsi que des inondations plus intenses. Dans les montagnes de l'Himalaya, d'Amérique Centrale, des Andes, d'Éthiopie et d'Afrique Australe, on prévoit que les pluies seront plus variables. Il y aura plus de sécheresses mais aussi plus d'inondations. Dans ces régions, beaucoup de sols sont dégradés et ne peuvent donc pas bien retenir l'eau et ils sont de plus en plus sensibles aux changements dans les précipitations.

1.3 AMÉLIORER LA PRODUCTIVITÉ DE L'EAU : OPPORTUNITÉS DANS L'AGRICULTURE PLUVIALE

Au cours des 40 prochaines années, les paysans devront doubler la production d'aliments pour les humains et les animaux pour répondre aux besoins des populations plus nombreuses et aux changements dans l'alimentation. Mais dans de nombreuses régions du monde, il n'y a pas suffisamment de nouvelles terres à cultiver. Les paysans devront donc augmenter la productivité des cultures sur les terres qu'ils cultivent déjà. Pour cela, il faudra plus d'eau parce que le processus de photosynthèse qui produit la matière végétale (feuilles, tiges, racines, tubercules, fruits, graines) est basée sur l'évapotranspiration, l'utilisation de l'eau par les plantes et un peu de perte d'eau par les feuilles de la plante. Le défi pour les chercheurs agricoles et les vulgarisateurs est que ce doublement de la production doit se faire malgré le changement climatique et des changements dans le rythme ou la quantité des pluies.

D'ici l'année 2050, l'évapotranspiration qui sera nécessaire pour augmenter la production alimentaire pourrait augmenter entre 60 et 90 pour cent. Mais l'agriculture utilise déjà plus des deux tiers de l'eau que les humains prélèvent, en grande partie pour la production irriguée. Les augmentations devront donc venir de l'agriculture pluviale. Les paysans devront cultiver plus de nourriture sur à peu près la même quantité de terres que ce qu'ils cultivent maintenant et souvent avec moins de pluies. Autrement dit, ils doivent améliorer le captage et le stockage de l'eau de pluie et la productivité de l'eau. Cela peut sembler impossible, en particulier dans les zones où l'eau est rare et où les paysans ont déjà des difficultés à cultiver et à élever des animaux. Mais s'ils combinent des pratiques agricoles pour améliorer la gestion du sol, la gestion des cultures et la gestion de l'eau dans le même champ, les avantages de chaque pratique augmentent les bénéfices des autres. L'eau est alors utilisée plus efficacement. Il n'est pas impossible de cultiver des cultures vivrières avec moins de pluies, même dans l'Afrique de l'Ouest semi-aride et les pratiques contenues dans ce guide montreront certaines des manières de le faire.

Dans les régions semi-arides et les régions semi-humides sèches, où les paysans sont confrontés à des saisons sèches longues, la principale difficulté

concernant l'eau dans l'agriculture pluviale n'est pas la quantité totale d'eau. Il y a en fait suffisamment de pluviométrie totale pour cultiver. La principale difficulté est que les chutes de pluies varient beaucoup. Environ deux ruraux sur cinq vivent déjà dans des zones où l'eau est rare et où les paysans produisent dans le cadre d'une agriculture pluviale. Bien qu'il y ait de l'eau disponible, les pluies tombent au mauvais moment et beaucoup de l'eau est perdue. Dans les zones où le sol est très dégradé, il y a aussi énormément de ruissellement : la plus grande partie de l'eau est perdue au lieu d'imbiber le sol pour être utilisée par les plantes pour la production de racines et de tubercules, de graines et de fruits. Un paysan qui peut améliorer le stockage de l'eau et gérer la culture pour que sa capacité à absorber l'eau s'améliore aussi pourra augmenter sa production agricole.



Environ deux ruraux sur cinq vivent déjà dans des zones où l'eau est rare et où les paysans produisent dans le cadre d'une agriculture pluviale.

Cependant, les nombreux petits paysans qui cultivent et élèvent des animaux malgré les changements dans le climat ne disposent souvent que de peu d'informations et d'expertise technique et ont des ressources limitées pour s'adapter. Un climat dur est particulièrement nocif pour l'agriculture dans les zones où vivent beaucoup de ces familles paysannes : les sols sont souvent mauvais, les forêts dégradées et l'eau rare. Les systèmes agricoles dans ces zones ont une capacité très limitée à résister au changement et à s'en remettre. C'est pourquoi une partie importante de votre rôle d'agent de vulgarisation est d'apporter des informations et une formation dans des pratiques de base avérées en agronomie et en gestion de l'eau pouvant augmenter la production.

Certaines de ces pratiques sont :

- Conservation du sol et de l'eau par des systèmes de travail du sol minimum (*Section 3.2*)
- Récupération de l'eau de pluie dans l'exploitation (*Section 3.3*).
- Irrigation temporaire, appelée irrigation complémentaire, pour protéger la croissance des cultures et passer les périodes de faible pluviométrie qui peuvent maintenant se produire plus souvent pendant la saison des pluies (*Section 3.4*).
- Technologies modernes comme l'irrigation goutte-à-goutte (*Section 3.4*).
- Amélioration de la fertilité des sols pour que les plantes puissent améliorer leur absorption de l'eau et tolérer un stress léger dû aux périodes sèches (*Guide de poche N°2 : Cultures*).

D'autres pratiques rendront aussi la culture plus résistante au stress. Vous pouvez recommander des variétés de culture qui ont été élaborées pour être résistantes aux ravageurs ou aux maladies des cultures ou qui ont une meilleure tolérance au temps sec. Les variétés de cultures qui mûrissent tôt sont aussi utiles. La situation sera différente à chaque endroit et votre choix de pratiques variera d'un endroit à l'autre.

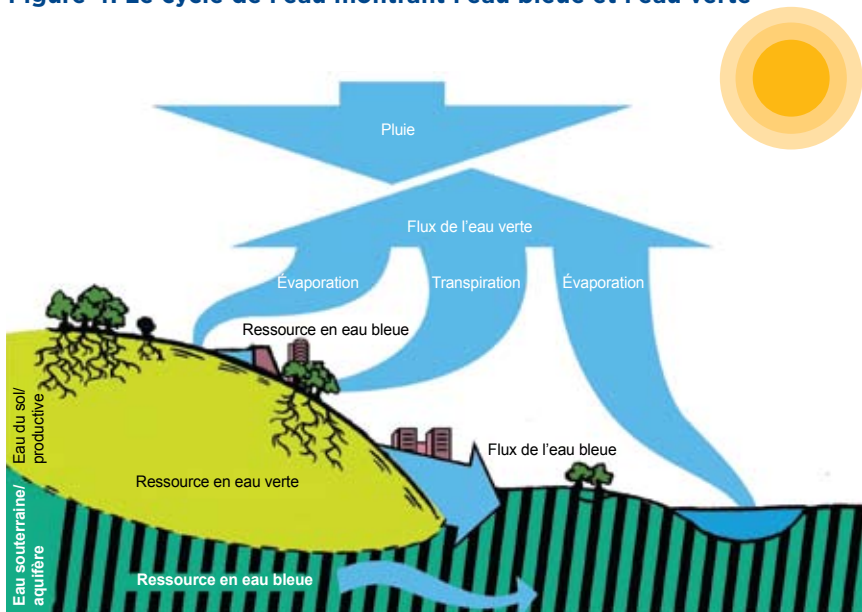
1.4 A UNE PERSPECTIVE PROMETTEUSE SUR L'EAU POUR L'AGRICULTURE

Certains experts de l'agriculture et de l'eau parlent de deux types d'eau. Le terme **eau bleue** est utilisé pour décrire l'eau douce qui ruisselle pour former l'eau de surface (les lacs, cours d'eau et sources) et aussi l'eau souterraine, ou l'eau stockée dans des aquifères. L'eau bleue dépend d'où l'eau s'écoule une fois qu'elle est tombée sous forme de précipitations. L'**eau verte** est la pluie et l'eau qui est stockée dans le sol sous forme d'humidité. Cette distinction entre l'eau bleue et l'eau verte aide les chercheurs et les vulgarisateurs à comprendre et améliorer les recommandations sur l'adaptation au changement climatique.

Eau bleue – Eau douce qui ruisselle pour former l'eau de surface (les lacs, cours d'eau et sources) et aussi l'eau souterraine, ou l'eau stockée dans des aquifères.

Eau verte – la pluie et l'eau qui est stockée dans le sol sous forme d'humidité.

Figure 4: Le cycle de l'eau montrant l'eau bleue et l'eau verte



Source: Adapté de Falkenmark, M. & J. Rockstrom. 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resource planning and management. *Journal of Water Resource Planning and Management*. 132(3), 129-132.

La plupart de l'eau utilisée pour l'irrigation est de l'**eau bleue** mais l'eau souterraine a été sur-utilisée et épuisée dans de nombreuses régions du monde, en particulier en Inde, en Afrique Australe et au Mexique. On enlève plus d'eau souterraine que ce qui est remplacé ou réapprovisionné. Les niveaux de l'eau souterraine augmentent (recharge) seulement quand l'eau de pluie pénètre ou filtre jusqu'à l'aquifère. On doit creuser des puits de plus en plus profonds pour trouver l'eau qui reste. En même temps, l'irrigation utilisant de l'eau bleue de surface, des cours d'eau, lacs ou réservoirs, est très chère et elle est aussi confrontée à des problèmes de sur-utilisation.

Cependant, en général, les ressources en **eau verte** sont largement inexploitées pour l'agriculture. La vulnérabilité de l'agriculture pluviale au changement climatique peut être réduite par une gestion sage de l'eau verte en collectant et en stockant plus d'eau de pluie et en gérant les sols pour qu'ils retiennent plus d'humidité. Le meilleur endroit pour stocker l'eau est le sol, ou la plus grande partie est protégée de l'évaporation et d'où elle peut être redirigée vers les plantes pour la production. La plus grande partie des pratiques présentées dans ce guide aideront à augmenter le stockage de l'eau dans le sol.

Comme nous l'avons dit plus haut, la plus grande partie des terres agricoles mondiales (80%) est cultivée selon la méthode de la culture pluviale. Elles sont vulnérables au changement climatique car les pluies viennent en quantités trop faibles ou trop abondantes et ces exploitations ont généralement une faible productivité. Ce n'est pas forcément le manque d'eau mais la manière dont l'eau, les cultures et les sols ont été gérés qui fait que les récoltes restent faibles. Même dans des zones sèches semi-arides, dans la plupart des cas il y a assez d'eau verte pour l'agriculture. Il est possible d'augmenter les récoltes et d'améliorer la capacité d'adaptation des exploitations à culture pluviale en changeant de pratiques.

Même dans des zones sèches semi-arides, dans la plupart des cas il y a assez d'eau verte pour l'agriculture.

La mauvaise nouvelle, c'est qu'il n'y a pas suffisamment d'eau bleue pour produire la nourriture dont le monde aura besoin à l'avenir et pour permettre les autres utilisations de l'eau. La bonne nouvelle, c'est que dans les exploitations d'agriculture pluviale des tropiques, les paysans peuvent doubler ou tripler les récoltes moyennes actuelles de céréales qui sont d'environ 1 tonne à l'hectare. Avec l'appui des chercheurs, des agents vulgarisateurs sur le terrain et des gouvernements, les paysans peuvent augmenter leurs récoltes en gérant mieux l'eau verte.

Ces pratiques aideront :

- à collecter et à stocker l'eau de pluie au dessus du sol
- à gérer les sols pour capter et stocker plus d'eau
- À gérer les cultures et les pâtures pour mieux utiliser l'eau
- À gérer les plantes pour augmenter la matière organique dans le sol qui permet au sol de capter et de stocker plus d'eau
- À gérer les exploitations agricoles et les bassins versants pour recharger l'eau souterraine.

Ces pratiques contribuent à produire plus de matière végétale (racines, feuilles, tiges, fruits, tubercules et graines). Après la récolte, une partie de cette matière végétale reste dans la terre sous forme de racines et une partie peut être laissée sur la surface par le paysan, comme des feuilles ou des tiges. Avec le temps, la matière végétale se désagrège et se décompose en matière organique qui contient des nutriments qui jouent le rôle de fertilisant naturel du sol. La matière organique agit aussi comme une éponge qui retient l'eau et les nutriments et les rend plus facilement disponibles pour les plantes. Elle améliore aussi le drainage quand le sol est saturé.

La matière organique agit aussi comme une éponge qui retient l'eau et les nutriments et les rend plus facilement disponibles pour les plantes.

Cette matière organique :

- Rend le sol plus fertile pour les plantes.
- Aide le sol à capter, absorber et stocker plus d'eau de sorte qu'il en perd moins en ruissellement.
- Augmente les pores ou trous dans le sol pour l'aération, la croissance des racines et le drainage vers l'eau souterraine.
- Aide les sols argileux à drainer.
- Aide les sols sablonneux à conserver l'eau et les nutriments.

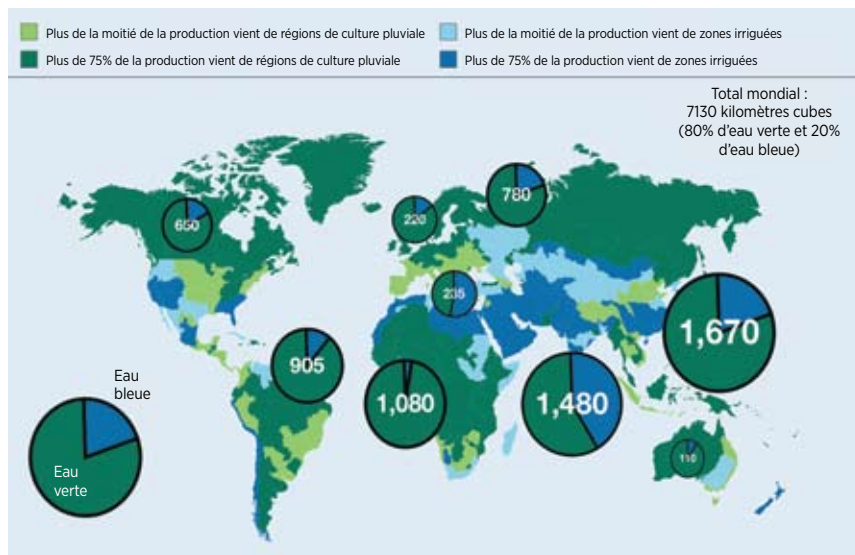
Avec plus de matière organique, une meilleure fertilité du sol et un accès à l'eau du sol, les plantes produisent plus et retournent plus de matière organique au sol. Ainsi, les bénéfices augmentent d'année en année, aussi longtemps que le paysan peut laisser un peu ou la plupart de la matière végétale sur le champ après la récolte.

Ce cycle positif commence par une meilleure gestion de l'eau et augmente la production juste en utilisant mieux la pluie qui tombe sur le champ.

Une meilleure gestion de l'eau verte (pluie et humidité du sol) est fondamentale pour l'adaptation au changement climatique. Une meilleure productivité de l'eau, mesurée par une plus grande récolte par volume de pluie, dépend de la gestion des cultures et des sols pour une meilleure absorption de l'eau des deux ressources en eau, l'eau bleue et l'eau verte. Combinées à la collecte et au stockage de l'eau de pluie durant les fortes pluies, ces stratégies réduiront la vulnérabilité aux conditions semi-arides et aux périodes de sécheresse.

Une meilleure gestion de l'eau verte (pluie et humidité du sol) est fondamentale pour l'adaptation au changement climatique.

Figure 5: Dépendance vis-à-vis de l'eau verte et de l'eau bleue pour l'ensemble de la production agricole (2000)



Note : Production signifie la valeur brute de la production. Les diagrammes circulaires montrent le total de l'eau d'évapotranspiration des cultures en kilomètres cubes par région.

Source: International Water Management Institute (IWMI). 2007. In Molden, D., ed. *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan: Londres, Angleterre, Royaume Uni et International Water Management Institute: Colombo, Sri Lanka.

Ressources

Pour ceux d'entre vous qui ont accès à internet, les sources d'informations en ligne peuvent être utiles. Les ressources citées dans cette section contiendront des suggestions de guides apportant plus d'informations sur les pratiques ou les concepts de base.

Ashby, J. & D. Pachico. 2012. *Climate change: From concepts to action: A guide for development practitioners*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.

2^{ÈME} PARTIE

Évaluer les risques du changement climatique pour l'eau et estimer la vulnérabilité agricole

2.1 PASSER DES CONCEPTS À L'ACTION

En tant qu'agent de terrain, savoir quels défis attendre du changement climatique et comment ils affecteront les ressources en eau et l'agriculture locale vous aidera à prendre des décisions sur les pratiques à recommander aux paysans. Les effets du changement climatique varieront énormément d'un endroit à l'autre et changeront au cours du temps. Même dans le même pays ou le même bassin versant, les pratiques doivent être adaptées aux caractéristiques particulières de chaque endroit et de chaque exploitation. Cette section passe des concepts à l'action par trois étapes pour évaluer la vulnérabilité au changement climatique :

- Évaluer l'exposition des ressources en eau au changement climatique
- Estimer la vulnérabilité des moyens d'existence agricoles qui en résulte
- Évaluer la capacité d'adaptation locale

Vous utiliserez les informations fournies par ces évaluations pour identifier des options pratiques à utiliser dans l'exploitation pour aider les paysans à s'adapter au changement climatique (3^{ème} partie) avant de mobiliser la planification et l'action de la communauté (4^{ème} partie).

2.2 ÉVALUER L'EXPOSITION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

L'exposition au changement climatique peut être évaluée en utilisant trois grandes approches :

- En examinant les archives météorologiques locales pour trouver des tendances.
- En entreprenant une modélisation du climat ou en se procurant les résultats de modèles existants.
- En exploitant les connaissances locales sur les risques climatiques et les stratégies indigènes de gestion de l'eau.

Les stratégies que les paysans utilisent déjà pour s'adapter aux variations normales du temps peuvent donner des idées sur les pratiques potentielles d'adaptation dans le cadre du changement climatique. Les familles paysannes ont l'habitude de s'adapter au changement mais, du fait de l'intensité, du nombre et de la rapidité des changements qui accompagnent le réchauffement climatique, les changements risquent de se produire plus vite que le rythme où les familles paysannes peuvent s'adapter par elles-mêmes.

2.3 ÉVALUER LA VULNÉRABILITÉ DES MOYENS D'EXISTENCE AGRICOLES

Il est important de préparer des questions comme celles qui sont présentées ci-dessous pour qu'elles servent de guide quand on étudie les archives météorologiques et les modèles de climats. Elles aident aussi pour les entretiens avec des informateurs clés dans les ministères gouvernementaux, les agences de recherche, les gouvernements locaux, les programmes de développement et les communautés rurales.

- Y a-t-il des indices indiquant des changements dans la pluviométrie totale ?
- Y a-t-il eu un changement notable dans le début ou la durée de la saison des pluies ou de la saison sèche ?
- Y a-t-il des changements dans le régime des pluies ? Par exemple, y a-t-il plus souvent des pluies violentes, ou les périodes entre les pluies sont-elles plus longues durant la saison des pluies ?
- La disponibilité d'eau de boisson pour les humains et les animaux a-t-elle augmenté ou diminué ?
- Faut-il plus de main-d'œuvre ou plus de temps pour obtenir de l'eau de boisson ?
- Le débit d'eau de surface a-t-il changé ? Les cours d'eau s'assèchent-ils ?
- Les inondations sont-elles plus graves ou plus fréquentes ?
- Si l'on exploite l'eau souterraine pour l'irrigation, le niveau de l'eau change-t-il ?

On peut peut-être trouver des informations pour répondre à certaines de ces questions dans des données météorologiques historiques ou des modèles de climat adaptés au lieu. Ceux qui ont accès à Internet pourront aussi se référer à la section *Ressources* précédente. Mais pour d'autres questions, on peut trouver les meilleures réponses en travaillant avec des informateurs clés dans la communauté, par des entretiens individuels ou en groupe. Dans le cas où un précédent travail aurait déjà montré que l'eau est un problème crucial dans cette zone, vos entretiens s'intéresseront particulièrement aux ressources en eau. Mais il arrivera plus fréquemment qu'on pose ces questions en même temps que des questions similaires sur les sols ou la gestion des cultures. (*Guide de poche N°2 et Guide de poche N°3*).

Il est aussi important de poser des questions aux paysans pour évaluer la vulnérabilité de pratiques agricole actuelles :

- Avez-vous remarqué des changements dans le temps ces 20 ou 30 dernières années ?
- Y a-t-il plus ou moins souvent de mauvaises récoltes aujourd'hui que dans le passé ?
- Les mauvaises récoltes sont-elles dues à un manque d'eau, trop d'eau ou autre chose ?
- Y a-t-il des cultures qui réussissent moins bien maintenant qu'il y a 30 ans ?
- Y a-t-il des cultures qui réussissent mieux maintenant qu'il y a 30 ans ?

- Le bétail a-t-il suffisamment d'eau ?
- Y a-t-il eu des changements dans la quantité, le calendrier ou la qualité des ressources en eau ?
- Y a-t-il eu des changements dans les systèmes d'irrigation ou dans leur performance ?
- Comment les paysans d'ici réagissent-ils aux changements dans le climat ?
- Les paysans cultivent-ils plus de variétés de cultures tolérant la sécheresse ou élèvent-ils des animaux qui ont besoin de moins d'eau ?
- Les paysans cultivent-ils plus de cultures tolérant l'eau ou de cultures qui tolèrent l'eau salée ?
- Les paysans passent-ils à des cultures ou des arbres qui ont besoin de moins d'eau ?

Quand vous discutez avec des personnes de la communauté des risques du climat et des changements dans les ressources en eau, il est naturel que les gens mentionnent la gravité de l'impact sur divers problèmes d'eau. N'oubliez pas d'interagir avec des gens venant de groupes divers de la communauté pour entendre tous les points de vue. Par exemple, quand la collecte de l'eau potable est la responsabilité des femmes et des filles, si vous interrogez seulement des hommes qui ne sont pas responsables de l'eau de boissons, vous n'aurez peut-être pas une vision exacte de l'importance du problème. De la même manière, des paysans qui ont des terrains dans des zones inondables seront plus sensibles au risque d'inondation que des paysans qui ont des parcelles en altitude. Les connaissances locales sont essentielles pour notre capacité à comprendre les problèmes de moyens d'existence causés par le changement climatique et pour évaluer de options d'adaptation. Les connaissances locales sont affectées par les points de vues particuliers des divers membres de la communauté et c'est pourquoi il est important de comprendre la diversité dans la communauté et d'en tirer parti. Vous pourriez organiser des discussions séparées avec certains groupes d'une communauté, les hommes, les femmes, les personnes âgées, les jeunes, les cultivateurs, les éleveurs, selon la question et le contexte social local.

Interagissez avec des gens venant de groupes divers de la communauté pour entendre tous les points de vue.

2.4 ÉVALUER LA CAPACITÉ LOCALE À S'ADAPTER

Enfin, les questions sur la capacité locale à s'adapter peuvent aider à identifier les besoins non satisfaits et les possibilités :

- Quelles catastrophes naturelles affectent les paysans ici ?
- Comment s'en sortent les gens quand il y a une catastrophe naturelle (mauvais temps) ?
- Les gens ont-ils pris des mesures (stockage de l'eau, systèmes de collecte de l'eau, systèmes de drainage, étangs pour le bétail, etc.) pour faire face à une sécheresse ou à une inondation ?
- Est-ce qu'ils stockent des céréales alimentaires ou des aliments pour les animaux pour les mauvaises années ou est-ce qu'ils peuvent se procurer ce dont ils ont besoin ?

- Est-ce que les gens ont des plans pour réduire l'impact du mauvais temps (par exemple, amener les animaux à l'eau pendant les périodes de sécheresse ou en altitude pendant les inondations, réduire la superficie plantée ou changer de cultures) ?
- Quand il y a de mauvaises récoltes, que font les gens pour y faire face (cueillette, chasse, vente de bétail ou de bijoux, d'outils ou de terre, migration pour trouver du travail, emprunts d'argent) ?
- Pendant une sécheresse, les familles ont-elles des ressources en eau alternatives qu'elles peuvent utiliser pour un jardin ou pour sauver les animaux les plus importants ?
- Quand il y a une inondation, comment les gens gagnent-ils leur vie ?
- Quelles activités faites par les hommes nécessitent de l'eau ?
- Quelles activités faites par les femmes nécessitent de l'eau ?

2.5 SÉLECTIONNER DES PRATIQUES PROMETTEUSES POUR L'ADAPTATION

Une fois que vous avez collecté les informations de base et analysé l'exposition au risque, les sensibilités et les options d'adaptation avec les acteurs locaux, vous êtes prêt à prioriser les mesures à prendre et les pratiques à mettre en œuvre avec la communauté. En faisant cela avec la communauté, vous pourrez identifier les pratiques que les membres de la communauté trouvent les plus intéressantes. Cela accélérera l'adaptation, augmentera la couverture des pratiques d'adaptation dans la zone et contribuera à leur diffusion et à leur utilisation par les familles paysannes. Certaines méthodes peuvent être utilisées telles qu'elles sont décrites dans le guide et d'autres devront être modifiées en fonction des conditions locales ou des paysans locaux. Il y aura aussi des pratiques qui ne seront pas appropriées à cet endroit-là. Des questions supplémentaires peuvent aider à sélectionner les pratiques :

- Sur la base de ces informations, y a-t-il des pratiques agricoles qui devraient être continuées ?
- Y en a-t-il qui doivent être changées ?
- Comment ces informations peuvent-elles aider les communautés et les familles à élaborer un plan d'action pour l'adaptation ?
- Une fois qu'une stratégie est élaborée, quelles pratiques semblent être les mieux adaptées aux conditions locales et devraient être incluses dans le plan d'action ?
- Quelles pratiques apporteront les plus grands bénéfices sur la durée ?
- Quelles pratiques seront les meilleures pour les ménages dont le chef est une femme ou pour les parcelles gérées par les femmes dans les ménages dont le chef est un homme ?

En plus des discussions, on peut aussi obtenir auprès les membres de la communauté des informations utiles sur les ressources en eau en dessinant des cartes des ressources en eau et en discutant de leur utilisation. Vous pouvez parcourir la zone ensemble pour préparer des calendriers saisonniers des activités

en lien avec l'eau et le temps. N'oubliez pas de noter séparément les activités des femmes et des hommes. Chaque famille et chaque communauté devra élaborer un plan d'adaptation qui corresponde à sa situation particulière.

Note finale sur la gestion des risques du changement climatique : L'objectif de ce guide est de partager des pratiques qui réduisent les risques grâce à l'utilisation de meilleures pratiques de gestion de l'eau. L'adaptation comprend aussi la gestion de risques qui ne sont pas traités ici, comme les marchés et les risques financiers. De nombreux projets agricoles comprennent de la microfinance, avec la formation de groupes communautaires d'épargne et de prêt pour développer des compétences financières de base pour les investissements agricoles, répondre aux besoins de base pendant la saison sèche et servir de fondation pour des emprunts formels. Les projets appuient aussi l'action collective et les organisations de paysans pour qu'elles aient la capacité de négocier et de discuter les prix des semences et des engrais ou les contrats de vente des produits agricoles. De plus, l'accent est mis sur l'appui à des chaînes de valeur particulières qui impliquent des alliances du secteur public et du secteur privé pour réduire les risques du marché.

Ressources

Ashby, J. & D. Pachico. 2012. *Climate change: From concepts to action: A guide for development practitioners*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.

Dorward, P., D. Shepherd & M. Galpin. 2007. *Participatory farm management methods for analysis, decision making and communication*. Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO): Rome, Italie. Disponible sur http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ags/publications/participatory_FM.pdf

Dummett, C., C. Hagens & D. Morel. 2013. *Guidance on participatory assessments*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.

Feldstein, H.S. & J. Jiggins. 1994. *Tools for the field: Methodologies handbook for gender analysis in agriculture*. Kumarian Press: West Hartford, Connecticut, USA.

Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. 2011. *Social analysis for agriculture and rural investment projects*. FAO: Rome, Italie.

Organisation pour l'alimentation et l'agriculture. 2012. *Participatory rural appraisal (PRA) tool box*. FAO: Rome, Italie.

3^{ÈME} PARTIE

Recommander des pratiques pour l'adaptation relative à l'eau grâce à une meilleure gestion

3.1 INTRODUCTION

Cette section présente des pratiques pour améliorer la productivité de l'eau et la gestion de l'eau dans les systèmes d'agriculture pluviale.

3.1.1 Note aux agents de terrain qui travaillent dans la vulgarisation agricole

En tant qu'agent de terrain travaillant à la vulgarisation agricole, vous savez déjà à quel point l'agriculture varie d'un village à l'autre et d'une parcelle à l'autre. Il y a des différences de pluviométrie, de vent et de température d'un endroit à l'autre ; différents sols, mauvaises herbes, ravageurs et maladies des cultures; différentes combinaisons de cultures, arbres et animaux ; différentes préférences et différents prix pour la nourriture sur les marchés locaux ; différentes manières de faire les nombreuses tâches nécessaires sur l'exploitation. Quand on parle de comment réduire la vulnérabilité et adapter les pratiques agricoles pour tirer avantage d'éventuelles possibilités ouvertes par le changement climatique, vous savez donc probablement aussi ceci : il n'y a pas de solutions universelles pour aider les paysans à s'adapter au changement climatique.

Chaque famille paysanne devra élaborer un plan d'adaptation qui correspondra à la situation dans son exploitation. Ce guide traite de la manière d'améliorer la gestion de l'eau et d'augmenter la productivité de l'eau pour s'adapter au changement climatique. Il sera important de travailler avec les familles paysannes pour modifier et tester les pratiques présentées ici afin d'identifier les solutions qui fonctionnent le mieux dans une zone particulière. Les pratiques les plus appropriées varieront peut-être aussi au cours du temps. Les pratiques dont on parle ici pour aider les paysans à s'adapter aux changements dans le climat combinent des pratiques améliorant la gestion de l'eau et des pratiques améliorant la gestion des sols et des plantes. Ensemble, elles peuvent libérer tout le potentiel de l'exploitation à s'adapter à trop ou trop peu de pluie. Même là, le travail que les agents de terrain font avec les paysans sur leurs champs sera influencé par de nombreux autres facteurs : prix sur le marché, si la famille est propriétaire de la terre qu'elle cultive, l'accès des membres de la famille à l'épargne et au crédit, combien de membres de la famille peuvent travailler la terre et s'ils ont de l'eau ou l'équipement pour l'irrigation s'ils en ont besoin.

L'accent est mis sur les manières dont les petits paysans, qui sont souvent plus vulnérables au changement climatique que des cultivateurs ayant plus de ressources, peuvent adapter des systèmes agricoles qui sont entièrement ou principalement dépendants de la pluie pour leur eau. Ces systèmes d'agriculture pluviale peuvent s'ajuster à des pénuries d'eau grâce à des pratiques pour collecter ou capter, stocker ou retenir, gérer ou utiliser à la fois l'eau de pluie et l'eau stockée dans le sol (eau verte). Ces pratiques comprennent une gestion plus efficace de l'eau d'irrigation venant de cours d'eau, de réservoirs et de puits (eau bleue). Mais l'accent sera mis sur des systèmes qui captent l'eau de pluie et sur la gestion des sols pour gérer l'eau pour qu'elle soit utilisée par les cultures, les arbres et pour le fourrage. La manière dont les paysans gèrent leurs cultures et leurs sols influe sur la quantité qu'ils peuvent cultiver avec l'eau qu'ils ont, c'est-à-dire la productivité de l'eau. L'aptitude d'une culture à s'adapter au changement climatique, sa résilience au mauvais temps et sa capacité à absorber l'eau s'améliorent quand la qualité du sol s'améliore.

L'aptitude d'une culture à s'adapter au changement climatique, sa résilience au mauvais temps et sa capacité à absorber l'eau s'améliorent quand la qualité du sol s'améliore.

3.1.2 Principes directeurs pour l'adaptation grâce à la gestion de l'eau

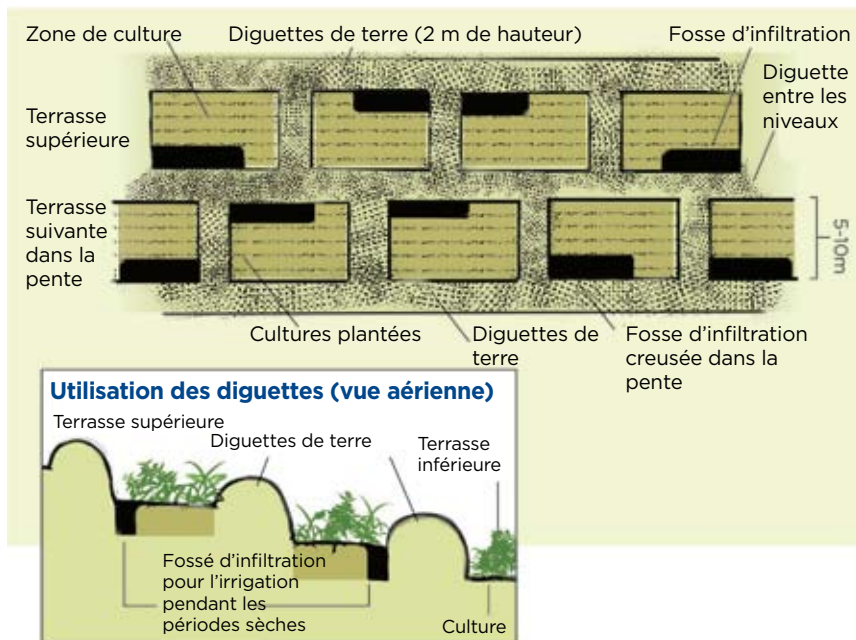
Chacun des guides de cette série présentera quelques principes directeurs simples qui, contrairement aux pratiques, peuvent être largement suivis. Vous pouvez garder ces principes directeurs à l'esprit quand vous devez modifier une pratique pour qu'elle corresponde à la situation à un endroit particulier pour un système agricole particulier.

Plus de production par goutte d'eau : Quand les pluies sont imprévisibles, quand la hausse des températures augmente l'évaporation et quand plus de personnes se partagent moins d'eau, les paysans doivent utiliser l'eau de manière plus efficace, dans leurs bassins versants et sur leurs parcelles agricoles. Même dans les zones où il pleut trop, il peut y avoir des périodes sèches ou des utilisations concurrentes de l'eau qui fait que l'utilisation efficace de l'eau est un objectif important. Les pratiques présentées dans ces guides d'adaptation traitent du rôle des sols sains dans la conservation de l'eau ainsi que de la manière dont les cultures, arbres et animaux peuvent utiliser l'eau en la conservant. Bien appliquées, ces pratiques agricoles peuvent augmenter la résilience agricole aux pénuries comme aux surplus d'eau lorsque le climat varie.

L'attraper là où elle tombe. Les pluies peuvent tomber dans la quantité qu'il faut, ou il peut y en avoir trop ou trop peu. Les paysans qui captent l'eau de pluie sur leurs terrains peuvent améliorer la production tout en prévenant des problèmes d'inondation, de glissements de terrain et de sédimentations dans les zones en aval. Ils réduisent aussi leur utilisation des ressources en eau bleue, les cours d'eau et l'eau souterraine, ou protègent les ressources en eau bleue pour que leurs voisins ou les utilisateurs plus bas dans le bassin versant puissent en profiter.

Figura 6: Utilisation de diguettes, avec des fosses d'infiltration, selon un exemple en Inde

Utilisation des diguettes (coupe)



Les paysans de la zone semi-aride du Sahel en Afrique du Nord construisent des diguettes de pierre (des buttes ou crêtes de pierres), souvent sur des terres presque plates, pour ralentir l'écoulement de surface et capter l'eau de pluie. En Asie, sur les terrains en pente, les paysans construisent habituellement des terrasses ou coupent la pente pour aplatir une zone de la taille d'une parcelle, puis l'entourent de diguettes de terre (des buttes permanentes faites de terre contenant 20% d'argile ou plus) pour capter la pluie dans la parcelle. Les paysans creusent souvent des fossés d'infiltration dans chaque parcelle endiguée pour une irrigation supplémentaire. Quand il y a de tels fossés dans de nombreuses parcelles, l'excédent d'eau est filtrée à travers le profil et peut recharger l'eau souterraine régulièrement sur tout le paysage.

Vous pouvez entendre d'autres expressions pour ces principes, comme **ralentissez-là, répandez-la, faites-la pénétrer** et **faire marcher l'eau le long de la pente**. Plus la pente est abrupte, plus l'espacement entre les barrières suivant les courbes de niveau doit être étroit et dans les régions où il y a de fortes tempêtes, les barrières doivent être solides et/ou hautes. Ces barrières traversent la pente pour ralentir le ruissellement et augmenter l'infiltration.

Figure 7: Fossé de courbe de niveau ou fossé d'infiltration

Gérer les sols pour gérer l'eau : Des sols sains, avec une forte présence de matière organique, des organismes divers, une bonne structure et une couche robuste de terre arable absorberont facilement l'eau de pluie et la stockeront dans la zone des racines pour que les plantes l'utilisent pendant les périodes sèches. Pendant les fortes pluies, ces sols drainent aussi l'excédent d'eau et rechargent l'eau souterraine grâce à la filtration de l'humidité du sol à travers leur profil. Cela peut sembler paradoxal, mais un contenu élevé de matière organique sert de réservoir d'eau dans les sols sablonneux et améliore le drainage dans les sols argileux. La matière organique améliore la structure du sol dans un sol argileux en flocculant ou en agglomérant les particules d'argile pour former des agrégats de sol. Cette agrégation fournit des voies pour la croissance des racines, le drainage et l'aération quand le sol est mouillé. La matière organique nourrit aussi les organismes du sol et la macrofaune, comme les vers de terre et les termites pour une meilleure activité biologique qui améliore encore la structure du sol, en créant des canaux et des pores dans le sol pour l'eau et l'air. De plus, on peut utiliser des amendements au sol, comme la chaux (carbonate de calcium) ou le gypse (sulfate de calcium) dans les sols acides pour flocculer l'argile, ce qui améliore le drainage et prévient l'engorgement.

Il faut du temps pour restaurer des sols dégradés qui ont un faible taux de matière organique pour les amener à un niveau qui en améliorera la fertilité et la structure, mais les paysans peuvent augmenter très rapidement l'humidité du sol en changeant leurs pratiques de travail du sol, en s'assurant que le sol est gardé couvert de végétation ou de paillage et en mettant en œuvre des pratiques pour augmenter l'infiltration de l'eau. Une ressource importante et sous-utilisée pour améliorer l'adaptation dans l'agriculture pluviale est un ensemble de pratiques pour améliorer la rétention d'humidité dans le sol. (Cf. les pratiques dans le présent guide, *Guide de poche N°3* et dans le *Guide de poche N°4 : Gestion des sols*).

Analyser les aspects économiques de la productivité de l'eau – Là où l'eau est rare, les paysans peuvent sélectionner les cultures selon leur valeur économique par unité d'eau plutôt que selon la production par unité d'eau. Par exemple, les paysans peuvent cultiver des fèves qui rapportent 0,09 US\$ par mètre cube d'eau utilisée ou des oignons à 0,30 US\$ par mètre cube d'eau. La différence en valeur de la culture par unité d'eau peut être une meilleure incitation à changer que la productivité physique de l'eau. La productivité économique de l'eau peut être une forte motivation pour encourager les paysans à cultiver autre chose, à utiliser l'eau différemment et à conserver l'eau.

3.1.3 Améliorer la productivité de l'eau : Cultiver plus de nourriture avec moins de pluies ou avec des pluies fortes

Les pratiques présentées ici et dans les autres guides sont des manières d'augmenter la productivité de l'eau dans l'agriculture pluviale et irriguée. Elles comprennent :

1. La collecte, le stockage, la fourniture et l'application de l'eau à petite échelle, en particulier:
 - En augmentant l'infiltration de l'eau de pluie dans le sol et en retenant l'eau pour les cultures grâce à une réduction des pertes d'eau dues au ruissellement.
 - En diminuant la perte d'eau à la surface du sol par l'évaporation.
2. La gestion de la fertilité des sols pour renforcer les plantes et améliorer leur absorption d'eau.
3. Des pratiques comme le travail du sol minimum et l'utilisation d'irrigation goutte à goutte pour conserver l'eau.
4. Des pratiques pour réduire la perte de biomasse, comme l'utilisation de pratiques de gestion des cultures et de variétés de cultures qui résistent à la sécheresse et/ou aux ravageurs, aux maladies des cultures ou ne se couchent pas sous l'effet du vent ou des sols mouillés.
5. Systèmes pour capter, détourner et stocker le surplus d'eau pour l'utiliser plus tard, quand le changement climatique amène des périodes où il tombe trop de pluie trop vite. Vous aurez aussi besoin de pratiques pour modérer l'impact des tempêtes et protéger les cultures de leur violence et des inondations. Ces pratiques sont :
 - Capturer et transférer l'eau sur le site :
 - Systèmes de collecte sur les toits.
 - Barrières suivant les courbes de niveau, en travers des pentes, pour ralentir le ruissellement.
 - Diguettes suivant les courbes de niveau (monticule ou butte) de terre plantées de végétation pérenne et construites avec des déversoirs (une portion de la diguette qui est légèrement surbaissée et où le surplus de l'eau peut s'écouler) pour empêcher des dommages à la diguette et détourner le surplus d'eau vers d'autres champs, fossés d'infiltration et étangs ou autres méthodes de stockage de l'eau.

- Amélioration de l'infiltration de l'eau dans le sol pour ralentir le ruissellement, grâce à l'utilisation de couvert végétal, de barrières suivant les courbes de niveau ou de systèmes mixtes de cultures et d'arbres.
- Changement des dates de plantation ou sélection de variétés ou de culture telles que le riz tolérant les inondations, le bambou et la canne à sucre (voir aussi le *Guide de poche N°2 : Gérer les cultures*).
- Utiliser les feuilles et les gousses du gommier (*Acacia nilotica*) – qui supporte les inondations saisonnières, le feu et un pâturage régulier – comme fourrage pour le bétail. Note : il est considéré comme invasif dans certaines zones.
- Utiliser l'herbe à éléphant (*Pennisetum purpureum*), une plante fourragère qui tolère les inondations, de faibles quantités d'eau et des sol peu fertiles, supporte un pâturage important et sert de coupe-vent et de coupe-feu. Elle est aussi utilisée pour stabiliser les diguettes ou les digues de terre qui peuvent retenir les eaux de crue.
- Changer la structure des plantations (architecture) avec des buttes, des levées, des sillons profonds ou des lopins surélevés.
- Dans les zones vulnérables et dégradées du bassin versant, travailler avec les communautés pour permettre ou encourager activement la régénération naturelle de la végétation en contrôlant le pâturage, en clôturant ou en utilisant de microreliefs (« *imprinting*, » Section 3.3.7).

3.1.4 Règles de base pour la gestion de l'eau

Il y a deux pratiques que beaucoup de paysans devront changer pour réussir à s'adapter au changement climatique. Ces changements signifient qu'ils devront peut-être adopter ou trouver de nouvelles manières de gérer la terre :

Pas de brûlis – Les petits paysans pratiquent souvent le brûlis pour nettoyer les champs, contrôler les insectes et les maladies ou améliorer la qualité des pâtures. Ce sont de raisons importantes. Mais brûler chaque année annulera beaucoup des bénéfices décrits dans ce guide qui peuvent aider les paysans à s'adapter au changement climatique. Le brûlis accélère la perte d'humidité dans le sol parce qu'il détruit la couche protectrice de résidus végétaux à la surface du sol. Il tue aussi d'importants microorganismes du sol qui transforment les résidus végétaux en nutriments du sol tels que l'azote et le phosphore et il diminue la quantité de matière organique qui retourne au sol. Avec le temps, le brûlis est très nocif pour le sol et il diminue sa capacité à retenir à la fois l'eau et les nutriments. Continuer à brûler la terre augmente la vulnérabilité des paysans au changement climatique et contribue à la perte de bonnes terres agricoles.

Brûler chaque année annulera beaucoup des bénéfices décrits dans ce guide qui peuvent aider les paysans à s'adapter au changement climatique

Assurez-vous que vous comprenez pourquoi les paysans brûlent leurs champs – cela vous aidera à trouver des pratiques alternatives. Si les paysans brûlent pour améliorer les pâtures, voyez si l'utilisation de la keyline (Section 3.4.3) ou de rigoles suivant les courbes de niveau (Section 3.3.7) ou une autre pratique améliorerait la productivité de sorte qu'il ne serait pas nécessaire de brûler.

Mesures drastiques

Au début des années 2000, un prêtre jésuite, le Père Crispino, qui travaillait dans une zone rurale dégradée du Maharashtra, en Inde, a refusé d'appuyer l'agriculture avec une communauté si les membres n'acceptaient pas d'abord deux règles : pas de brûlis et pas de pâturage libre. La première formation qu'il a faite était sur la manière de cartographier le village pour que les habitants puissent prendre ensemble de sages décisions sur l'utilisation de la terre : où cultiver, où laisser des forêts et où élever des animaux. Lors de la seconde formation, il leur a montré comment améliorer les pâtures pour un pâturage par rotation et comment produire du fourrage pour le bétail afin que les paysans puissent couper les aliments pour les animaux et les apporter depuis une parcelle agricole jusqu'à des animaux attachés ou enfermés. C'est seulement alors que son équipe de vulgarisateurs a formé la communauté à l'agriculture selon les courbes de niveau (*Section 3.2.4*) avec de nouveaux arbres et des buissons plantés sur les diguettes (*Sections 3.3.1 et 3.3.2*). Comme le pâturage des animaux était contrôlé et que les brûlis étaient bannis, ces nouvelles plantations ont survécu. Les terres accidentées du village portent maintenant des récoltes abondantes entre des bandes de fossés d'infiltration et des haies vives autour des pentes tandis que des animaux en bonne santé paissent sur les terres qui leur ont été réservées.

Source: Lobo, C. Date inconnue. *Songaon decides to change*. Watershed Organisation Trust: Ahmednagar, Maharashtra, Inde.



Protéger les résidus de cultures : Dans presque toutes les régions des tropiques, mais surtout dans les zones où il n'y a pas assez d'eau pour les cultures, où les sols sont pauvres ou où il y a peu d'argile dans le sol, les paysans qui laissent en partie ou totalement les résidus de la récolte précédente à la surface du sol peuvent réduire les pertes d'humidité du sol et ralentir son dessèchement par le vent et le soleil. L'augmentation de l'humidité du sol réduit la température de la surface du sol et améliore la germination des semences. Elle améliore aussi l'absorption par les plantes des nutriments et de l'eau. Pendant les pluies, les résidus de cultures réduiront l'érosion due à l'impact des gouttes de pluie, réduiront l'encrouement du sol et amélioreront les propriétés du sol qui augmentent l'infiltration d'eau dans le sol. Les résidus de cultures sont l'une des méthodes les plus efficaces et les moins coûteuses à la disposition des paysans pour la protection de leurs sols.

Mais il y a une difficulté : les résidus de cultures peuvent aussi être utilisés pour l'alimentation animale pendant la saison sèche, comme combustible pour la cuisine ou le chauffage ou pour la construction ou la couverture des habitations. Les agents de vulgarisation doivent travailler avec les familles paysannes pour trouver des alternatives pour les nombreuses utilisations des résidus de cultures pour que ceux-ci puissent être conservés pour couvrir le sol. C'est essentiel pour améliorer la gestion de l'eau et s'adapter aux changements climatiques.

Ressources

Catholic Relief Services. 2014. *Introduction to the five skills for rural development: guide to the multiple skills approach*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.

3.2 PRATIQUES AGRONOMIQUES POUR UNE MEILLEURE GESTION DE L'EAU

3.2.1 Travail du sol minimum ou semis sans labour

Le travail minimum du sol ou le semis sans labour est le fait de cultiver chaque année avec peu ou pas de perturbation du sol par le labour ou le travail du sol. Cette pratique est utilisée surtout dans des zones de forte production mécanisée mais elle est aussi utile sur les champs en pente parce qu'elle diminue la nécessité de construire des terrasses et autre barrières. Avec une culture de couverture ou un paillage de résidus, le semis sans labour protège le sol de l'érosion, de l'évaporation de l'eau et de la détérioration de la structure du sol. Il améliore la fertilité du sol en aidant à conserver de la matière organique et des nutriments. Ainsi, il réduit aussi la vulnérabilité des cultures au temps sec et au temps trop humide.

Difficultés du semis sans labour : Dans les zones où il y a très peu d'humidité, les paysans doivent augmenter l'écartement entre les plants pour éviter la concurrence entre les plants. Il peut être difficile de faire pousser suffisamment de végétation pour fournir une couverture du sol, surtout quand les résidus de cultures sont utilisés comme alimentation pour le bétail. La production des cultures sans labour peut être difficile avec des planteuses tirées par des bœufs et il faut utiliser un plantoir manuel. Les premières années de semis sans labour, les paysans sont confrontés à une augmentation du nombre de mauvaises herbes jusqu'à ce qu'il y ait suffisamment de résidus de cultures pour couvrir la surface du sol et les supprimer. Jusqu'à ce moment-là, les paysans devront peut-être utiliser un herbicide pour gérer les mauvaises herbes.

3.2.2 Densité des plantations

Quand la pluviométrie est faible ou que des sols dégradés ou sablonneux n'ont que peu de capacité à retenir l'eau, les paysans peuvent espacer plus les semences pour améliorer la productivité de l'eau et éviter une concurrence pour les faibles quantités d'eau. À des endroits où il y a suffisamment d'eau dans le sol, par contre, planter les semences plus proches les unes des autres (augmentation de la densité des plants) augmentera la quantité de biomasse produite, la récolte et la quantité de culture par unité d'eau. Un écartement réduit signifie que la canopée de la culture est plus dense, que l'évaporation du sol diminue et qu'une partie de l'eau conservée est utilisée dans la transpiration pour la croissance des plantes.

Ajuster la densité des plantations est une manière facile de maximiser la productivité de l'eau, mais la densité variera selon les lieux, les sols et les cultures. Demandez aux paysans quel écartement ils laissent entre les plants. Ils utilisent peut-être déjà des densités de plantation différentes sur des sols différents ou pour des cultures différentes. Vous pouvez aussi déterminer quelle est la meilleure densité en expérimentant dans les champs des paysans. Plantez la même culture avec des taux de plantules différents et comparez les résultats à la récolte en tenant compte de la quantité de pluies pendant la croissance de la culture. Ces expériences ou essais devront peut-être être répétés pendant plusieurs années pour voir les résultats des différentes densités pendant les années plus sèches ou plus humides. Vérifiez aussi auprès d'une université ou agence de recherche locales pour voir si elles ont des informations qui pourraient être utiles.

Vous déciderez peut-être aussi de tester une pratique traditionnelle de plantation. Certains paysans sèment trop de semences dans leurs champs puis éclaircissent les plants plus tard pour avoir une population de plants qui correspondent à la quantité de pluie. C'est une manière flexible de s'adapter à un climat incertain tout en maximisant la productivité de l'eau. Certains paysans de l'Inde qui vivent dans des zones où la pluviométrie peut être trop abondante ou pas assez, suivent une pratique traditionnelle qui est de semer à la volée un mélange de semences de cinq cultures, quelques céréales et quelques légumineuses. Certaines poussent bien dans des conditions humides, d'autres dans des conditions sèches. Le temps sélectionne les cultures qui poussent chaque année.

Difficultés de la densité des plantations : Planter des semences supplémentaires qui ne poussent pas a un coût. N'oubliez pas non plus que, quand vous ajustez la densité de plantation, il faut d'autres pratiques pour s'assurer qu'il y aura suffisamment d'eau dans le sol ou d'eau d'irrigation pour les phases critiques de la croissance des récoltes. Chaque culture a ses propres phases critiques et on devrait pouvoir se procurer ces informations auprès du Ministère de l'Agriculture, d'une université ou sur internet. Une distance de plantation plus proche est aussi plus exigeante pour ce qui est de la fertilité du sol afin de répondre aux besoins de nutrition des plantes et il faudra peut-être appliquer plus d'engrais.

3.2.3 Engrais organiques

Les engrais organiques augmentent la productivité de l'eau dans les exploitations utilisant l'agriculture pluviale. Ils stimulent la croissance des cultures et la production de racines (matière organique dans le sol). Ils augmentent la capacité du sol à retenir l'eau, réduisent la tension hydrique temporaire dans les plantes, améliorent la structure du sol et préviennent l'érosion de la riche couche arable. Les engrais organiques sont faits de matière animale ou végétale, telle que du compost, des feuilles, des résidus de cultures en décomposition, de l'engrais vert riche en azote (légumineuses), du fumier animal et du vermicompost. Les engrais organiques comprennent aussi des engrais liquides fabriqués et fermentés sur l'exploitation. Cf. aussi le *Guide de poche N°2 : Gestion des cultures*.

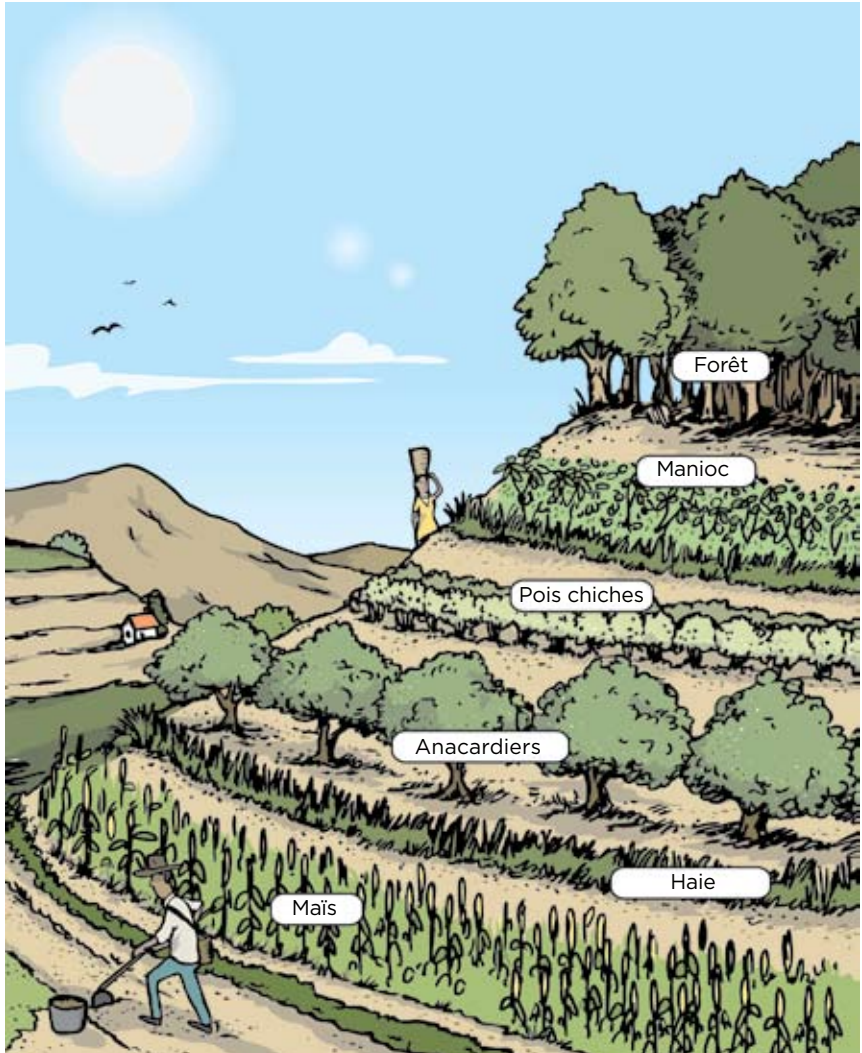
Les engrais organiques mobilisent les nutriments existant dans le sol pour une bonne croissance des cultures et libèrent les nutriments à un rythme plus lent et plus régulier que les engrais inorganiques commerciaux. Ils permettent d'éviter les effets en dents de scie que l'on voit quand les paysans appliquent des engrais inorganiques commerciaux. Une combinaison d'engrais organique et d'un complément d'engrais inorganique donne de bons résultats du point de vue du coût, de l'amélioration des sols, de la production et de la productivité de l'eau.

Difficultés des engrais organiques : La production et l'application d'engrais organiques, même si ceux-ci peuvent être moins chers que l'engrais commercial, demandent plus de travail sur l'exploitation et l'engrais organique peut être plus difficile à transporter. La composition des engrais organiques a tendance à être plus complexe et variable qu'un produit inorganique N-P-K (azote, phosphore, potassium) standard, ce qui rend la gestion de la fertilité moins précise. Les paysans n'auront peut-être pas accès au matériel nécessaire pour produire des engrais organiques et ils pourront préférer la facilité et la précision des engrais commerciaux.

3.2.4 Culture suivant les courbes de niveau

La culture suivant les courbes de niveau peut être employée sur un terrain en pente pour planter et gérer les cultures selon les courbes de niveau. Cela permet de prévenir ou contrôler l'érosion et le ruissellement et de stocker l'eau sur place pour qu'elle puisse être utilisée par les cultures, les pâturages et les arbres.

Figure 8: Plantation selon les courbes de niveau



Quand vous plantez selon les courbes de niveau, vous plantez en suivant la même altitude en travers de la pente, perpendiculairement au flux du ruissellement (perpendiculairement à la ligne de la pente). Cela économise l'eau de pluie et cela réduit l'érosion, en particulier quand on creuse aussi des fossés d'infiltration selon les lignes de niveau et que l'on conserve une couverture de résidus de cultures ou que l'on plante des cultures de couverture (cf. aussi « Fossés suivant les courbes de niveau » ci-dessous). Dans ce type de culture, vous verrez que les rangées de cultures, les fossés suivant les courbes de niveau et les fossés d'infiltration jouent tous le rôle de petits réservoirs pour capter et retenir l'eau de pluie. Ils améliorent l'infiltration et promeuvent une distribution régulière d'eau dans tout le champ.

Ressources

Ashby, J.A., A.R. Braun, T. Gracia, M.P. Guerrero, L.A. Hernandez, C.A. Quiros & J.I. Roa. 2001. *Investing in farmers as researchers: Experience with local agricultural research Committees in Latin America*. CIAT Publication No. 318. CIAT: Cali, Colombie.

3.3 GÉRER L'EAU DE SURFACE ET LES RESSOURCES EN EAU DANS LE SOL

En plus des pratiques agronomiques présentées dans la section précédente, les structures physiques et les pratiques végétales dans les champs et les paysages peuvent aussi capter l'eau pour améliorer la gestion de l'eau. Des millions de familles paysannes disposent pendant une partie de l'année de moins d'eau qu'elles n'en ont besoin, un déficit en eau. Capturer et stocker autant d'eau de pluie que possible près de là où elle tombe les aidera à supporter les périodes sèches. Une manière de faire est de construire des structures physiques sur l'exploitation pour la rendre moins dépendante de l'eau souterraine et augmenter le stockage de l'eau dans le sol. Les structures physiques sont des monticules ou des diguettes, des tranchées suivant les courbes de niveau ou des fossés d'infiltration, des cordons pierreux suivant les courbes de niveau, des terrasses et des canaux de drainage. Ces pratiques changent le profil de la pente et divisent une longue pente en plusieurs pentes courtes. Cela réduit la quantité et la vitesse du ruissellement en surface et les dommages qu'il peut causer lors de fortes pluies.

Difficultés des structures physiques : Leur installation représente beaucoup de travail et elles collectent des sédiments avec le temps et doivent donc être régulièrement entretenues pendant la saison sèche. Mais elles peuvent être une partie importante des pratiques de conservation de l'eau et du sol, surtout dans des zones où il y a des pluies torrentielles et des périodes sèches prolongées, comme c'est le cas dans les zones montagneuses d'Asie, en Afrique de l'Ouest et en Amérique Centrale.

3.3.1 Fossés suivant les courbes de niveau (tranchées suivant les courbes de niveau, fossés d'infiltration)

Les fossés suivant les courbes de niveau sont des tranchées qui s'étirent le long des courbes de niveau du terrain pour capter l'eau de pluie. Ils aident les paysans à s'adapter au temps qui peut changer radicalement entre peu ou pas de pluie et des pluies intenses qui érodent le sol. Les fossés ralentissent la vitesse de l'eau qui se déplace sur la terre ou descend une pente, ce qui lui permet de s'infiltrer vers le bas

et vers les côtés, pour alimenter les plantes pendant les périodes sèches et pour recharger l'eau souterraine. Une partie de l'eau peut être filtrée et passer dans l'eau souterraine qui alimente les puits. Les fossés suivant les courbes de niveau fixent la terre arable sur les parcelles agricoles et peuvent être utilisés sur un champ plat pour capter des pluies fortes mais peu fréquentes quand on creuse de petits fossés près des maisons, ils apportent de l'humidité pour les arbres et les jardins potagers.

Ces fossés peuvent être creusés sur un terrain en forte pente ou sur un terrain presque plat. Mais si le sol comporte une forte proportion de sable, l'infiltration est déjà forte et les fossés ne sont pas nécessaires. Dans ce cas, des haies vives le long des courbes de niveau sont plus appropriées (cf. *Haies vives*, page 54).

Les pratiques parfaites ?

Sur des parcelles à flanc de coteau dans l'Ouest du Guatemala, un groupe de vulgarisateurs agricoles ont appris aux paysans à creuser des fossés le long des courbes de niveau pour capter et stocker l'eau de pluies directement au-dessus ou en dessous des fossés. Ces agents de terrain bien intentionnés étaient tellement convaincus de la valeur de cette pratique pour l'agriculture sur les terrains en pente qu'ils l'ont promue pour tous les paysans sur tous les sols. Les paysans dont les sols étaient riches en sable ont vu que leurs fossés d'infiltration ne réussissaient pas à conserver l'eau. Ils se vidaient vite et s'éboulaient après quelques pluies. Les paysans passaient leur temps à recréuser leurs fossés pour recevoir les paquets de nourriture qui étaient donnés à ceux qui entretenaient les fossés. Une paysanne d'âge mûr, sûre d'elle, a entendu les plaintes de ses voisins et a montré aux agents de vulgarisation qu'on lui avait appris, non pas à creuser des fossés, mais plutôt à planter une rangée de canne à sucre selon courbes de niveau sur les sols sablonneux. Elle utilisait aussi une haie d'herbes et ses barrières stoppaient l'érosion, captaient l'eau pour les racines des plantes et ajoutaient de la matière organique au sol. Avec le temps, son sol sablonneux était devenu plus fertile et plus à même de retenir l'eau. Ceci montre qu'il est important de demander l'opinion des paysans locaux sur la réussite des nouvelles pratiques avant de passer à une promotion généralisée.

Source: Burpee, G. & K. Wilson, 2004. *The resilient family farm: Supporting agricultural development and rural economic growth*. ITDG Publishing: Warwickshire, Royaume Uni.

Comment creuser des fossés selon les courbes de niveau : Il n'y a pas de règles fixes sur l'endroit et la manière d'installer un fossé suivant une courbe de niveau. Un bon endroit où commencer est d'observer le paysage de haut en bas. Sortez avec les familles paysannes pendant un orage et étudiez l'écoulement naturel de l'eau : où se collecte-t-elle, à quelle vitesse s'écoule-t-elle et dans quelle direction coule-t-elle ? Quand vous savez où l'eau s'écoule, vous verrez où il faut des fossés pour ralentir ou rediriger le flux.

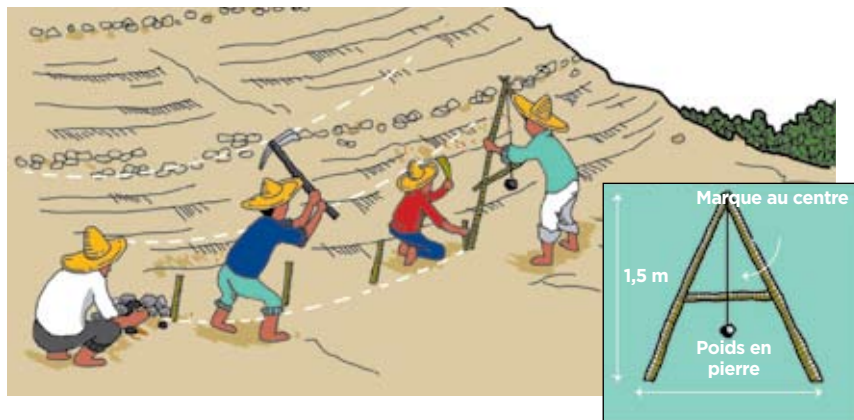
Travaillez avec les familles paysannes et les membres de la communauté pour dessiner une carte du paysage qui montre où les fossés seront creusés. Aidez les paysans à être créatifs. La communauté a le pouvoir de concevoir un paysage productif et beau qui sera transmis aux générations futures. Les fossés suivant les courbes de niveau sont souvent plus efficaces si on les planifie au niveau du paysage et non au niveau d'un seul champ ou d'une seule

parcelle. Quand les parcelles sont petites ou que les paysans ont des champs à des altitudes différentes sur la pente, les décisions et les actions collectives apporteront des bénéfices plus importants à tous que des actions individuelles (vous trouverez plus d'informations dans la 4^{ème} partie du présent guide)

Pour creuser un fossé suivant une courbe de niveau, utilisez un outil de relevé tel que le cadre en A. Vous aurez besoin de bâtons comme marqueurs au sol et d'une pelle, d'un pic ou d'un outil pour creuser. On peut fabriquer un cadre en A avec trois morceaux de bois cloués ensemble en forme de A, avec un fil à plomb (un poids tel qu'un petit caillou attaché à une ficelle) qui pend du sommet vers le milieu.

Observez la zone où le fossé sera creusé et enlevez toutes les plantes sur le site. En commençant à un bout, utilisez le cadre en A pour la courbe de niveau à 0° (là où la ficelle et le caillou pendent au milieu du cadre en A) et marquez les deux endroits où les pieds du cadre en A touchent le sol. En gardant un des pieds du cadre en A sur le sol pour marquer la position actuelle, faites pivoter le cadre en A pour trouver le prochain point sur cette courbe de niveau (là où le fil à plomb ou la ficelle et le caillou pend au milieu du cadre en A) et marquez le nouveau point sur le sol. Continuez à localiser et à marquer les points sur la courbe de niveau jusqu'à ce que vous atteigniez l'endroit où se terminera le fossé.

Figura 9: On utilise un cadre en A



Ensuite, creusez la terre directement en dessous de la courbe de niveau marquée. Sur les pentes plus fortes, creusez les fossés proches les uns des autres (1 à 2 mètres) ; sur les pentes modérées ou légères, espacez-les davantage (3 à 10 mètres). En général, les fossés suivant les courbes de niveau font 50 cm de large sur les pentes fortes et 1 mètre sur les pentes douces. La largeur du fossé dépend de trois choses : pente, quantité de pluie et culture : fossés étroits pour les légumes et plus larges pour les arbres. Commencez par creuser des fossés d'environ 30 cm de profondeur sur les pentes raides et de 50 cm de profondeur sur les pentes douces et ajustez si nécessaire selon les conditions locales.

1. Pour une vidéo sur la manière de construire et calibrer un cadre en A, allez sur, [Construire et calibrer un cadre en A](#)

Les fossés suivant les courbes de niveau sur les pentes raides et très raides (pentes de plus de 26%) doivent être creusés tellement près les uns des autres qu'il y a peu de place pour une culture. L'utilisation la plus appropriée sur des pentes raides est la forêt, des cultures forestières ou de l'agroforesterie. Les cultures ne sont pas recommandées. Les directives dans ce tableau sont seulement des estimations générales, qui devront être utilisées comme des suggestions initiales et modifiées conformément aux conditions locales. La taille des fossés variera selon des facteurs tels que :

- La topographie (plate ou vallonnée)
- La pente (horizontale à abrupte)
- La texture du sol (la combinaison de sable, limon et argile affecte le drainage du fossé et sa forme. Les sols contenant plus de sable sont moins stables pour conserver la forme du fossé)
- Les pluies (durée des orages, quantité et vitesse de l'eau)
- L'emplacement de la nappe phréatique (distance en dessous de la surface du sol)
- L'humidité du sol au début de la pluie
- La présence ou non d'une berge (ou d'une diguette, d'une berme ou d'une digue) près et en amont du fossé et selon que la berge est végétalisée ou non.

Table 1: Suggestions générales pour la distance entre les fossés suivant les courbes de niveau (surface, distance entre les fossés et longueur maximale du fossé)

Pente (%)	Culture annuelle		Culture pérenne ou pâture	
	Distance (m)	Longueur maximale (m)	Distance (m)	Longueur maximale (m)
2	42,0	90		
4	25,0	120		
6	19,3	160		
8	16,6	200		
10	14,9	260	40,2	140
12-14	13,4	290	33,5-28,9	140
16	11,4	340	25,3	160
18	10,2	380	25,0	180
20	9,2	420	24,0	200
22	8,4	470	23,2	200
24-26	7,4	500	20,6	215
28-30	6,5	500	19,2	220
32-34	Pas recommandé		18,6	225
36-38	Pas recommandé		17,3	230
40	Pas recommandé		16,2	230

Adapté de : Crozier, C. 1986. *Soil conservation techniques of hillside farms*. Peace Corps: Washington, DC, USA and Suarez de Castro, F. 1980. *Conservación de Suelos. Serie Libros y Materiales Educativos No. 37*. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas): San Jose, Costa Rica.

Taille des fossés suivant les courbes de niveau :

- Pour les pentes fortes (13% ou plus), creusez des fossés plus proches les uns des autres, d'environ 30 cm de profondeur et de 50-100 cm de largeur. Ajustez selon les conditions locales. Commencez par des diguettes de 15 cm de hauteur et 60 cm de largeur en dessous du fossé.
- Sur les pentes douces à modérées (0-12%) commencez par creuser le sol sur 40-50 cm de profondeur et 1-3 m de large. Commencez par des diguettes d'environ 50 cm de hauteur et 1-2 m de largeur en dessous du fossé. Ajustez selon les besoins.

Utilisez le sol qui est excavé pour former une berme (plate-forme étroite) ou une diguette sur le bord aval du fossé. La berme peut être plantée de végétation permanente (herbes indigènes, buissons, arbres) pour stabiliser le sol et les racines et le feuillage capteront les éventuels sédiments qui déborderaient du fossé lors des fortes pluies. Avec le temps, cela formera des terrasses légèrement en pente.

**L'eau suivra
toujours la voie de
moindre résistance.**

Les fossés suivant les courbes de niveau peuvent ralentir l'eau jusqu'à l'arrêter quand ils sont conçus pour être horizontaux autour de la base. Ainsi, ils préviennent l'érosion et permettent l'infiltration d'eau dans le sol proche. Il peut être difficile de les faire plats à la base et horizontaux sur toute leur longueur. Vous pouvez mesurer la profondeur du fossé et ajouter de la terre aux points plus profonds pour avoir une profondeur constante. Une autre méthode est d'attendre la première pluie, d'observer où coule l'eau et d'ajuster la profondeur du fossé en ajoutant de la terre aux endroits plus profonds. Une fois que c'est

Conseils pour les fossés suivant les courbes de niveau :

1. Mesurez et marquez absolument la courbe de niveau avant de commencer à creuser.
2. Dans les zones où les pluies sont très fortes, plus la diguette est haute, mieux ce sera. Vous pouvez commencer par une couche de rochers, tiges de cultures ou branches ligneuses à la base de la diguette pour en augmenter la hauteur ainsi que la rétention d'eau, l'aération du sol et l'espace d'enracinement dans la diguette.
3. Cultiver des cultures de couverture sur la diguette aidera à conserver la structure du sol, à prévenir l'érosion et à ajouter des nutriments. On peut citer comme exemples le pois mascate (*Mucuna deeringiana*), le lablab (*Lablab purpureus*), le haricot tépari (*Phaseolus acutifolius*) et la fève jacquier (*Canavalia ensiformis*). Les trois dernières tolèrent le temps sec.
4. Pendant la saison des pluies, des plantes aimant l'eau cultivées vers le bas de la berme, comme la citronnelle ou le taro pousseront bien. Au dessus de la diguette, des légumes ayant une valeur marchande élevée sont une option.
5. Pendant la saison sèche, utilisez la base du fossé pour planter les mêmes légumes. Utilisez le haut de la diguette pour planter des plantes qui poussent avec moins d'eau, comme le manioc.
6. Quand les fossés traversent des parcelles qui appartiennent à différentes familles, c'est une bonne idée de travailler avec les voisins pour les planifier et les construire.

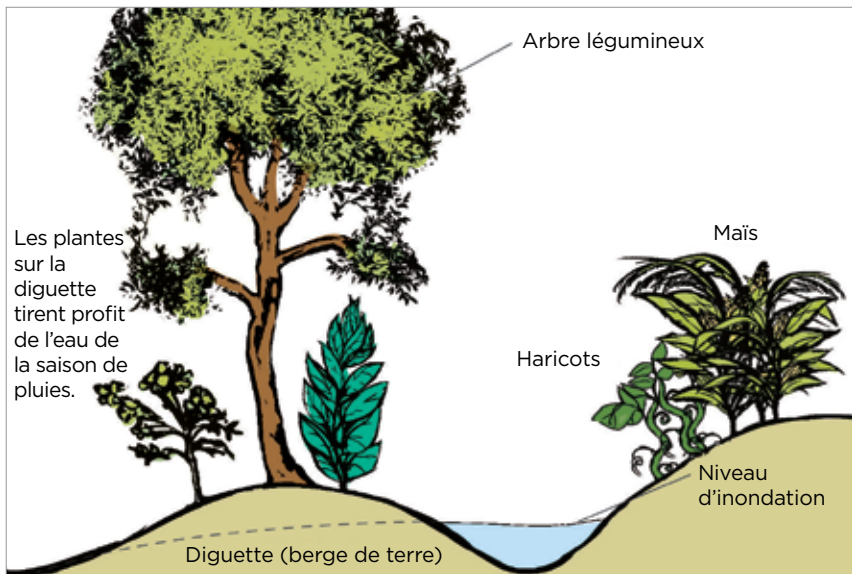
fait, vous pouvez remplir le fossé de n'importe quoi qui permettra à l'eau de pénétrer : des feuilles, des tiges, des matières ligneuses ou du compost. Ou le fossé peut être laissé vide pour être plus facile à entretenir (recreuser) ou pour des plantations pendant la saison sèche.

Lors de fortes pluies, les fossés suivant les courbes de niveau se rempliront d'eau et il leur faudra une « valve de sécurité » pour drainer l'excédent d'eau et éviter l'érosion de la diguette. La valve de sécurité, ou déversoir, est une série de portions légèrement plus basse de la diguette, des creux espacés régulièrement dans la diguette, tous les 3 à 10 mètres, selon que la construction de la diguette et du fossé est plus ou moins régulière. Les déversoirs peuvent mener dans des étangs, des bassins, d'autres fossés suivant les courbes de niveau ou un autre champ. Si les paysans ont accès à un animal de trait ou à une charrue, on peut aussi labourer des canaux suivant les courbes de niveau dans les pâtures pour les conserver vertes après la fin de la saison des pluies.

3.3.2 Fossés suivant les courbes de niveau avec des haies vives

En plantant des arbres, des herbes ou des cultures sur les bermes au dessus des fossés, vous pouvez tirer parti de l'humidité supplémentaire dans le sol. Les racines des plantes aideront aussi à renforcer la structure du sol et éviteront que la berme ne s'érode ou ne soit emportée par l'eau. Les plantes et la matière organique créeront avec le temps une couche de terre arable.

Figure 10: Fossé d'infiltration et haie vive



Adapté de *Introduction to Permaculture* (Mollison & Slay 1991)

Là où les coteaux sont fortement érodés, des fossés suivant les courbes de niveau avec des haies vives peuvent guérir la terre tout en faisant pousser des arbres et des plantes qui fournissent des aliments pour les humains ou les animaux. Après avoir creusé plusieurs fossés, plantez des plantes et légumineuses à croissance rapide et résistantes à la sécheresse, comme de haricots, pour développer rapidement la fertilité du sol et maintenir l'humidité. Si vous élaguez et que vous laissez tomber l'excédent de feuillage, cela ajoutera de la matière organique au sol pour servir de paillage (cf. *Paillage*, page 58). Quand la fertilité du sol aura augmentée, après quelques années (les termites ou les vers sont un bon signe de fertilité du sol), vous pourrez planter des arbres, des plantes pérennes (buissons) et des cultures annuelles (légumes, haricots, céréales) sur les bermes suivant les courbes de niveau.

Conseils pour les haies vives

- Utilisez des haies vives sur la courbe de niveau dans les zones où il y a un fort risque d'érosion par l'eau ou le vent.
- Utilisez des haies vives sur les sols sablonneux pour réduire l'érosion et stabiliser une pente.
- Utilisez des haies vives le long des fossés suivant les courbes de niveau.
- Plantez des haies vives d'espèces qui peuvent servir à plusieurs choses.



Ressources

Burnett, G. 2000. *Permaculture: A beginner's guide*. Land and Liberty Press: Essex, Royaume Uni.

3.3.3 Barrières pierreuses (barrières mortes, diguettes de pierres)

Quand les sols sont trop secs, compactés ou dégradés, il peut être impossible de creuser un fossé suivant la courbe de niveau. Les paysans peuvent construire à la place une barrière pierreuse le long de la courbe de niveau, sans fossé.

Comment construire une barrière pierreuse : Marquez la courbe de niveau comme cela a été décrit plus haut (cf. Fossés suivant les courbes de niveau, page 34). Construisez un muret de pierres d'environ 0,5 à 1 m de hauteur le long de la courbe de niveau d'une zone de culture ou d'un coteau. Les paysans peuvent encourager la croissance des plantes en laissant les semences indigènes qui se trouvent dans le sol au-dessus ou en dessous de la barrière germer et pousser sans désherber. Ils peuvent aussi laisser les débris organiques s'amonceler à côté de la barrière pendant les orages. Cette nouvelle végétation peut devenir un habitat pour de petits animaux et aider à la repousse d'herbes et d'arbres indigènes.

Des barrières pierreuses le long des courbes de niveau ralentiront la vitesse d'écoulement de l'eau et réduiront la quantité de sol emporté par les vents forts. S'il y a des pierres dans le sol, le fait de les enlever du sol pour construire les barrières permettra aux cultures de pousser plus facilement.

Un autre avantage est que le travail peut être fait pendant la saison sèche de sorte que les barrières seront installées et fonctionneront au début de la saison des pluies. S'il y a suffisamment de pierres, on peut construire les barrières sous forme

de murs de pierres. S'ils sont construits sur une terre en pente et sont suffisamment hauts, des terrasses en gradins se formeront au fur et à mesure que du sol s'amoncellera derrière chaque mur. Quand il n'y a pas suffisamment de pierres pour remplir complètement la barrière, les intervalles peuvent être remplis en plantant des haies vives. Avec le temps, les barrières pierreuses n'aideront pas seulement à réduire les pertes d'eau et de sol mais elles réduiront aussi l'angle des pentes ce qui rendra plus facile la gestion des cultures.

Dans les climats secs où il est difficile de faire démarrer une nouvelle végétation, même si les barrières pierreuses ne sont pas combinées à un fossé suivant la courbe de niveau pour capter l'eau, elles peuvent quand même capter de petites quantités de précipitations pour :

1. Stabiliser la pente avec de la végétation.
2. Ralentir la vitesse d'écoulement de l'eau de pluie quand elle tombe.
3. Donner de l'ombre aux plantes qui poussent entre les barrières.
4. Dégager de la chaleur pendant les nuits froides.

Difficultés des barrières pierreuses : Quand une barrière morte est utilisée pour combler une rigole et que les pierres sont si serrées qu'elles bloquent complètement l'écoulement de l'eau, la pression de l'eau peut monter derrière la barrière pierreuse. Pendant les orages, deux nouvelles rigoles peuvent se former, une de chaque côté de la barrière morte.

3.3.4 Barrières pierreuses dans les zones semi-arides

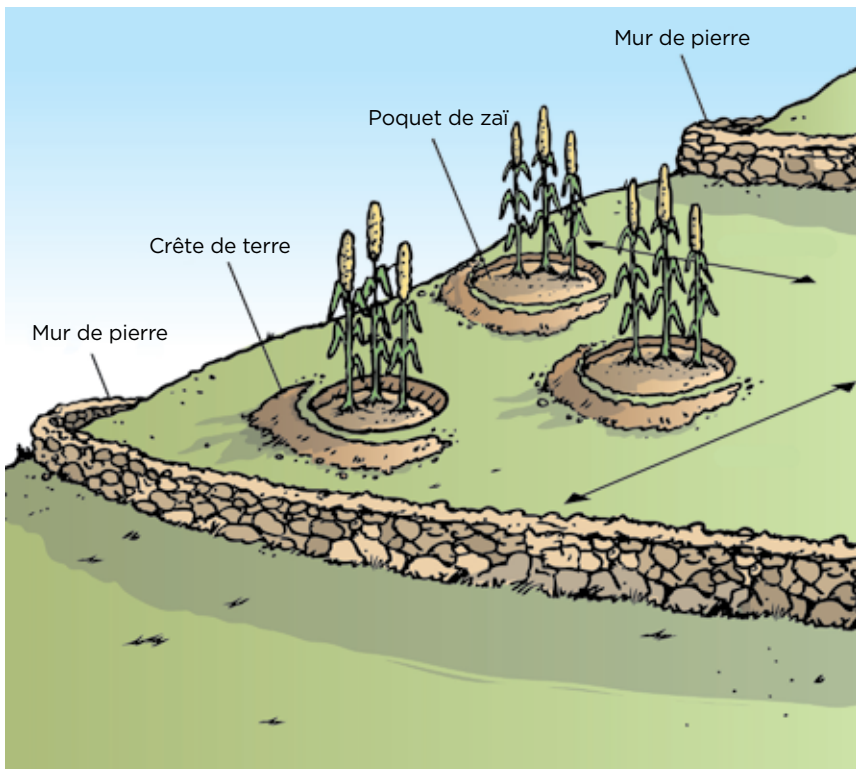
Dans l'Afrique de l'Ouest semi-aride, les conditions agricoles sont dures. Les sols sont peu fertiles, acides et ont tendances à s'encroûter. Le climat est imprévisible, avec des périodes de sécheresse et de fortes pluies de mousson. Les sols subissent de longues périodes de stress hydrique à cause du ruissellement sur les sols encroûtés pendant les pluies intenses, l'évaporation du sol du fait des températures élevées et des niveaux de matière organique trop faibles pour permettre de conserver l'humidité dans le sol. Des combinaisons de pratiques sont ce qu'il y a de plus efficace pour s'adapter au changement climatique. Une équipe de chercheurs dirigée par R. Zougmore a rassemblé des données probantes sur un système qui fonctionne bien sur des terres presque plates ou en pente douce et qui combine des barrières pierreuses sur la courbe de niveau et des poquets de zaï ou des bassins semi-circulaires en demi-lune plantés entre les barrières.

Les poquets de zaï sont de petits trous qui sont creusés pendant la saison sèche. Quand les pluies commencent, les paysans les remplissent de compost, de fumier, de paille ou de feuilles de plantes, comme des légumineuses ou du margousier pour concentrer l'eau de pluies et les nutriments là où les plantes pousseront. Les demi-lunes sont des dépressions plus grandes dans le sol qui suivent le même principe que les poquets de zaï. On utilise une combinaison de barrières pierreuses et de poquets de zaï ou de demi-lunes pour augmenter l'humidité du sol et améliorer les sols dégradés. Cela est mieux adapté aux pentes de 3 à 5%, avec une alternance de conditions humides et sèches et une pluviométrie annuelle entre 300 et 800 mm. Pour les pentes un peu plus raides, on combine les poquets de zaï avec des diguettes juste en dessous du poquet.

Comment concevoir des barrières pierreuses et des trous de plantation :

Dessinez les courbes de niveau pendant la saison sèche et enlevez les 10 à 15 cm supérieurs du sol le long de la courbe de niveau, si possible, pour installer la première couche de pierres dans la dépression creusée. Le sol qui a été retiré peut être utilisé pour une petite diguette en amont de la barrière pierreuse. Montez les barrières pierreuses jusqu'à une hauteur de 20 à 30 cm au dessus du sol. Dans les zones où les pentes sont de 5% ou moins, les barrières suivant les courbes de niveau sont espacées de 20 à 50 mètres. Entre les limites des barrières pierreuses, cassez la croûte du sol et creusez des demi-lunes ou des poquets de zaï. Les poquets de zaï font de 10 à 20 cm de profondeur et 20 à 40 cm de diamètre avec un écartement de 60 à 100 cm, entre les trous d'une rangée et entre les rangées.

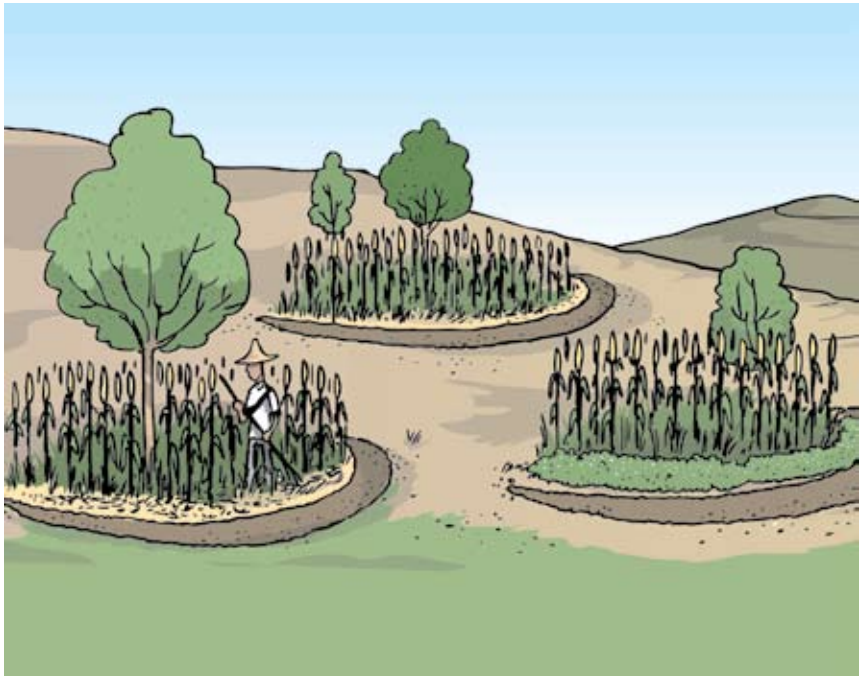
Si la pente est de plus de 5%, utilisez le sol retiré du trou pour former une crête semi-circulaire ou une diguette du côté aval du poquet de zaï pour capter plus d'eau dans le poquet. Au début de la saison des pluies, ajoutez une petite quantité de fumier ou de compost dans chaque trou (200 à 600 g), mélangée dans environ 5 cm de terre. Les paysans planteront ensuite 8 à 12 semences de sorgho ou de mil dans chaque trou.

Figure 11: Poquets de zaï

Pour les diguettes en demi-lune, les trous sont creusés en demi-cercle, de 2 à 4 mètres de diamètre avec de la terre formant une diguette en demi-lune en aval du trou. La distance entre les demi-lunes dans une rangée et entre les rangées est d'environ 2 mètres. Ajoutez au moins 35 kg de fumier ou de compost à chaque demi-lune avant de planter.

Le choix des poquets de zaï ou de demi-lunes dépend de la culture, de la pente et du climat. Les arbres et les plantation mixtes arbres/ cultures sont plus adaptés aux demi-lunes ; les céréales et les légumineuses sont plantées dans les poquets de zaï plus petits. Il faut de plus grands trous dans les pentes plus abruptes, pour tenir compte du plus fort écoulement et là où les pluies sont fortes, il faudra des trous plus grands et plus profonds, avec une plus grande capacité à retenir l'eau.

Figure 12: Bassins en demi-lunes



Des chercheurs ont découvert qu'une seule pratique, qu'il s'agisse des barrières pierreuses ou des trous de plantation, ne suffisait pas pour l'adaptation à un climat dur mais que la combinaison de ces pratiques permettait des améliorations importantes de la production et du couvert forestier. Quand les paysans appliquaient de compost et de l'engrais inorganique à des poquets de zaï, les récoltes de sorgho étaient 10 fois supérieures aux récoltes dans des champs où il n'y avait ni barrières pierreuses ni poquets de zaï et la production de biomasse était cinq fois plus importante. Grâce à l'addition de résidus de cultures et de fumier, l'activité des termites augmentait et améliorait la structure du sol, l'infiltration de l'eau, le drainage et la croissance des racines dans le sol plus hospitalier des trous de plantation.

Difficultés des diguettes de pierre, des poquets de zaï et des diguettes en demi-lune : Ils exigent un accès à du fumier ou du compost et beaucoup de travail manuel. Les poquets de zaï peuvent demander de 60 à 70 jours de travail pour un hectare dans des sols durs, 30 jours dans des sols moins compactés. Si la communauté n'a pas déjà une main d'œuvre organisée en groupes, vous pourriez le recommander pour faire tourner le travail d'une parcelle à l'autre. Un autre rôle de la vulgarisation est de fournir une formation pour la production de compost.

Dans les sols argileux et le loam, les trous de plantations peuvent se saturer d'eau si la pluviométrie annuelle dépasse 800 mm. Si cela est possible, notez que le sorgho tolère à la fois des conditions sèches et humides mais que le mil ne tolère que le temps sec. Dans les sols sablonneux, l'addition de matière organique, surtout du fumier et du compost, est essentielle pour améliorer la capacité à retenir l'eau.

Ressources

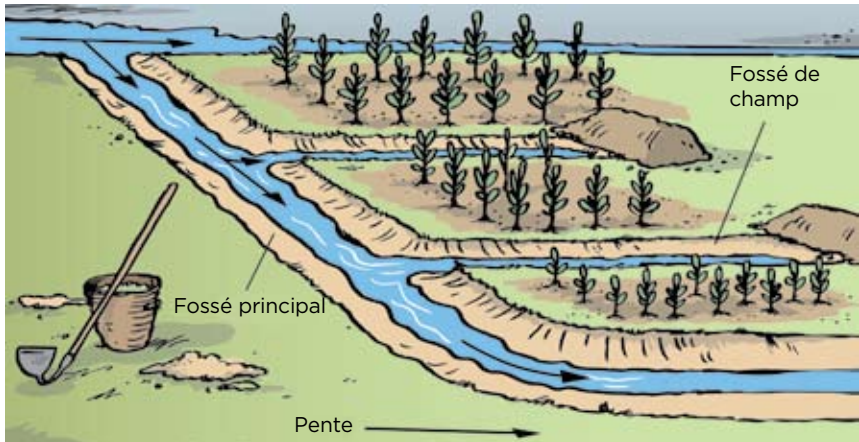
Motis, T. & C. D'Aiuto. 2013. *Zai pit system*. ECHO Technical Note #78. Educational Concerns for Hunger Organization: North Fort Myers, Florida, USA.

Zougmore, R., A. Jalloh & A. Tioro. 2014. [Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: A review of evidence and analysis of stone bunds and zai techniques](#). *Agriculture & Food Security* 2014, 3:16.

3.3.5 Fossés de drainage et de dérivation

Les voies d'eau de drainage dirigent le trop plein de l'eau des orages en la faisant descendre le long de lignes naturelles de drainage ou de structures telles que des fossés de dérivation vers les zones plus basses. Les fossés de dérivation sont similaires aux fossés suivant les courbes de niveau mais ce sont des voies de drainage en pente douce qui conduisent l'eau de drainage vers des fossés suivant les courbes de niveau, des étangs ou des zones plantées, pâtures, jardins ou zones boisées.

Tentez d'établir des voies d'eau sûres en tirant parti des lignes naturelles de drainage qui ne causeront pas de rigoles ni d'inondation et dérivez l'eau vers des terrasses plates, des dépressions, des pâtures ou les limites de zones boisées.

Figure 13: Fossé de dérivation

Les techniques traditionnelles d'agriculture de crue utilisent des voies de drainage naturelles : vous pouvez tester cette pratique en construisant de simples barrières perméables avec des piquets ou des poteaux de bois avec des branchages tissés entre les piquets pour ralentir et répandre les eaux de crue naturelles plus régulièrement dans des zones plus basses et plus plates. Si le ruissellement fait déborder les fossés ou endommage les diguettes, les paysans devront creuser des fossés de dérivation de la même manière qu'ils ont creusé les fossés suivant les courbes de niveau pour diriger l'eau vers un étang, une pâture ou un verger. Le fossé doit être conçu pour suivre une pente descendante très douce.

Ressources

FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture). 1988. *Watershed management field manual: Slope treatment measures and practices*. Forestry Department, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : Rome, Italie.

3.3.6 Récupération de l'eau dans des bassins et des étangs

L'eau de pluie peut être collectée dans des **étangs** et **bassins** bien construits. Cela demandera peut-être un travail ardu pour les creuser, mais cela permettra de collecter l'eau là où le paysan en a besoin. Ces structures peuvent réduire la vulnérabilité aux extrêmes climatiques, inondations et sécheresses. Les bassins jouent le rôle de zones de drainage qui se remplissent uniquement pendant les orages. Contrairement aux étangs, qui conservent généralement de l'eau la plus grande partie de l'année, les bassins ne contiennent généralement pas d'eau toute l'année. On peut créer des étangs partout où il y a de l'eau qui coule sur la terre. Ils donnent à l'eau un endroit où se diriger et ont des déversoirs par lesquels l'eau peut déborder. Les étangs peuvent être reliés à un système de fossés suivant les courbes de niveau ou de fossés de détournement qui drainent l'eau vers un étang ou lui font traverser le terrain vers d'autres

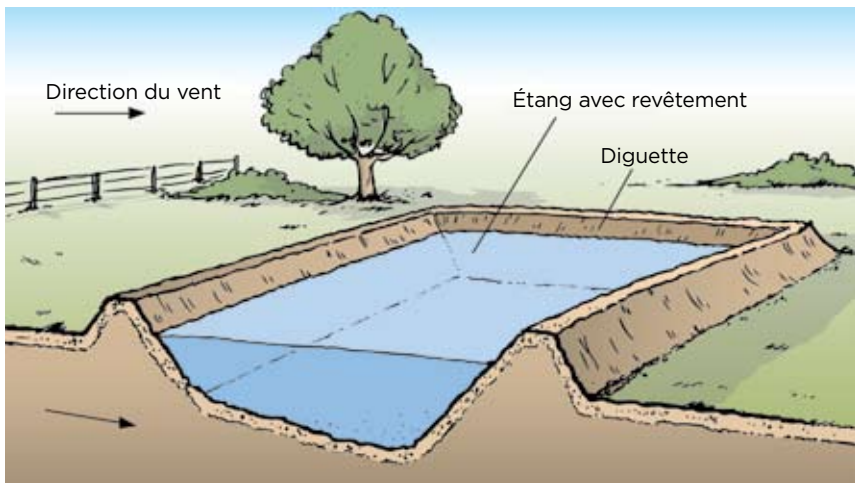
étangs, aidant ainsi à diminuer les dégâts dus à de fortes pluies. La taille des étangs variera selon l'endroit, la quantité d'eau, la vitesse de l'eau qui coule dans l'étang et les ressources dont dispose la famille paysanne pour le creuser.

Des bassins peu profonds peuvent être creusés à la main et avoir des fonds plats. Ils peuvent être utilisés comme jardins potagers pendant les mois secs ou ces « jardins pluviaux » peuvent être plantés de plantes et herbes indigènes à racines profondes près d'une source de ruissellement comme des chemins, des routes ou descentes de gouttières des toits. Les plantes d'un jardin pluvial doivent pouvoir supporter de brèves périodes avec de l'eau stagnante et de périodes plus longues de sécheresse.

Dans les zones où il y a une forte pluviométrie saisonnière, les étangs jouent le rôle de mini-réservoirs qui peuvent être utilisés pour l'irrigation sur le site pendant les périodes sèches. Les étangs servent aussi d'habitat à des poissons, des plantes et de nombreux organismes divers. Les poissons aident à fertiliser les plantes et mangent les moustiques et les algues de l'étang. Ils ajoutent aussi à la sécurité alimentaire des familles en leur donnant un accès direct à du poisson frais. Selon la taille et la profondeur de l'étang, on peut introduire et élever divers types de poissons pour la consommation alimentaire pendant les périodes de famine. (Pour plus d'information, cf. *Ressources*).

Les étangs ont une autre caractéristique qui est leur capacité à absorber la chaleur le jour et à restituer la nuit. En modérant les extrêmes de température, les étangs créent des microclimats qui permettent à certaines variétés de plantes de pousser là où elles ne pourraient pas pousser normalement.

Figure 14: Étang avec un revêtement, pour l'irrigation



Difficultés des étangs : Les étangs ont de nombreux avantages mais ils exigent généralement de l'entretien, de l'argent et un gros investissement en temps et en main d'œuvre au début. Si une famille paysanne veut creuser un étang, vous pouvez l'aider en la mettant en rapport avec des experts locaux, ou en consultant ces experts, pour concevoir un étang qui réponde aux besoins de la famille. Il faudra peut-être aussi un accord de la communauté et il faudra faire de plans pour identifier des endroits possibles pour l'étang, creuser l'étang et gérer son entretien et son utilisation.

Le type d'étang variera selon le type de paysage.

1. **Étangs remblayés :** Formés par un barrage construit dans une dépression entre deux collines où l'eau traverse le bassin versant et est collectée dans la zone du bassin en amont du barrage. Ces étangs sont plus adaptés à des zones ayant un relief légèrement à modérément vallonné.
2. **Étangs excavés :** Habituellement construits sur des zones relativement plates avec un équipement de terrassement loué ou de la main d'œuvre communautaire partagée. Il leur faut une arrivée d'eau externe ou une source pour les remplir et pour maintenir le niveau d'eau. Cela peut être le type d'étangs le plus coûteux.
3. **Étangs avec un remblai :** Formés dans un bassin légèrement excavé où la terre retirée est utilisée pour bâtir des diguettes le long des limites de l'étang, appelées parfois bordures en remblai. L'eau venant d'une source externe, comme un ruisseau, peut être pompée ou amenée par gravité par des fossés de dérivation.
4. **Étangs combinés bassin versant/remblai :** Un étang remblayé construit entre deux collines où l'eau s'écoule lors des orages. Ce type d'étang est pratique pour les petits paysans qui n'ont qu'un accès limité aux ressources.

Conseils pour construire des étangs et des bassins



De petits étangs peuvent être creusés par un groupe de personnes. On creuse généralement les étangs plus grands en utilisant des machines de terrassement. La taille et la profondeur des étangs variera selon le type d'étang, l'espace disponible pour l'étang, la quantité d'eau à stocker et des questions telles que la présence de bétail paissant dans les environ et la sécurité des enfants. Certains étangs seront utilisés pour stocker de l'eau comme réservoir pour l'irrigation. D'autres peuvent être utilisés pour élever des poissons et cultiver des plantes aquatiques. Vous trouverez plus bas des suggestions générales pour la construction d'étangs. (Cf. aussi *Ressources*, ci-dessous).

Tout d'abord, demandez l'avis de professionnels locaux. Puis demandez aux paysans d'observer l'écoulement de l'eau là où ils cultivent pour comprendre les possibilités et les contraintes sur ce site. Localisez des sites potentiels pour creuser des étangs en commençant par le haut de l'exploitation, là où l'eau arrive. Généralement, des zones plates avec des bassins ou des dépressions dans la terre sont de bons sites pour des étangs. Pour la plupart des paysans, l'étang se remplira probablement avec de l'eau de pluie. Il est donc important de concevoir un système de fossés suivant les courbes de niveau qui alimentera l'étang pendant les orages ainsi qu'un déversoir ou un écoulement pour les forts débits d'eau.

Souvent, 2 mètre est une bonne profondeur d'étang pour commencer. Les étangs qui sont creusés sur une courbe de niveau aideront à capter l'eau de pluie et minimiseront les inondations par débordement. Selon le type et la composition du sol, il sera souvent nécessaire d'utiliser une bâche en caoutchouc épais pour couvrir le fond du trou creusé avant que l'étang ne se remplisse d'eau. Si le sol contient beaucoup d'argile, il pourra être compacté pour former une couche qui empêchera l'étang de se vider de son eau par infiltration.

Évitez de creuser des bassins sur des pentes fortes car cela augmente le risque d'érosion du bassin vers l'aval.

Pour les étangs qui contiendront des poissons et des plantes, les experts locaux peuvent donner des conseils sur les espèces de plantes et de poissons et la gestion de l'étang. Par exemple, les bords de l'étang devraient être moins profonds pour permettre la croissance de plantes aquatiques. Une autre chose intéressante pour les étangs contenant des poissons, si l'on dispose d'électricité et de suffisamment de fonds, c'est une petite pompe à eau pour maintenir les niveaux d'oxygène. Cela prévient le développement trop important des algues qui pourraient étouffer la vie aquatique. Des experts locaux peuvent donner des conseils pour guider la conception et répondre aux questions.

Les bassins peuvent être formés naturellement. Pendant les fortes orages, de grandes zones plus basses de la terre jouent le rôle de bassins de drainage en collectant l'eau et en lui permettant de filtrer lentement dans le sol. Les bassins sont différents des fossés suivant les courbes de niveau en ce qu'ils ne doivent pas être sur la courbe de niveau et peuvent avoir des tailles variées. Les bassins peuvent avoir des déversoirs pour les fortes pluies. Vous pouvez connecter une série de bassins entre eux par de petits fossés ou canaux creusés légèrement en dessous du niveau du sol. S'il y a un bassin naturel sur le terrain d'un paysan, le paysan peut planter des plantes aimant l'eau tout autour pour aider à réduire l'érosion et augmenter l'infiltration de l'eau.

Quand vous aidez à faire la carte d'une exploitation ou d'une communauté agricole pour des fossés et des diguettes suivant les courbes de niveau, aidez à chercher des zones où le paysan pourrait encourager la formation d'un bassin d'eau. Trouvez une zone plate où on pourrait facilement creuser un bassin peu profond. Ne creusez pas de bassins sur des pentes fortes car ils augmentent le risque d'érosion, d'inondations ou de glissements de terrain en aval. En suivant l'écoulement du terrain, on peut creuser un bassin qui s'enroule autour de certains éléments, comme un arbre ou un chemin, mais assurez-vous que l'eau coulera dans la direction que vous voulez durant de fortes orages. Creusez sur environ 30 à 50 cm et inclinez les bordures vers l'intérieur pour créer un bassin. Comme indiqué plus haut, planter des cultures de couverture ou d'autres plantes aimant l'eau sur les sols exposés aidera à conserver la forme du bassin. Si vous plantez un arbre au milieu du bassin, il vaut mieux que le bassin ait un diamètre égal à au moins 1,5 fois le diamètre de l'aplomb de la ramure de la canopée de l'arbre adulte.

Ne creusez pas de bassins sur des pentes fortes car ils augmentent le risque d'érosion.

Irrigation par gravité à partir des étangs

L'utilisation des étangs pour fournir l'eau d'irrigation grâce à la gravité a des avantages du point de vue du coût et de la simplicité (cf. aussi *Section 3.4.2*). Après avoir creusé un trou pour l'étang dans une bonne zone de drainage de l'eau de pluie, attachez un conduit d'écoulement à environ 10 cm au dessus de la base de l'étang. Ce conduit, qui va de la base de l'étang à la pente en dessous, aura besoin d'une vanne pour l'ouvrir et le fermer afin que l'eau ne coule que quand c'est nécessaire. Connecter à cette vanne un tuyau pour l'irrigation. Des sédiments se poseront au fond de l'étang et ils ne devraient pas boucher le conduit, mais il vous faudra quand même un filtre au début du conduit d'écoulement pour éviter que des feuilles ou autres matériaux ne le bouchent. Compactez la base du trou en la piétinant : cela permettra de conserver la forme et la structure de l'étang. L'étape finale est de mettre un revêtement au fond de l'étang, soit une bâche plastique solide, soit un enduit maison :

1. Mélangez du ciment, de la paille et de la terre selon la proportion 1/1/3 ou 1/1/4 (1 part de ciment, 1 part de paille et 3 ou 4 parts de terre).
2. Ajoutez de l'eau pour obtenir un enduit épais.
3. Commencez par enduire les côtés de l'étang et finissez par le fond de l'étang.
4. Laissez l'ensemble de l'étang sécher pendant au moins trois jours avant de faire pénétrer de l'eau.
5. Réparez les fentes en utilisant un mélange de ciment, paille et terre selon les proportions : 2/1/3.

Pour réduire l'évaporation, couvrez l'étang d'un tapis de roseaux, de palmes ou d'autres matières. Certains personnes font flotter des bouteille plastiques recyclées, vides mais avec leur bouchon, sur la surface de l'étang pour augmenter la réflexion de la lumière sur l'eau et donc contrôler l'évaporation. La lumière chauffe l'eau et augmente la vitesse de l'évaporation. Vous pouvez aussi cultiver des arbres autour de l'étang pour augmenter l'ombre et réduire l'évaporation.

Ressources

Chakroff, M. 1978. *Freshwater fish pond culture and management*. U.S. Peace Corps and Volunteers in Technical Assistance: Washington, DC.

FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture). Organisation pour l'alimentation et l'agriculture: Rome, Italie. *Better freshwater fish farming in Zambia*. 1981.

Fish pond construction and management: A field guide and extension manual. 2005.

Handbook on small-scale freshwater fish farming. Série de formation de la FAO No. 24. 2007.

Freshwater fish farming: The pond. 1981.

Van Eer, A., T. van Schiel & A. Hilbrands. 2004. *Small-scale freshwater fish farming*. Agromisa Foundation: Wageningen, Pays Bas.

3.3.7 Restauration des terres arides

Quand des températures extrêmes et des vents violents accélèrent l'évaporation du sol et la transpiration des plantes, beaucoup des pratiques déjà présentées aideront les paysans à maximiser la productivité de l'eau. De plus, le **paillage**, l'**ombre** et la construction de **pare-vent** de pierres ou d'arbres réduisent tous l'exposition à la perte d'eau et aux hautes températures et sont des éléments de base pour établir n'importe quel type de production agricole dans des climats secs. Quand vous sélectionnez des améliorations pour les pratiques et la conception de systèmes agricoles, souvenez-vous que la première étape du processus de conception est d'observer les éléments naturels du paysage, y compris les ressources potentielles en eau.

Tiges d'arrosage en bambou

On peut enterrer à côté d'arbres nouvellement plantés des tiges de bambous creusées et où l'on a percé de petits trous. Ces tiges peuvent être remplies d'eau une fois par semaine pour fournir de l'eau lentement, sans évaporation, directement aux racines. Voir aussi *Tiges d'arrosage en bambou* page 61.

Quand vous commencez à restaurer la terre dans des zones extrêmement sèches, il vaut mieux le faire par phases. Cherchez d'abord une source extérieure d'eau pour commencer par de petites plantes et arbres. Si la seule source d'eau est la pluie, réfléchissez où placer les terrassements pour commencer le processus de restauration. Par exemple, après une période de faibles pluies, des barrières pierreuses placées sur la courbe de niveau collecteront et piègeront des débris et matériaux organiques pour conserver l'humidité. Les paysans peuvent commencer à cultiver des plantes pionnières résistantes à la sécheresse pour conserver l'humidité du sol.

Après quelques saisons où l'on aura protégé le sol par du paillage et développé la matière organique grâce à la végétation, on pourra établir de petits arbres pour créer une couche de canopée et fournir une ombre très nécessaire. Une fois que la canopée est établie, on peut cultiver des cultures annuelles sous le microclimat protecteur des arbres. (Vous trouverez une vidéo sur la restauration et la transformation de paysages désertiques en forêts vivrières dans *Ressources*, ci-dessous).

Protéger. Atténuer. Ombrager.

Dans les climats secs, il est important d'incorporer des stratégies anti-évaporation : protéger le sol avec un paillage, atténuer le vent avec des barrières pierreuses, et introduire de l'ombre en plantant des arbres tolérant la sécheresse qui peuvent aussi être utilisés comme pare-vent.

Des espèces résistantes d'arbres sont les premières à pousser dans des zones gravement dégradées et elles peuvent aider à restaurer la terre (cf. *Ressources*). Il s'agit généralement de légumineuses qui peuvent fixer l'azote (en le prenant dans l'atmosphère et en le rendant disponible dans le sol pour que les plantes puissent l'utiliser). Elles sont aussi généralement résistantes à la sécheresse, poussent rapidement et ont des usages multiples (fourrage, combustible, alimentation, bois de construction). Beaucoup peuvent être rabattues ou coupées à la souche et elles repousseront avec de nouvelles branches. Ces espèces comprennent l'*acacia*, le *laucène* et le *sesbania*. (Vous trouverez une liste plus complète d'espèces d'arbres qui conviennent pour la restauration des terres dans les *Ressources*).

Ressources

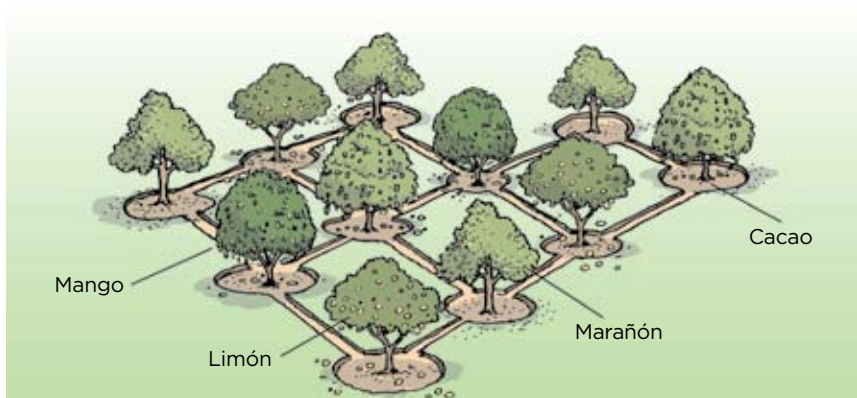
[A list of pioneer plant species for desert restoration](#) by G. Lawton

A video by G. Lawton entitled [From Desert to Oasis in 4 Years](#)

Système de filet et cuvettes pour la restauration de terres arides

Une autre stratégie pour restaurer les terres arides épuisées ou abandonnées est de concevoir un réseau de filet et cuvettes dans le sol pour permettre l'établissement plus rapide d'espèces pionnières d'arbres ou de petits vergers. On peut aussi l'utiliser pour convertir des champs cultivés en système d'agroforesterie ou de systèmes mixtes de cultures et d'arbres ou pour convertir des pâtures dégradées en système plus productif d'arbres fourragers. Les arbres sont plantés dans de petits bassins que la famille paysanne creuse. Les bassins collectent l'eau de pluie qui s'infiltre dans le sol autour de l'arbre. Les arbres sont connectés par un réseau de tranchées peu profondes qui captent l'eau de pluie et les sédiments. En plantant des arbres divers et des arbres qui ont des utilisations multiples, les familles paysannes peuvent avoir un meilleur accès à la nourriture, au combustible, à l'alimentation pour les animaux et au bois de construction.

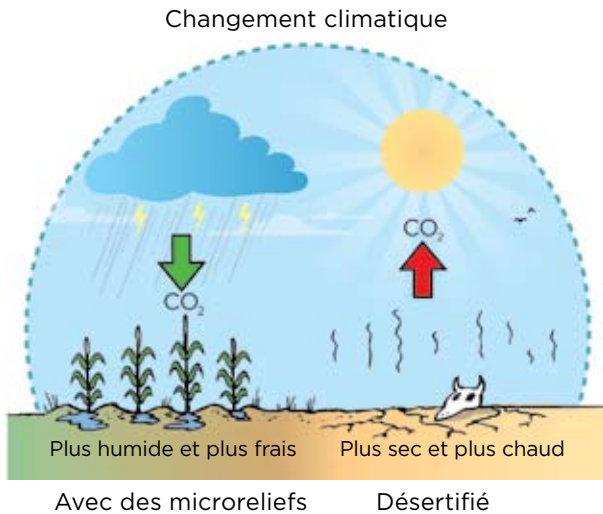
Système de filet et cuvettes pour la restauration des terres arides



Microreliefs pour la restauration des terres arides

L'utilisation de microreliefs (« imprinting ») est une méthode utilisée pour restaurer des terres dégradées qui ont subi le surpâturage, la surexploitation ou la déforestation. Cette méthode utilise de petites dépressions continues dans le sol, placées côte à côte dans tout le paysage pour maintenir le sol et l'eau de pluie en place pour la germination de graines qui sont déjà dans le sol ou qui peuvent être ajoutées. Cette microtopographie, une surface comportant de nombreuses petites dépressions, aide les plantules à s'établir et à pousser en leur fournissant ce petit supplément d'eau et de protection.

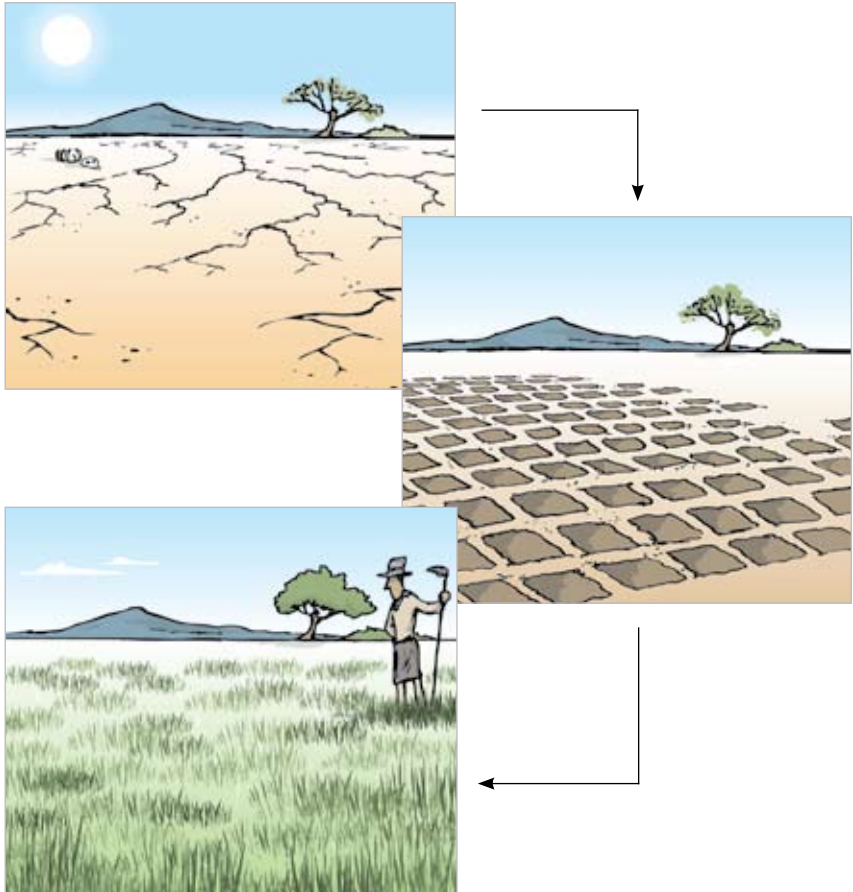
Figure 16 : Microreliefs pour la restauration des terres arides



Adapté de : The Imprinting Foundation (Cf. Ressources)

Un tracteur (selon la disponibilité) trainant un rouleau denté crée des dépressions en V. Au lieu d'un tracteur, les sabots d'un animal de trait, ou le déplacement lent de roues avec des reliefs profonds peuvent créer des microreliefs similaires. Les plantes qui poussent dans la surface rugueuse, couverte de microreliefs, absorberont du dioxyde de carbone (CO_2) de l'air. Cela réduit l'un des gaz à effet de serre qui contribuent au réchauffement climatique tout en revégétalisant un sol auparavant nu.

Une fois que la terre est restaurée, les paysans qui garderont le sol couvert toute l'année d'herbes, d'arbres, de cultures de couverture ou de matière végétale morte, protégeront la terre avec un minimum d'effort. Beaucoup de paysans préfèrent aussi cette pratique au dur travail de construction de barrières pierreuses (Section 3.3.3).

Figure 17: Microreliefs

Ressources

IIRR. 2002. *Managing Dryland Resources: An extension manual for Eastern and Southern Africa*. International Institute of Rural Reconstruction: Nairobi, Kenya.

Informations sur les [systèmes de filet et de cuvettes](#)

Informations sur les [les microreliefs](#)

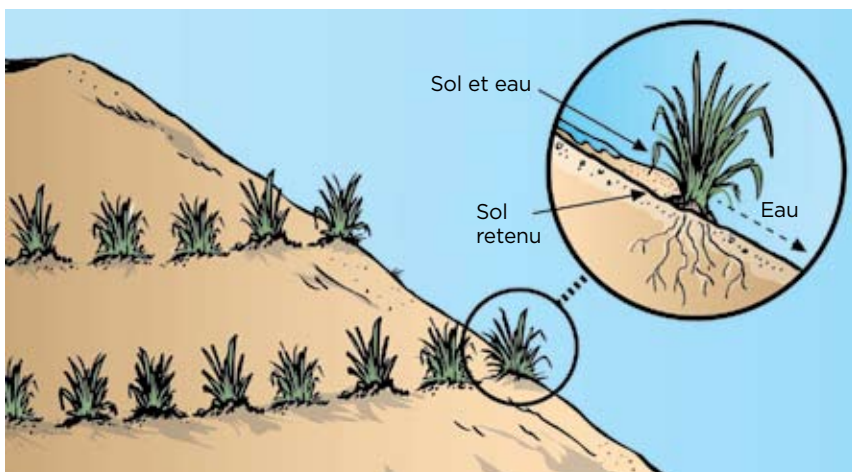
3.3.8 Récupération de l'eau grâce à des pratiques végétales : haies vives, zones tampons, cultures de couverture et paillage

Quand les paysans plantent des arbres, des buissons et des herbes ou qu'ils maintiennent la végétation naturelle sur des bandes suivant les courbes de niveau sur les pentes, le long de fossés suivant les courbes de niveau, autour des limites des parcelles ou le long de ressources en eau, ils gèrent aussi l'eau. Quand les paysans plantent sur les courbes de niveau ou perpendiculairement à la direction du vent, la végétation réduit l'évaporation du sol, ralentit le ruissellement de l'eau de pluie, améliore l'infiltration et augmente la matière organique dans le sol. Cette matière organique augmente la capacité du sol à retenir l'eau. Tous ces bénéfices aident à conserver l'eau pour plus tard, quand il ne pleuvra plus.

Haies vives

Les haies vives sont des bandes de végétation qui retiennent le sol en place grâce aux racines des plantes, ralentissent le mouvement de l'eau le long de la pente, réduisent la perte des nutriments dont ont besoin les plantes dans le sol et augmentent la productivité de l'eau (la quantité de biomasse produite avec une certaine quantité d'eau). Les paysans peuvent planter des haies vives en travers du sens du vent, autour des limites des parcelles ou au dessus des fossés sur les coteaux pour prévenir l'érosion et empêcher que les fossés ne se remplissent de terre. Les plantes herbacées ont un feuillage dense et des systèmes de racines épaisses et sont donc utilisées le plus souvent. Les herbes qui sont aussi intéressantes comme fourrage pour les animaux ou des herbes comme la canne à sucre et la citronnelle qui sont utilisées dans le ménage sont souvent préférées. De nombreuses espèces de plantes ont un grand potentiel en tant que haies vives. Des bandes d'arbres légumineux suivant les courbes de niveau peuvent aussi ajouter de l'azote dans le sol tout en produisant des fruits, du bois à brûler ou des aliments pour les animaux.

Figure 18 : Haies vives avant une couverture totale



Si un sol est très sablonneux, l'infiltration de l'eau n'est pas un problème. Dans les sols sablonneux, des fossés d'infiltration s'ébouleraient à chaque pluie. Mais des haies vives permanentes composées de buissons ou d'arbres, particulièrement si elles sont plantées avec des cultures de couvertures, amèneront beaucoup des bénéfices présentées ci-dessus.

Zones tampons et bandes végétales

Dans la gestion de l'eau, les zones tampons sont des bandes de terres végétalisées qui sont utilisées entre la terre agricole et une masse d'eau comme une rivière, un étang, un ruisseau ou une source. Elles protègent la ressource en eau et les berges autour de la masse d'eau. Elles aident les paysans à s'adapter au changement climatique en réduisant les inondations et une éventuelle contamination de l'eau par le engrais agricoles et les produits chimiques. Elles piègent et conservent les sédiments en créant une barrière entre les terres cultivées et les masses d'eau. Ainsi, la zone tampon réduit la sédimentation de la masse d'eau et l'entretien nécessaire pour la protéger. Le système racinaire de la végétation et les sédiments piégés lient le sol sur les berges des cours d'eau en augmentant la rugosité de la surface et en ralentissant le ruissellement pour minimiser l'impact des fortes pluies. Les zones tampons augmentent aussi la recharge de l'aquifère et élèvent les niveaux des nappes phréatiques. Les importants systèmes racinaires de la végétation améliorent la porosité du sol (l'espace entre les particules du sol) pour un meilleur drainage.

Comment créer des zones tampons : Les zones tampons peuvent se former naturellement si les paysans laissent une bande de terre sans la labourer et sans faire paître les animaux pour que des herbes et des arbres puissent y revenir avec le temps. Ou ils peuvent planter la zone tampon d'herbes telles que king grass ou vétiver qui ont des racines profondes et ne s'étendront pas dans des zones non plantées. La largeur d'une zone tampon est généralement de 30 à 50 cm. Plus la zone tampon est large, plus elle est efficace pour filtrer les sédiments ou les polluants et pour retenir l'eau de ruissellement.

Si l'objectif est de protéger la terre au-dessus d'une source, la communauté ou le propriétaire terrien sera peut-être prêt à clôturer une large zone au-dessus de la source pour le repeuplement végétal. Mettre des fosses d'infiltration dans une zone clôturée améliorera la recharge de la source et augmentera le débit de l'eau de la source. Vous devrez aussi peut-être rabattre les herbes près de la source durant la saison des pluies pour permettre aux gens d'y accéder. Les herbes naturelles peuvent être rabattues à environ 10 cm, le vétiver peut être coupé à une hauteur de 30 à 50 cm.

Cultures de couverture

Une culture de couverture est plantée pour améliorer la fertilité du sol et la qualité générale du sol tout en aidant à gérer l'eau, les mauvaises herbes, les ravageurs et les maladies des cultures. Les cultures de couverture réduisent l'érosion du sol et réduisent souvent la vitesse et la quantité de l'écoulement. Les cultures de couverture jouent le rôle de barrières physiques entre la pluie et la surface du sol, permettant aux gouttes de pluie de pénétrer dans le sol plutôt que de s'écouler en emmenant des particules de sol. Les racines forment des voies par lesquelles l'eau est filtrée à travers le sol puis remplit l'aquifère quand la quantité d'eau dépasse la capacité de rétention du sol.

Figure 19 : Cultures de couverture – du maïs avec des haricots en culture de couverture



Comment utiliser les cultures de couverture : Vous pouvez planter des cultures de couverture par plantation directe ou semis à la volée à la main dans les chaumes ou résidus de la culture précédente. Quand on a besoin rapidement d'une couverture du sol, par exemple si l'on s'attend à ce que les pluies se terminent bientôt, on peut sur-semer le champ pour obtenir une végétation dense dès le début en plantant plus de semences par superficie de terre que ce qui est normalement recommandé pour cette culture. (Pour plus d'information, référez-vous au *Guide de poche N°2 : Gestion des cultures*).

Une fois que la culture de couverture a poussé, vous pouvez la rabattre et mélanger la matière végétale dans le sol ou la laisser comme paillage (de la matière organique morte laissée à la surface du sol). Juste avant qu'on ne coupe les cultures de couverture, elles contiennent une grande quantité d'humidité qui peut être transférée dans le sol, qu'elles soient incorporées dans le sol ou laissées à la surface comme paillage. Sous forme de paillage, les cultures de couverture conservent l'eau en ombrageant et en rafraichissant la surface du sol tout en réduisant l'évaporation de l'humidité du sol.

Sous forme de paillage, les cultures de couverture conservent l'eau en ombrageant et en rafraichissant la surface du sol tout en réduisant l'évaporation de l'humidité du sol.

Si vous travaillez dans une zone où la pluviométrie est faible, les cultures de couverture peuvent aussi réduire l'humidité du sol parce qu'elles ont elles-mêmes besoin d'eau pour pousser. Dans ce cas, aidez les paysans à décider en tenant compte des avantages de l'augmentation de la végétation des cultures de couverture et des inconvénients de la réduction de l'humidité du sol.

Table 2 : Adaptation de cultures usuelles de légumineuses

Nom courant	Nom botanique	La culture de couverture tolère
Niébé	<i>Vigna unguiculata</i>	Sécheresse, ombre
Fève jacquier	<i>Canavalia ensiformis</i> , <i>Canavalia brasiliensis</i>	Sécheresse, mauvaise fertilité du sol, ombre Sécheresse, mauvaise fertilité du sol
Haricot lablab	<i>Lablab purpureus</i>	Sécheresse, ombre
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Sécheresse, ombre, mauvaise fertilité du sol
Pois d'angole	<i>Cajanus cajan</i>	Sécheresse, mauvaise fertilité du sol
Kudzu tropical	<i>Pueraria phaseoloides</i>	Inondation, ombre (bas fonds humides)
Pois mascate	<i>Mucuna pruriens</i>	Sécheresse, mauvaise fertilité du sol

Adapté de [Conservation of natural resources for sustainable agriculture](#)

De la pauvreté aux bénéfiques : Systèmes agricoles maïs-macuna-acajou :

Des paysans d'Amérique Centrale ont très bien réussi avec leurs cultures de couverture de mucuna (pois mascate) dans la production de maïs sans labour, sur des pentes qui étaient autrefois dégradées. Les plants de pois mascate et les résidus de maïs couvrent et protègent le sol toute l'année, ajoutent de l'azote et de la matière organique, améliorent l'humidité du sol, suppriment les mauvaises herbes et augmentent les récoltes de maïs. Les porcs profitent bien d'une alimentation composée à parts égales de maïs et de mucuma cuit, ils grossissent et vont au marché plus vite que par le passé. Tous les 7 à 8 mètres, dans le champ de maïs, les paysans plantent un arbre feuillu de grande valeur comme un acajou ou un teck. Cela ne les dérange pas que les arbres risquent de prendre 20 à 25 ans à pousser parce qu'ils ont un bon revenu grâce aux porcs. Les paysans taillent les branches inférieures de l'acajou à la fin de la saison sèche pour que leur ombre ne perturbe pas la croissance du maïs. Leur culture a suffisamment d'eau et un sol naturellement fertile tandis que leur revenu augmente grâce à la vente du maïs et du porc.



Paillage

Le paillage est de la matière végétale morte utilisée pour couvrir la surface du sol. Il peut s'agir de paille, de feuilles, de tiges, d'autres résidus de plantes, de matériel ligneux, de compost ou d'écorce.

Figure 20 : Paillage



Le paillage protège l'eau du sol de l'évaporation et protège le sol du vent et des températures extrêmes. Une couche de paillage réduit beaucoup le besoin d'irrigation. D'autres effets du paillage sur les champs cultivés :

- Il supprime les mauvaises herbes qui privent les cultures des nutriments et de l'eau du sol.
- Il augmente la fertilité du sol en ajoutant de la matière organique.
- Il réduit l'érosion.

Ajoutez des couches de paillage aux fossés suivant les courbes de niveau, aux bassins, arbres, jardins et au sol nu pour conserver l'humidité du sol. Surtout dans les régions sèches, si vous pouvez obtenir du paillage, utilisez-le entre les rangées de culture et autour des arbres fruitiers et des buissons. Vous pouvez utiliser une épaisseur de 10 cm de paillage sur des sols bien drainés et 5 cm sur des sols argileux plus durs. Placez un cercle d'environ 1 à 3 mètres de diamètre autour d'un arbre.

Le type de paillage que vous utiliserez dépendra des plantes que vous cultivez et du matériel disponible. Vous pouvez sans problème mélanger des cultures de couverture de légumineuses dans le sol mais il vaut mieux ne pas mélanger de paille, de résidus de cultures de céréales ni de matériaux ligneux dans le sol, sauf si on ajoute aussi du fumier ou des résidus de légumineuses.²

2. Pendant la décomposition de résidus de céréales, de paille ou de matières ligneuses, les microorganismes du sol qui dégradent le paillage et permettent sa décomposition doivent prendre de l'azote dans le sol. Cela réduit la quantité d'azote disponible pour la croissance des plantes. Les cultures de couvertures de légumineuses, comme celles présentées dans le tableau de la page 57 contiennent déjà suffisamment d'azote dans leurs résidus et ajoutent donc de l'azote dans le sol lors de leur décomposition. Les microorganismes du sol ont besoin de carbone et d'azote en proportion de 24 parties de carbone (C) pour 1 partie d'azote (N) lorsqu'ils consomment et décomposent les résidus de plantes. Les résidus de sorgho ont un taux carbone/azote de 63/1 et le maïs a un taux de 57/1, ce qui signifie que les microbes doivent trouver un supplément d'azote dans le sol pour consommer ces résidus. Cela peut épuiser l'azote du sol qui est nécessaire pour la croissance des plantes. En moyenne, les légumineuses ont une proportion C/N de 17/1. Elles peuvent donc être mélangées directement dans le sol. Quand on mélange des résidus de céréales dans le sol, ajouter des résidus de légumineuses ou du fumier de bétail (proportion C/N de 17/1) ou du fumier de volaille (proportion de 10/1) évite d'épuiser l'azote du sol.

Conseils pour le paillage :

- La paille est un bon choix de paillage quand on l'applique sur la surface du sol entre des rangées de culture. Elle supprime les mauvaises herbes, permet aux fruits et légumes de ne pas toucher le sol et réduit les maladies des plantes. Des palmes ou des feuilles de canne à sucre séchées fonctionnent bien aussi.
- Empiler du paillage directement contre une plante ou un arbre peut conserver l'excès d'humidité près de la plante et encourager des maladies fongiques ou le pourrissement de l'écorce. Laissez environ 3 à 5 cm entre la base du plant et le paillage.
- Utilisez seulement du paillage venant de plantes saines. Les maladies des plantes peuvent parfois être passées d'une plante à l'autre par le paillage.
- Si le paillage a une odeur de vinaigre, d'ammoniac ou de soufre, enlevez-le et appliquez un autre paillage. Cette odeur signifie que le paillage ne s'est pas bien décomposé.

3.4 PRATIQUES D'UTILISATION DE L'EAU : IRRIGATION À PETITE ÉCHELLE

Les paysans peuvent indiquer que la saison des pluies est en retard. Ou ils plantent au moment où les pluies commencent et deux semaines plus tard, la pluie s'arrête complètement et ils perdent tout ce qu'ils ont planté. Ou il y a une sécheresse qui commence une fois que les cultures ont démarré et poussent bien. Les cultures se fanent et meurent, les paysans perdent leur récolte et il est trop tard pour planter autre chose.

Quand les paysans peuvent stocker suffisamment d'eau pendant la saison des pluies pour pouvoir irriguer au moins pendant quelques semaines, cela peut permettre de produire ou de sauver une récolte en réduisant son exposition à l'instabilité du temps. Ce type d'irrigation stratégique est appelée irrigation de complément parce qu'elle fournit de l'eau pendant un bref moment durant une période sèche de la saison des pluies.

Les pratiques d'irrigation à petite échelle décrites ici sont utilisées par des paysans qui peuvent capter et stocker suffisamment d'eau pendant la saison des pluies pour faire une irrigation de complément. Dans certains cas, ils pourront peut-être stocker suffisamment pour cultiver des légumes ou irriguer un petit verger pendant la saison sèche. Ce guide présente des informations de base sur trois approches d'irrigation : l'irrigation goutte-à-goutte, l'irrigation par gravité et la collecte d'eau des toits. Comme une tellement grande partie de l'eau pour l'irrigation vient de puits qui surexploitent l'eau souterraine, les pratiques présentées ici s'intéressent à la récupération de l'eau de pluie et à l'utilisation plus prudente de l'eau de surface trouvée dans des étangs et cours d'eau proches, par exemple. En tant qu'agent de vulgarisation sur le terrain, vous devrez peut-être expliquer aux paysans comment gérer l'utilisation de l'eau souterraine pour éviter de la surexploiter, pourquoi c'est important et comment la surexploitation de l'eau souterraine peut mener à des tensions ou à des conflits dans la communauté.

Comment choisir une méthode d'irrigation : Commencez par interroger les paysans pour les aider à décider s'il faut une irrigation, si c'est une pratique appropriée sur leurs parcelles et comment choisir les méthodes d'irrigation les plus adaptées. Sur certaines parcelles, près de la maison, l'arrosage à la main sera plus approprié, sur certaines parcelles, des tuyaux ou systèmes d'arrosage par gravité seront mieux et sur d'autres, une irrigation goutte-à-goutte sera plus appropriée. Les réponses à ces questions vous aideront à planifier et à trouver des solutions à d'éventuelles limites ou obstacles :

- Quelle est la principale ressource en eau et où est-elle située ?
- Combien y a-t-il d'eau disponible et à quels moments de l'année pour quelles cultures ?
- Quelle est la qualité de l'eau ? Y a-t-il des polluants qui contaminent l'eau et la rendent inutilisable pour l'irrigation ? Y a-t-il de fortes quantités de sel qui réduiront la capacité des plantes à absorber l'eau ?
- Le terrain est-il très en pente ? Comment l'eau de pluie y coule-t-elle ? L'érosion est-elle un problème ?
- Quelles sont les caractéristiques du sol des terres du paysan ? Est-il sablonneux et perdra-t-il vite de l'eau ? Combien de matière organique y a-t-il dans le sol ? (La matière organique fournira des nutriments aux plantes pour aider à améliorer l'absorption de l'eau. La matière organique agit aussi comme une éponge pour conserver l'eau et la drainer quand il y en a trop).
- Quelle est la profondeur de la couche arable, la zone de croissance des racines ? Y a-t-il une croûte dure ou une couche compactée proche de la surface qui empêche l'eau de s'infiltrer dans le sol ? Y a-t-il une couche dure qui empêche un bon drainage une fois que l'eau s'infiltré ?

3.4.1 Irrigation goutte-à-goutte

L'irrigation goutte-à-goutte économise l'eau et réduit l'évaporation du sol. Elle utilise des tuyaux spéciaux avec des trous à des intervalles divers pour fournir de l'eau directement aux racines des plantes. Ces goutteurs sont placés à la surface du sol, près d'une rangée de plantes, généralement des légumes. L'eau coule lentement par les trous près des plantes. Les goutteurs et l'équipement d'irrigation goutte-à-goutte peuvent être complexes et coûteux mais les pratiques présentées ici sont des méthodes simples que la plupart des petits paysans peuvent utiliser.

Difficultés de l'irrigation goutte-à-goutte : L'irrigation goutte-à-goutte est une pratique importante pour aider les paysans à s'adapter à des saisons sèches plus longues, surtout dans de zones où l'eau est rare ou où le paysans font pousser des cultures telles que des légumes qui se vendent à des prix élevés au marché. Avec le changement climatique, le Ministère de l'Agriculture ou l'agence chargée de la vulgarisation agricole et de la formation des paysans auront probablement besoin d'une stratégie de formation pour améliorer les compétences des agents de terrain dans des méthodes d'irrigation goutte-à-goutte qui correspondent bien aux systèmes agricoles de la région. Comme l'irrigation goutte-à-goutte nécessite un équipement qui peut être coûteux, il peut être important d'avoir des programmes de crédit ou d'épargne. L'irrigation goutte-à-goutte concerne généralement plutôt des parcelles de petite taille ou de taille moyenne avec des cultures de valeur élevée comme des légumes plutôt que des grandes cultures

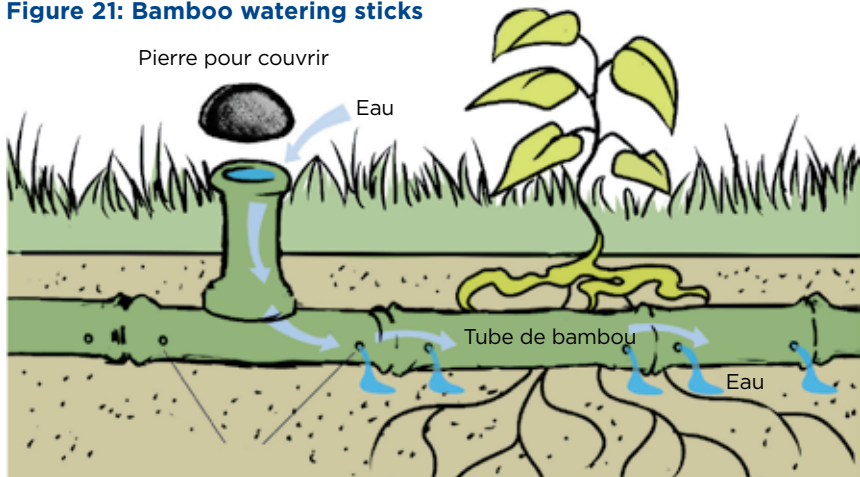
de champ. L'irrigation goutte-à-goutte peut permettre une forte augmentation de valeur de la production. Mais le matériel, comme les tuyaux, s'abîme et doit être remplacé au bout de quelques années. Les paysans doivent gérer leurs ressources pour pouvoir réaliser cet investissement périodique essentiel.

Irrigation goutte-à-goutte à petite échelle

Vous pouvez utiliser les techniques suivantes dans presque toutes les exploitations pour réduire leur sensibilité au temps sec. Ces techniques augmentent l'humidité du sol près des racines des plantes et diminuent l'évaporation du sol. Elles permettent donc à la plante de disposer de plus d'eau. Pour permettre une distribution lente de l'eau aux plantes telles que des tomates et des poivrons ou de jeunes arbres, les paysans peuvent utiliser des tuyaux commerciaux en plastique, s'ils en disposent, ou l'une de ces alternatives :

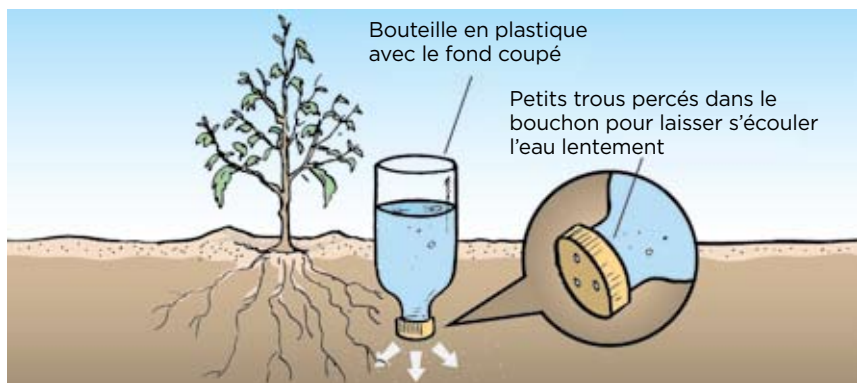
Tiges d'arrosage en bambou – Percez de petits trous dans des tiges de bambou et enterrez-les près de buissons ou de jeunes arbres qui viennent d'être plantés. Remplissez ces tuyaux de bambou d'eau selon ce qu'il faut pour irriguer les plants. Cette pratique empêche l'évaporation de l'eau en la mettant directement dans la zone des racines des plantes.

Figure 21: Bamboo watering sticks



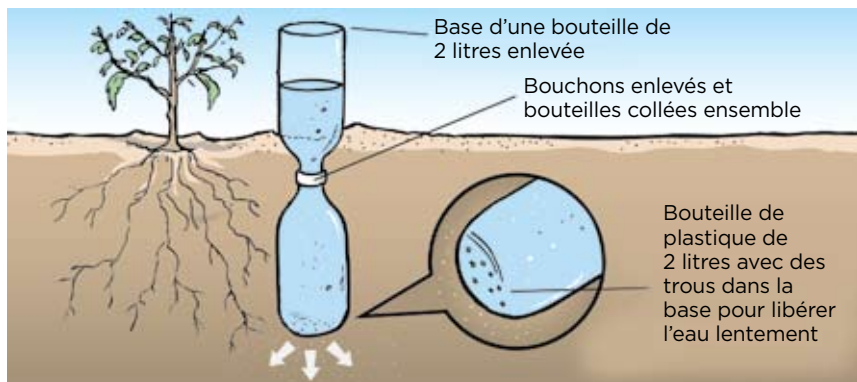
Méthodes d'irrigation avec des bouteilles en plastique (une bouteille) : Percez de petits trous dans les petits bouchons ronds de bouteilles de soda en plastique puis revissez les bouchons aux bouteilles et coupez la base large de chaque bouteille plastique près du bas de la bouteille. Creusez un petit trou de la taille de la bouteille près de l'endroit où se situeront les racines de la plante. Placez de petites pierres à la base du trou avant d'y insérer la bouteille. Cela empêchera la terre de boucher les trous et permettra à l'eau de s'écouler. Enterrez la plus grande partie de la bouteille dans le sol en laissant la partie coupée, la base ouverte, au dessus du sol. Ajoutez de l'eau dans la base de la bouteille tous les quelques jours, au fur et à mesure qu'elle se vide. Cette méthode est bien adaptée à de petites plantes telles que des légumes.

Figure 22 : Méthode d'irrigation avec des bouteilles en plastique (une bouteille)



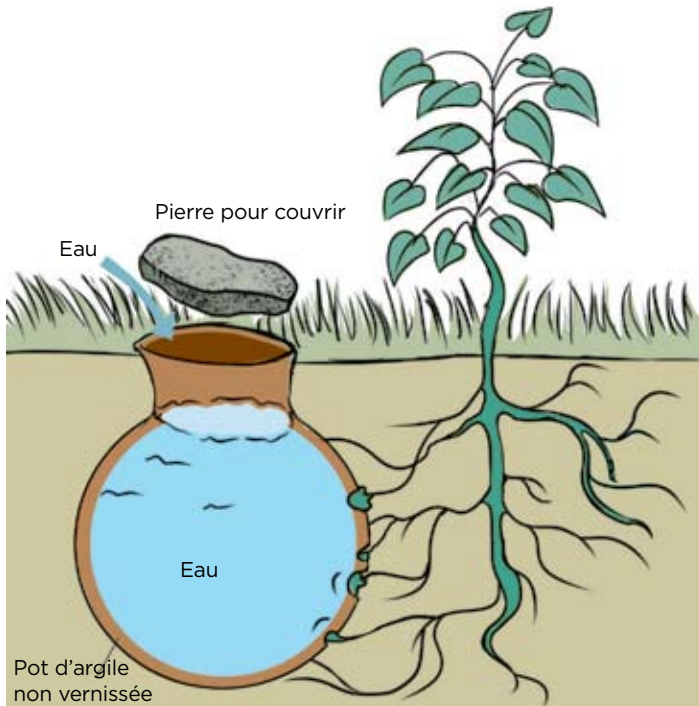
Méthodes d'irrigation avec des bouteilles en plastique (deux bouteilles) : Percez de petits trous dans la base large d'une bouteille plastique de deux litres. Creusez un petit trou de la taille de la base large de la bouteille près de l'endroit où se situeront les racines de la plante. Places de petites pierres à la base du trou avant d'y insérer la bouteille. Enterrez la plus grande partie de la bouteille dans le sol en laissant la petite ouverture de la bouteille près du niveau du sol. Coupez la base large d'une autre bouteille de la même taille près de sa base. Enlevez le bouchon de la bouteille, retournez la bouteille et attachez les deux petites ouvertures des bouteilles avec du ruban adhésif solide ou du fil métallique pour que l'eau puisse couler de la bouteille du haut dans la bouteille du bas. Remplissez la bouteille du haut selon les besoins. Couvrez la partie ouverte de la bouteille du haut avec une pierre ou la base qui a été enlevée pour éviter l'évaporation et empêcher les moustiques d'entrer. Cette méthode est appropriée pour des plantes telles que de jeunes arbres fruitiers qui ont besoin de plus d'eau que les légumes mais il faut disposer d'un plus grand nombre de bouteilles plastiques recyclées.

Figure 23 : Méthode d'irrigation avec des bouteilles en plastique (deux bouteilles)



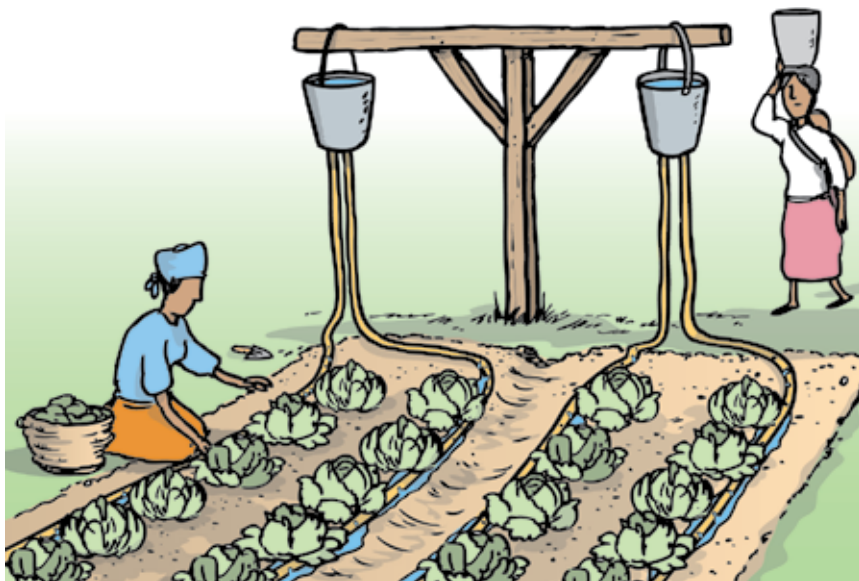
Pots d'argile: De grands pots d'argile poreuse peuvent être utilisés en tant qu'irrigateurs à diffusion lente pour les plantes voisines. Dans les lopins cultivés, on peut enterrer des pots jusqu'au bord ou jusqu'au col dans la terre. On verse ensuite de l'eau dans les pots d'argile tous les 7 à 10 jours. De là, elle humidifie lentement le sol et est absorbée par les racines des plantes. Il faut couvrir l'ouverture pour éviter les insectes, surtout les moustiques.

Figure 24 : Pot d'argile enterré dans le sol



Irrigation goutte-à-goutte en utilisant des seaux

On peut aussi utiliser des seaux pour irriguer de 100 à 200 plantes par seau. Il vous faut un seau de 20 litres, un petit filtre et environ 30 m de tuyau goutte-à-goutte (un tuyau dans lequel des trous sont percés à intervalles réguliers sur sa longueur). Le tuyau est connecté à la base du seau et étendu le long de la rangée de culture. Le seau doit être placé à au moins 1 m au dessus du sol pour que l'eau coule par gravité jusqu'aux plantes. Le petit filtre sur le trou à la base du seau évite que des sédiments ou de la terre ne pénètrent dans le tuyau. On peut attacher d'autres tuyaux au seau (ou d'autres seaux) pour augmenter la surface irriguée. Pour des surfaces de cultures plus importantes, il est plus économique d'utiliser un seul baril de 200 litres.

Figure 25 : Irrigation goutte-à-goutte en utilisant des seaux

3.4.2 Irrigation par gravité

Pour compléter l'irrigation depuis des étangs (cf. *Section 3.3.6*, page 45), les paysans peuvent concevoir des méthodes de collecte et de stockage de l'eau de pluie qui fournissent de l'eau d'irrigation par gravité. Quand la source d'eau est au-dessus de la zone à irriguer, c'est la gravité qui se charge d'amener l'eau vers la culture. Les systèmes par gravité sont meilleur marché, plus fiables et plus faciles à entretenir que des méthodes d'irrigation utilisant des pompes électriques. Les pompes sont plus appropriées pour de grands champs et nécessitent un accès à de grandes quantités d'eau d'irrigation pour être efficaces, des quantités dont ne disposeront peut-être pas de petites exploitations.

Difficultés de l'irrigation par gravité : S'il n'y a pas assez de pression d'eau venant d'en haut, le débit peut parfois être faible.

Conseils pour l'irrigation par gravité

- La ressource en eau doit toujours être plus haut que la zone à irriguer
- Quand des étangs ou de grands barils fournissent l'eau, il faut connecter une canalisation avec une vanne de fermeture au fond de la ressource en eau pour que le paysan puisse contrôler les moments où il irrigue. Dans des étangs, ce point est le niveau d'eau minimum dans l'étang.

Irrigation par gravité grâce à l'eau captée sur les toits

L'eau qui tombe sur un toit en pente et fait de métal ou d'un autre matériau imperméable peut être collectée et stockée en utilisant des gouttières et des barils de récupération de l'eau de pluie. Même de petits toits peuvent capter de grandes quantités d'eau. C'est une manière facile de collecter de l'eau pour l'irrigation si la famille peut se permettre d'investir dans des matériaux tels qu'un toit de métal et des gouttières menant à une descente. Un système de gouttières sur les bords du toit conduira l'eau de pluie dans des barils de stockage. Les paysans peuvent installer une simple gouttière faite de bambou, s'il y en a, coupé en deux dans le sens vertical et attaché avec des fils métalliques au bord du toit. La gouttière est utilisée pour drainer l'eau vers un réservoir ou un baril. Une série de tamis est utilisé pour filtrer les débris de toit, les moustiques et autres insectes.

Placez des barils près de la descente de gouttière et couvrez les de couvercles hermétiques pour empêcher les moustiques d'entrer. Si l'on voit que des moustiques se reproduisent dans les barils, il faudra vider ceux-ci immédiatement. Sur un terrain relativement plat, surélever les barils sur une plateforme permettra d'améliorer l'écoulement de l'eau vers un jardin ou une culture. La plupart des ménages commencent par un système de petits barils (100 ou 200 litres). On peut se procurer des barils ou des réservoirs à différents endroits. De grandes poubelles en métal ou en plastique marchent bien et plus le plastique est dur, plus le baril durera longtemps. On peut utiliser plusieurs barils côte à côte pour créer des systèmes plus importants quand construire un réservoir coûte trop cher. Chaque fois que c'est possible, pensez à utiliser la gravité pour faire couler l'eau dans un système.

Figure 26 : Système de captage de l'eau de pluie du toit

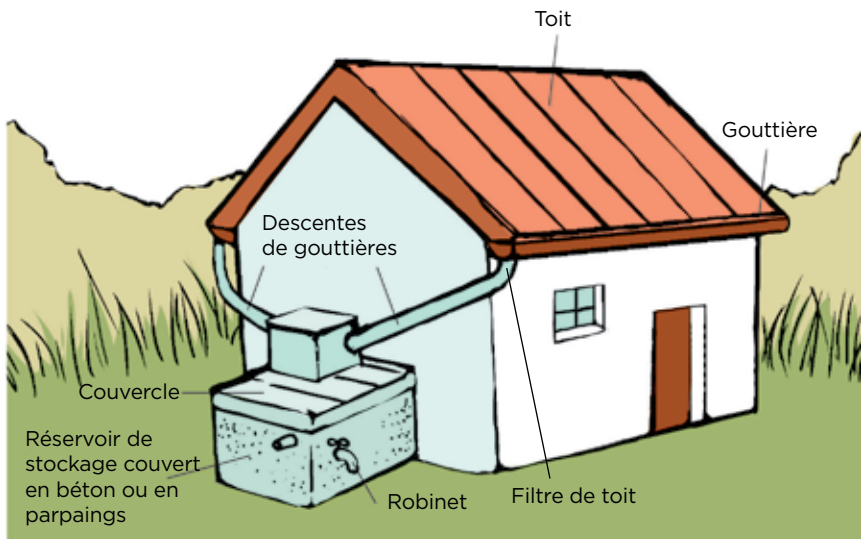
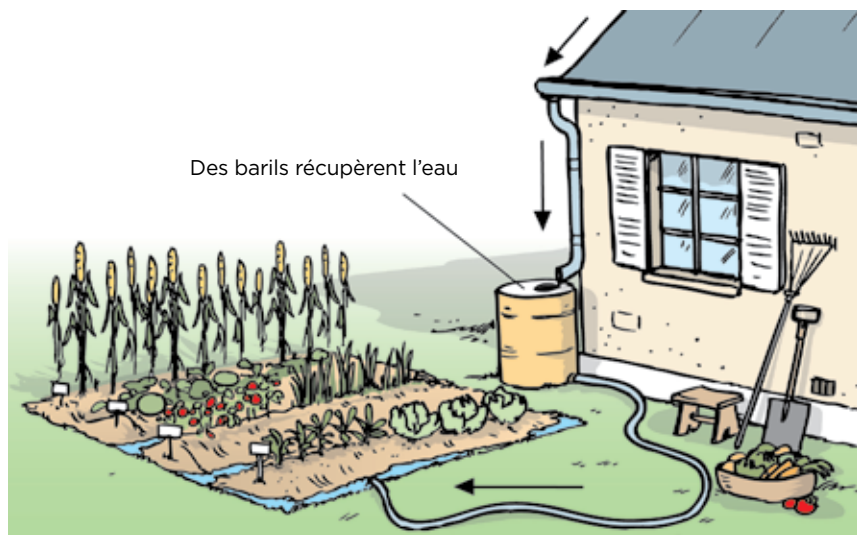


Figure 27 : Des barils récupèrent l'eau de pluie du toit pour l'irrigation d'un jardin potager proche



ATTENTION !

N'utilisez pas de baril ni de réservoirs qui ont été utilisés pour contenir de l'huile automobile, des pesticides ou n'importe quelle autre substance nocive.



Il y a de nombreuses manières de construire un système de récupération de l'eau de pluie du toit. Des experts techniques comme des ingénieurs des eaux de votre région peuvent vous aider. Si vous avez accès à internet, les sites énumérés dans la section *Ressources* contiennent des informations sur la manière de construire des systèmes de récupération de l'eau de pluie du toit avec des barils.

Ressources

FAO. 2013. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: Santiago, Chili.

Rees, D. 1998. *Rainwater harvesting: Technical brief*. Practical Action: Rugby, Warwickshire, Royaume Uni.

UNEP. Date inconnue. 3.4 Rainwater harvesting for agricultural water supply. In *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Some Countries of Asia*. Programme des Nations Unies pour l'environnement : Rome, Italie.

UNEP. 2008. 1.1 Rainwater harvesting from rooftop catchments. In *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Latin America and the Caribbean*. United Nations Environment Programme: Rome, Italie.

UNEP. Date inconnue. 2.1.2. Rock and roof catchments. In *Sourcebook of Alternative Technologies for Freshwater Augmentation in Africa*. Programme des Nations Unies pour l'environnement : Rome, Italie.

Worm, J. & T. van Hattum. 2006. *Rainwater harvesting for domestic use*. Agrodok 43. Agromisa Foundation and CTA: Wageningen, Pays-Bas.

Vous trouverez dans la *Section 3.3.6.* des informations sur *l'irrigation par gravité depuis des étangs*, page 49.

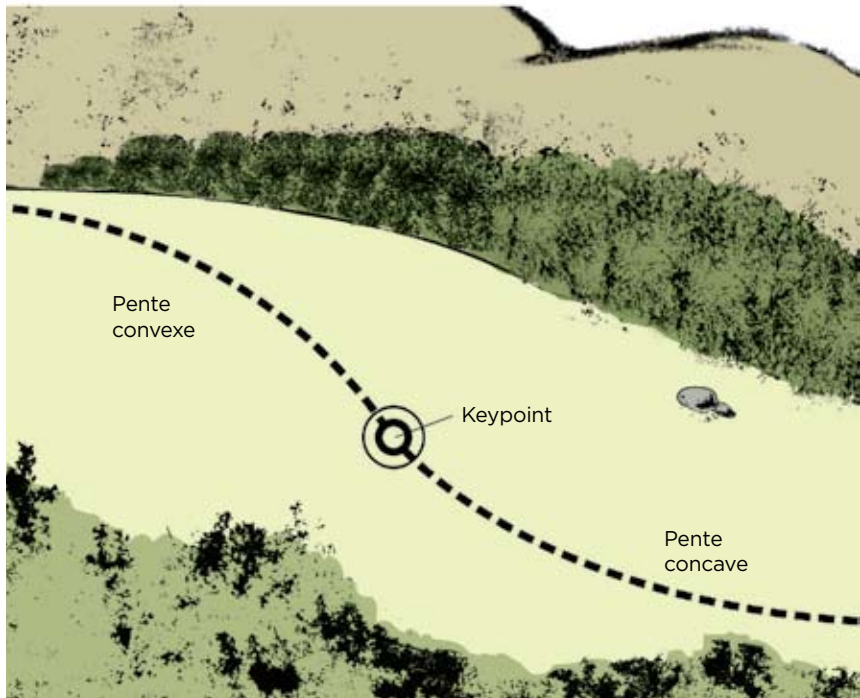
3.4.3 Irrigation du paysage avec les keylines

Les micro-bassins versants et les pentes ont souvent des formes particulières qui permettent à des paysans proches de maximiser la récupération de l'eau de pluie, surtout s'ils peuvent travailler ensemble.

Quand on regarde du haut vers le bas un paysage en pente, on peut souvent voir une courbe en S, avec une pente convexe (courbée vers l'extérieur) en haut et un point d'inflexion au milieu où la courbe passe de convexe à concave (courbée vers l'intérieur) à la base. L'ensemble de points d'inflexion (les nombreux keypoints) traversant la pente forment une **keyline** quand on les relie. La keyline est l'endroit où le ruissellement de l'eau de pluie se rassemble et atteint sa vitesse maximale. C'est l'endroit idéal pour collecter de l'eau pour l'irrigation sur des parcelles agricoles ou des pâtures situées plus bas parce que la keyline est l'endroit le plus mouillé de la pente.

La keyline est l'endroit idéal pour collecter de l'eau pour l'irrigation sur des parcelles agricoles ou des pâtures situées plus bas parce que c'est l'endroit le plus mouillé de la pente.

Figure 28 : Trouver le keypoint d'une pente



Si un paysan ou une communauté creuse de fossés suivant les courbes de niveau ou laboure profondément suivant les courbes de niveau en lignes parallèles depuis la keyline vers le bas de la pente, l'eau pénétrera plus profondément vers le bas de la pente pour maintenir la pâture plus verte ou fournir de l'eau plus longtemps pour une culture de saison sèche. Une communauté peut, en travaillant ensemble, construire une série de barrages, étangs et fossés suivant la courbe de niveau le long de la keyline. Si vous voulez tester un système de keyline, il existe des ressources présentant des exemples utiles.

Ressources

Feineigle, M. 2013. *Keyline planning and cultivation*. Permaculture Research Institute: New South Wales, Australie.

Autres [informations sur les keyline](#)

Pour des techniques traditionnelles de collecte de l'eau, de stockage et des techniques d'irrigation, cf. : **Verma**, L.R. 1998. *Indigenous technology knowledge for watershed management in upper north-west Himalayas of India*. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : Rome, Italie.

3.5 COMBINER LES PRATIQUES DANS LES SYSTÈMES AGRICOLES POUR GÉRER LES RISQUES

Beaucoup des pratiques de ce guide peuvent aider à gérer les risques du changement climatique en réduisant la vulnérabilité d'une exploitation aux différentes quantités de pluviométrie. Une autre manière de gérer les risques est de combiner des pratiques et de diversifier les activités sur l'exploitation. Quand l'une d'elles échoue, une autre peut réussir. Le paysan qui ne plante qu'une seule culture et n'a pas d'arbres ni de bétail est exposé à des risques s'il pleut beaucoup et longtemps ou s'il y a une période sèche. Si au contraire, il cultive du mil et des arachides, élève des poules pondeuses et cultive de mangues ou des noix près de la maison, il diminuera les risques. Ajuster le moment de la plantation ou changer la combinaison des cultures réduit aussi les risques.

Une autre manière de gérer les risques est de combiner des pratiques et de diversifier les activités sur l'exploitation. Quand l'une d'elles échoue, une autre peut réussir

Gérer les risques de sécheresse dans le bassin de l'arachide, au Sénégal



Il y a des paysans dans le cœur du bassin de l'arachide, au Sénégal, qui cultivent à la fois des cultures d'altitude et des parcelles de plaine. Ces dernières années, ils ont vu des périodes sèches plus fréquentes. La production dans les champs pluviaux d'altitude a souffert et est devenue plus incertaine. Ils investissent donc maintenant moins de temps et de travail dans ces champs. Les paysans y plantent toujours de cultures et ils obtiennent des récoltes la plupart des années, mais ils ne font plus d'emprunts pour labourer ou acheter des engrais et des semences. Ils investissent plutôt une plus grande partie de leurs ressources dans les plaines, en achetant des pompes d'irrigation qui leur permettent de produire des récoltes de valeur plus élevée plusieurs fois par an en utilisant l'eau de surface pour l'irrigation. Source: B.M. Simpson, communication personnelle

Les trois systèmes agricoles qui suivent ont un grand potentiel pour gérer les risques d'une pluviométrie incertaine et d'améliorer la productivité de l'eau. Chacun d'entre eux combine des pratiques qui améliore la résilience du système agricole au changement climatique en améliorant les bénéfices de chaque pratique pour la productivité, la santé du sol et la productivité de l'eau (la récolte produite par volume d'eau) :

- Agriculture de conservation
- Agroforesterie
- Systèmes mixtes cultures-élevage

Les bénéfices de ces systèmes ne sont pas automatiques. Comme chacune des pratiques dans ce guide, les systèmes agricoles doivent être conçus pour les conditions locales particulières au niveau du climat, du sol, de l'emplacement de l'exploitation dans le paysage et des limitations, besoins et objectifs de la famille paysanne.

3.5.1 Agroforesterie

L'agroforesterie est un système complexe d'utilisation des terres où les paysans font pousser des arbres combinés avec des cultures agricoles, des pâtures ou de l'élevage. Les systèmes d'agroforesterie sont divers et les bénéfices peuvent être nombreux, depuis la diversification de la production et du revenu jusqu'à l'amélioration des ressources naturelles. Les bénéfices peuvent inclure la conservation des sols, une diminution du ruissellement et une meilleure fertilité du sol, une amélioration du captage et de la conservation de l'eau ainsi que plus de variété dans la végétation.

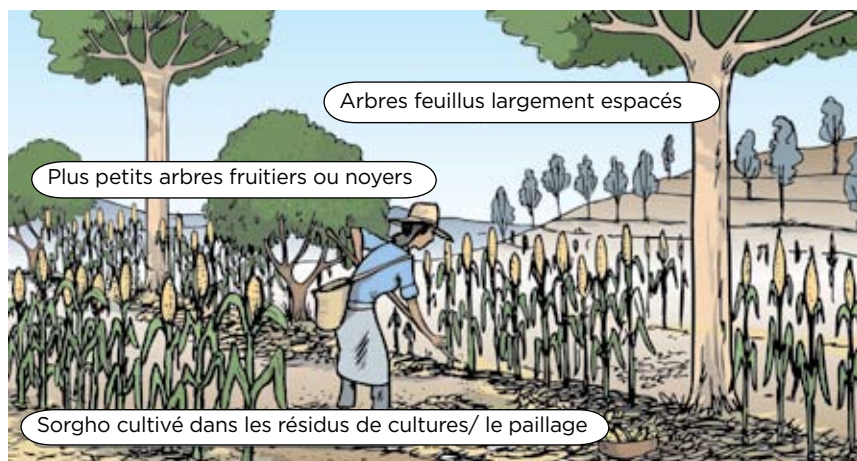
Les haies vives dans les champs cultivés (cf. *Section 3.3.2, Fossés suivant les courbes de niveau avec des haies vives* et *Section 3.3.8 Haies vives*) sont une pratique d'agroforesterie qui peut conserver l'eau et le sol. La culture en couloirs en est une autre, qui alterne des rangs de cultures entre des rangs d'arbres (cf. *Guide de Poche N°2 : Gestion des cultures*). Dans les régions semi-arides, les arbres peuvent être utilisés pour former des haies vives dans la culture en couloirs ou en tant que pare-vent. Ils apportent un ombrage partiel aux cultures voisines et peuvent augmenter l'humidité de l'air, ce qui diminue la perte d'eau des cultures par l'évaporation.

Un autre exemple des tropiques subhumides de l'Amérique Centrale est le système d'abattis-paillage de Quesungual pour les coteaux sujets à la sécheresse qui a été élaboré par des paysans et des experts de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et qui doit son nom au village où il a débuté. C'est une alternative aux pratiques traditionnelles d'abattis-brûlés. Les paysans abattent les résidus des récoltes de maïs, haricots ou sorgho et les branches basses des arbres dispersés qui poussent dans le champ cultivé. Ils laissent les résidus sur le champ comme paillage. Avec des plantoirs, ils plantent directement (semis direct) la culture. La sécurité alimentaire, la productivité des cultures et la productivité de l'eau augmentent à moindre coût pour le paysan. Ce système est une modification de l'agriculture de conservation qui inclut des arbres dispersés sur la parcelle agricole.

Comment mettre en œuvre un système d'abattis-paillage de Quesungual avec des arbres dispersés : Bien que ce système agricole soit une rotation de maïs, sorgho et haricots, vous pouvez utiliser d'autres rotations de cultures. En Amérique Centrale, il est appliqué à des terres en pente jusqu'à 900 mètre d'altitude. Au lieu de brûler pour défricher le champ, les paysans laissent environ 15 à 20 arbres sur une parcelle de 1 à 3 hectares. Les arbres fournissent de l'ombre, des bois durs précieux et différents produits. Leur élagage et leurs feuilles fournissent du paillage et enrichissent le sol. Des arbres plus petits et des buissons restent aussi souvent. Les paysans nettoient la végétation avec des outils tels que des machettes ou des coutelas et taillent les plus petits arbres et les buissons à une hauteur de 1,5 à 2 mètres chaque année avant le début des pluies.

Les paysans plantent du maïs ou du sorgho au début de la première saison des pluies dans la couche de paillage en utilisant des plantoirs. Les résidus de culture peuvent être rabattus avant de planter des haricots au début de la seconde saison des pluies immédiatement après la récolte des céréales.

Figure 29: système d'abattis-paillage de Quesungual



3.5.2 Agriculture de conservation

L'agriculture de conservation couvre toute une gamme de systèmes agricoles modifiés pour les conditions locales et suit trois pratiques de base :

- Il n'y a que peu ou pas de perturbation du sol du fait de la culture ou du labour. On parle souvent de travail minimum du sol ou de culture sans labour.
- Toute l'année le sol est couvert et protégé par des végétaux, comme du paillage ou une culture de couverture.
- Il y a une rotation des cultures et une alternance des cultures de céréales, comme le maïs, le sorgho ou le mil, et une culture de légumineuses, comme le haricot commun (*Phaseolus vulgaris*) ou le soja (*Glycine max*). Les paysans les plantent souvent en association, dans le même champ en même temps.

Les avantages de l'agriculture de conservation sont meilleurs quand on applique les trois pratiques ensemble et elles amènent ces bénéfices :

- Amélioration des interactions entre le sol, la culture et l'eau pour une augmentation des pores du sol qui permettent une meilleure croissance des racines et un meilleur mouvement de l'eau.
- Plus d'eau disponible pendant des périodes plus longues.
- Augmentation de la matière organique du sol.
- Plus grands nombre d'organismes du sol et augmentation de l'activité biologique.
- Meilleur recyclage des nutriments (mouvement entre les nutriments du sol utilisés par les plantes et le retour de nutriments dans le sol quand la matière végétale se décompose en matière organique).
- Meilleure fertilité du sol.

Figure 30 : Semis direct dans un champ d'agriculture de conservation



Ces changements augmentent aussi la productivité de l'eau. L'infiltration de l'eau s'améliore quand la couverture végétale protège le sol d'un encroustement de la surface et que le sol a une meilleure capacité à retenir l'eau. La recherche montre que

- L'agriculture de conservation et un meilleur travail du sol dans de systèmes agricoles étudiés en Afrique et en Amérique Latine a amené une augmentation des récoltes de maïs de 20% à 120% sur une période de cinq ans.
- Les paysans ayant des sols pauvres devront appliquer de l'engrais au début pour garantir les bénéfices de l'agriculture de conservation.
- Les paysans qui adaptent les applications d'engrais aux besoins du sol et de la culture amélioreront la capacité de la culture à faire le meilleur usage de l'eau et peuvent augmenter l'efficacité de l'utilisation de l'eau (plus de récolte par goutte de pluie) de 15 à 25%.

Mise en garde : L'agriculture de conservation peut ne pas être appropriée pour des sols qui drainent mal parce qu'elle peut augmenter l'engorgement et les plantes peuvent souffrir si le sol est mouillé trop longtemps.

Difficultés de l'agriculture de conservation : Initialement, les paysans auront peut-être besoin d'appliquer des herbicides pour contrôler les mauvaises herbes jusqu'à ce que la couche de résidus soit suffisamment épaisse. La plus grande difficulté de l'agriculture de conservation dans les petites exploitations des tropiques est probablement la pratique de laisser des résidus de cultures dans le champ pour couvrir le sol pendant la saison sèche. Les paysans peuvent traditionnellement brûler les résidus ou les utiliser comme combustible ou aliments pour le bétail. En tant qu'agent de vulgarisation sur le terrain, si vous connaissez des zones où l'agriculture de conservation a un grand potentiel pour améliorer la capacité d'adaptation, vous devrez travailler avec les paysans pour trouver d'autres sources d'aliments pour le bétail pour la saison sèche.

Une option que vous pouvez tester avec les paysans qui possèdent des animaux est de garder une partie (20 à 25%)³ de la terre utilisée maintenant pour cultiver des céréales et d'y planter plutôt des plantes fourragères. L'herbe et les légumineuses fourragères peuvent être broutées, coupées et apportées à des animaux attachés ou dans des enclos ou elles peuvent être transformées en foin pour la saison sèche.

Quand un paysan convertit à la production de fourrage une partie de la terre actuellement utilisée pour les céréales, cela peut :

- Améliorer le revenu agricole tiré des animaux.
- Améliorer la qualité du sol des parcelles d'agriculture de conservation en augmentant le couvert végétal grâce à la culture de plantes fourragères comme cultures de légumineuses de couverture.
- Améliorer la qualité du sol grâce à l'application de fumier animal qui augmente en quantité et s'améliore en qualité grâce à la meilleure qualité de l'alimentation des animaux par les plantes fourragères plantées.
- Améliorer les récoltes de céréales sur les terres restantes grâce aux avantages ci-dessus.

3. La quantité de terre dépendra du nombre d'animaux que nourrit le paysan et du nombre de personnes de la famille paysanne qui dépendent des céréales pour leur nourriture. Dans certains cas, il vaudra mieux commencer par moins.

Une autre option est d'introduire les plantes fourragères dans le cadre de la rotation céréales-légumineuses dans l'agriculture de conservation. Cette rotation en trois parties augmentera la diversité de l'exploitation et réduira sa vulnérabilité au changement climatique. Vous pouvez aider les paysans en trouvant ce qui a été fait comme recherche sur les plantes fourragères dans votre région afin d'identifier celles qui sont les plus adaptées aux systèmes agricoles locaux. S'il n'existe pas de recherche de ce genre, il y a peut-être des informations sur les plantes fourragères dans des régions voisines ou des pays ayant des systèmes agricoles similaires. Ou vous pourrez peut-être pousser votre agence à faire du lobbying pour la recherche nécessaire. Voici quelques-unes des questions à explorer :

- Quelles plantes fourragères (ou systèmes de production de fourrage) sont les mieux adaptées aux systèmes agricoles locaux ?
- Quelles plantes fourragères sont les meilleures pour vos animaux locaux ?
- Combien de terres doivent être consacrées à la production du fourrage dans des pâtures pour pouvoir laisser les résidus des récoltes de maïs, sorgho, mil, riz pluvial, etc. sur les champs cultivés selon l'agriculture de conservation ?

3.5.3 Systèmes mixtes cultures/bétail

Les paysans qui élèvent du bétail peuvent améliorer leur capacité d'adaptation de plusieurs manières :

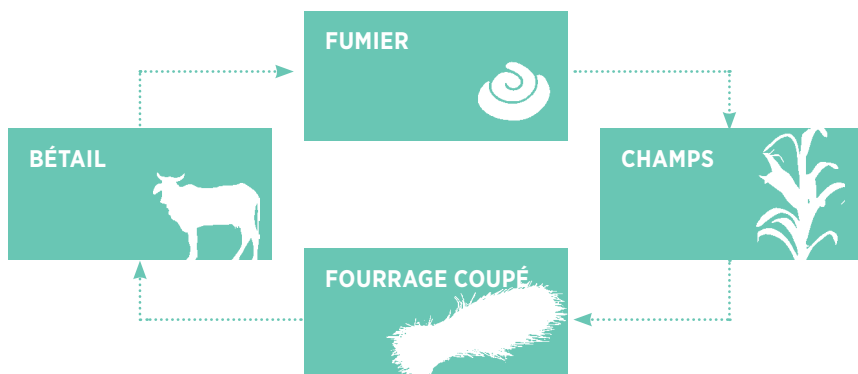
- Quand la rotation des cultures comprend des plantes fourragères, elle se diversifie. Cela réduit certains des risques d'exposition à la variabilité du climat et aux changements dans les cours des céréales.
- Quand les animaux font partie du système agricole, ils recyclent les nutriments pour la fertilité du sol grâce à leur fumier. Ils fournissent aussi des protéines pour l'alimentation. Sur les petites exploitations, le lait et les œufs peuvent être utilisés chaque jour et on n'a donc pas besoin de les conserver au frais, ce qui nécessiterait d'avoir de l'électricité.

Les produits animaux fournissent un tiers des protéines dans l'alimentation humaine et utilisent presque un tiers de l'eau utilisée pour l'agriculture dans le monde. Avec l'augmentation de la demande de protéines animales et une concurrence croissante pour l'eau, la productivité de l'eau pour les animaux sera cruciale à l'adaptation au changement climatique. Avec l'appui d'agents de vulgarisation et de projets de développement, les paysans devront produire les mêmes avantages avec moins d'animaux et ils devront utiliser moins d'eau par animal. Cela peut être réalisé en augmentant la productivité de chaque animal grâce à une meilleure alimentation, en fournissant suffisamment d'eau pour les animaux pendant la saison sèche et en améliorant la santé animale.

Les animaux grossissent plus vite et produisent plus de lait quand les paysans fournissent des points d'eau près des zones où ils paissent ou des voies que le bétail emprunte pendant la saison sèche.

Pendant les longues saisons sèches, les animaux doivent souvent aller loin pour trouver de l'eau. Cela utilise de l'énergie, ce qui réduit leur prise de poids et leur production de lait. Si les paysans peuvent fournir de l'eau en installant suffisamment de points d'eau et en les distribuant bien, dans les zones où les animaux paissent, la productivité de l'eau est augmentée. Cela diminue aussi la dégradation des sols et des pâturages quand les animaux piétinent les points d'eau trop rares.

Figure 31 : Diversifier avec des cultures et du bétail pour recycler les nutriments



Source: Herrero et al 2010

4^{ÈME} PARTIE

Mobiliser l'action et la planification de la communauté pour s'adapter au changement climatique

Certaines des pratiques présentées dans ce guide doivent de préférence être adoptées par une action de la communauté, surtout celles qui demandent un travail manuel ou qui concernent des terres communautaires ou de grandes surfaces :

- Creuser des fossés suivant les courbes de niveau à travers le paysage.
- Creuser des étangs.
- Creuser des poquets de zaï.
- Créer des systèmes de keyline pour la récolte de l'eau.
- Établir et maintenir des zone tampons autour des ressources en eau.
- Élaborer et gérer des systèmes d'irrigation qui servent plusieurs exploitations.

Il y a beaucoup de pratiques possibles et de changements que peuvent réaliser les familles paysannes pour s'adapter au changement climatique. Mais l'adaptation ne réussira que si les paysans et les communautés font des actions qui sont importantes pour eux et leur situation. En tant qu'agents de vulgarisation, vous et vos collègues devrez appuyer et guider ce processus de mobilisation communautaire.

Il n'y a pas une seule manière de guider un processus de planification et d'action communautaires. Vous devrez modifier ces recommandations et les adapter aux conditions locales. Ce processus comporte quatre étapes :

1. Voir où et comment la communauté est vulnérable aux risques liés au changement climatique (évaluations participatives) et évaluer sa capacité à s'adapter à ces risques.
2. Appuyer la communauté pour l'élaboration d'un plan d'action pour répondre à ces risques.
3. Appuyer la communauté pour la mise en œuvre de son plan.
4. Aider la communauté à suivre et évaluer son plan d'action et à en tirer des leçons.

Les objectifs de la planification et de l'action communautaires sont de renforcer la capacité locale à :

- Comprendre et identifier ses risques liés au changement climatique, ses capitaux et sa capacité à s'adapter.
- Planifier et se préparer aux effets locaux du changement climatique.
- Réduire les effets du changement climatique sur les membres les plus vulnérables de la communauté.
- Élaborer une stratégie d'adaptation pour réduire la vulnérabilité aux effets progressifs du changement climatique en combinant les connaissances locales et les connaissances des experts (ou scientifiques).
- Réagir aux chocs liés au climat et s'en remettre (inondations, sécheresses, tempêtes extrêmes).
- Collaborer et négocier avec le gouvernement local pour coordonner l'adaptation et pour un appui.

4.1 Évaluations initiales participatives

À ce stade, différents groupes de la communauté évaluent la vulnérabilité et la capacité de leur groupe. Il peut y avoir un groupe de pasteurs (éleveurs de moutons ou de bétail), un groupe d'agriculteurs, un groupe de femmes ou de ménages dont le chef est une femme, un groupe de jeunes, un groupes de villageois âgés. Les informations tirées de ces autoévaluations peuvent être combinées aux informations que vous et la communauté avez réunies sur les effets du changement climatique dans la 2^{ème} partie.

Faites preuve de discernement quand vous partagez avec toute la communauté les informations des petits groupes. Si c'est bien fait, cela permettra de partager les perspectives des différents groupes de manière neutre et constructive. Ainsi, la communauté pourra élaborer un plan d'action qui sera à la fois stratégique et inclusif. Une manière d'évaluer la vulnérabilité et la capacité est d'utiliser les six catégories de capitaux habituellement utilisées dans les cadres conceptuels sur les moyens d'existence ruraux : humains, sociaux, politiques, financiers, naturels et matériels. Vous pouvez demander à chaque petit groupe de citer pour chacun d'eux une vulnérabilité importante et une capacité de la communauté.

Une manière d'évaluer la vulnérabilité et la capacité est d'utiliser les catégories de capitaux habituellement utilisées dans les cadres conceptuels sur les moyens d'existence ruraux : humains, sociaux, politiques, financiers, naturels et matériels.

Tableau 3 : Évaluation communautaire de la vulnérabilité et des capacités d'adaptation utilisant les six catégories de capitaux

GROUPE : Familles paysannes qui produisent des céréales		
CAPITAUX	Exemple de VULNÉRABILITÉ	CAPACITÉ D'ADAPTATION
Capitaux naturels	Il y avait autrefois une sécheresse tous les 9 ou 10 ans mais maintenant c'est tous les 3 ans.	Des variétés à maturation rapide et des variétés résistantes à la sécheresse de deux céréales sont disponibles pour tous.
Capitaux humains	Les ménages dont le chef est une femme n'utilisent que les variétés traditionnelles de cultures.	La communauté connaît de nouvelles variétés et peut s'organiser pour acheter des semences améliorées en gros pour tout le monde.
Capitaux sociaux	Il y a une tension entre les paysans sur l'accès à une source pour l'irrigation.	Un comité des utilisateurs de l'eau, qui n'est pas actif, peut être reformé et créer un système de rotation pour une utilisation juste de l'eau avec un paiement. Le groupe de jeunes peut coordonner et superviser le système.
Capitaux financiers	La banque d'épargne et de crédit ne veut pas faire de prêts aux communautés rurales pour l'irrigation.	La communauté va mettre en œuvre des groupes d'épargne et de crédit grâce à une formation apportée par une ONG locale.
Capitaux matériels	La communauté n'a pas de silos ni de cuves de stockage pour les céréales ou les aliments pour les animaux. La communauté n'a pas de réserves d'eau pour les animaux pendant les années sèches. La source qui alimente un réservoir se tarit toujours.	L'étage de l'école peut être utilisé comme lieu de stockage provisoire en utilisant des matériaux locaux pour construire des cuves de stockage. Cf. ci-dessous.
Capitaux politiques	La communauté a voté pour le parti politique qui a perdu les dernières élections. De ce fait, quand la communauté fait des demandes d'appui gouvernemental pour construire des systèmes hydrauliques et améliorer les routes, elles sont ignorées.	Les communautés en amont autoriseront l'accès à une carrière pour des matériaux pour construire des réservoirs de béton pour l'eau pour les animaux et clôtureront une zone déboisée pour une régénération naturelle de l'eau qui alimente le réservoir et une meilleure recharge de l'eau souterraine. En échange, les deux communautés formeront des équipes de travail pour réparer deux fois par an la route entre les deux communautés.

4.2 Élaborer un plan d'action communautaire

À cette phase, la communauté discutera d'un plan d'action réaliste et se mettra d'accord. En tant qu'agent de terrain, vous animerez avec vos collègues des discussions pour arriver à un accord collectif sur la vulnérabilité la plus importante au changement climatique et sur les solutions d'adaptation auxquelles la communauté va travailler. Vous trouverez aussi dans la section *Ressources* des outils et techniques pour une planification participative. Les questions suivantes aideront la communauté à fixer des priorités :

Questions pour aider à décider des vulnérabilités les plus importantes de la communauté au changement climatique :

- Cette vulnérabilité (cet effet du changement climatique) se produira-t-elle souvent ou non ?
- Y aura-t-il un grand nombre de ménages affectés ou non ?
- À partir du moment où cela commencera, est-ce que ça évoluera très vite (pas de temps pour se préparer) ou lentement (suffisamment de temps pour se préparer) ?
- Les résultats de cet effet du changement climatique dureront-ils longtemps ou peu de temps ?
- Les dégâts causés seront-ils très coûteux ou non ?
- Est-ce très probable ou pas très probable que cela se passera ?

Source: Ashby & Pachico, 2012.

Le plan d'action est basé sur :

- Les informations tirées de l'évaluation des effets du changement climatique et des vulnérabilités locales.
- La vulnérabilité classée prioritaire par la communauté pour une action (au maximum trois).
- Une évaluation de la vulnérabilité et de la capacité d'adaptation pour chaque vulnérabilité prioritaire.
- Les informations sur des solutions techniques ou des adaptations potentielles qui combinent connaissances locales et contributions d'experts.

Certains des éléments du plan d'action seront :

- Une organisation locale qui coordonne les activités du plan d'action et suit la progression du plan avec des procédures de suivi et d'évaluation.
- Une carte des zones vulnérables aux catastrophes naturelles et des zones sûres où les gens et les animaux peuvent s'abriter.
- Des plans d'utilisation de la terre pour les exploitations et les micro-bassins versants.
- Des solutions techniques pour l'adaptation.
- Un plan pour tester localement les solutions techniques.
- Un plan financier.
- Un plan pour l'assistance technique et l'adaptation des moyens d'existence non agricoles.

- Un plan d'épargne et de prêts pour que les solutions puissent être adoptées.
- Des plans de préparation aux catastrophes et d'intervention en cas d'urgence.
- Un accord de partage des bénéfices, par exemple qui aura le droit d'utiliser l'eau de l'étang.
- L'entretien des structures communautaires.

4.3 Mise en œuvre des plans d'action

Pour la mise en œuvre, il faut des ressources venant de la communauté et de l'extérieur ainsi qu'une formation pour renforcer les capacités locales pour que la communauté puisse continuer à s'adapter aux changements progressifs dans le climat et les ressources en eau. Il faut un plan pour se préparer à une crise et pour développer des capitaux afin de se relever de chocs climatiques comme des températures élevées, une pluviométrie variable et des vents forts. Cela comprendra la collecte et le stockage de l'eau ainsi que le stockage des réserves produites avec l'eau : aliments pour les humains et les animaux et combustible.

Pour appuyer la capacité d'adaptation, le plan d'action devra envisager des activités pour :

- Une formation à la manière de continuer à évaluer la vulnérabilité, l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation au changement climatique dans la communauté.
- Des tests et des expériences de pratiques de gestion de l'eau pour les cultures, les arbres et le bétail.
- Le renforcement de l'expérience et de la confiance pour combiner des connaissances locales et externes sur les pratiques nécessaires pour l'adaptation. Par exemple, les agents de vulgarisation peuvent promouvoir l'irrigation goutte-à-goutte, mais si le tuyau goutte-à-goutte est trop coûteux, les paysans devront concevoir ou tester des méthodes alternatives d'irrigation goutte-à-goutte utilisant des matériaux locaux.

4.4 Suivi, évaluation et apprentissage

À cette phase, vous allez appuyer les membres de la communauté pour qu'ils suivent la progression du plan d'action communautaire. Ils devront peut-être faire des ajustements au plan et ils devront évaluer les vulnérabilités et la capacité d'adaptation pour voir si elles ont changé. Un suivi-évaluation (S&E) participatif avec la communauté renforcera sa capacité d'adaptation et aidera toutes les personnes impliquées dans le plan à utiliser les informations fournies par le suivi pour faire des ajustements.

Un S&E participatif aidera les membres de la communauté à apprendre et à voir qu'ils ont la responsabilité de continuer eux-mêmes le processus d'adaptation en utilisant les ressources internes à la communauté et en cherchant des sources externes d'informations, d'appui technique et de soutien financier pour réussir à continuer leur adaptation au changement.

Ressources

Dorward, P., D. Shepherd & M. Galpin. 2007. [*Participatory farm management methods for analysis, decision making and communication*](#). Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) : Rome, Italie.

Projet ECB (Emergency Capacity Building). 2007. [*Impact measurement and accountability in emergencies: The good enough guide*](#). Oxfam : Oxford, Royaume Uni.

United Nations Development Programme (Programme des Nations Unies pour le développement). 2010. *Introduction to climate change adaptation: A UNDP toolkit for practitioners*. UNDP Bureau for Development Policy : New York, New York, USA.

United Nations Framework Convention on Climate Change. 2010. [*Handbook on vulnerability and adaptation assessment*](#). Consultative Group of Experts on National Communication from Parties Not Included in Annex I to the Convention (CGE).

Vincent, K., Wnjiru, L. Aubry, A., Mershon, A., Nyandiga, C. Cull, T. & Banda, K. 2010. [*Gender, climate change and community-based adaptation: A guidebook for designing and implementing gender-sensitive community-based adaptation programmes and projects*](#). Programme des Nations unies pour le développement : New York, New York, USA.

GLOSSARY

- Adaptation** Mesures prises pour réduire la vulnérabilité à des conséquences attendues du changement climatique, par exemple appliquer du paillage pour capter plus d'eau et prévenir la perte d'eau sur un terrain en pente ou planter une nouvelle variété de culture qui est plus tolérante à la sécheresse que la variété actuelle.
- Agrégats de particules** du sol Amas de particules de sol tenues ensemble par de l'argile, des matières organiques comme des racines et des composés organiques de bactéries et de champignons. Certaines des particules de sol qui composent un agrégat s'ajustent étroitement entre elles et d'autres pas. Cela crée des espaces de tailles très différentes dans le sol et ces espaces, ou pores dans et entre les agrégats de particules du sol sont essentiels pour stocker eau, air, microbes, nutriments et matière organiques. Les sols qui comportent beaucoup d'agrégats sont plus stables et moins sujets à l'érosion.
- Agriculture de conservation** Un système agricole qui combine un travail ou labour minimum du sol, une couverture végétale toute l'année sur le sol et une rotation des cultures entre les céréales et les légumineuses.
- Agriculture pluviale** Les systèmes agricoles qui dépendent entièrement ou surtout de l'eau de pluie.
- Agroforesterie** Un d'occupation des terres où les paysans plantent des arbres ou des plantes ligneuses (buissons, arbustes) en combinaison avec des cultures agricoles, des pâtures ou du bétail.
- Aquifère** Une couche souterraine de roche portant de l'eau qui est perméable, avec des ouvertures pour capter de l'eau et par lesquelles l'eau peut passer. Les aquifères jouent le rôle de réservoirs pour l'eau souterraine, c'est le nom de l'eau qui se trouve dans un aquifère. Le niveau supérieur de l'eau dans un aquifère est appelé nappe phréatique. Un aquifère se remplit d'eau grâce à la pluie ou à la neige fondue qui pénètre dans la terre. À certains endroits, l'eau passe à travers le sol au-dessus de l'aquifère. À d'autres endroits, elle pénètre par des joints ou des fentes dans les roches.
- Atténuation** L'atténuation du changement climatique fait référence aux efforts faits pour réduire ou prévenir l'émission de gaz à effet de serre grâce à une utilisation efficace de l'énergie et à la reforestation pour augmenter la population d'arbres qui utilisent du dioxyde de carbone et réduisent ce gaz à effet de serre et stockant (séquestrant) du carbone dans la matière végétale.
- Barrière morte** Une barrière faite de résidus de cultures ou de pierres pour retenir la terre arable et l'eau de pluie dans une zone ou une parcelle. Les barrières mortes sont souvent construites en travers des courbes de niveau pour retenir l'eau de ruissellement pour l'agriculture.
- Bassin** Tel que le mot est utilisé dans ce guide, un bassin est un endroit peu profond, un creux ou une dépression entouré par un terrain plus élevé, souvent creusé à la main pour collecter de l'eau pendant la saison des pluies. Contrairement aux étangs qui contiennent de l'eau toute l'année, les bassins ne contiennent généralement de l'eau que pendant une partie de l'année. (Dans d'autres documents, le mot bassin est souvent employé pour une grande zone géographique, le bassin versant d'un cours d'eau ou une zone drainée par un cours d'eau).

- Bassin versant** (appelée aussi bassin) Une crête de terre ou une zone élevée de collines ou de montagnes où la pluie qui tombe et l'eau qui s'amasse s'écoulent vers les mêmes cours d'eau et lacs à plus basse altitude.
- Berme** Une berge surélevée, une crête ou une butte de terre en travers d'une pente ou sur les bords d'un cours d'eau ou d'un canal.
- Biomasse** Toute la matière produite par une plante (tiges, pédoncules, feuilles, racines, graines, fruits).
- Brise-vent** Une ligne d'arbres ou de buissons qui protège du vent ou diminue sa force en étant plantée sur son chemin.
- Canopée / canopée des plantes** La partie supérieure d'une forêt (feuilles et branches) ou la partie aérienne d'une culture.
- Capacité d'adaptation** La capacité d'un système à s'ajuster au changement climatique, à réduire les dégâts potentiels, à tirer avantage des possibilités ou à faire face aux conséquences du changement climatique. La capacité à mettre en œuvre des mesures d'adaptation peut comprendre le développement des actifs agricoles, comme l'argent, le bétail ou même l'appui communautaire, par exemple, pour stocker des céréales pour les moments de mauvaises récoltes.
- Changement climatique** Un changement à long terme dans le climat de la Terre, dû en particulier à une augmentation dans les températures moyennes de la terre qui ont augmenté de 0,74° au niveau mondial au cours du siècle passé.
- Compost** Matière organique décomposée utilisée comme engrais. Il peut contenir des feuilles décomposées et d'autres résidus de cultures, de la paille, du fumier, des feuilles de légumineuses et des déchets alimentaires.
- Cordon pierreux** Mur de pierres, souvent construit le long des courbes de niveau, pour capter le ruissellement et la terre arable pour l'agriculture.
- Couvert végétal** Une couverture de plantes vivantes ou de matière végétale morte (résidus de cultures) comme paillage sur la surface du sol pendant toute l'année.
- Culture de couverture** Une culture, souvent une légumineuse, plantée pour empêcher l'érosion du sol, retenir l'eau de pluie, améliorer la fertilité du sol et contrôler les mauvaises herbes.
- Demi-lunes** Grandes dépressions ou bassins semi-circulaires dans le sol pour concentrer l'eau de pluie et les nutriments où les plantes poussent. Elles sont utilisées le plus souvent dans des zones semi-arides et où les sols sont encroutés, compactés ou stériles et souvent pour cultiver des arbres.
- Déversoir** Une évacuation pour que l'eau s'écoule. Sur les diguettes, c'est une portion de la diguette qui est légèrement surbaissée et où le surplus de l'eau peut s'écouler sans endommager la diguette.
- Diamètre** Une ligne droite qui passe par le centre d'un cercle.
- Digue** Une longue berge ou un long mur pour retenir l'eau.
- Diguette** Un monticule ou une levée de terre érigée en travers d'une pente ou en bordure d'un champ, similaire à une berme.
- Eau bleue** Eau douce de ruissellement qui forme l'eau de surface comme les lacs, les cours d'eau, les réservoirs et les puits et aussi l'eau souterraine ou l'eau stockée dans les aquifères.
- Eau souterraine** Le nom donné à l'eau que l'on trouve dans un aquifère. Cf. Aquifère.
- Eau verte** L'eau de pluie et l'eau qui est stockée dans le sol sous forme d'humidité du sol.

- Effet de serre** Quand l'atmosphère de la Terre retient les radiations solaires du fait de l'augmentation de certains gaz et augmente de température au-dessus de la normale.
- Engorgement** Quand le sol est saturé d'eau.
- Engrais inorganique** Un engrais commercial pour les plantes, fait de matières synthétiques formées grâce à des processus chimiques.
- Engrais organiques** Composés de matière animale ou végétale, comme : compost, feuilles, résidus de cultures en décomposition, résidus des plantes riche en azote (légumineuses), fumier animal et vermicompost.
- Érosion** La perte de terre arable du fait de la pluie, du vent, du surpâturage, de la surexploitation, d'une exploitation des forêts plus rapide que le processus de formation de la terre arable.
- Essences pionnières** Plantes robustes qui sont les premières à coloniser un écosystème endommagé ou dégradé, qui a été brûlé ou inondé, par exemple.
- Évaporation** Quand un liquide tel que l'eau se transforme en vapeur.
- Exposition** L'exposition au changement climatique est en grande partie liée à la position géographique. Des communautés de l'arrière-pays dans des régions semi-arides peuvent être exposées à la sécheresse tandis que des communautés de la côte seront plus exposées aux cyclones et aux ouragans.
- Floculation** Quand des particules d'argile s'agglutinent.
- Fossé de détournement/contournement** Petites excavation pour détourner le flux de l'eau des pentes ou digues vers une zone où elle peut être rejetée sans danger grâce à un écoulement stable ou à un bassin de sédimentation.
- Fourrage** Aliments pour les animaux ou pour le bétail.
- Gaz à effet de serre** L'atmosphère de la Terre comprend certains gaz qui retiennent la chaleur fournie par la Terre. Ils comprennent la vapeur d'eau qui se produit naturellement dans l'atmosphère, le dioxyde de carbone qui est produit par la respiration des personnes et des animaux, par l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz), par la coupe des forêts, le méthane qui est produit par la digestion du bétail et la culture du riz dans des rizières, le protoxyde d'azote qui est produit par la décomposition et le pourrissement des plantes et l'ozone qui se produit naturellement.
- Haies vives** Barrières de végétation, souvent installées en travers des courbes de niveau pour ralentir ou prévenir le ruissellement et l'érosion.
- Keyline** L'ensemble de points d'inflexion entre une courbe convexe et une courbe concave d'une pente et les points traversant la pente pour former une keyline où le ruissellement de l'eau de pluie s'accumule et atteint sa vitesse maximale. C'est un lieu idéal pour collecter de l'eau pour l'irrigation.
- Légumineuse** Une plante dans laquelle la graine pousse dans une gousse comme un pois ou un haricot. Les légumineuses ont la capacité de « fixer » l'azote ou de prendre de l'azote dans l'atmosphère et de le convertir en une forme que les plantes peuvent utiliser avec l'aide d'une bactérie appelée rhizobium. (L'azote est essentiel pour la croissance des plantes).
- Macrofaune** Organismes du sol qui mesurent au moins 1 mm.
- Matière organique** Matière végétale ou animale décomposée (tout ce qui contenait des composés du carbone). La matière organique contient des nutriments qui jouent le rôle d'engrais naturel, aide à conserver l'eau dans le sol et améliore le drainage quand le sol est saturé.

Nappe phréatique Le haut du niveau d'eau dans un aquifère. Cf. aussi Aquifère.

Paillage Une couverture protectrice de résidus de cultures étalés ou laissés sur la surface du sol pour réduire l'évaporation, maintenir une température constante dans le sol, prévenir l'érosion, contrôler les mauvaises herbes et enrichir le sol.

Pente Une surface qui est oblique ou inclinée et non plate, avec un côté plus haut que l'autre. Elle peut être représentée en degrés ou en pourcentage. Le pourcentage de la pente est calculé en divisant le changement vertical (le dénivelé) par le changement horizontal (la distance horizontale) et en multipliant par 100 : $(\text{dénivelé} \div \text{distance horizontale}) \times 100 = \% \text{ de la pente}$.

Photosynthèse Processus utilisé par les plantes et autres organismes pour convertir l'énergie de la lumière, habituellement du soleil, en énergie chimique qui peut être libérée pour former des sucres et alimenter la croissance et la production de la plante.

Plantation sur courbes de niveau (fossés, tranchées) Une méthode utilisée sur les terrains en pente pour planter et gérer des cultures situées sur la pente ou pour creuser des fossés ou des tranchées transversalement à la pente pour capter l'eau de pluie et stocker l'eau.

Poquets de zaï Petits trous qui sont creusés pendant la saison sèche pour accumuler l'eau de pluie et les nutriments là où les plantes pousseront. Ils sont remplis de compost, de fumier, de paille ou de feuilles pour améliorer la fertilité et la structure du sol.

Porosité, pores du sol Les pores sont des espaces de tailles très différentes dans le sol et elles sont essentielles pour stocker l'air et l'eau, les microbes, les nutriments et la matière organique. Cf. aussi Agrégat de particules du sol.

Productivité de l'eau La quantité de production ou de biomasse des cultures produite par volume ou unité d'eau.

Réchauffement climatique Une augmentation progressive de la température globale de l'atmosphère de la Terre du fait de l'effet de serre causé par l'augmentation des quantités de dioxyde de carbone et d'autres gaz.

Recyclage des nutriments Les nutriments du sol viennent de la dégradation de roches contenant des minéraux et de matière organique qui vient de la décomposition de plantes et d'animaux. Les nutriments que les plantes obtiennent dans le sol sont stockés dans tous les tissus des plantes, comme les feuilles, les tiges et les graines. Quand ces tissus tombent sur le sol, ils commencent à se dégrader et, avec des insectes et des animaux morts en décomposition et des excréments d'animaux, ils sont finalement réincorporés dans le sol par la pluie et les vers de terre. Là, la matière organique est encore dégradée et lentement transformée en nutriments qui sont disponibles pour la croissance des plantes (et le cycle continue).

Ruissellement Précipitation qui se déplace sur la surface du sol sans s'évaporer, transpirer ni s'infiltrer dans la surface pour devenir de l'eau souterraine.

Sédiments Matériaux tels que des particules de sol et des cailloux qui se posent au fond de l'eau d'un cours d'eau.

Semis à la volée Éparpiller les semences à la main (ou en utilisant un équipement) sur une large surface.

Sensibilité Le degré auquel un système ou une communauté est affecté par des stress en lien avec le climat.

Stress hydrique Quand la demande ou le besoin d'eau est plus important que l'eau disponible.

Structure du sol L'organisation des parties solides du sol et des pores situées entre elles. La structure du sol dépend de la manière dont les différentes granules du sol s'agglomèrent ou s'assemblent et s'agrègent et donc, de l'organisation des pores du sol entre elles. Cf. aussi Agrégats de particules du sol.

Terrasse en gradin Une surface plate ou une marche découpée dans une pente.

Texture du sol Les proportions de particules de sol de différentes tailles dans le sol, les quantités de sable, de limon et d'argile. La texture influe sur la quantité d'eau et d'air que contient un sol, la vitesse à laquelle l'eau peut entrer dans le sol et le traverser et dans quelle mesure le sol est facile à travailler.

Topographie Différentes altitudes du terrain, depuis les vallées jusqu'aux montagnes.

Transpiration L'évaporation de l'eau des feuilles des plantes lorsque leurs stomates sont ouverts pour le passage du dioxyde de carbone et de l'oxygène pendant le processus de photosynthèse (production et croissance de la plante).

Travail de la terre Labour ou perturbation de la surface du sol avant la plantation.

Vulnérabilité A quel point un système est sensible aux effets négatifs du changement climatique ou incapable d'y faire face. La vulnérabilité dépend du type, de la magnitude et du rythme du changement climatique et de la variation à laquelle un système est exposé, de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.

Zone tampon En gestion de l'eau, les zones tampons sont des bandes de terre végétalisée placées entre les terres agricoles et une masse d'eau comme un cours d'eau pour protéger la source d'eau et les berges de la masse d'eau.

RÉFÉRENCES

- Amado**, T., S.B. Fernández & J. Mielniczuk. 1998. Nitrogen availability as affected by ten years of cover crop and tillage systems in southern Brazil. *Journal of Soil and Water Conservation* 53(3): 268-271.
- Anderson**, S., S. Gündel, B. Pound & B. Triomphe. 2001. *Cover crops in smallholder agriculture: Lessons from Latin America*. ITDG Publishing: London, UK.
- Ashby**, J. 2005. *Local Agricultural Research Committees in Agriculture investment sourcebook*. Agriculture and rural development. World Bank: Washington, D.C., USA, pp. 83-87.
- Ashby**, J.A., A.R. Braun, T. Gracia, M.P. Guerrero, L.A. Hernandez, C.A. Quiros & J.I. Roa. 2001. *Investing in farmers as researchers: Experience with Local Agricultural Research Committees in Latin America*. CIAT Publication No. 318. CIAT: Cali, Colombia.
- Ashby**, J. & D. Pachico. 2012. *Climate change: From concepts to action; A guide for development practitioners*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.
- Avis**, R. 2012. *Swales: The permaculture element that really holds water*. The Permaculture Research Institute: New South Wales, Australia.
- Barron**, J. 2012. *Soil as a water resource: Some thoughts on managing soils for productive landscapes meeting development challenges*. *Agro Environ* 2012, Wageningen.
- Blanco-Canqui**, H., M. Mikha, J. Benjamin, L. Stone, A. Schlegel, D. Lyon, M. Vigil & P. Stahlman. 2009. Regional study of no-till impacts on near-surface aggregate properties that influence soil erodibility. *Soil Science Society of America Journal* 73(4): 1361.
- Bot**, A. & J. Benites. 2005. *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food and production*. FAO Soils Bulletin 80. Land and Plant Nutrition Management Service, United Nations Food and Agriculture Organization: Rome, Italy.
- Brenner**, A.J. 1996. Microclimate modifications in agroforestry. In: Ong, C.K. & Huxley, P.A. (eds.). *Tree-crop interactions: A physiological approach*. CAB International: Wallingford, UK.
- Buckles**, D., B. Triomphe & G. Sain. 1998. *Cover crops in hillside agriculture: Farmer innovation with Mucuna*. International Development Research Centre (IDRC): Ottawa, Canada & International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT): Mexico.
- Burnett**, G. 2008. *Permaculture: A beginner's guide*. Land and Liberty Press: Essex, UK.
- Burpee**, G. & K. Wilson. 2004. *The resilient family farm: Supporting agricultural development and rural economic growth*. ITDG Publishing: Warwickshire, UK.
- Castro**, A., M. Rivera, O. Ferreira, J. Pavón, E. Garcia, E. Amézquita, M. Ayarza, E. Barrios, M. Rondón, N. Pauli, M.E. Baltodano, B. Mendoza, L. Wélchez & I. Rao. 2009. *Quesungual slash and mulch agroforestry system (QSMAS): Improving crop water productivity, food security and resource quality in the sub-humid tropics*. CPWF Project Report. International Center for Tropical Agriculture (CIAT): Cali, Colombia.
- Catholic Relief Services**. 2014. *Introduction to the five skills for rural development: Guide to the multiple skills approach*. Catholic Relief Services: Baltimore, Maryland, USA.
- Catholic Relief Services**. 2014. *Natural resource management: Basic concepts and strategies*. CRS: Baltimore, Maryland, USA.
- Chakroff**, M. 1978. *Freshwater fish pond culture and management*. US Peace Corps and Volunteers in Technical Assistance: Washington, DC.
- Corbeels**, M., R.K. Sakyi, R.F. Kühne & A. Whitbread. 2014. *Meta-analysis of crop responses to conservation agriculture in sub-Saharan Africa*. *CCAFS Report No. 12*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS): Copenhagen, Denmark.
- Crozier**, C. 1986. *Soil conservation techniques of hillside farms*. Peace Corps: Washington, DC, USA.
- Derpsch**, R., Friedrich, T., Kassam, A. & Li, H. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 3(1): 1-25.
- Descheemaeker**, K., T. Amede & A. Haillessie. 2010. Improving water productivity in mixed crop-livestock farming systems of sub-Saharan Africa. *Agricultural Water Management* 97 (5): 579-586.
- Dorward**, P., D. Shepherd & M. Galpin. 2007. *Participatory farm management methods for analysis, decision making and communication*. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO): Rome, Italy.

- Dummett, C., C. Hagens & D. Morel.** 2013. *Guidance on participatory assessments*. Catholic Relief Services: Baltimore, MD.
- Eitzinger, A., P. Läderach, S. Carmona, C. Navarro & L. Collet.** 2013. *Prediction of the impact of climate change on coffee and mango growing areas in Haiti. Full Technical Report*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): Cali, Colombia.
- Emergency Capacity Building (ECB) Project.** 2007. *Impact measurement and accountability in emergencies: The good enough guide*. Oxfam: Oxford, UK.
- Falkenmark, M. & J. Rockstrom.** 2005. *Rain: The neglected resource. Swedish Water House Policy Brief No. 2*. SIWI: Stockholm, Sweden.
- Falkenmark, M. & J. Rockstrom.** 2006. The new blue and green water paradigm: Breaking new ground for water resource planning and management. *Journal of Water Resource Planning and Management* 132(3), 129-132.
- FAO.** 1981. *Better freshwater fish farming in Zambia*. Fisheries and Aquaculture Department, FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 1988. *Watershed management field manual: Slope treatment measures and practices*. Forestry Department, FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2000. *Manual on integrated soil management and conservation practices. FAO Land and Water Bulletin 8*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2001. *Conservation agriculture: Case studies in Latin America and Africa. FAO Soils Bulletin 78*. Natural Resources Management and Environment Department, FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2005. *The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production. FAO Soils Bulletin 80*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2007. *Handbook on small-scale freshwater fish farming. FAO Training Series No. 24*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2011. *Social analysis for agriculture and rural investment projects*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2011. *The state of the world's water resources for food and agriculture: Managing systems at risk*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2012. *"Participatory rural appraisal (PRA) tool box"*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2013. *Captación y almacenamiento de agua de lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe: Santiago, Chile.
- Rees, D.** 1998. *Rainwater harvesting: Technical brief*. Practical Action: Rugby, Warwickshire, UK.
- FAO.** 2013. *Climate-smart agriculture sourcebook: Module 3, Water management*. FAO: Rome, Italy.
- FAO.** 2014. *The state of food and agriculture 2014: Innovation in family farming*. FAO: Rome, Italy.
- Feineigle, M.** 2013. *Before permaculture: Keyline planning and cultivation*. Permaculture Research Institute: New South Wales, Australia.
- Feldstein, H.S. & J. Jiggins.** 1994. *Tools for the field: Methodologies handbook for gender analysis in agriculture*. Kumarian Press: West Hartford, Connecticut, USA.
- Freudenberger, K.S.** 2011. *Rapid Rural Appraisal and Participatory Rural Appraisal*. Catholic Relief Services: Baltimore, MD.
- Fujisaka, S., F. Holmann, M. Peters, A. Schmidt, D. White, C. Burgos, J.C. Ordoñez, M. Mena, M.I. Posas, H. Cruz, C. Davis & B. Hincapié.** 2005. Estrategias para minimizar la escasez de forrajes en zonas con sequías prolongadas en Honduras y Nicaragua. *Pasturas Tropicales* 27(2): 73-92.
- Hatfield, J.L., T.J. Sauer & J.H. Prueger.** 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency: a review. *Agronomy Journal* 93(2): 271-280.
- Hatibu, N., M.D.B. Young, J.W. Gowing, H.F. Mahoo & O.B. Mzirai.** 2003. Developing improved dryland cropping systems for maize in semi-arid Tanzania. Part 1: Experimental evidence of the benefits of rainwater harvesting. *Journal of Experimental Agriculture* 39 (3): 279-292.
- Herrero, M., P.K. Thornton, A.M. Notenbaert, S. Wood, S. Msangi, H.A. Freeman, D Bossio, J. Dixon, M. Peters, J. Van de Steeg, J. Lynam, P. Parthasarathy Rao, S. Macmillan, B. Gerard, J. McDermott, C. Seré, & M. Rosegrant.** 2010. Smart investments in sustainable food production: Revisiting mixed crop-livestock systems. *Science* 327: 822-825.
- Hobbs, P.R.** 2007. Conservation agriculture: What is it and why is it important for future sustainable food production? *Journal of Agricultural Science* 145: 127-137.
- Inter-governmental Panel on Climate Change.** 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Parry, M.L., O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, eds.). Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- International Institute of Rural Reconstruction.** 2002. *Managing dryland resources: A manual for Eastern and Southern Africa*. International Institute of Rural Reconstruction: Nairobi, Kenya.
- International Water Management Institute.** 2007. In Molden, D., ed. *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan and International Water Management Institute: London, England, UK and Colombo, Sri Lanka.

- Joyce**, B., W. Wallender, J. Mitchell, L. Huyck, S. Temple, P. Brostrom & T. Hsiao. 2002. Infiltration and soil water storage under winter cover cropping in California's Sacramento Valley. *Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers* 45: 315-326.
- Keller**, A. & D. Seckler. 2005. Limits to the productivity of water in crop production. California water plan update. *Crop Water Use* 4: 177-197.
- Klocke**, N., R. Currie & R. Aiken. 2009. Soil water evaporation and crop residues. *Transactions of American Society of Agricultural and Biological Engineers* 52(1):103-110.
- Läderach**, P., J. Hagggar, C. Lau, A. Eitzinger, O. Ovalle, M. Baca, A. Jarvis & M. Lundy. 2010. *Mesoamerican coffee: Building a climate change adaptation strategy. CIAT Policy Brief No. 2*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): Cali, Colombia.
- Lancaster**, B. 2009. *Rainwater harvesting for drylands, Volume 1: Guiding principles to welcome rain into your life and landscape*. Rainsource Press: Tucson, Arizona, USA.
- Lancaster**, B. 2010. *Rainwater harvesting for drylands and beyond, Volume 2: Water harvesting earthworks*. Rainsource Press: Tucson, Arizona, USA.
- Lawton**, G. No date. *From desert to oasis* (video).
- Lawton**, G. 2010. *Geoff Lawton's list of pioneer plant species used on the greening the desert site*.
- Lobo**, C. Date unknown. *Songaon decides to change*. Watershed Organisation Trust: Ahmednagar, Maharashtra, India.
- Lu**, Y., K. Watkins, J. Teasdale & A. Abdul-Baki. 2000. Cover crops in sustainable food production. *Food Reviews International* 16: 121-157.
- Mannerling**, J. & C. Fenster. 1983. What is conservation tillage? *Journal of Soil and Water Conservation* 38(3): 140-143.
- MARN** (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador). 2000. *Primera comunicación nacional sobre cambio climático: República de El Salvador*. MARN: San Salvador, El Salvador.
- Mendoza**, R.B. & D.K. Cassel. 2002. *Hedgerows and their effects on crop productivity and soil loss induced by water and tillage erosion on small run-off plots in the El Pital watershed, Nicaragua*. USAID-CRISP, Technical Bulletin No. SM CRSP2002-01, Texas A&M University, College Station, Texas, USA.
- Mills**, A.J. & M.V. Fey. 2004. Frequent fires intensify soil crusting: Physicochemical feedback in the pedoderm of long-term burn experiments in South Africa. *Geoderma* 121(1-2): 45-64.
- Mitchell**, J., P. Singh, W. Wallender, D. Munk, W. Horwath, P. Hogan, R. Roy, B. Hanson & J. Wroble. 2012. No-tillage and high-residue practices reduce soil water evaporation. *California Agriculture* 66(2): 55-61.
- Mollison**, B., & R.M. Slay. 1991. *Introduction to permaculture*. Tagari Publications: Tyalgum, Australia.
- Motis**, T. & C. D'Aluto. 2013. *Zai pit system. ECHO Technical Note #78*. Educational Concerns for Hunger Organization: North Fort Myers, Florida, USA.
- Pimentel**, D., C. Harvey, P. Resosudarmo, K. Sinclair, D. Kurz, M. McNair, S. Crist, L. Shpritz, L. Fitton, R. Saffouri & R. Blair. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267(5201): 1117-1123.
- Rees**, D. 1998. *Rainwater harvesting: Technical brief*. Practical Action: Rugby, Warwickshire, UK.
- Rockström**, J., J. Barron & P. Fox. 2003. Water productivity in rain-fed agriculture: Challenges and opportunities for smallholder farmers in drought-prone tropical agroecosystems. In Kijne, J.W. et al., eds. *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement*. CAB International: Wallingford, UK, in association with the International Water Management Institute (IWMI), Sri Lanka, 2004, pp. 354.
- Rockström**, J., N. Hatibu, T.Y. Oweis, S. Wani, J. Barron, A. Bruggeman, J. Farahani, L. Karlberg & Z. Qiang. 2007. Managing water in rainfed agriculture. In: Molden, D. (ed.). *Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture*. Earthscan and International Water Management Institute (IWMI): London and Colombo.
- Rockström**, J., P. Kaumbutho, J. Mwalley, A. W. Nzabi, M. Temesgen, L. Mawenya, J. Barron, J. Mutua, and S. Damgaard-Larsen. 2009. Conservation farming strategies in East and Southern Africa: Yields and rain water productivity from on-farm action research. *Soil and Tillage Research* 103 (1): 23-32.
- Schiere**, H.B., R.L. Baumhardt, H. Van Keulen, A.M. Whitbread, A.S. Bruinsma, A.V. Goodchild, P. Gregorini, M.A. Slingerland & B. Hartwell. 2006. Mixed crop-livestock systems in semiarid regions. In: Peterson, G.A., Unger, P.W. & Payne, W.A., eds. *Dryland agriculture. American Society of Agronomy Monograph Series No. 23*. Madison, Wisconsin, USA, pp. 227-291.
- Schmidt**, A., A. Eitzinger, K. Sonder & G. Sain. 2012. *Tortillas on the roaster: Central American maize-bean systems in a changing climate*. Technical report by CIAT, CRS, CIMMYT. Catholic Relief Services: Baltimore, MD, USA.
- Steduto**, P. & R. Albrizio. 2005. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea: II. Water use efficiency and comparison with radiation use efficiency. *Agricultural and Forest Meteorology* 130(3): 269-281.
- Steduto**, P., T.C. Hsiao & E. Fereres. 2007. On the conservative behavior of biomass water productivity. *Irrigation Science* 25(3): 189-207.

- Suarez de Castro, F.** 1980. *Conservación de suelos. Serie Libros y Materiales Educativos No. 37*. IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas): San Jose, Costa Rica.
- Tanner, C.B. & T.R. Sinclair.** 1983. Efficient water use in crop production: Research or re-search? In H.M. Taylor et al., eds. *Limitations to efficient water use in crop production*. American Society of Agronomy: Madison, WI, USA.
- Thierfelder, C. & P.C. Wall.** 2011. Reducing the risk of crop failure for smallholder farmers in Africa through the adoption of conservation agriculture. In: Bationo, A., B. Waswa, J.M. Okeyo, F. Maina & J. Maguthi Kihara, eds. *Innovations as key to the green revolution in Africa: Exploring the scientific facts*. Springer: Netherlands, pp. 1269-1277.
- Thurow, T.L. & J.E. Smith.** 1998. *Evaluación de métodos de conservación de suelos y agua aplicados a las tierras de ladera cultivadas en el sur de Honduras*. Programa de Investigación Colaborativo de Manejo de Suelo de la Universidad de Texas A&M. Boletín Técnico No. 98-2. United States Agency for International Development and Texas A&M University: Washington, D.C. and College Station, Texas, USA.
- United Nations Development Programme.** 2007. *Human development report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world*. UNDP: New York.
- United Nations Development Programme.** 2010. *A toolkit for designing climate change adaptation initiatives*. UNDP Bureau of Development Policy: New York, New York, USA.
- United Nations Environment Programme.** Date unknown. 2.1.2. Rock and roof catchments. In *Sourcebook of alternative technologies for freshwater augmentation in Africa*. UNEP: Rome, Italy.
- United Nations Environment Programme.** Date unknown. 3.4 Rainwater harvesting for agricultural water supply. In *Sourcebook of alternative technologies for freshwater augmentation in some countries of Asia*. UNEP: Rome, Italy.
- United Nations Environment Programme.** 2008. 1.1 Rainwater harvesting from rooftop catchments. In *Sourcebook of Alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and the Caribbean*. UNEP: Rome, Italy.
- United Nations Framework Convention on Climate Change.** 2010. *Handbook on vulnerability and adaptation assessment. Consultative Group of Experts on National Communication from Parties Not Included in Annex I to the Convention (CGE)*. United Nations: New York, New York, USA.
- UN-Water.** 2010. *Climate change adaptation: The pivotal role of water*. UN Water Policy Brief. United Nations: New York, New York, USA.
- Van Eer, A., T. van Schiel & A. Hilbrands.** 2004. *Small-scale freshwater fish farming*. Agromisa Foundation: Wageningen, the Netherlands.
- Vanlauwe, B., J. Wendt, K.E. Giller, M. Corbeels, B. Gerard & C. Nolte.** 2014. A fourth principle is required to define conservation agriculture in sub-Saharan Africa: The appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity. *Field Crops Research* 155: 10-13.
- Verma, L.R.** 1998. *Indigenous technology knowledge for watershed management in upper north-west Himalayas of India*. FAO: Rome, Italy.
- Vincent, K., L. Wnajiru, A. Aubry, A. Mershon, C. Nyandiga, T. Cull & K. Banda.** 2010. *Gender, climate change and community-based adaptation: A guidebook for designing and implementing gender-sensitive community-based adaptation programmes and projects*. UNDP: New York, New York, USA.
- Wani, S.P., P. Singh, K. Boomiraj & K.L. Sahrawat.** 2009. Climate change and sustainable rain-fed agriculture: challenges and opportunities. *Agricultural Situation in India* 66 (5): 221-239.
- Welchez, L.A.** 1999. Mejoramiento en relación al uso de tecnologías de producción en laderas del sur de Lempira, Honduras, C.A. *Revista Laderas Centroamericana* 5:11-16.
- Welchez, L.A. & I. Cherrett.** 2002. The Quesungual system in Honduras: An alternative to slash and burn. *LEISA* 18 (3).
- Wilson, T.** 2007. Perceptions, practices, principles and policies in provision of livestock water in Africa. *Agricultural Water Management* 90(1-2): 1-12.
- Worm, J. & T. van Hattum.** 2006. *Rainwater harvesting for domestic use*. *Agrodok* 43. Agromisa Foundation and CTA: Wageningen, The Netherlands.
- Zougmore, R., A. Jalloh & A. Tioro.** 2014. *Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: A review of evidence and analysis of stone bunds and zai techniques*. *Agriculture & Food Security* 2014, 3:16.

