

PROJET D'APPUI À LA STRATÉGIE NATIONALE DE DÉVELOPPEMENT
DE L'IRRIGATION-PASNDI-3ÈME PHASE-

EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI:

BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION,
RÉALISATION ET GESTION
DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES

PUBLICATION
Décembre 2016



MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION NATIONALE DU GÉNIE RURAL



**Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement
de l'Irrigation-PASNDI-3ème phase-**

**Expériences en matière
d'irrigation au MALI:**
bonnes pratiques en la conception,
réalisation et gestion
des Aménagements Hydroagricoles



Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Agence Espagnole pour la Coopération Internationale et le Développement aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Document écrit et édité par l'entreprise espagnole TRAGSATEC (Groupe Tragsa) pour la Direction Nationale du Génie Rural (Ministère de l'Agriculture), dans la 3ème Phase du «Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (PASNDI) dans la région de Kayes», avec le financement de l'Agence Espagnole pour la Coopération Internationale et le Développement. Toutes les photos de cette publication ont été prises pendant la réalisation de ce travail.
N° reg A79365821



OTC- AECID Mali:
Francisco Bellafont Álvaro
www.aecid.es

Direction Nationale du Génie Rural et Direction Régionale du Génie Rural- Kayes:
Garantigui Traoré
Boubacar Diakité

Groupe Tragsa Mali:
Javier de la Cruz Pardo

Groupe Tragsa Espagne:
Cristina Martín de la Vega Padorno
Manuel Hidalgo García
Jon San Sebastián Sauto

MALI

Sommaire

SIGLES ET ABBREVIATIONS	7
0. INTRODUCTION	10
1. LE CONTEXTE SAHELIENNE	12
1.1 CLIMATOLOGIE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE	13
1.1.1 Précipitations et inondations	15
1.1.2 Températures	16
1.1.3 Sècheresse	16
1.2 HYDROGRAPHIE	17
1.3 LE SECTEUR AGRICOLE	17
1.3.1 Adaptation et gestion du changement climatique dans les systèmes agricoles	17
2. LE CONTEXTE MALIENNE	18
2.1 BIOCLIMATOLOGIE	19
2.2 OROGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE	21
2.3 POPULATION, DEMOGRAPHIE ET GROUPES ETHNIQUES	22
2.4 EVOLUTION POLITIQUE	22
2.5 SITUATION ECONOMIQUE	23
2.6 LE SECTEUR AGRICOLE	24
2.6.1 L'utilisation des terres agricoles	24
2.6.2 Systèmes de production	26
2.6.3 Productions clés	28
2.6.4 Adaptation et gestion du changement climatique dans les systèmes agricoles	29
2.7 RESSOURCES EN EAU	31
2.7.1 Les ressources en eau de surface pérennes	31
2.7.2 Les ressources en eau de surface non pérennes	34
2.7.3 Les ressources en eau souterraines	34

Sommaire

3. ANTECEDENTS EN MATIÈRE D'IRRIGATION	36
<hr/>	
3.1 SITUATION DE L'IRRIGATION AU SAHEL	36
3.1.1 Antécédents	36
3.1.2 Evolution de l'irrigation dans les pays du Sahel	37
3.2 SITUATION DE L'IRRIGATION AU MALI	38
3.2.1 Evolution des politiques liés à l'irrigation	38
3.2.2 Généralités sur l'Irrigation au Mali	41
4. SYSTÈMES D'IRRIGATION AU MALI	46
<hr/>	
4.1 DEFINITIONS DES UNITÉS D'IRRIGATION	46
4.2 CLASSEMENT DES AMÉNAGEMENTS	48
4.3 TYPOLOGIE DES SYSTÈMES IRRIGUÉS AU MALI	49
4.3.1 Classement global classique	49
4.3.2 Classement de la DNGR-PNIP	50
4.3.3 Classement de la Déclaration de Dakar	53
4.3.4 Classement du Programme SIIP	56
4.4 CORRELATION ENTRE LES TYPOLOGIES DES SYSTÈMES IRRIGUÉS AU MALI	60
5. ANALYSES DES BONNES PRATIQUES ET TECHNOLOGIES INNOVANTES EN IRRIGATION DANS LE CONTEXTE MALIENNE	62
<hr/>	
5.1 CONCEPT DE BONNE PRATIQUE ET TECHNOLOGIES INNOVANTES EN IRRIGATION	62
5.2 CATÉGORIES DES BONNES PRATIQUES	64
5.3 VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL DES BONNES PRATIQUES AU MALI	65
6. BIBLIOGRAPHIE	74
<hr/>	

MALI

7. ANNEXE 1. FICHES TECHNIQUES D'IRRIGATION 78

FICHE TECHNIQUE 1. IRRIGATION DE SURFACE 78

FICHE TECHNIQUE 2: IRRIGATION PAR ASPERSION 85

FICHE TECHNIQUE 3: L'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE 91

FICHE TECHNIQUE 4: LES PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS VILLAGEOIS (PIV) 94

FICHE TECHNIQUE 5: LA SUBMERSION CONTRÔLÉE 98

FICHE TECHNIQUE 6: LES BAS-FONDS 100

FICHE TECHNIQUE 7: LES MARES 103

FICHE TECHNIQUE 8: LES JARDINS D'OASIS IRRIGUÉS 105

FICHE TECHNIQUE 9: LES OUVRAGES DANS LES OUEDS ET OASIS 107

FICHE TECHNIQUE 10: LES PÉRIMÈTRES MARAÎCHERS 110

8. ANNEXE 2. FICHES DE BONNES PRATIQUES ET TECHNOLOGIES INNOVANTES 114

FICHE BONNES PRACTIQUES 1: SÉLECTION DU SYSTÈME D'IRRIGATION 114

FICHE BONNES PRACTIQUES 2: RÉSEAU CALIFORNIEN 119

FICHE BONNES PRACTIQUES 3: REVÊTEMENT DES CANAUX D'IRRIGATION 121

FICHE BONNES PRACTIQUES 4: ÉLECTROPOMPE IMMERGÉE ET MOTOPOMPE 123

FICHE BONNES PRACTIQUES 5: IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE 125

FICHE BONNES PRACTIQUES 6: IRRIGATION PAR MICRO-JET OU ASPERSION 127

FICHE CAPITALISATION 1: RÉSEAU CALIFORNIEN À SIKASSO 130

MALI

Sigles et abreviations

- **AAI:** Area Actuellement Irrigué
- **ABN:** Autorité du Bassin du Niger
- **ABV:** Autorité du Bassin de la Volta
- **AECID:** Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement
- **AEI:** Area Équipé pour l'Irrigation.
- **AGIR:** Alliance Globale pour la Résilience.
- **AHA:** Aménagement Hydro Agricole
- **AMI:** Avis de Manifestation d'Intérêts
- **APD:** Avant-Projet Détaillé
- **APS:** Avant-Projet Sommaire
- **CEDEAO:** Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
- **CIID:** Commission Internationale des Irrigations et de Drainage.
- **CILSS:** Comité Permanent Inter-états de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel.
- **CREDD:** Cadre Stratégique pour le Relance Economique.
- **CSAO:** Compagnie du Sénégal et de l'Afrique de l'Ouest
- **CSCR:** Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté.
- **CV:** Cheval-vapeur
- **DGMP-DSP:** Direction Générale des Marchés Publics et de Délégation des Services Publics
- **DNA:** Direction Nationale de l'Agriculture
- **DNGR:** Direction Nationale du Génie Rural
- **DP:** Demande de Proposition
- **EA:** Entreprise Agricole
- **EAC:** Enquête Agricole de Conjoncture
- **EAF:** Exploitation Agricole Familiale
- **EIES:** Etudes d'Impact Environnemental et Social

Sigles et abreviations

- **EMOP:** Enquête Modulaire Permanent
- **ENDA:** Environnement et développement du tiers monde
- **ETP:** Evapotranspiration
- **FAO:** Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
- **FIT:** Front Intertropical.
- **FMI:** Fond Monétaire International.
- **GIPE:** Irrigation à Petit Échelle
- **GIE:** Groupe d'Intérêts Economiques
- **GMI:** Carte Mondiale de l'irrigation
- **IDH:** Indice de Développement Humain
- **INSTAT:** Institut de Statistique du Mali
- **IP:** Irrigation de Proximité.
- **IPPC:** Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
- **IPRODI:** Irrigation de proximité dans le Delta Intérieur
- **LOA:** Loi d'Orientation Agricole
- **MAO:** Mousson de l'Afrique de l'Ouest
- **MDR:** Ministère du Développement Rural
- **MS:** Matière Sèche
- **OCDE:** Organization for Economic Co-operation and Development
- **ODD:** Objectifs du Développement Durable
- **OMD:** Objectifs du Millénaire pour le Développement
- **OMVS:** Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal
- **ONG:** Organisation Non Gouvernementale
- **OPA:** Organisation Professionnelle Agricole
- **PAM:** Programme alimentaire mondial des Nations Unies
- **PASNDI:** Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation
- **PCDA:** Programme de Compétitive et de Diversification Agricole
- **PCV:** Période de Croissance des Végétaux
- **PDA:** Politique de Développement Agricole.

MALI

- **PGA:** Programme Gouvernemental d'Aménagement
- **PGES:** Plan de Gestion Environnementale et Sociale
- **PIB:** Product Intérieur Brut
- **PIRT:** Projet d'Inventaire des Ressources Terrestres
- **PIV:** Périmètre Irrigué Villageois
- **PM:** Périmètre Maraîchère (PPM Petit Périmètre Maraîchère)
- **PNIP:** Programme National d'Irrigation de Proximité
- **PNIP-SA:** Plan National d'Investissement Prioritaire du Secteur Agricole
- **PNPE:** Politique Nationale de Protection de l'Environnement
- **PPIV:** Petit Périmètre Irrigué Villageois
- **PPP:** Partenariat Public Privé
- **PTF:** Partenaires Techniques et Financiers
- **RG:** Recensement General de l'Agriculture
- **RGPH:** Recensement General de la Population et de l'Habitat
- **SDDI:** Schéma Directeur de Développement de l'Irrigation
- **SDDR:** Schéma Directeur du Développement Rural
- **SDIRK:** Schéma Régional de l'Irrigation de Kayes
- **SIIP:** Sahel Irrigation Initiative Programme
- **SMC:** Submersion contrôlée
- **SNDI:** Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation
- **TDR:** Termes de Référence
- **TRAGSA (Groupe TRAGSA):** Entreprise de Transformation Agricole SA
- **UEMOA:** Union Economique et Monétaire Ouest Africaine
- **UN:** United Nations
- **UNESCO:** Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
- **UV:** Ultraviolet
- **ZCIT:** Zone de Convergence Intertropicale

0

INTRODUCTION



Photo 1. Afrique.

© TRAGSAT/TEC

Cette publication est une compilation de bonnes pratiques en irrigation à partir des expériences propres et de l'entour sahélien.

Les bonnes pratiques doivent être respectueuses avec l'environnement et contribuer à l'amélioration de l'efficacité économique.

Les objectifs généraux de la publication sont:

- Réaliser une compilation des pratiques d'irrigation au Mali avec des informations d'intérêt, susceptibles d'être consultées.

- Mettre en valeur les technologies déjà existantes et les nouvelles technologies dans le Sahel et au Mali.

- Contribuer à l'orientation et l'amélioration des activités des usagers, principalement des agents du Ministère du Développement Rural (MDR) et de la Direction National du Génie Rural (DNGR) et des agents de divulgation responsables de la formation directe des agriculteurs.



Photo 2. Canal du périmètre irrigué de Baguineda. Baguineda, Koulikoro.

© DNGR- AECID

MALI

Le contenu inclus:

- Une introduction pour encadrer le Mali dans le contexte sahé-lienne.
- L'analyse de l'irrigation au Sahel et la situation des techniques d'irrigation à l'entour sahé-lienne et au Mali.

L'analyse des expériences de bonnes pratiques en irrigation déjà existantes et innovateurs applicables au Mali.

- Des fiches qui décrivent les bonnes pratiques d'irrigation selon le modèle du Programme National d'Irrigation de Proxi-mité (PNIP).

Toute la publication s'encadre dans la législation et les programmes en vigueur en matière d'Irrigation.

1

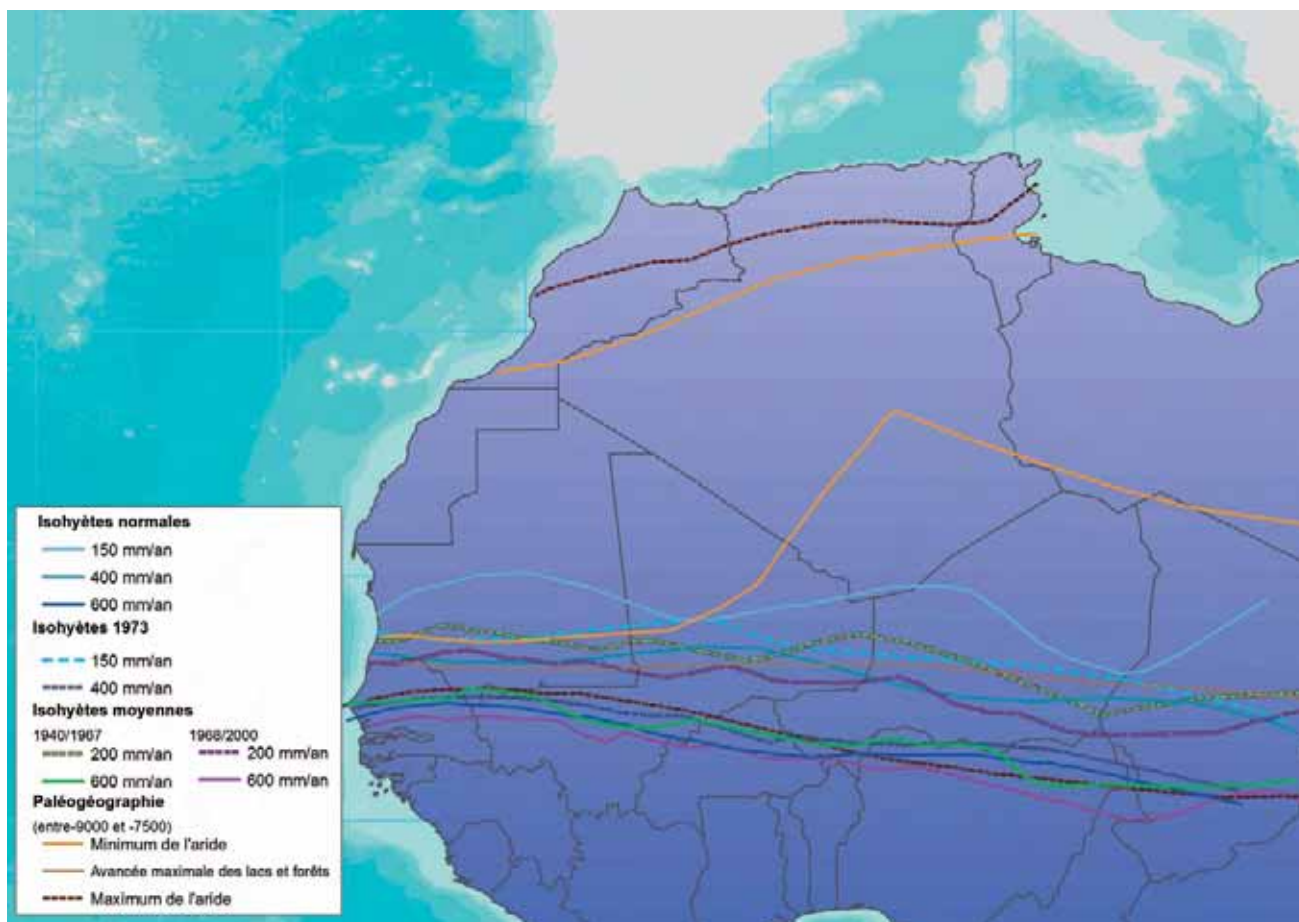
LE CONTEXTE SAHELIENNE



Photo 3. Fort de Médine. Kayes.

Le Sahel traditionnellement a désigné une bande éco-climatique et biogéographique de transition entre le domaine saharien au nord et les régions humides de l'Afrique tropicale (20-10°N, 20W-10°E9, 1900). Les limites du Sahel sont généralement basées sur la pluviométrie mais les résultats sont bien différents selon le nombre d'années servant à calculer une moyenne. Peut être faudrait 'il renoncer à tracer ces limites dites naturelles dans un future proche. Dans cette publication on utilisera la description traditionnelle. D'ouest en est, s'étend de

l'océan Atlantique à la Mer Rouge. Il couvre le territoire du Cap Vert, nord du Sénégal, sud de la Mauritanie, centre et sud du Mali, nord du Burkina Faso, centre et sud du Niger, centre du Tchad, centre du Soudan, nord de l'Ethiopie et l'Erythrée (*Carte 1*).



Carte 1. OCDE, 2014. Développé par DNGR-AECID, 2016. PASNDI. «Limites du Sahel».

MALI

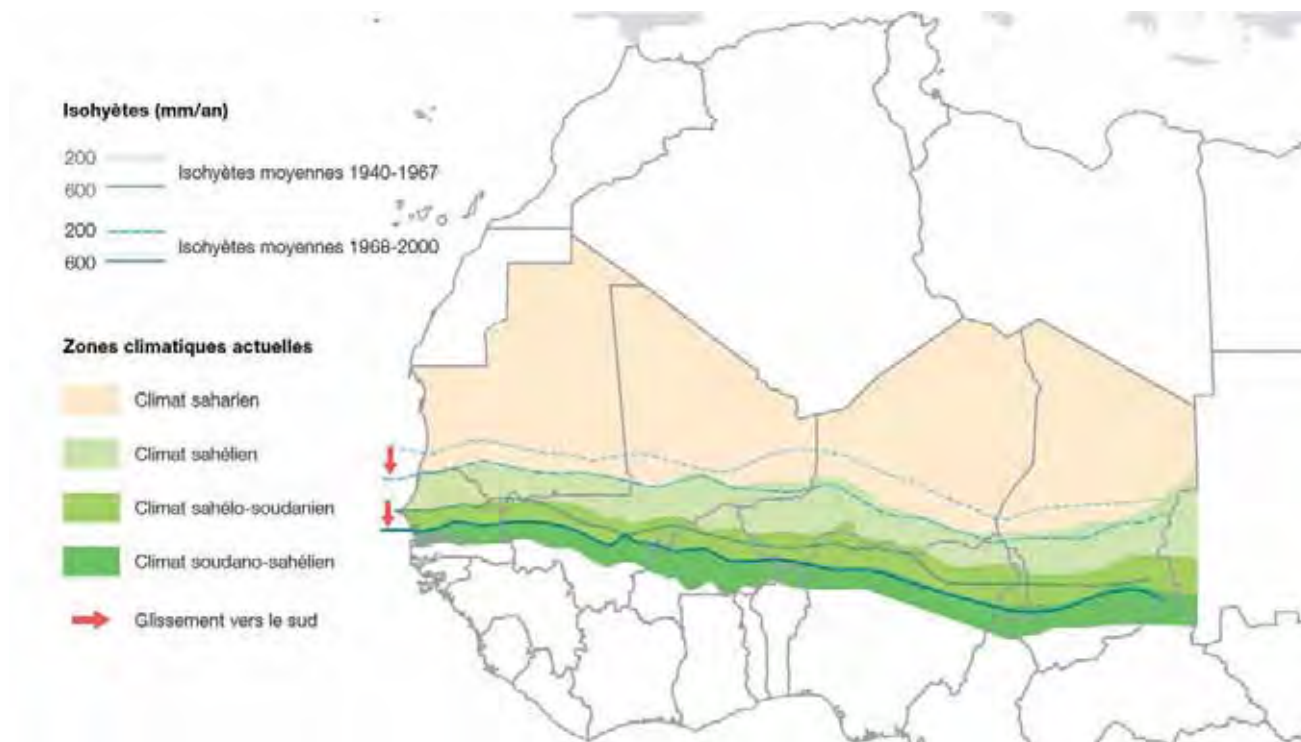
1.1. CLIMATOLOGIE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le processus prépondérant qui régit le climat de cette bande climatique est le système de la Mousson de l'Afrique de l'Ouest (MAO) qui se met en place d'avril à octobre et qui entraîne une migration de la Zone de Conver-

gence Intertropicale (ZCIT) et de la pluviosité maximale qui y est associé, vers sa localisation la plus septentrionale en août. C'est un processus discontinu qui se déroule selon trois phases principales: le début de l'arrivée du Front Inter-

tropicale (FIT) en mai, l'arrivée du front à la fin juin et le recul vers l'océan Atlantique équatorial entre septembre et octobre (Sultan et Janicot (2000) et Le Barbe (2002) (*Carte 2*).





Carte 2. CSAO, 2009. «Zones climatiques du Sahel».

Changement climatique

Les principaux gaz à effet de serre (le dioxyde de carbone, le méthane et les oxydes d'azote) qui existent naturellement dans l'atmosphère permettent au rayonnement solaire de passer à travers et bloquent les émissions de chaleur (rayonnement infrarouge) renvoyé par le sol, comme dans une serre. L'effet de serre créé par ces gaz maintient la température de la planète à une moyenne d'environ 14 C; sans cela, la température globale de la planète serait plus près de -19 C. Cependant, depuis la révolution industrielle commencée vers la moitié du XVIII^e siècle, les activités humaines produisant des gaz à effet de serre ont altéré la composition de l'atmosphère, déterminant une accentuation de l'effet de serre (FAO, 2016).

Le Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (IPPC, 2007)

confirme qu'au cours du 21^{ème} siècle, le réchauffement climatique en Afrique sera plus important qu'au niveau mondial. La hausse des températures moyennes entre 1980/99 et 2080/99 s'échelonne entre 3 et 4°C sur l'ensemble du continent, soit 1,5 fois plus qu'au niveau mondial. Cette hausse serait de l'ordre de +3°C au sein des espaces côtiers (Sénégal, Guinée Bissau). Elle sera plus élevée (+ 4°C) dans le Sahel Continental (Mali, Burkina Faso, Niger).

Les conséquences de ces changements dans la bande bioclimatique du Sahel sont et seront nombreuses: la hausse des températures, la fréquence des pluies intense et le risque de sécheresse augmentera dans de nombreuses régions. Les impacts biophysiques comprennent notamment la réduction des rendements agricoles; des situations de stress thermique pour les personnes, le bétail et

les plantes; des changements liés aux cultures, aux variétés et aux espèces ou aux races d'animaux développées localement; des pressions sur les ressources en eau; et la hausse du prix des produits agricoles. Les moyens de subsistance dépendent de l'agriculture, les changements climatiques altèreront ce qu'elles peuvent faire, ainsi que leur aptitude à gérer les ressources naturelles et à accéder à des mesures de protection traditionnelles. Les changements climatiques limiteront également l'accès aux ressources de base telles que l'eau et l'agro biodiversité.

La variabilité et le changement climatique, entre autres, sont une menace pour la sécurité alimentaire. Lancée en décembre 2012 à Ouagadougou, l'Alliance Globale pour la Résilience (AGIR) a l'objectif de réduire structurellement et de manière durable la vulnérabilité

alimentaire et nutritionnelle en accompagnant la mise en œuvre des politiques sahéniennes et ouest-africaines. La notion de résilience est utilisée dans ce cas, pour étudier la capacité des sociétés à faire face à des changements environnementaux ou à des modifications de leur organisation sociale et économique par rapport au changement climatique: (protection des cultures contre les excès climatiques (vent, froid, tempêtes, inondations...), limitation du ruissellement et de l'évaporation, diversification des productions sources de revenus etc. Un effort soutenu est nécessaire pour réduire la vulnérabilité des populations aux crises et améliorer leur résilience – d'autant que le changement climatique et la croissance démographique risquent d'exacerber la fréquence et la gravité de ces crises.

1.1.1. PRÉCIPITATIONS ET INONDATIONS

La saison des pluies se déroule depuis juin jusqu'au octobre.

Pays CILSS	Scénario minimal	Scénario maximal
Burkina Faso	7.363.935	15.114.902
Guinée Bissau	78.750	161.639
Mali	5.860.665	12.029.353
Niger	8.545.725	17.540.594
Sénégal	11.955.105	24.538.543
Mauritanie	5.568.255	11.429.165
Gambie	42.750	87.747
Total	39.415.185	80.901.943

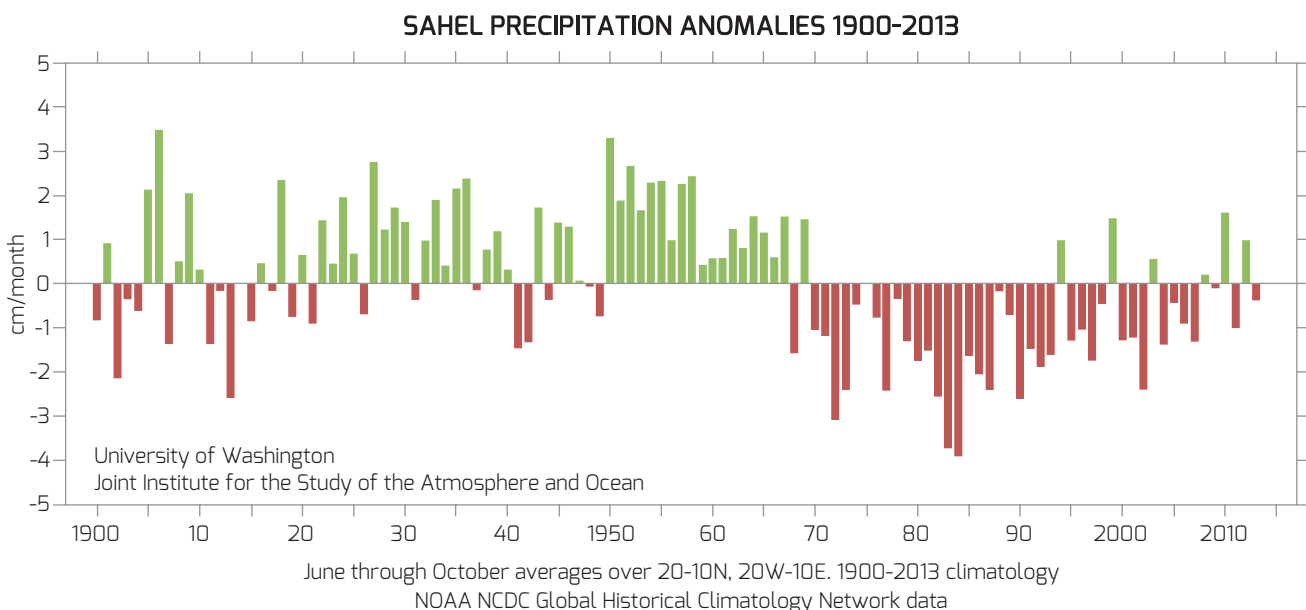
Tableau 1. DPC Sénégal, 2009. «Coûts estimés des dommages en US\$ (*1000) par pays dans l'espace CILSS (2000-2008)».

La distribution de la pluviométrie dans la région du Sahel peut être divisée en différentes régions homogènes: trois maxima (l'une long de la côte ouest à environ 8 N, à un plus faible autour de lac Tchad et sur le plateau éthiopien ouest) et deux minima (l'un centrée sur le méridien de Greenwich et l'autre autour de 30-35).

À titre d'exemple, entre 2000-2008, les montants des dommages liés aux inondations dans les pays du Comité Permanent

Inter États de lutte contre la Sécheresse (CILSS) ont été estimés entre 39 et 80 milliards de US\$ respectivement pour le scénario minimal et maximal (Tableau 1).

Dans le graphique (depuis 1950) on distingue principalement trois périodes bien différenciés: 1950-1970- période de persistance d'années humides; 1970-1993- période de persistance d'années sèches; et à partir de cette date en avant, un période de alternance brusque entre années humides et années sèches (Graphique 1).



Graphique 1. HESSE et al. 2013. «L'évolution de l'anomalie des précipitations au Sahel de 1900 à 2013 par rapport à la moyenne de 1950 à 1979».

1.1.2. TEMPÉRATURES

Au respect du changement climatique mondiale, les températures en Afrique de l'Ouest, et particulièrement dans le Sahel, ont évolué quelque peu plus rapidement que la tendance mondiale, avec des augmentations allant de 0,2°C à 0,8°C par décennie depuis la fin des années 1970 dans les zones sahélo-saharienne, sahélienne et soudanienne (Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO)- Compagnie du Sénégal et de l'Afrique de l'Ouest (CSAO)- Organization for Economic Co-operation and Development (OCDE)/ CILSS, 2008). Selon les observations sur le climat, il s'avère que l'Afrique a subi une hausse des températures de l'ordre de 0,6 à 0,7 °C, plus rapide que la moyenne mondiale.

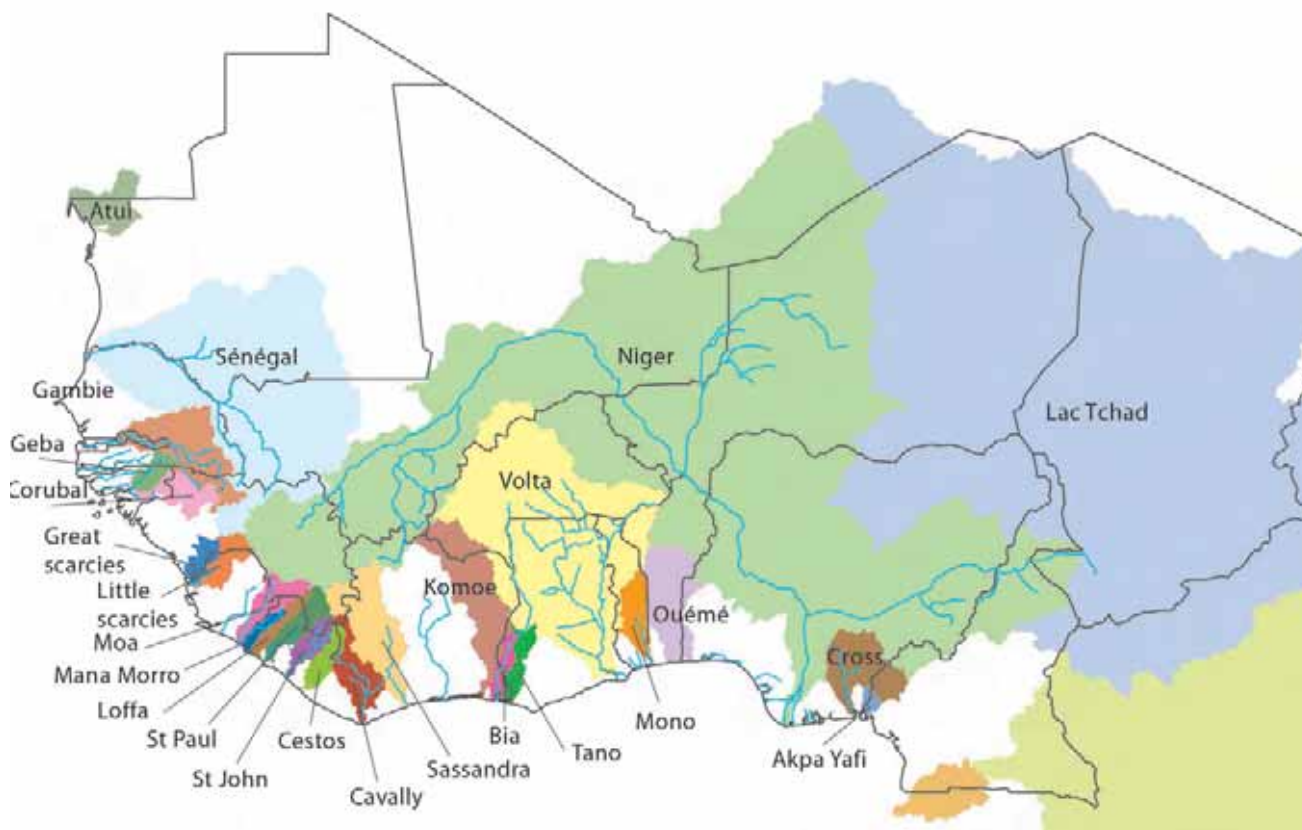
1.1.3. SÈCHERESSE

Dès la création en 1946 du Service Hydrologique de l'Orstom, aujourd'hui IRD, et en analysant les données enregistrées pendant plus d'un siècle (1896-2000) sur 21 stations pluviométriques, les chercheurs de l'IRD ont défini un indice représentatif des précipitations annuelles au Sahel et ont établi les moyennes décennales de cet indice. Cet indice met en évidence au cours du XXe siècle plusieurs périodes de sécheresse ou d'excédent pluviométrique ayant persisté pendant cinq années successives et plus: sécheresse de 1910 à 1916 (7 ans), excédents de 1950 à 1967 (18 ans), déficits pluviométriques de 1970 à 1974 (5 ans), enfin une nouvelle sécheresse de 1976 à 1993 (18 ans), la

plus longue et la plus intense du siècle.

L'arrivée bénéfique de deux années humides: 1994 et 1999 ne représentent pas un retour vers des conditions climatiques persistantes plus favorables au commence du siècle XXI. (Sabrie & L'Hôte, 2003).

Les sécheresses se manifestent non seulement sur les paysages (désertification, variations de surface et de profondeur du lac Tchad, modifications sensibles du débit de certains cours d'eau, variations de niveaux de nappes...), mais aussi et surtout sur les activités humaines: agriculture, alimentation en eau potable, projets hydrauliques etc.



Carte 3. Tabarly, S, 2008. «Cours d'Eau transfrontaliers de l'Afrique de l'Ouest».

1.2. HYDROGRAPHIE

Au total, on dénombre en Afrique de l'Ouest 28 bassins fluviaux transfrontaliers qui couvrent 71% de la superficie totale de la région. Les plus importantes sont le Niger (partagé entre 11 pays si l'on prend en compte la partie non active du bassin), le Sénégal (4 pays), la Volta (6 pays), le lac Tchad (8 pays), la Comoé (4 pays) (Carte 3).

1.3. LE SECTEUR AGRICOLE

L'agriculture constitue le secteur le plus important et la principale source de subsistance de la majeure partie des populations. Cependant, en raison de la forte exposition du secteur agricole aux risques, ses performances demeurent très volatiles. Les principaux risques sont les pressions foncières découlant de la croissance rapide de la population, la volatilité des prix des denrées alimentaires combinée à la détérioration des conditions climatiques – de plus en plus extrêmes –, qui se soldent par des cycles répétés de sécheresse, la désertification et des inondations localisées. Au cours des trente dernières années, la région a subi de multiples chocs largement induits par les risques agricoles, qui imposent des coûts économiques élevés en termes de disponibilité et d'accessibilité aux denrées alimentaires, et la malnutrition.

Les céréales sont prépondérantes dans l'agriculture sahélienne (80% des superficies cultivées) mais le maraîchage et les oléagineux (arachides) occupent

une place appréciable dans les productions vivrières. Le coton est la principale culture de rente, générant la majeure partie des recettes d'exportation. Le Sahel est aussi la zone agropastorale par excellence ; l'élevage des bovins, ovins et caprins y est très développé.

Des aliments de base, seul le sucre et le lait ne sont pas produits en quantité suffisante. On notera aussi que l'adoption de nouvelles habitudes alimentaires a entraîné un accroissement des importations de blé et de farine.

Le système de culture pluvial est la technique de production la plus largement répandue au Sahel (90% des productions). Les cultures sont réalisées en «hivernage», de juin à octobre, sans irrigation. Les récoltes se font entre novembre et décembre. L'agriculture pluviale concerne principalement les céréales: mil, sorgho, fonio et maïs, mais aussi les cultures de rente comme le coton et l'arachide.

L'agriculture irriguée est encore faiblement développée au Sahel, pour des raisons techniques (maîtrise de l'eau), financières (coût des investissements) et culturelles (absence de tradition). Elle permet pourtant d'obtenir deux récoltes par an.

Le système de décrue se pratique dans les dépressions humides et le long des berges des fleuves.

Le système oasien c'est la culture irriguée des oasis dans les zones saharo-sahéliennes, quasi désertiques. L'eau puisée dans la nappe

phréatique permet la production de légumes, fruits et céréales (blé), contribuant à l'équilibre alimentaire des populations de ces régions. L'accès aux céréales de base est assuré par les courants commerciaux traditionnels, l'aide alimentaire et, depuis peu, les échanges avec des organisations paysannes du sud du pays.

1.3.1. ADAPTATION ET GESTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES SYSTÈMES AGRICOLES

L'élaboration et l'adoption d'une approche à l'échelle du paysage durable pour un impact transformationnel dans le secteur agricole au Sahel se déclinent en six domaines d'intervention principaux:

1. Mise à très grande échelle des investissements dans l'irrigation.
2. Facilitation de l'adoption à grande échelle de pratiques de gestion durable des terres et de l'eau dans l'agriculture pluviale.
3. Amélioration du développement et de la gestion du cheptel des éleveurs
4. Accélération de l'adoption de technologies agricoles à l'épreuve des changements climatiques: variétés de cultures résistantes à la sécheresse.
5. Amélioration des pratiques de gestion post-récolte et de l'accès et intégration des marchés.
6. Amélioration de la préparation aux situations d'urgence.

2

LE CONTEXTE MALIENNE

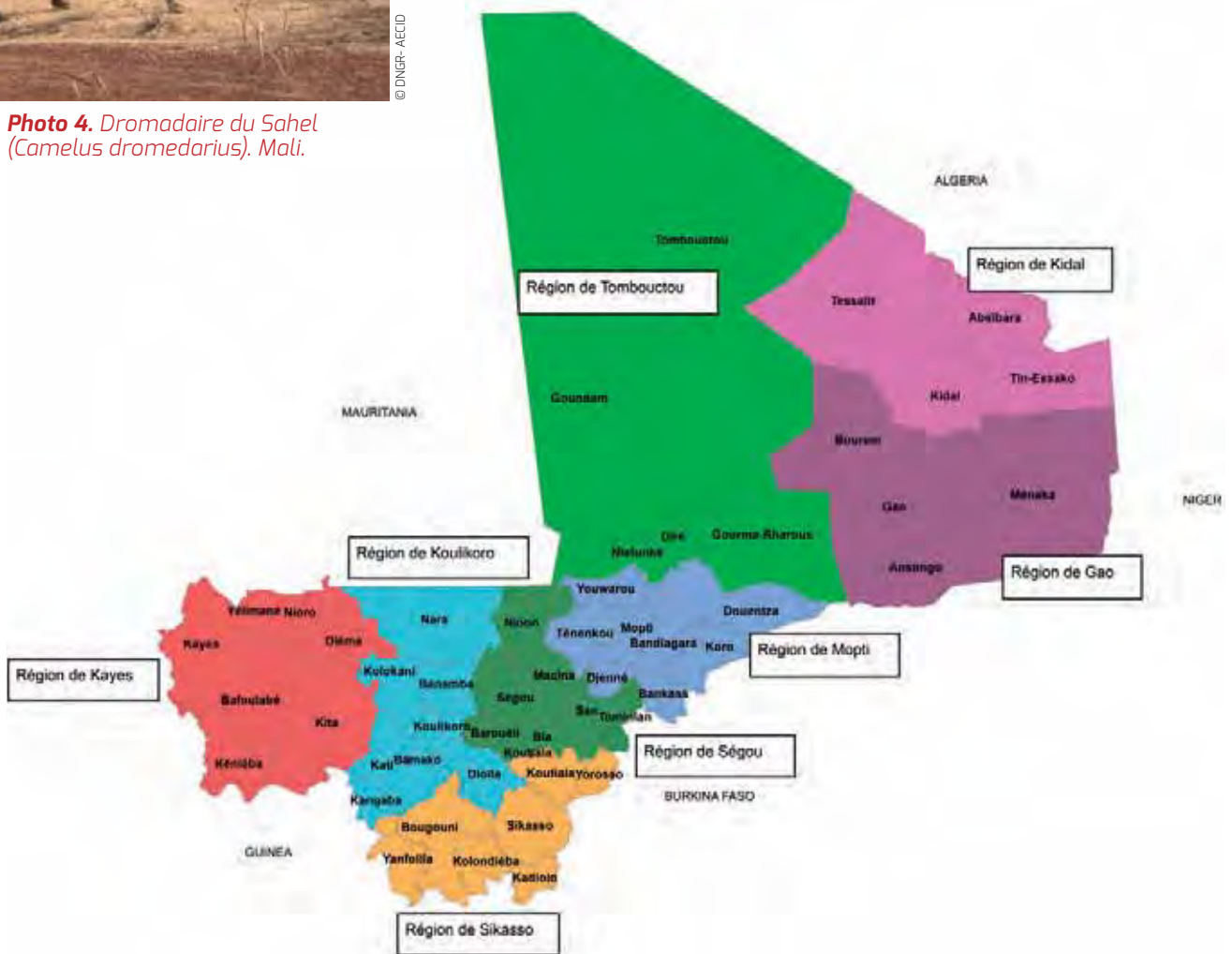


Photo 4. Dromadaire du Sahel (*Camelus dromedarius*). Mali.

© DNGR-AECID

Le Mali est un vaste pays sahé-
lien de l'Afrique de l'Ouest, d'une
superficie de 1.241.138 km², qui
partage 7.200 km de frontières
avec sept autres pays: l'Algérie,
le Niger, le Burkina Faso, la Côte
d'Ivoire, la Guinée, le Sénégal et la
Mauritanie.

Le Mali est administrativement
composée de 703 communes
(dont 96 sont urbaines), 49 cer-
cles, 10 régions [(Kayes, Koulikoro,
Sikasso, Ségou, Mopti, Tombouc-
tou, Gao, Kidal) et à partir de 2012
Taoudénit et Menaka au nord du
pays, pas encore mis en place
dans les cartes administratifs], et
1 district (Bamako) composée par
6 communes urbaines (*Carte 4*).



Carte 4. FMI, 2015 développé par DNGR-AECID, 2016. «Répartition administrative de la République du Mali».

MALI

2.1. BIOCLIMATOLOGIE

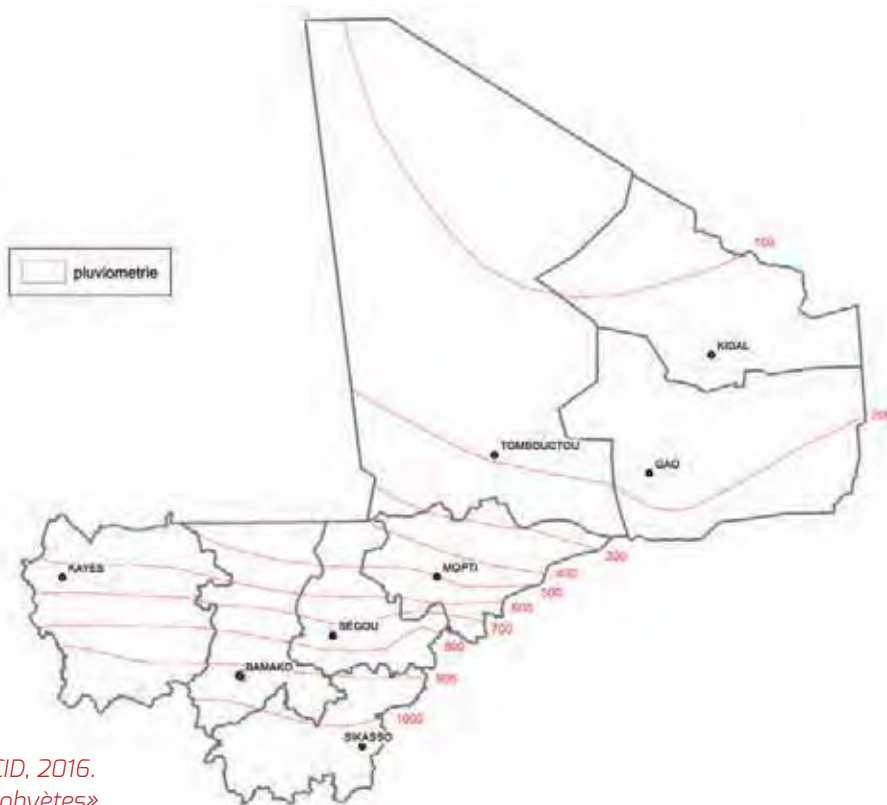
Le Mali par sa position géographique appartient à un climat de type tropical sec soumis à l'influence de la mousson. Il est caractérisé par l'alternance de deux saisons: une longue saison sèche et une saison pluvieuse allant de deux mois (au nord) à cinq ou six mois (au sud).

La température est caractérisée par deux régimes: un régime unimodale avec un maximum en juin et août dans les régions nord et un bimodal au sud avec le maximum principal en avril et mai et secondaire en septembre et octobre.

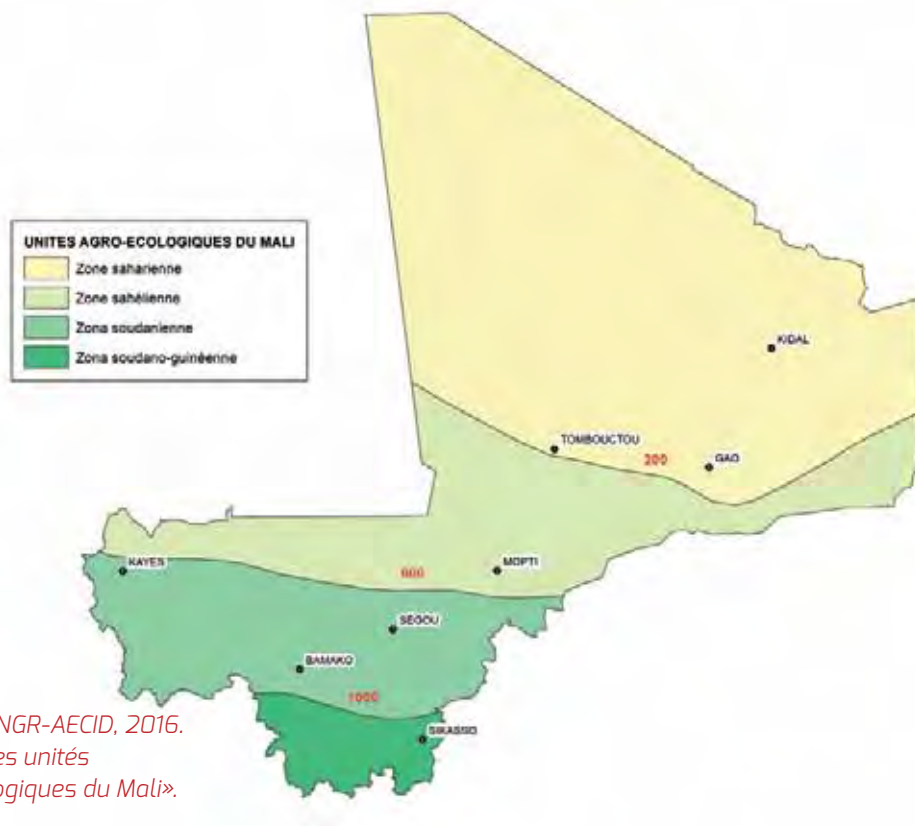
La pluviosité moyenne varie du nord au sud de moins de 100 mm à plus de 1.000 mm par an. Cette pluviosité définit et divise le pays en quatre zones agro-climatiques:

1. La zone saharienne (632.000 km²: 51 % du pays) < 200 mm et un PCV* de < 15 jours.
2. La zone sahélienne (320.000 km²: 26 % du pays): 200 à 600 mm et un PCV* de 15 à 100 jours.
3. La zone soudanienne (215.000 km²: 17 % du pays): 600 à 1.000 mm et un PCV* de 100 à 160 jours.
4. La zone soudano-guinéenne (75.000 km²: 6 % du pays) > de 1.000 mm et un PCV* de > 160 jours (**Carte 5 et 6**).

* PCV (période de croissance des végétaux)



Carte 5. DNGR-AECID, 2016.
«Répartition des isohyètes».



Carte 6. DNGR-AECID, 2016.
«Principales unités
agro-écologiques du Mali».

Par rapport à la végétation, en se déplaçant du sud vers le nord on rencontre la forêt claire

et les grands types de savanes tropicales: boisée, arborée, arbustive et herbeuse. Les

savanes sont souvent parcourues par les feux de brousse en saison sèche.

2.2. OROGRAPHIE ET HYDROGRAPHIE

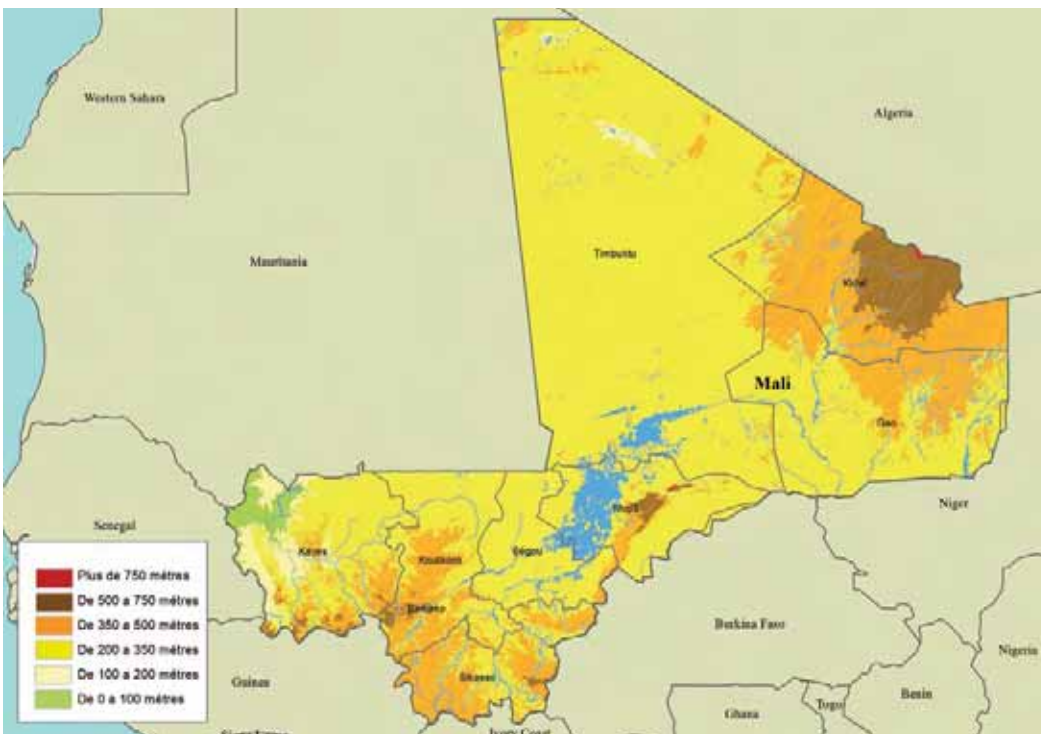
Le pays est dominé par les plaines et les plateaux avec une altitude moyenne de 340 m. Le point le plus bas est le fleuve Sénégal (23 m) et le plus haute

le Mont Hombori Tondo (1.551 m). L'orographie du Mali est structurée à l'entour de la dépression du fleuve Niger.

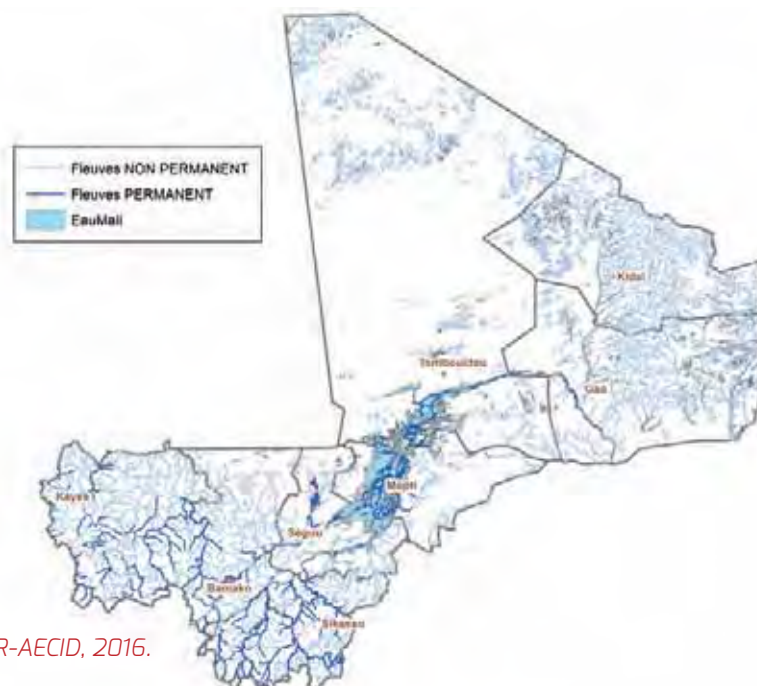
Le fleuve Niger passe par le Mali pendant 1.700 km en traversant les principales populations du

pays. Il est navigable presque tout sa longitude, excepté dans les mois de janvier, février, et juin.

Le fleuve Sénégal passe en direction Nord-Ouest et traverse la part occidentale du Mali vers le Sénégal (*Carte 7 et 8*).

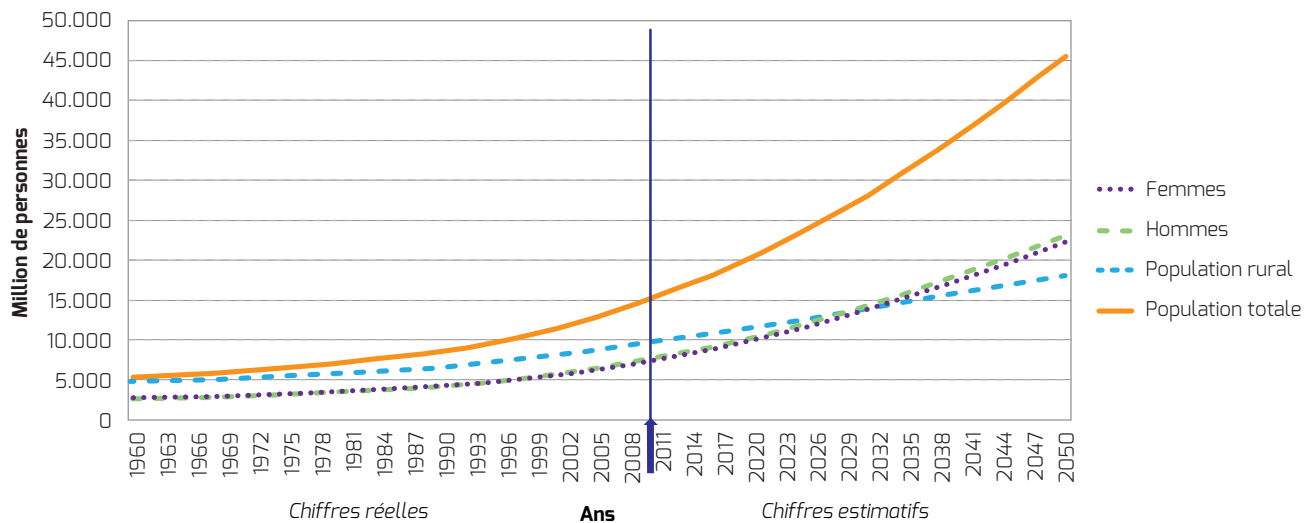


Carte 7. DNGR-AECID, 2016 «Topographie (et Hydrographie) du Mali».



Carte 8. FAO développé par DNGR-AECID, 2016. «Hydrographie au Mali».

MALI PROJECTION DE LA POPULATION JUSQU'EN 2050 SELON LA BANQUE MONDIALES



Graphique 2. Banque Mondiale, 2016. «Projection de la population au Mali jusqu'en 2050».

2.3. POPULATION, DEMOGRAPHIE ET GROUPES ETHNIQUES

La population totale du Mali est passée d'environ 3,7 millions d'habitants (FAO, 2016) en 1960, à 7,7 millions en 1987, à 14,5 millions en 2009 (DNSI, 2009) et actuellement elle est estimée dans 18,13 millions d'habitants en 2016 (UN, 2016). La population croît à un rythme de 3,05 %, donc on estime à 20,5 millions d'habitants en 2020 (UN, 2016).

Cette population, dont 77,6% vivent en milieu rural avec une légère prédominance des hommes (51%), est concentrée dans la partie sud du pays et le long du fleuve Niger (INSTAT, 2011). La population est jeune et environ le 50% ont moins de 15 ans. À l'inverse, la population de plus de 65 ans est seulement de 3%. À l'âge adulte on remarque une légère prédominance des femmes

(51%). En raison de la croissance démographique et l'exode rural, la population des villes augmente à un taux de 4 % (Graphique 2).

Les peuples du Mali sont classés selon le couleure de la peau, du type d'activité majoritaire, et de la famille linguistique à qui appartient. L'ethnie la plus nombreux est l'ethnie Bambara (34%) surtout dans la part occidentale du pays, suivi par les Fulani (14%), les Senufo (12%), les Soninké et les Malinké (8%), les Songhai et les Touareg (7%), les Dogons avec 5% de représentation, et après des ethnies minoritaires.

2.4. EVOLUTION POLITIQUE

La République du Mali a obtenu son indépendance de la France en 1960. Après le coup d'Etat qui a renversé le général Moussa Traoré en 1991, le pays a commencé la transition vers la démocratie, qui a abouti aux pre-

mières élections multipartites en 1992. Alpha Oumar Konaré a été élu président et en 2002 ; après d'autres élections et un climat de paix et de l'alternance politique, le pays est tombé dans une crise sociopolitique suite aux événements militaires du 22 mars 2012, qui ont paralysé le pays et globalement la coopération internationale. Cette crise a affecté les principaux indicateurs de développement du pays (le pays recule de 7 positions en 2012, selon l'Indice de Développement Humain (IDH)), et figure désormais au 182^{ème} rang des 185 pays classés. La pauvreté a connu une augmentation d'un point, passant de 41,7 % en 2011 à 42,7 % en 2012.

La reprise de la coopération internationale officialisée le 15 mai 2013 à Bruxelles lors de la Conférence «Ensemble pour le renouveau du Mali», a permis au pays de poursuivre la consolidation de la stabilité du cadre

macroéconomique ainsi que le renforcement de la paix et de la sécurité qui forment les deux axes autour desquels le Mali a bâti son Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté 2012-2017.

C'est avec les élections présidentielles du 28 juillet et du 11 août 2013 au Mali, le pays est retourné à l'ordre constitutionnel avec Ibrahim Boubacar Keïta. La Primate a présenté un programme d'action 2013-2018 qui constitue la feuille de route du nouvel exécutif pour le quinquennat en cours. Un programme de développement accéléré des régions du Nord a également été élaboré.

Le gouvernement a, par ailleurs, engagé un processus de réconciliation nationale, visant à instaurer une paix durable dans

l'ensemble du Mali. La signature a d'abord eu lieu, à Bamako, le 15 mai 2015.

2.5. SITUATION ECONOMIQUE

L'économie malienne a souffert de la crise. Durant la décennie 2000-2010, le PIB a cru au taux annuel moyen de 5,7 %. Le PIB malien a enregistré en 2012 un recul de 0,4%, après une année 2011 dont la croissance avait déjà été assez faible (2,7%). Mais la croissance a rebondi en 2013 avec 1,8 % puis a été de 7,2% en 2014. En 2015, le taux de croissance est estimé à 5,5%.

L'économie malienne reste très dépendante des résultats des campagnes agricoles et du secteur minier. L'agriculture, en effet, a contribué, en moyenne,

à 39% du PIB sur le période 2006-2010 (FAO, 2013). La base des exportations maliennes est composée aux deux tiers d'or (51 t en 2013), et dans une moindre mesure de coton (13%) et d'engrais (5%). Ces productions sont soumises aux variations des cours mondiaux et de la pluviométrie (*Tableau 2*).

Le secteur secondaire participe pour 21 % à la formation du PIB ; il est très peu structuré et insuffisamment relié au secteur agricole qui demeure la base de l'économie. Le secteur tertiaire avec 40 % du PIB, reste dominé par les services et les activités commerciales.

Le pays doit, par ailleurs, affronter le défi d'une forte croissance démographique qui absorbe une part importante de la richesse.

	1999	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Secteur Primaire	100	100	100	100	100	100	100
Produits de l'agriculture vivrière	32,6	38,5	39,8	44,6	38,0	45,0	38,6
Produits agricoles destinés à l'industrie ou à l'exportation	9,2	6,0	5,2	5,5	4,1	5,7	7,3
Produits de l'élevage et de la chasse	38,7	37,2	38,2	32,8	42,3	36,4	40,0
Autres produits	19,5	18,4	17,0	17,1	15,6	12,9	14,2
Secteur secondaire	100	100	100	100	100	100	100
Produits de l'industrie agroalimentaire	13,0	15,0	18,2	22,7	17,3	14,6	15,4
Textiles et articles d'habillements	17,6	3,5	4,1	3,7	7,8	10,0	8,3
Produits des autres activités industrielles	32,5	43,5	42,8	35,5	39,8	52,1	55,6
Travaux de construction	29,3	34,5	32,4	33,9	32,6	20,8	19,5
Autres produits	7,7	3,5	2,4	4,1	2,6	2,4	1,2
Secteur tertiaire	100	100	100	100	100	100	100
Commerce	24,2	27,0	26,2	28,4	27,2	25,3	26,9
Services de transports et de communications	18,3	17,7	15,2	14,9	16,2	14,2	13,7
Services immobiliers et services aux entreprises	9,2	9,9	12,1	14,7	9,6	9,7	10,0
Services d'administration publique	20,8	23,2	23,5	22,0	24,0	30,3	28,3
Autres services	27,5	22,1	23,0	20,0	23,0	20,5	21,0

Tableau 2. INSTAT. 2015. «PIB courant des secteurs par branches d'activités (% du total)».

2.6. LE SECTEUR AGRICOLE

La principale activité de la population agricole est l'agriculture (82,9%), et en moindre proportion l'élevage et l'artisanat. Selon les régions, ces activités peuvent varier. L'économie est donc fortement dépendante du secteur agricole qui occupe 3.211.000 habitants, c'est à dire, 74% de la population active en 2011 dont 37 % de femmes (*Tableau 3*).

La production nette de l'agriculture, qu'englobe la foresterie, la chasse, la pêche ainsi que les cultures et la production animale, a été stable par rapport au PIB depuis le début du siècle, après une forte baisse dans les années 70 et 80 (*Tableau 4*).

2.6.1. L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES

Une étude du Ministère de l'Agriculture permet de dresser le panorama général suivant (*Tableau 5*):

Les terres forestières ont été estimées en 1990 à 100 millions de ha avec un volume estimé de 520 millions m³ de formations ligneuses et avec un taux de régénération estimé à 7 millions de tonnes de bois par an. (PIRL, 1990). En 2011, la FAO estime à 12 millions de ha avec une perte annuelle de 79.000 ha et une production de 5.200 tonnes de bois de chauffage. (FAO, 2011).

Les terres aptes à l'irrigation, sont estimées à 2,2 millions de ha (MDR, 1999).

Les terres cultivées chaque année sont estimés à 3,2 millions de ha (7 %), dont quelque 390.000 ha en irrigation correspondent 18 % du total irrigable.

Du total des terres irriguées, en contrôle total on estime environ 80.000 ha; en immersion et décrus contrôlés on estime autour de 150.000 ha et en immersion et décru naturel le reste (DNGR, 2013).

99 % des surfaces en irrigation seraient utilisés avec des périmètres de taille supérieure à 100 ha (DNA, 2005).

Les pâturages sont estimés à 30 millions d'hectares, les réserves fauniques à 3,3 millions

Domaines d'activités	Kayes	Koulikoro	Sikasso	Ségou	Mopti	Tombouctou	Gao	Ensemble
Agriculture	78,5	84,0	92,4	87,8	83,9	46,6	41,8	82,9
Elevage	0,8	1,6	0,7	1,6	4,2	13,2	15,4	2,5
Pêche	0,0	0,2	0,3	2,1	1,9	0,3	0,1	0,9
Chasse	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Artisanat	0,3	0,9	0,3	0,5	2,9	19,3	26,3	2,3
Commerce	0,5	2,1	0,8	0,9	2,3	3,7	2,5	1,4
Pisciculture	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0
Transform	0,1	0,1	0,1	1,0	0,2	0,1	0,0	0,3
Cueillette	0,0	0,3	0,7	1,1	0,0	0,1	0,1	0,4
Sylviculture	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1
Apiculture	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Autre	19,6	10,6	4,6	4,8	4,6	16,6	13,8	9,2

Tableau 3. MA, 2012. Enquête Agricole de Conjoncture (EAC), 2011-2012. «Répartition de la population agricole par régions selon l'activité économique principale (%)».

	1967	1972	1977	1982	1987	1992	1997	2002	2007	2012	2014
% ajoutée au PIB	69,06	61,79	61,26	44,09	45,19	46,14	44,5	35,03	36,55	42,26	S.D.

Tableau 4. FAO, 2016. «Valeur ajoutée du secteur Agricole au PIB (%). Caractéristiques du Mali par rapport à l'économie et le développement».

EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI: BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION, RÉALISATION ET GESTION DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES

Superficie des terres (ha) (2009)	124,123. 800
Superficie agricole (ha) (2009)	43,700 000
Terres arables (% sur la superficie agricole) (2010)	11,2 %
Terres irriguées (% de la superficie agricole) (2009)	0,8
Superficie forestière (% sur la superficie des terres) (2009)	6,8 %
Prélèvements d'eau pour l'agriculture (% sur les prélèvements totaux d'eau) (2009)	15,7 %
Consommation d'engrais (t) (2010)	70,455
Consommation de pesticides (t) (2011)	22,2
Tracteur en cours d'utilisation (nombre) (2011)	1,734

Tableau 5. MA, 2013. «Potentiel en superficies et intrants agricoles utilisés».

d'hectares et les réserves forestières à 1,1 millions d'hectares.

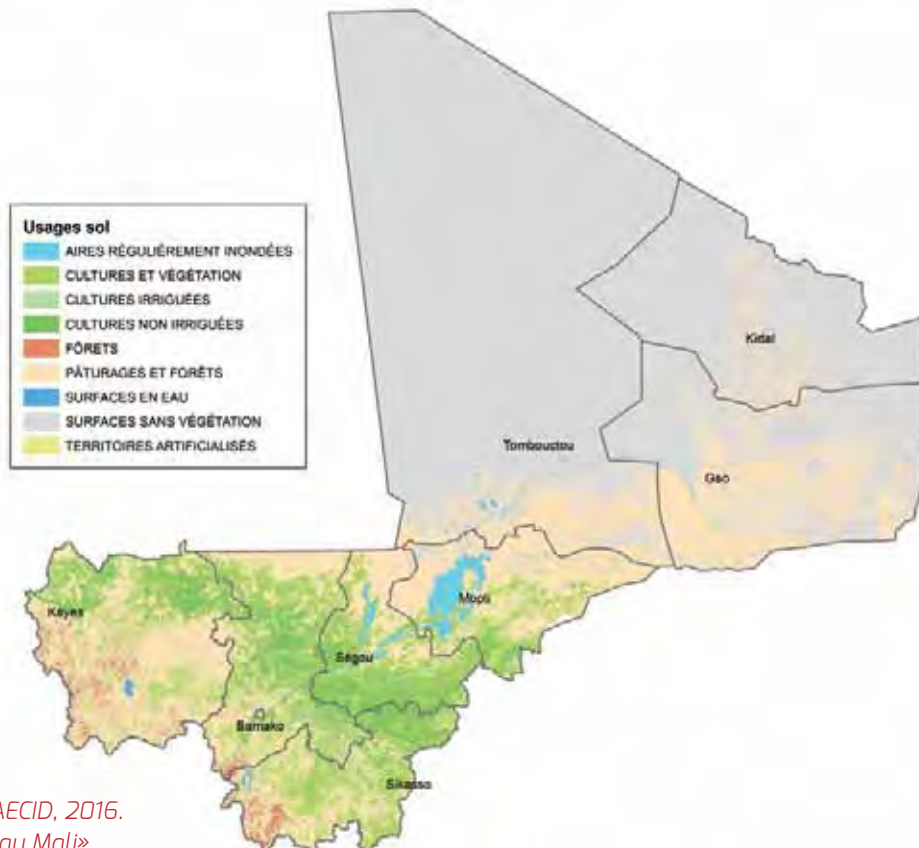
La production totale de pâturages herbacés et arboricoles est estimée à 77 millions de t de matière sèche (MS). On estime que le pâturage a besoin de 20 millions de t de MS. Les ressources pastorales herbacées et arborescentes ont une productivité qui varie de 0,6 t de matière

sèche/ha dans le nord à environ 4 t/ha dans le sud, avec quelques pics de 8 à 15 t/ha dans le Delta du Niger (associé à la présence de la plante *Echinochloa stagnina* (Bourgou)) (**Carte 9**).

On estime à quelque 800.000 exploitations agricoles au Mali (700.000 pour l'agriculture et 100.000 pour l'élevage et la pêche). La taille moyenne des

exploitations est de 4,5 ha pour une famille moyenne de 9 à 10 personnes. Environ 70 % des exploitations ont moins de 5 ha et 85 % moins de 10 ha.

La superficie moyenne des parcelles des femmes est nettement inférieure à celle des hommes (0,5 ha contre 1,5 ha), ainsi que la proportion des femmes responsables des parcelles (14 %) (**Tableau 6, 7 et 8**).



Carte 9. DNGR-AECID, 2016. «Usages du sol au Mali».

Region	Masculin			Féminin			Nombre de responsables de parcelles Total
	Nombre de responsables de parcelles	%	Superficie moyenne parcelle (ha)	Nombre de responsables de parcelles	%	Superficie moyenne parcelle (ha)	
Kayes	215.011	79	1,1	57.857	21	0,5	272.868
Koulikoro	418.327	81	1,4	99.719	19	0,6	518.047
Skasso	443.741	88	1,6	62.706	12	0,4	506.447
Ségou	382.860	97	2	10.381	3	0,7	393.241
Mopti	431.636	82	1,4	93.599	18	0,4	525.236
Tombouctou	73.548	96	1,2	3.175	4	1,1	76.723
Gao	63.389	95	1,1	3.213	5	0,5	66.602
Kidal	-	-	-	-	-	-	-
Bamako	11.177	89	0,6	1.320	11	0,2	12497
Total	2.039.690	86	1,5	331.969	14	0,5	2.371.660

Tableau 6. DNA,2005. «Répartition régionale des responsables de parcelles selon le sexe».

Taille	Masculin		Féminin		Total	
	Nombre d'exploitations	%	Nombre d'exploitations	%	Nombre d'exploitations	%
Sans percelle	108.348	14	2.287	9	110.635	14
Moinsde 1 ha	131.646	17	13315	54	14.4961	18
1 à 2 ha	105.063	13	3.935	16	108.998	14
2 à 3 ha	77.488	10	1.388	6	78.876	10
3 à 5 ha	108.604	14	2.157	9	110.761	14
5 à 10 ha	141.710	18	1.221	5	142.932	18
10 à 20 ha	78.733	10	332	1	79.065	10
20 ha et plus	28.967	4	0	0	28967	4
Total	780.559	100	24.636	100	805.194	100

Tableau 7. DNA,2005. «Répartition des exploitations selon la taille (en superficie) et le sexe du chef d'exploitation».

Depuis 2014 le Mali est en procès de préparation d'un nouveau recensement de l'agriculture et l'élevage. Alors, jusqu'à ce moment, les dernières données correspondent à la campagne agricole 2004/2005.

2.6.2. SYSTÈMES DE PRODUCTION

La nouvelle typologie de systèmes de production (Dufumier, M., 2005) propose de distinguer les grands types suivants:

1. Les exploitations gérées par de «grandes familles» possédant des troupeaux bovins de grande taille et de nombreux équipements attelés:
 - a. Les exploitations ne disposant pas de terres de bas-fonds pour la mise en œuvre de systèmes de culture fruitiers ou maraîchère.
 - b. Les exploitations dans lesquelles les bas-fonds sont aménagés (irrigation, drainage) pour la mise en œuvre de systèmes de culture intensifs.
 - c. Les exploitations dans lesquelles les bas-fonds sont le siège de plantations arborées peu exigeantes en travail.
2. Les exploitations de taille moyenne dans lesquelles les revenus proviennent encore pour l'essentiel des cultures annuelles (cotonnier, céréales et légumineuses).
 - a. Les exploitations dans lesquelles les transferts latéraux de matières organiques et le niveau des rendements sont

**EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI: BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION,
RÉALISATION ET GESTION DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRICLES**

Type de culture	Region	Kayes	Koulikoro	Sikasso	Ségou	Mopti	Tombouctou	Gao	Bamako	Total
Cultures céréalières	Exploitation agricole	92.039	120.487	96.491	116.624	156.236	51.965	44.712	5.598	684.152
	Superficie cultivée (ha)	195.309	435.619	404.095	632.758	524.356	87.977	68.780	5.262	2.354.156
	Superficie moy./expl. (ha)	2,12	3,62	4,19	5,43	3,36	1,69	1,54	0,94	3,44
Cultures légumineuses	Exploitation agricole	57.704	74.518	55.987	46.876	62.832	295	791	2.723	301.726
	Superficie cultivée (ha)	53.958	120.481	55.644	100.855	124.669	61	842	921	457.433
	Superficie moy./expl. (ha)	0,94	1,62	0,99	2,15	1,98	0,21	1,06	0,34	1,52
Cultures industrielles	Exploitation agricole	7.224	33.521	78.496	22.201	3.636	-	-	11	145.088
	Superficie cultivée (ha)	20.409	93.708	266.945	51.327	2.217	-	-	21	434.626
	Superficie moy./expl. (ha)	2,83	2,80	3,40	2,31	0,61	-	-	1,93	3,00
Cultures de tubercules	Exploitation agricole	2.387	1.483	3.576	197	37	397	-	369	8.446
	Superficie cultivée (ha)	553	445	1.868	14	4	65	-	43	2843
	Superficie moy./expl. (ha)	0,23	0,30	0,47	0,24	0,10	0,16	-	0,01	0,34
Autres cultures	Exploitation agricole	7.244	28.049	23.240	14.827	29.881	2.090	180	1.770	107.281
	Superficie cultivée (ha)	986	7.300	3.172	5.175	9.688	349	6	442	27.118
	Superficie moy./expl. (ha)	0,14	0,26	0,14	0,35	0,32	0,17	0,03	0,25	0,25
Total	Exploitation agricole	96.497	122.310	97.555	117.154	156.787	52.017	44.712	7.529	694.560
	Superficie cultivée (ha)	271.215	657.553	731.542	790.162	660.934	88.453	69.628	6.689	3.276.176
	Superficie moy./expl. (ha)	2,81	5,38	7,50	6,74	4,22	1,70	1,56	0,89	4,72

Tableau 8. DNA, 2005. «Répartition régionale de la superficie cultivée, du nombre d'exploitations agricoles par type de culture et de la superficie moyenne cultivée par exploitation».

limités par le faible nombre d'animaux et de charrettes disponibles.

b. Les exploitations dans lesquelles les transferts latéraux de matières organiques et le niveau des rendements sont

limités par la superficie du saltus environnant.

3. Les exploitations de petite taille, peu équipées et ne disposant que de très peu d'animaux, dans lesquelles les systèmes de culture sont destinés prioritairement à l'autoconsommation familiale.

remont à l'autoconsommation familiale.

a. Les exploitations dans lesquelles les revenus monétaires résultent pour l'essentiel de la vente de produits de cueillette ou de la location de



Photo 5. Nouveaux pieds de banane plantés à Mahina, Kayes.

force de travail au sein même du village ou à proximité.

b. Les exploitations dans lesquelles la main d'œuvre familiale parvient à trouver des emplois rémunérés de plus longue durée dans des zones plus lointaines.

4. Les exploitations conduites par de grandes familles d'éleveurs Peuls transhumants.

5. Les quelques exploitations détenues par des propriétaires absents («agriculteurs du dimanche»).

Au vu des résultats économiques obtenus au sein des différents types d'exploitations agricoles, il n'est pas à exclure que les grandes familles les plus fortunées se détournent progressivement de la culture cotonnière, au profit d'autres productions commerciales (maïs, bananes, mangues, noix de cajou, animaux sur pieds, etc.).

2.6.3. PRODUCTIONS CLÉS

Céréales

Les quatre chaînes de valeur céréalières les plus importantes au Mali sont le riz, le maïs, le mil et le sorgho. La production céréalière de la campagne agricole 2014/15 est estimée selon les résultats définitifs de l'EAC à 6.980.733 tonnes, toutes céréa-

les confondues. Comparé aux résultats de la campagne 2013/14 qui ont été estimés à 5.736.093 tonnes, on note une hausse de 22%. Ils représentent en outre 81% des objectifs de campagne qui étaient fixés à 8.674.462 tonnes. Les écarts s'expliquent essentiellement par les déficits pluviométriques observés en début et en fin de campagne agricole et la faiblesse des crues sur les principaux plans d'eau (fleuves et lacs) (*Graphique 3*).

Les résultats de la production céréalière de la campagne 2014-2015 sont:

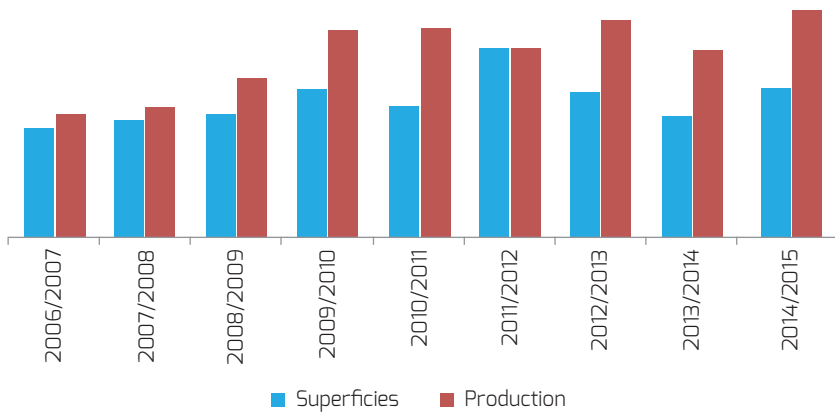
- 2.166.830 tonnes de riz (31%).
- 1.744.026 tonnes de maïs (25%).
- 1.715.044 tonnes de mil (24,6%).
- 1.271.880 tonnes de sorgho (18,2%).
- 37.284 tonnes de fonio (0,5%).
- 45.668 tonnes de blé/orge (0,7%).

Les données du graphique montrent que la production céréalière est passée de 3.700.000 t à partir de la campagne 2006-2007 pour atteindre 7.000.000 t pendant la campagne 2014-2015, soit un taux moyen de croissance annuelle d'environ 11 %. Le taux moyen de croissance annuelle des superficies emblavées est de 5 %. Des efforts importants ont été consentis pour assurer l'intensification des productions agricoles depuis la campagne agricole 2008-2009.



Photo 6. Riz, Netekoto, Kéniéba.

EVOLUTION DES PRODUCTIONS CÉRÉALIÈRES



Graphique 3. MDR, 2015. «Evolution des productions céréalières de 2006/2007 à 2013/2014».

Coton

La production de coton graine pendant la campagne agricole 2014-2015 est estimée à 548.723 tonnes. Elle était de 440.027 tonnes en 2013-2014, soit une augmentation de 24,7%. Cette production aurait pu être meilleure si les conditions agro-climatiques avaient été favorables (répartition des pluies dans le temps et l'espace, quantités et fréquence des pluies enregistrées, maîtrise du programme de pluies provoquées). On note néanmoins que grâce aux efforts fournis par l'Etat, les organisations agricoles professionnelles et les producteurs (subvention des intrants, appui conseil, paiement à temps du coton, etc.), la production cotonnière de la campagne agricole 2014-2015 a connu une nette progression après la chute de production observée durant la campagne 2013-2014.

Puisque le coton est cultivé en rotation avec les céréales pluviales et offre des intrants-clés aux producteurs de coton/céréales secondai-

res, les performances du secteur du coton influencent aussi fortement les performances des chaînes de valeur céréalières. Toutefois, depuis les années 1990, le secteur du coton est en crise en raison de la volatilité des cours mondiaux et de la stagnation du rendement entre autres. La superficie moyenne par exploitation (2013/14) est de 2,86 ha contre 3,01 ha en 2012/13 et 2,84 en 2011/12.

Quant aux possibilités d'amélioration de la production et la qualité à l'échelle des exploitations, le Mali est peut-être désavantagé par sa décision de ne pas adopter le coton Bt dans ce moment et de s'en tenir aux variétés de coton traditionnelles. Bien que la question fasse l'objet de débats, la plupart des indices démontrent que le coton Bt est plus productif et moins coûteux pour les petits exploitants que le coton conventionnel. Que le Mali puisse améliorer sa productivité et la qualité requises pour rendre au secteur son ancienne place de chef de file de l'Afrique de l'Ouest sans adopter le coton Bt est une question qui reste ouverte.

Légumineuses alimentaires

- Arachide: 510.241 tonnes (2014/2015).
- Niébé: 153.793 tonnes (2014/2015).
- Sésame: 28.749 tonnes (2014/2015).
- Soja: 3.236 tonnes (2014/2015).

Cueillette

(Principales productions)

- Anacarde: 39.498 tonnes (2014/2015).
- Karité: 540.200 tonnes (2014/2015).
- Gomme arabique: 7.003 tonnes (2014/2015).

2.6.4. ADAPTATION ET GESTION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE DANS LES SYSTÈMES AGRICOLES

Dans le secteur agricole, les émissions de gaz à effet de serre proviennent de l'utilisation des terres et de la gestion des sols, du méthane résultant des processus de digestion du bétail, du déboisement lié à l'extension des terres agricoles, de la riziculture, de la production et utilisation de fertilisants, de la combustion de biomasse et d'autres activités (Smith, P., Martino, Z. et al., 2007). L'agriculture et la conversion des terres, réunies, contribuent à un tiers des émissions qui sont à l'origine de l'augmentation de l'effet de serre. Ainsi, le secteur agricole contribue de manière signi-

<i>Avoir davantage recourt aux prévisions météorologiques et climatiques pour réduire les risques dans la production.</i>
<i>Modifier les intrants, les variétés et les espèces pour augmenter la productivité et la tolérance afin d'accroître la résistance aux chocs thermiques et à la sécheresse, aux inondations et à la salinisation; accroître la teneur en carbone des sols et optimiser les taux d'engrais minéraux et organiques pour maintenir les niveaux de production et la qualité des céréales ou des fruits tout en atténuant les émissions de GES; modifier l'importance et l'échelonnement de l'irrigation et des autres formes de gestion de l'eau pour assurer la stabilité des rendements et la production maximale de biomasse; modifier le calendrier ou l'emplacement des activités de récolte et de stockage local des semences (banques de semences).</i>
<i>Gérer les bassins fluviaux pour une fourniture plus efficace des services d'irrigation et pour éviter l'engorgement, l'érosion et le lessivage des sols; faire davantage recours aux technologies pour "récolter" l'eau afin d'optimiser l'irrigation goutte à goutte et conserver l'humidité du sol; utiliser et transporter l'eau avec plus d'efficacité.</i>
<i>Améliorer les pratiques de gestion de l'élevage pour augmenter la productivité par animal tout en diminuant les émissions de GES.</i>
<i>Faire correspondre les taux de charge avec la production des pâturages, la modification de la rotation des pâturages, le calendrier de pâturage, et la modification du fourrage et des espèces/races d'animaux; procéder à l'intégration dans les systèmes d'élevage et de culture comprenant le recours à des cultures fourragères adaptées, la réévaluation des utilisations d'engrais et de l'utilisation des aliments complémentaires et concentrés pour augmenter la productivité et la fixation du carbone.</i>
<i>Diversifier les revenus grâce à l'introduction d'activités comme la production de cultures marchandes, l'élevage de bétail, la production de poisson dans les rizières, l'apiculture et la production de produits forestiers non ligneux.</i>
<i>Introduire la conservation des forêts, l'agroforesterie et les entreprises forestières afin de diversifier les revenus ruraux, et d'augmenter la tolérance et la séquestration du carbone.</i>
<i>Utiliser davantage la protection intégrée contre les organismes nuisibles et les pathogènes; développer et utiliser des variétés et des espèces résistantes aux organismes nuisibles et aux maladies pour augmenter la productivité par unité d'intrant utilisée; améliorer les capacités de quarantaine et les programmes de suivi.</i>

Tableau 9. Howden, et al. 2007 «Activités face au climat menées par les petits exploitants».

ficative au changement climatique par ses émissions de gaz à effet de serre.

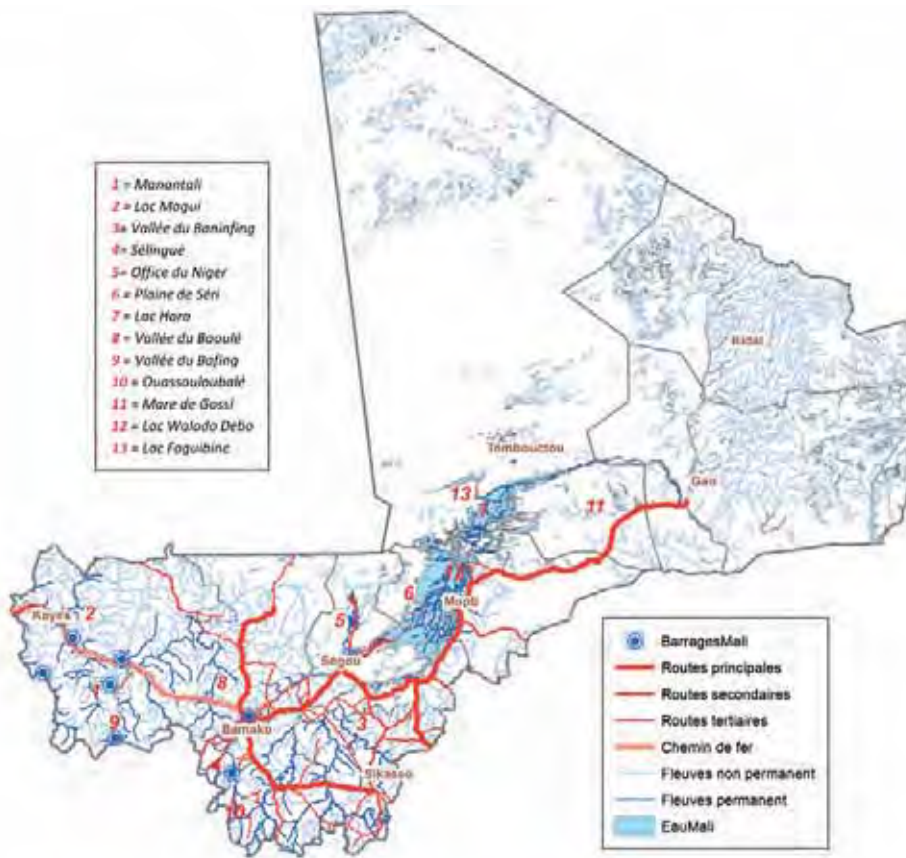
Les systèmes de cultures peuvent s'adapter de diverses façons à un risque plus élevé de sécheresse ou des inondations passagères. Ces moyens sont, entre autres, la tolérance des variétés au stress hygrométrique et le mélange de cycle des cultivars. Les pratiques de gestion du sol comme, par exemple, le labour selon les courbes de niveau et l'ajout de matière organique, peuvent aussi protéger les plantes à des phases vulnérables de leur cycle de croissance.

Les agriculteurs devront garder plus de semences pour replanter en cas d'événement climatique trop extrême pour la survie des cultures et pouvoir planter avec

une culture au cycle de croissance beaucoup plus court (comme le fonio) si l'événement climatique se produit trop tard pour un réensemencement réussi. Un risque potentiel dû à la plus grande variabilité du climat et qu'il faut surveiller de près est la contamination des arachides et des céréales secondaires à l'aflatoxine (le stress de la sécheresse pendant la phase de remplissage de la gousse peut grandement accroître la vulnérabilité de la plante à l'infection à l'aflatoxine).

Par rapport à l'élevage, le potentiel d'adaptation au changement climatique dépend clairement du système: élevage pastoral, transhumance ou agriculture mixte. Il importera d'anticiper la capacité d'utilisation des divers systèmes dans des conditions climatiques

diverses et de la surveiller attentivement en cours de saison pour permettre aux propriétaires de bétail de s'adapter au changement climatique. Des systèmes de commercialisation du bétail plus efficaces et un meilleur accès au marché des tourteaux d'oléagineux et des sous-produits pourrait contribuer à préserver la valeur du cheptel en cas de diminution temporaire du couvert végétal. Préciser les droits d'accès aux terres le long des routes de transhumance et sensibiliser les résidents et bergers en vue de minimiser l'endommagement des cultures aideront aussi. Des modélisations à haute résolution des impacts du changement climatique sur le couvert végétal au Mali pourraient aider à cibler les ressources affectées au problème du changement climatique (**Tableau 9**).



Carte 10. FAO développé par DNGR-AECID, 2016. L'irrigation en Afrique en chiffres. «Réseau hydrographique, voles et villes du Mali».

2.7. RESSOURCES EN EAU

2.7.1. LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE PÉRENNES

D'une façon générale, les cours d'eau permanents sont concentrés au sud et au centre du pays, alors que le nord se caractérise par la présence de nombreuses vallées fossiles (Carte 10).

Environ 47% de la superficie totale du Mali se trouvent dans le bassin versant du fleuve Niger et 11% dans le bassin versant du fleuve Sénégal; 41% de la superficie du pays font partie du bassin intérieur du désert de Sahara, et seulement 1% se trouve dans le bassin versant du fleuve Volta.

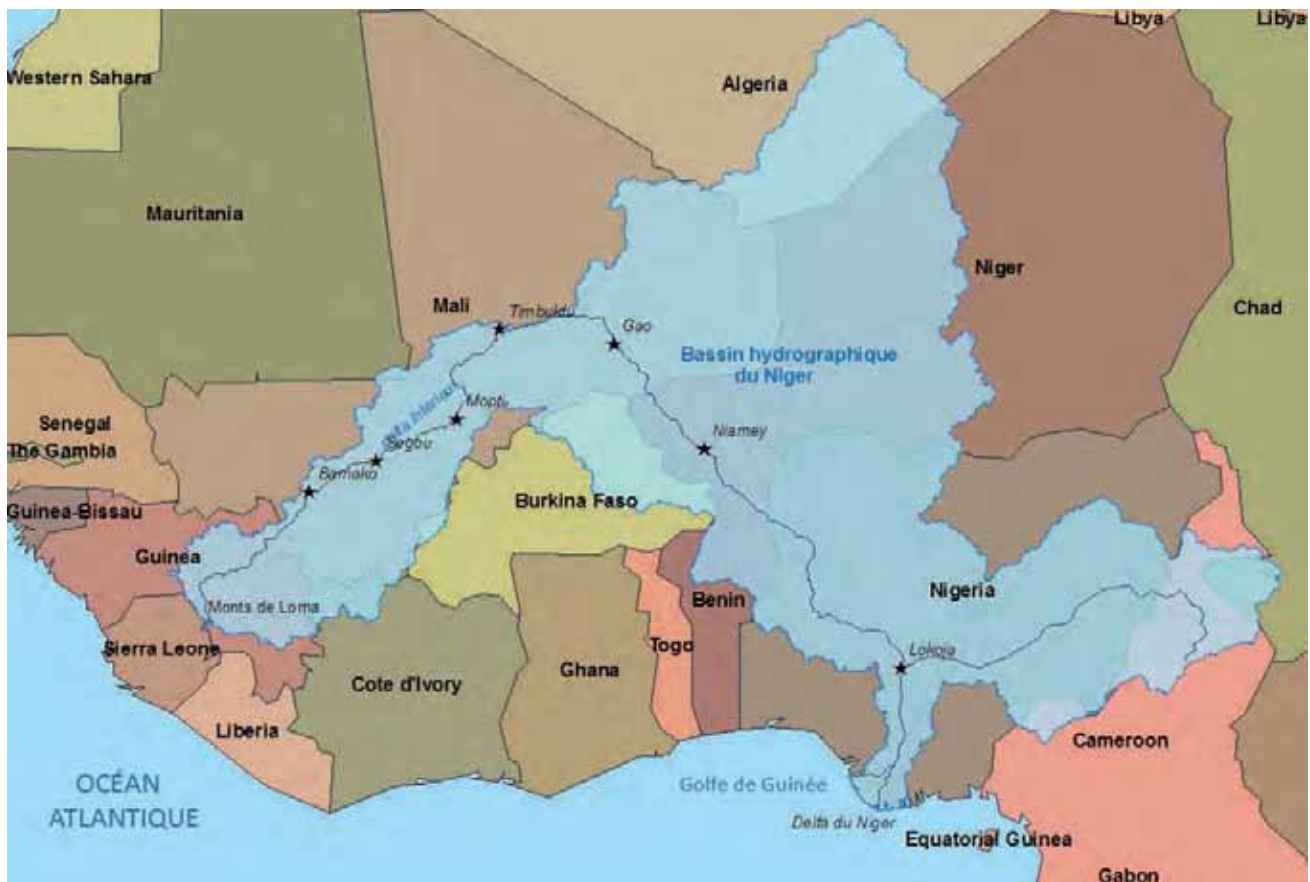
Les eaux de surface pérennes contribuent pour environ 10-15% en volume à l'alimentation en eau des populations, le reste étant couvert par les eaux souterraines.

Les fleuves Sénégal et Niger et leurs affluents fournissent l'essentiel des ressources en eau de surface pérennes dont l'écoulement moyen est estimé à 50 km³/an. Environ 40 km³/an, d'eau de surface entrent dans le pays, principalement en provenance de la Guinée (33 km³/an) et de la Côte d'Ivoire (7 km³/an), ce qui porte le total à 100 km³/an de ressources en eau renouvelables totales, soit 6.313 m³/an/habitant. L'indice de dépendance est donc de 40 %. Par ailleurs, 52 km³/

an quittent le pays vers le Niger (30 km³), le Sénégal (11 km³) et la Mauritanie (11 km³). Les eaux de surface non pérennes ont, quant à elles, été évaluées à 15 km³/an (FAO, 2005).

Le fleuve Niger est l'un des plus grands fleuves d'Afrique avec une longueur de 4.200 km, dont 1.700 km se trouvent au Mali; ses principaux affluents sont le Bani, le Sankarani et le Baoulé.

La ressource en eau dans le fleuve Niger est très importante avec 45 milliards de m³ par an à Ségou (Olivry, 1995) mais très irrégulière. Le Niger a connu une modification de son régime hydraulique en relation avec l'aggravation du



Carte 11. FAO développé par DNGR-AECID, 2016. «Bassin versant du fleuve Niger».

déficit pluviométrique, observé dans toute l'Afrique de l'Ouest. Par exemple le débit moyen du Niger est passé de 1.800 m³/s pour la décennie 1951-1960 à 795 m³/s pour la décennie 1981-1990 (Briquet et al. 1996) et à 895 m³/s en 2002.

Les grands aménagements existants sur le fleuve Niger et ses affluents sont:

- Le barrage hydroélectrique de Sélingué, qui forme le Lac de Sélingué de 430 km² et une capacité de 2 km³.
- Un barrage de dérivation à Markala desservant les aménagements hydro-agricoles de l'Office du Niger.

Pour la gestion des eaux internationales du fleuve Niger et de ses affluents, le Mali participe aux activités de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN) conjointement avec le Bénin, le Burkina Faso, la Côte d'Ivoire, la Guinée, le Mali, le Niger, la Nigéria

et le Tchad. Les principaux enjeux sont l'amélioration de la qualité des eaux, le maintien des écosystèmes et l'aménagement du bassin versant en privilégiant la végétalisation et les bonnes pratiques agricoles luttant contre l'érosion et l'ensablement (FAO, 2005) (Carte 11).

Le fleuve Sénégal à l'ouest du pays couvre une superficie à Kayes de 157.400 km². Ses principaux affluents sont le Falémé, le Bafing, le Bakoye et le Baoulé, avec un volume écoulé moyen de 10,5 milliards de m³ à Kayes par an (minimum de 5 milliards). Les débits moyens varient de 284 m³/s en année décennale sèche à 829 m³/s en année décennale humide. Les débits du fleuve

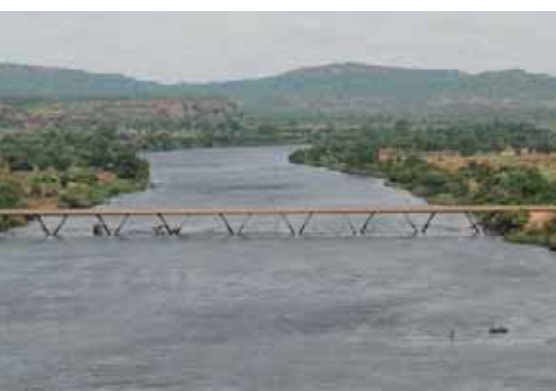


Photo 7. Fleuve Bafing (alentours du barrage de Manatali).



Carte 12. FAO développé par DNGR-AECID, 2016. «Bassin versant du fleuve Sénégal».

sont contrôlés en grand partie par le barrage de Manantali qui se trouve sur le Bafing, à 90 km au sud-est de Bafoulabé dans la région de Kayes. Le barrage a une longueur de crête de 1.460 m et le lac de retenue couvre une superficie de 477 km² et peut contenir un volume de 11 milliards de m³ d'eau. Il produit 43% de l'énergie de Mali (Carte 12).

Le Mali est en plus arrosée sur 12.430 km² par le bassin du Sourou, affluent de la Volta Noire. Le Mali participe aussi de l'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS), organisant la production d'électricité, l'agriculture, la navigation et la préservation de

l'écosystème. L'OMVS comprend le Mali, la Mauritanie, le Sénégal et la Guinée. Les objectifs sont: l'autosuffisance alimentaire pour les populations, améliorer les revenus des populations, préserver les écosystèmes, réduire la vulnérabilité face aux aléas climatiques et des facteurs extérieurs et accélérer le développement économique des états membres.

Quant au bassin de la Volta, il comprend principalement le Sourou au Mali. Le bassin appartient à l'Autorité du Bassin de la Volta (ABV), qu'inclus la Burkina, le Bénin, la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Togo. Les objectifs sont la consultation permanente entre les pays, la mise en place de

gestion intégrée des ressources en eau et leur partage équitable, l'autorisation de développement d'infrastructures pour le développement durable et la réduction de la pauvreté.

A cet ensemble des ressources en eaux superficielles, s'ajoute aussi au moins une dizaine de grands lacs dans la partie septentrionale du pays (Figuibine, Télé, Gouber, Komango, Douékirié, Daouana, Fati, Horo, Takara le Débo etc.).

Le déséquilibre dans la localisation des ressources en eau de surfaces pérennes contribue à expliquer l'inégale occupation de l'espace agricole malien.



© DNGR- AECID

Photo 8. Puit. Batama, Kéniéba.

2.7.2. LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE NON PÉRENNES

Ces ressources incluent les sites naturelles capables (avec ou sans aménagement) de recueillir des ruissellements et de les conserver dans un certain temps. Ces ressources permettent par exemple, de prolonger ou retarder un tarissement de nappe, d'augmenter par épandage d'eau les surfaces irriguées, de constituer des réserves pour les besoins humains et animaux, de faciliter un maraîchage de contre saison etc.

2.7.3. LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES

Dans la République du Mali on compte neuf systèmes aquifères correspondant aux différents étages stratigraphiques principaux. Selon les types de gisement on peut distinguer (*Carte 13*):

- Les aquifères de type fissuré semi continu ou entièrement discontinu en fonction de la densité, l'extension et le degré d'intercalation des réseaux de fissure affectant la roche encaissante et en fonction des relations hydrauliques avec les

nappes situées dans le recouvrement. Les aquifères semi continu ou discontinu se rencontrent essentiellement dans les régions sud (Sikasso), ouest (Kayes), centre (Koulikoro excepté sa partie nord-est, Ségou dans sa partie sud, Mopti dans sa partie sud) et est du pays (zone sud de la région de Gao et la majeure partie de la région de Kidal dans les massifs de l'Adrar des Iforas).

- Les aquifères de type généralisé associés aux formations peu ou pas consolidées rencontrées dans les vastes bassins sédi-

mentaires (nord-est de Koulikoro, centre et nord de Ségou, centre et nord de Mopti, majeure parties de Tombouctou et Gao).

Les débits moyens des forages dans les aquifères fissurés sont de l'ordre de 5 à 6 m³/h avec des débits spécifiques moyens variant entre 0,4 et 2,1 m³/h/m.

Au niveau des aquifères généralisés, les débits moyens des forages sont de l'ordre de 7,7 m³/h avec plus de 20% des forages répertoriés dépassant les 20 m³/h.

Les débits spécifiques sont généralement compris entre 5 et 10 m³/h/m.

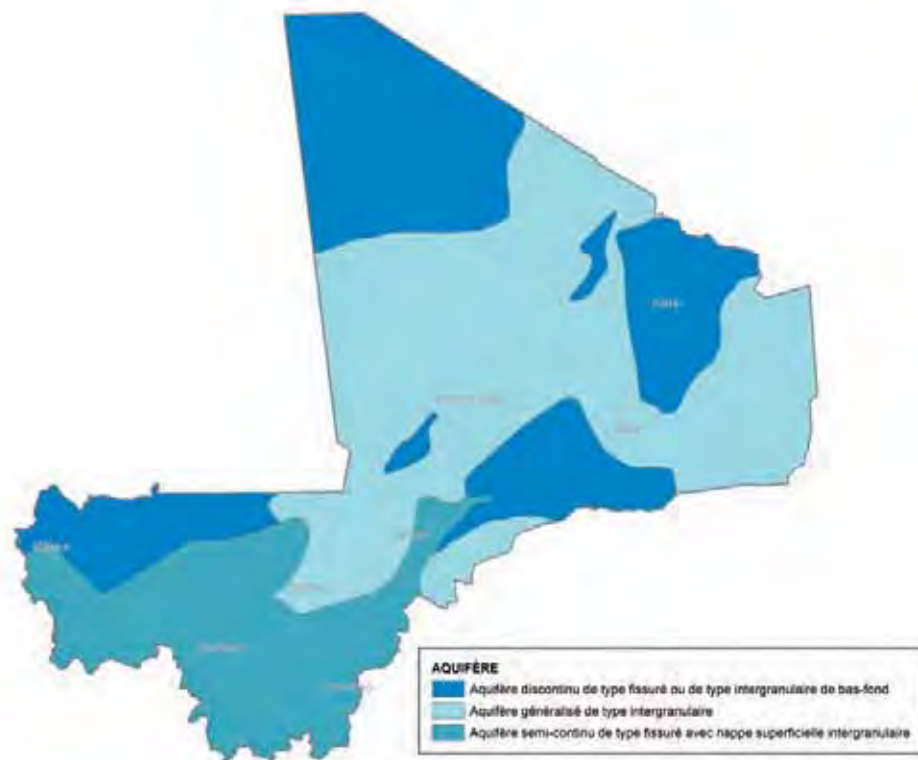
Les ressources en eaux souterraines du Mali sont estimées à 2.700 milliards de m³ de réserves statiques avec un taux annuel de renouvellement évalué à 66 milliards de m³ représentant la principale source pour l'alimentation en eau potable des populations.

Le niveau de mobilisation des ressources en eau souterraine est encore en soit très faible. L'exploitation des eaux souterraines se fait à travers 15.100 forages positifs et 9.400 puits modernes à grands diamètres en 2003. (Observatoire du Sahara et du Sahel, 2011).

Actuellement, les ressources en eaux souterraines dans le secteur

de l'agriculture sont principalement utilisées dans le domaine du maraîchage. Dans les zones périurbaines des grandes villes du pays, là où les nappes phréatiques sont peu profondes des activités de maraîchage à partir des puits se pratiquent depuis longtemps et de façon parfois très intensive. En plus de ces activités de maraîchage, dans le cadre de l'utilisation des eaux souterraines dans le secteur de l'agriculture, l'arboriculture fruitière est à signaler.

Les consommations en eau de tout le secteur de l'irrigation au Mali sont de l'ordre de 4,5 milliards m³/an (Nations Unies, 2006).



Carte 13. DNGR-AECID 2016. «Systèmes aquifères».

3

ANTECEDENTS EN MATIÈRE D'IRRIGATION



Photo 9. Plaine à Kéniéba.

© DNGR-AECID

3.1. SITUATION DE L'IRRIGATION AU SAHEL

3.1.1. ANTÉCÉDENTS

Comme on le voit ci-dessus, dans le contexte du Sahel, désert et aridité sont des caractéristiques principales, alors les risques pour la garantie alimentaire sont aussi très élevés. Tout à fait, cette région dispose de vastes ressources en eau inexploitées. Il faut remarquer que seulement 20% du potentiel d'irrigation du Sahel a été développé puisque actuellement presque un quart des systèmes d'irrigation du territoire sont

délabrés (Diop, 2013). On parle de potentiel d'irrigation (ha) en référence à la surface de terres aptes à l'irrigation, en tenant compte de la disponibilité de ressources en eau (la surface déjà irriguée est comprise dans le potentiel d'irrigation) (Tableau 10).

Cependant, à cause des puissants risques du secteur agricole, ses performances ne sont pas capables de se maintenir à long des temps. Pour l'agriculture sahélienne ces risques sont les pressions innées dépendant de la croissance vélocité de la population, la volatilité des prix des den-

Bassin	Potentiel d'irrigation	% du potentiel	African regions
Congo/Zaire	9.800.000	23	Centre, Est, Sud
Nil	8.000.000	19	Nord, Soudano-sahélienne, Centre, Est
Niger	2.816.510	7	Nord, golfe de Guinée, Centre, Soudano-sahélienne
Zambèze	3.160.380	7	Centre, Sud, Est
Lac Tchad	1.163.200	3	Nord, Centre, Soudano-sahélienne, golfe de Guinée
Rift Valley	844.010	2	Soudano-sahélienne, Est
Sénégal	420.000	1	Golfe de Guinée, Soudano-sahélienne
Volta	1.487.000	3	Golfe de Guinée, Soudano-sahélienne
Orange-Senqu	390.000	1	Sud
Shebelle-Juba	351.460	1	Soudano-sahélienne, Est
Limpopo	295.400	0,5	Sud
Okavango	208.060	0,5	Centre, Sud
Intérieur Sud	54.000	0	Centre, Sud
Côte Nord	2.199.050	5	Nord, Soudano-sahélienne, Est
Côte Ouest	6.268.650	15	Soudano-sahélienne, golfe de Guinée, Centre, Sud
Côte Sud	1.584.200	4	Sud
Côte orientale centrale	1.927.460	4,5	Soudano-sahélienne, Est, Sud
Madagascar et îles	1.534.990	3,5	Îles de l'océan Indien
AFRIQUE	42.504.370	100	

Tableau 10. FAO, 2006. «Potentiel d'irrigation par bassin en Afrique».

MALI

rées alimentaires renforcé par la détérioration climatique, qui se soldent par des cycles répétés de sécheresse, la désertification et des inondations localisées (World Bank, 2015).

Tous les pays du Sahel sont aujourd'hui d'accord sur la nécessité de développer l'irrigation pour réduire la dépendance de la pluie irrégulière et pour pousser la production alimentaire. Les programmes structurels qui ont commencé pendant les années 80 dans la majorité des pays sahéliennes marquent la naissance d'une nouvelle perspective sur l'agriculture africaine (GRAF/GRET/IIED, 2002).

3.1.2. EVOLUTION DE L'IRRIGATION DANS LES PAYS DU SAHEL

La situation de l'agriculture en Afrique subsaharienne est grave. Selon AQUASTAT (FAO, 2005), la productivité moyenne est égale à 56 % de la moyenne mondiale et 80 % des accroissements de production est due à simplement l'accroissement des surfaces cultivées. Cependant citant des données de la FAO (AQUASTAT, 2005) l'irrigation en Afrique en fonction de la superficie cultivée est 6,4% contre le total mondial (18%).

AEI: Surface aménagée pour fournir de l'eau (par irrigation)

aux cultures. Elle comprend les surfaces équipées pour l'irrigation en maîtrise totale ou partielle, les zones basses équipées, et les zones équipées pour l'épandage de crues.

AAI: La zone qui est effectivement irriguée, au moins une fois dans une année donnée. Souvent, une partie de la zone équipée n'est pas irriguée pour diverses raisons telles que le manque d'eau, l'absence des agriculteurs, la dégradation des terres, les dommages et problèmes d'organisation. L'AAI est référée uniquement à des zones physiques ; les terres qui se cultivent et s'irriguent deux fois par an



PAYS	AEI total (ha)	AEI eaux souterraines (ha)	AEI eaux superficielles (ha)	AAI (ha)	AAI/AEI (%)
Burkina Faso	25.000	3.000	22.000	25.000	100
Mali	235.791	1.000	234.791	176.843	74,9
Mauritanie	45.012	4.751	40.261	22.840	50,7
Niger	73.663	1.371	72.292	65.615	89,0
Sénégal	119.680	10.218	109.462	69.000	57,6
Tchad	30.273	6.000	24.273	26.200	86,5
SAHEL	529.419	26.340	503.079	385.498	76,5

Tableau 11. Siebert et al., 2015. «Surfaces d'irrigation dans les pays du Sahel».

comptent seulement une fois. La actualisation des données (FAO, 2016) permettre comparer le développement de l'irrigation dans le Sahel avec les grandes surfaces arrosées de Mali et Sénégal. Au même temps, la relation entre la superficie équipée et cela irriguée a surpassé 80% dans la Burkina, le Niger et le Tchad mais reste dessous 60% au Sénégal et au Mauritanie (Siebert et al., 2015) (Tableau 11) (Graphique 4 et 5).

Pendant la saison sèche, les eaux de surface sont la source principale utilisée pour près de 95% des surfaces irriguées dans la

zone soudano sahélienne. C'est pourtant possible d'affirmer que l'arrosage avec des eaux souterraines n'est pas encore surexploitée (au Tchad ils signifient le 20% de la superficie arrosée).

Les grands périmètres arrosés, ont été développés près des larges fleuves, surtout par initiative publique des États. Leur gestion est normalement confiée aux associations d'irrigants, mais les périmètres sont rapidement déficitaires dû à la dégradation des infrastructures, lesquelles demandent des nouveaux investissements étatiques.

manque d'entretien. Ils existent des grandes différences entre le soutien et la durabilité des périmètres moyennes-grands et les petits-moyennes périmètres. Par rapport au concept d'efficacité économique de l'eau les petits périmètres irrigués sont plus rentables. L'irrigation doit être dessiné et planifié avec la connaissance profonde des caractéristiques du terrain et des infrastructures, des impacts environnementaux associés et de la société rurale où l'installation est localisée.

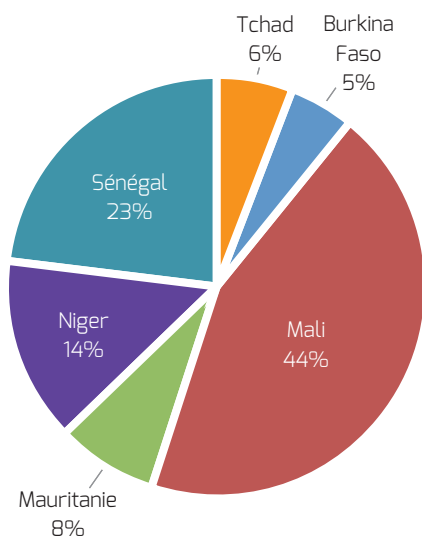
3.2. SITUATION DE L'IRRIGATION AU MALI

3.2.1. EVOLUTION DES POLITIQUES LIÉS À L'IRRIGATION

Au cours des vingt-cinq dernières années, le Gouvernement du Mali a entamé un processus de décentralisation administrative et de transfert de compétences pour promouvoir le développement rural.

Le Schéma Directeur du Développement Rural (SDDR¹) fut approuvé en 1992, en tant que point de départ de ce processus, dont

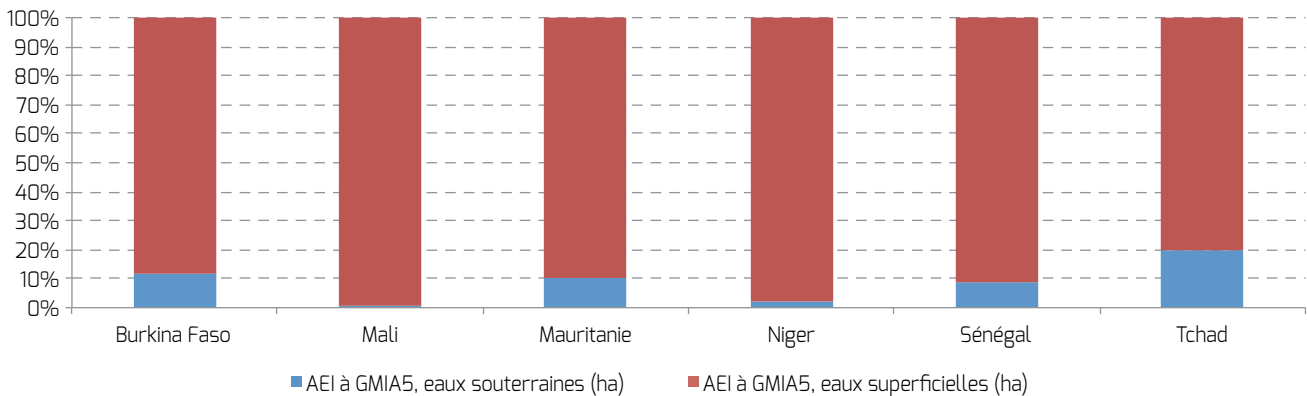
AEI À GMIA5, TOTAL (%SAHEL)



Graphique 4. Siebert et al., 2015. «AEI (% relative)».

Depuis les années 80 une grande quantité de périmètres irrigables de petite et moyenne dimension ont été mené à bien. Ces sont promus par les gouvernes directement ou parmi différentes organisations nationales e internationales. Les processus ont été participatifs, avec une grande participation des populations affectées. Ces areas sont moins onéreuse, mais une grande partie des périmètres de cette taille présentent aussi avec le passage du temps un mauvais état de conservation en raison du

1. MAEE 1992.



Graphique 5. Siebert et al., 2015. «AEI (% relative) avec des eaux souterraines et superficielles».

l'objectif général était d'améliorer les revenus et les conditions de vie des personnes afin de contribuer au développement humain durable et équitable. Le SDDR proposait un programme d'action en matière d'infrastructures rurales et d'irrigation qui fut mis partiellement en œuvre.

En 1997 le Gouvernement du Mali décida d'appliquer une politique active pour accélérer la croissance économique au travers d'actions globales et sectorielles. Ceci donna lieu à l'élaboration de la Stratégie de Croissance Accélérée et de Développement², à l'horizon 2010. En ce qui se rapporte à l'irrigation, cette stratégie était centrée sur l'amélioration des infrastructures, de l'équipement de base et de la production.

Un an plus tard, en 1998, le Gouvernement centra ses politiques de lutte contre la pauvreté dans la rédaction d'un document, Stratégie de Lutte contre la Pauvreté³, qui recueillait des propositions faites au sujet de la popula-

tion plus défavorisée. Certaines d'entre ces mesures favorisaient la création de nouveaux systèmes d'irrigations, l'amélioration des réseaux en place ainsi que l'accès à la terre des populations plus défavorisées, à travers des mécanismes financiers.

La Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNE⁴), rédigée la même année (1998), cite comme indispensables, entre autres, en matière d'irrigation, la protection de l'environnement dans le milieu rural, la gestion durable de l'irrigation et l'évaluation de l'impact environnemental des travaux.

Depuis 1999, le Gouvernement du Mali adopte comme directive principale la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (SNDI⁵). Celle-ci représente un des principaux outils de mise en œuvre des programmes et actions antérieures. L'importance de la SNDI réside dans sa considération de l'irrigation comme étant un des moyens les plus efficaces pour assurer la sécurité alimentaire, l'amélioration de l'alimentation

de la population, la réduction des importations, l'augmentation des revenus ruraux et la réduction de l'émigration et de l'exode rural.

Parallèlement, le pouvoir a subi une décentralisation progressive de l'État vers différents organismes, en favorisant ainsi la flexibilité des différentes politiques et initiatives développées. Actuellement, la DNIGR, c'est le service technique en matière d'irrigation, qui assume les compétences en ce domaine.

La Politique de Développement Agricole (PDA) adoptée en août 2013, a comme objectif général «Contribuer à faire du Mali un pays émergent où le secteur Agricole est un moteur de l'économie nationale et garant de la souveraineté alimentaire dans une logique de développement durable (FAO, 2013). La PDA se fonde sur la promotion d'une Agriculture durable, moderne et compétitive reposant prioritairement sur les Exploitations Agricoles Familiales (EAF) et les Organisations Professionnelles Agricoles (OPA) reconnues et sé-

2. Ministère de l'Économie, du Plan et de l'Intégration 1997.

3. Ministère de l'Économie, du Plan et de l'Intégration 1998a.

4. ME 1998.

5. MDR, 1999. Révision Novembre 2007.

curisées ainsi que sur le développement d'Entreprises Agricoles (EA). La maîtrise et la mobilisation des ressources en eaux (superficielle et en souterraine) ainsi que leur exploitation optimale aux fins de mener des activités Agricoles, constituent l'une des orientations stratégiques majeures de la PDA. Elles doivent contribuer à affranchir au maximum, la production Agricole des aléas climatiques.

Sur le plan juridique, le dispositif principal actuellement en œuvre est la Loi d'Orientation Agricole (LOA)⁶. Celle-ci définit le cadre général de développement agricole du Mali jusqu'à l'horizon 2025 du point de vue des actes décrétés par les «Etats Généraux du Monde Rural» de 1991, de la décentralisation et des autres grandes tendances de développement économique et social du pays. Elle tient compte des activités agricoles au sens le plus large et des intrants et consommations de l'agriculture dont dépend sa pratique (recherche, financement, transformation, commercialisation, transport, etc.).

Pour l'opérationnalisation de la LOA, le Gouvernement du Mali a élaboré un Programme National d'Investissement dans le Secteur Agricole (PNISA) avec l'ensemble des PTF. Cette programme et la formulation de la politique de développement agricole, intègrent le Plan National d'Investissement Prioritaire du Secteur Agricole du Mali (PNIP-SA).

Avec un coût total évalué à 6918 milliards de FCFA pour la période 2015 -2025, le PNISA comporte,

entre autres, plusieurs volets dont la mise en œuvre contribuera au développement de notre agriculture. C'est le cas du programme renforcement des capacités. L'objectif visé à travers ce volet est d'avoir des acteurs professionnels disposant des ressources humaines, matérielles et financières leur permettant d'entreprendre de manière efficiente leurs activités.

Le document «Cadre Stratégique pour la Relance Economique» (CREDD 2016-2018), est une relecture du troisième document «Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté (CSCR-3 2012-17) du Fond Monétaire International (FMI), mis en place par le gouvernement en décembre 2011. Ce document prend en compte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) et s'inscrit dans la perspective des Objectifs du Développement Durable (ODD) à l'horizon 2030, adoptés en septembre 2015 par la communauté internationale. Il est très important pour la relance économique et le développement durable au Mali sur la période 2016-2018. Sa mise en œuvre comporte 2 axes préalables, 3 axes stratégiques, 13 domaines prioritaires et 38 objectifs spécifiques. Le premier axe stratégique du CREDD est la «promotion d'une croissance inclusive et durable, et l'agriculture, l'élevage, la pêche et la sécurité alimentaire sont des domaines prioritaires.

En prélude à la formulation effective du PNISA, le Programme Gou-

vernementale d'Aménagement (PGA) de 100.000 ha projeté sur la période 2014-2018 doit assurer la cohérence et la synergie de différentes interventions dans le sous-secteur de l'irrigation. Sa mise en œuvre contribuera à l'atteinte de deux objectifs spécifiques majeurs de la PDA à savoir:

1. La maîtrise et la mobilisation des ressources en eaux de surface et souterraines.
2. La protection des exploitations agricoles contre les risques Agricoles.

Le Programme s'appuie sur la sous composante SC 2.4. du PNISA à savoir «Aménagements et infrastructures Agricoles», et sur la 4^{ème} orientation stratégique de la PDA à savoir «Développement des Investissements dans le secteur Agricole». Il corrige aussi les objectifs du PNIP-SA sur les Aménagements Hydroagricoles (AHA).

Depuis 2012, le Programme National d'Irrigation de Proximité (PNIP) a surgi pour lever les contraintes qui freinent le développement de l'irrigation de proximité construits grâce à des fonds provenant essentiellement de PTF. Le PNIP devrait aménager 126.000 ha sur 10 ans et contribuer à la valorisation des produits bruts et transformés issus de l'Irrigation de proximité.

Les principes directeurs du PNIP s'appuient sur ceux de la SNDI et visent à la responsabilisation des acteurs dans tout le processus de mise en œuvre d'un cadre de dé-

6. République du Mali. 2005.

centralisation effectif⁷. Les quatre principes directeurs sont: une demande motivée, un aménagement durable et efficient et finalement, un développement décentralisé et déconcentré harmonisé.

Le Comité National d'Orientation et de Suivi (CNOS) c'est une commission composée par représentants de la DNGR et des PTF et a pour mission améliorer les documents (Rapport/Plan d'action) et faire le bilan des actions, et élaborer le PNIP.

En appui à aux orientations stratégiques sectorielles du Gouvernement du Mali en matière d'irrigation, l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement (AECID) finance depuis 2007 le Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation (PASNDI). Le PASNDI est un travail menée

conjointement par la Direction Nationale du Génie Rural du Ministère de l'Agriculture de la République du Mali et la «Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo» (AECID), exécuté au travers le Groupe TRAGSA (Transformaciones Agrarias S.A). Parmi les activités du PASNDI se trouve l'élaboration du Schéma Régional de l'Irrigation de Kayes (SDIRK), et la publication courant.

3.2.2. GÉNÉRALITÉS SUR L'IRRIGATION AU MALI

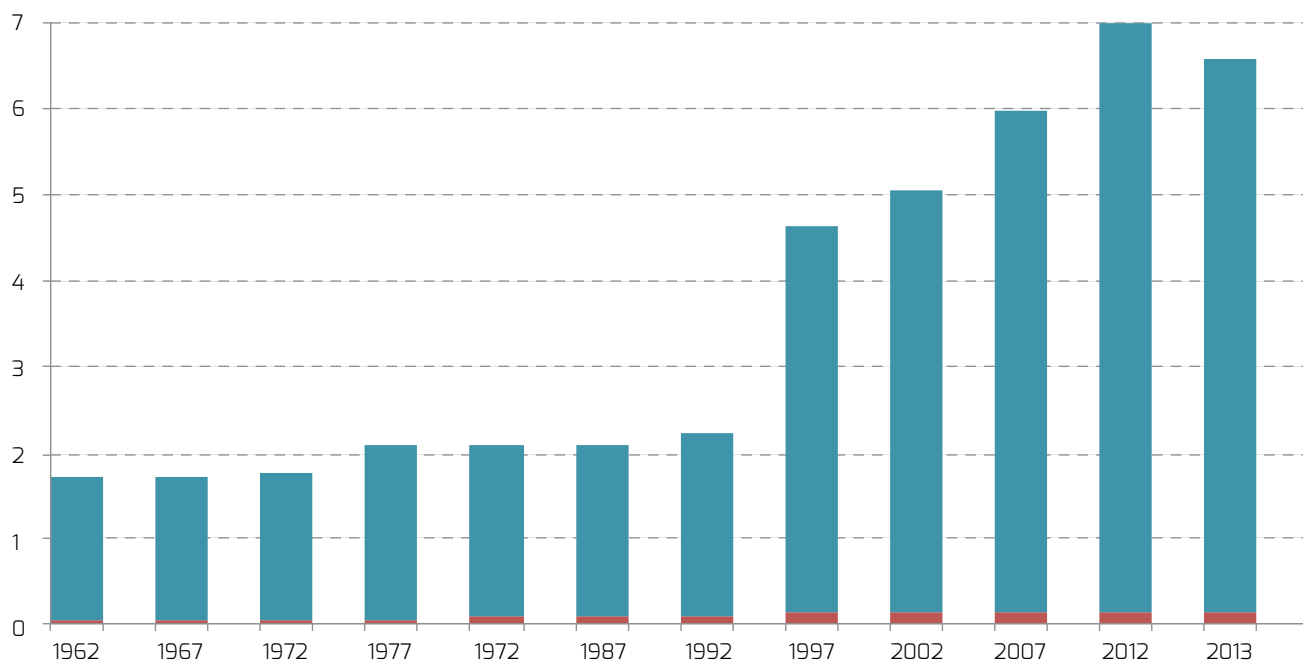
La surface cultivée a quadruplé depuis les années 60, en particulier les terres arables (*Graphique 6*). Cependant, cette augmentation n'a été pas accompagnée d'un accroissement dans les rendements.

Du total de la surface cultivée, le 5% (235.791 ha) sont terres équipées pour l'irrigation dont 41% se trou-

vent à la région de Ségou et sont inexistantes par exemple, à Kidal.

Excepté les périmètres maraîchers, les aménagements avec maîtrise totale de l'eau sont localisés le long du fleuve Sénégal pour la région de Kayes et du fleuve Niger pour les régions de Koulikoro, Ségou, Mopti, Tombouctou et Gao, et sur le Letio et le Bagoé pour la région de Sikasso. Ceux pour la région de Kidal sont constitués essentiellement de périmètres maraîchers et des périmètres de dattiers et palmiers.

Les aménagements de submersion contrôlée sont localisés le long du fleuve Niger et ses affluents pour les régions de Koulikoro, Ségou, Mopti, Tombouctou et Gao, les abords du Magui, du Kolombiné et du Térékolé pour la région de Kayes et le Letio et le Bagoé et leurs affluents pour la région de Sikasso.



Graphique 6. FAO, 2015. «Évolution de surfaces cultivées au Mali (million d'ha)».

7. Article 85 LOA et conformément aux dispositions de la SNDI.

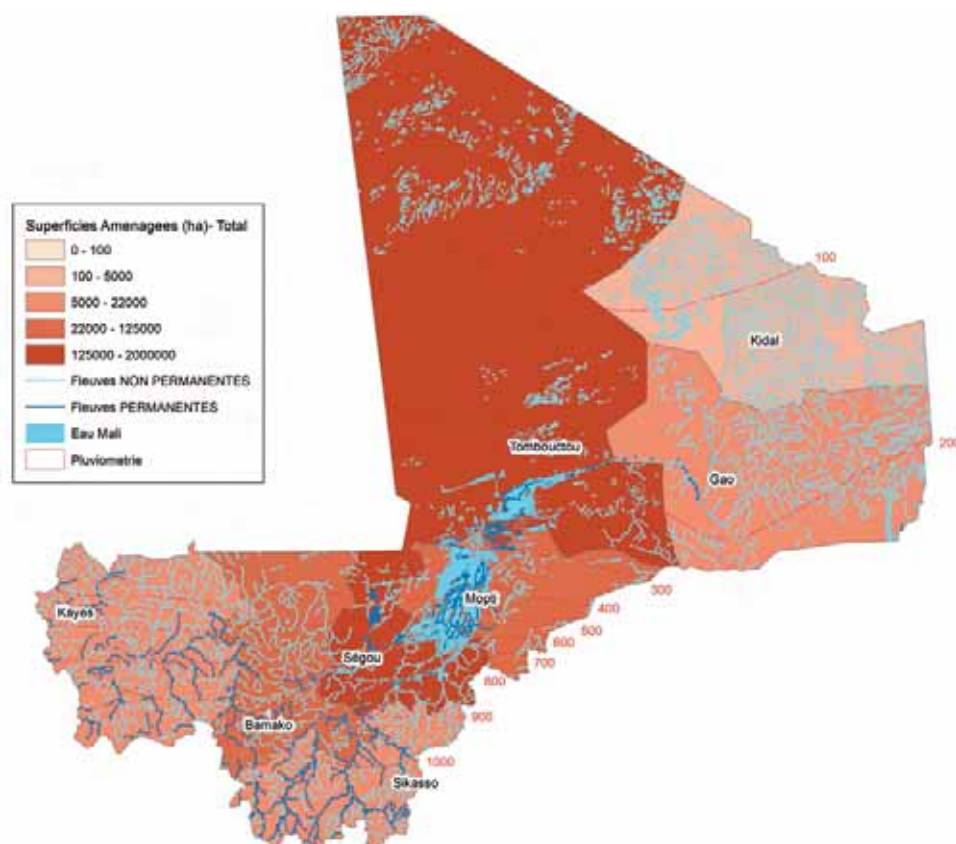
Designation	Resultats obtenus en termes de superficies aménagées (ha)					Totale
	Maîtrise totale		Submersion contrôlée (GA)	Bas-fonds	Périmètre maraîcher ⁸	
Regions	GA (>100)	AP (<100)				
Kayes	882	997	202	3.604	131	5.685
Koulikoro	5.464	1.070	10.181	5.858	285	22.573
Sikasso	1.061	222	6.813	9.761	117	17.857
Ségou	131.187	575	44.718	14.409	175	190.889
Mopti	2.826	6.693	61.581	1.759	144	72.859
Tombouctou	6.664	37.975	59.133	24.748	33	128.520
Gao	-	1.344	16.303	270	28	17.917
Kidal	-	27	-	84	13	111
Total Pays	148.084	48.903	198.931	60.493	926	4.561

Tableau 12. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'irrigation par région au Mali». GA: Grand Aménagement. AP: Aménagement de proximité.

Les aménagements de bas-fonds sont disséminés un peu partout dans les hautes vallées du fleuve Sénégal pour la région de Kayes, du fleuve Niger et ses affluents

(Bani, Bagoé, Banifing etc.) pour les régions de Koulikoro, Ségou et Mopti, les mares et oasis pour les régions de Tombouctou, Gao et Kidal (Tableau 12) (Graphique 7 et 8).

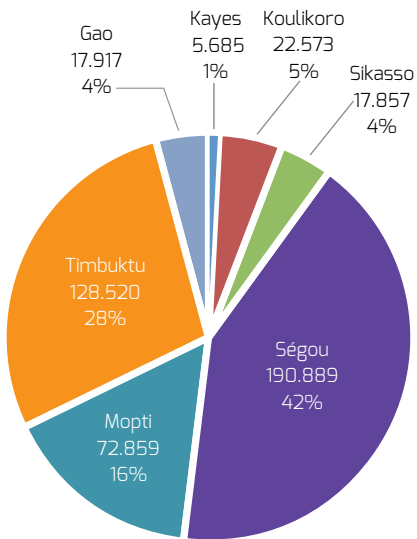
Pour une meilleure visualisation de ces données, les cartes suivantes sont présentées sur la base du tableau ci-dessus (Carte 14, 15, 16, 17 et 18).



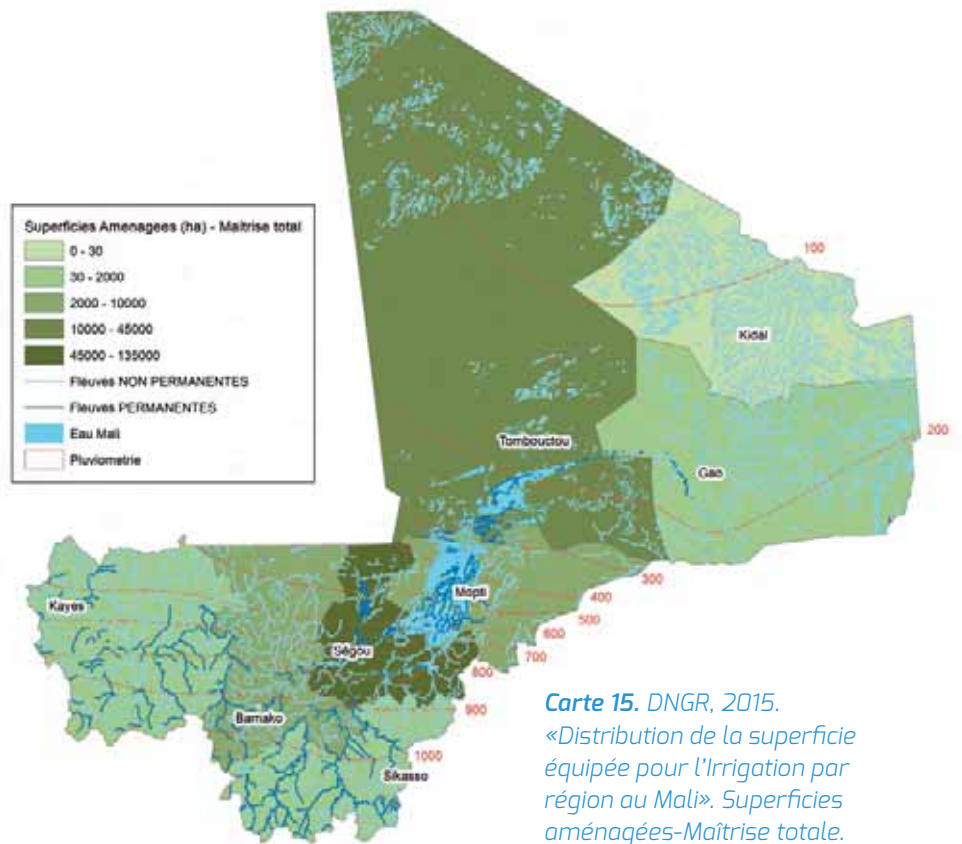
Carte 14. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'irrigation par région au Mali». Superficies aménagées totales.

8. Les résultats des aménagements des périmètres maraîchers sont capitalisés avec ceux des AP avec maîtrise totale de l'eau.

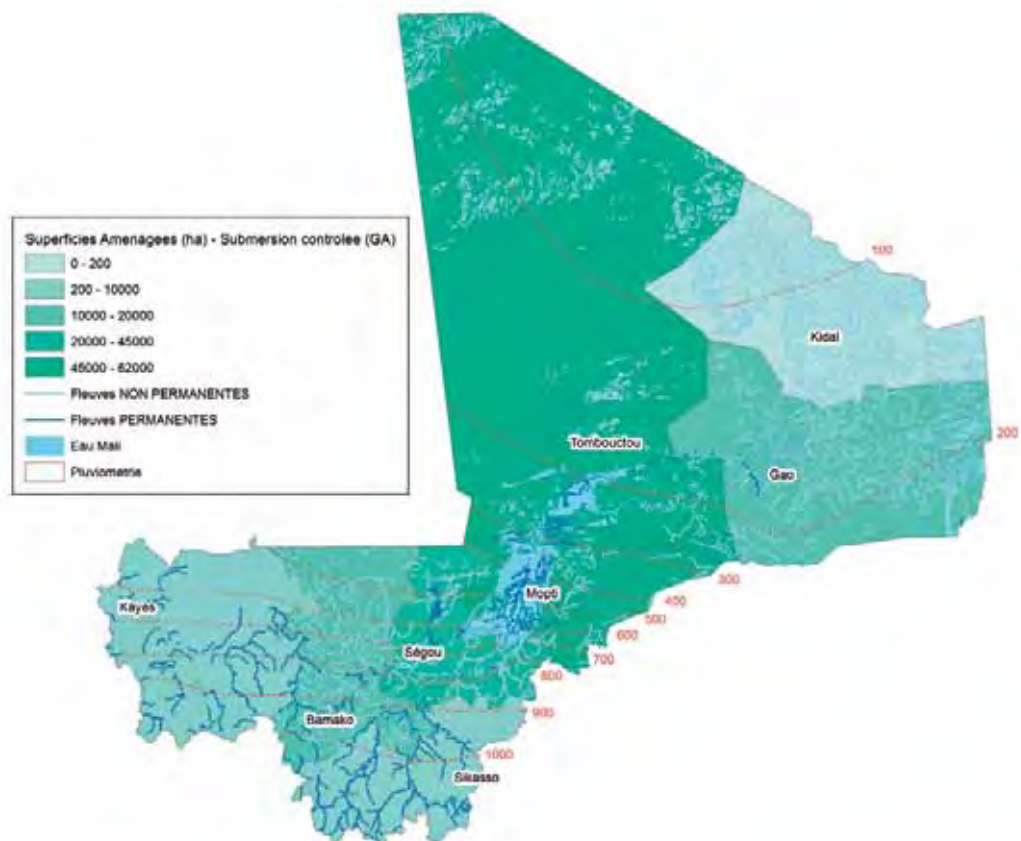
**SUPERFICIES AMENAGEES (ha)
TOTAL**



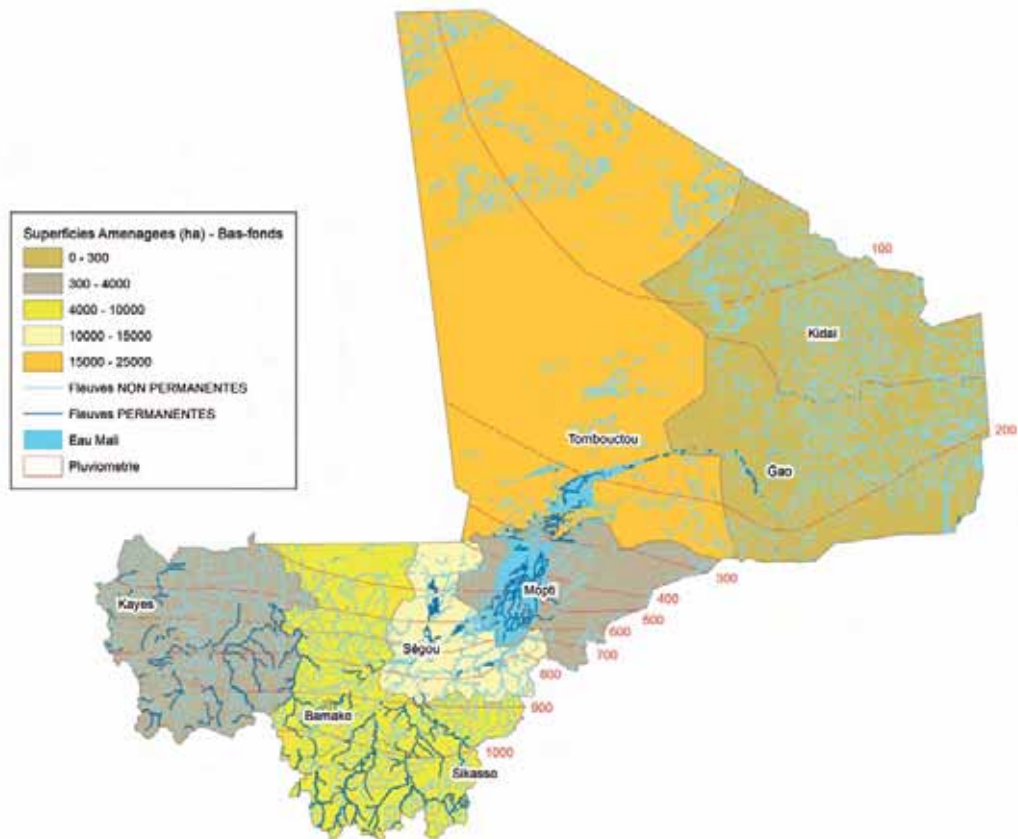
Graphique 7. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'irrigation par région au Mali». Superficies aménagées totales.



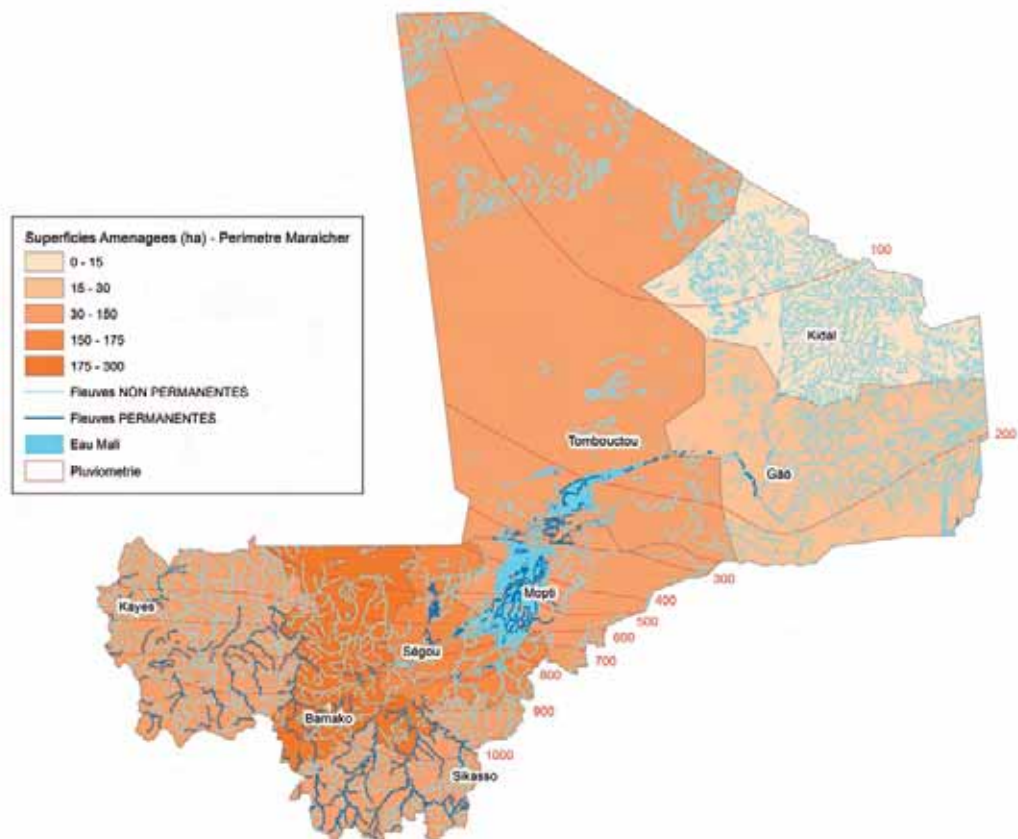
Carte 15. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'irrigation par région au Mali». Superficies aménagées-Maîtrise totale.



Carte 16. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'irrigation par région au Mali». Submersion contrôlée dans les grands aménagements.

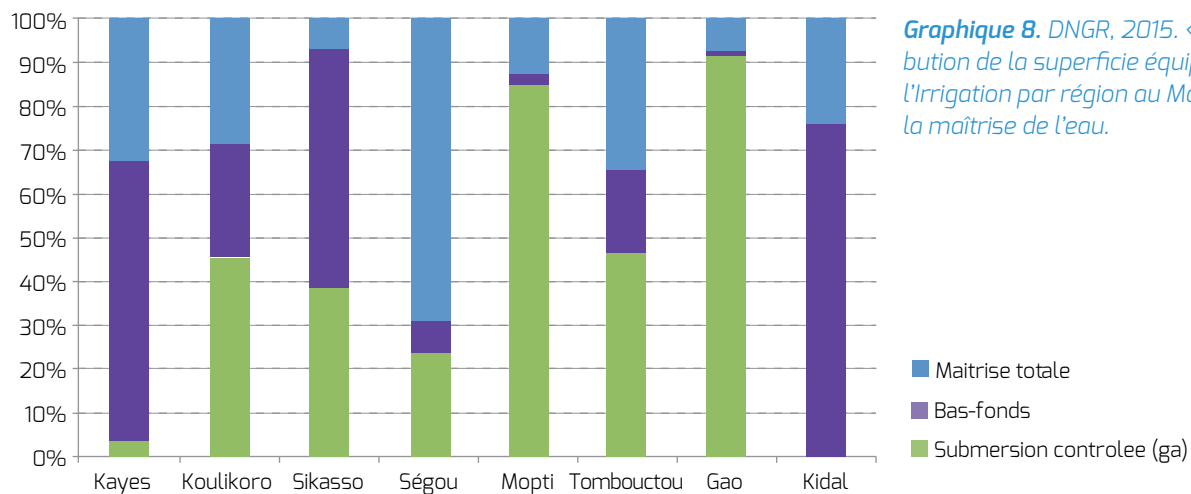


Carte 17. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'Irrigation par région au Mali». Bas-Fonds



Carte 18. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'Irrigation par région au Mali». Périmètre maraîcher.

EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI: BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION, RÉALISATION ET GESTION DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES



Graphique 8. DNGR, 2015. «Distribution de la superficie équipée pour l'Irrigation par région au Mali». Selon la maîtrise de l'eau.

En se référant à la taille des aménagements et exploitations, les valeurs de référence sont les suivantes (**Tableau 13 et 14**).

Par rapport à l'origine des eaux pour l'irrigation, le 99,4% de la surface est irriguée avec des eaux de surface selon les dernières données disponibles d'AQUASTAT, FAO 2000.

Classifications		Taille (approchée)
Grandes Aménagements (GA)	Grands périmètres	surface >200 ha
	Moyens périmètres	100 ha <= surface <= 200 ha
Aménagements de Proximité (AP)	Périmètres Irrigués Villageois (PIV)	50 < surface < 100 ha
	Petits Périmètres Irrigués Villageois (PPIV)	surface <= 50 ha

Tableau 13. DNGR, 2016. «Tailles (approchée) des aménagements avec maîtrise totale de l'eau au Mali».

Type d'exploitations	Taille (approchée)
Grandes exploitations	>= 10 ha
Exploitations moyennes	5 <= surface < 10 ha
Petites exploitations	0,25 <= surface < 5 ha
Jardins familiaux (périmètres maraîchers -PM-)	<0,25 ha

Tableau 14. Programme Compétitivité et Diversification Agricoles, 2014. «Tailles (approchée) des exploitations au Mali».

4

SYSTÈMES D'IRRIGATION AU MALI

Il existe une terminologie variée pour désigner les types d'irrigation au Mali. Souvent on trouve un mélange des unités d'irrigation et/ ou de technologies d'irrigation avec des facteurs économiques et sociaux.

4.1. DEFINITIONS DES UNITÉS D'IRRIGATION

Puis on présente les définitions, en tenant compte que la tendance actuelle est la classification des nouvelles typologies de la Déclaration de Dakar.

Les définitions des unités d'irrigation utilisées par les différentes institutions mondiales avec implication dans les aménagements au Mali sont:

Irrigation Informelle (FAO, 2007a): c'est un terme utilisé dans les publications de la FAO pour définir une agriculture irriguée non répertoriée à petite échelle, qui utilise

les ressources humaines et les technologies locales, traditionnelles ou adaptées de technologies importées. Le cadre est familial ou collectif, mais toujours privé.

En relation aux techniques d'irrigation, ils sont très variées, mais aussi très exigeantes en main-d'œuvre non salariée.

Les résultats économiques peuvent être positifs, malgré l'absence de subventions gouvernementales, parce que les agriculteurs informels ont des coûts opérationnels faibles: baisse d'investissement, non-paiement pour l'eau et main-d'œuvre familiale non valorisée.

L'étude de Drechsel et al. 2006 (FAO, 2007b), rapporte les résultats de l'activité informelle de maraîchage en zone urbaine et périurbaine par unité de production et les revenus sont supérieurs qu'au niveau national.

Petit Irrigation Privée (Gadelle, F.): selon la Banque Mondiale sont des irrigations de petite taille (au maximum 2 ha), jamais cultivées collectivement dont la terre est attribuée individuellement aux exploitants. Il y a cinq typologies des périmètres irrigués privés:

- La petite exploitation maraîchère irriguée manuellement (arrosoir, calebasse...).
- L'exploitation maraîchère à pédales de 0,2 à 0,4 ha.
- L'exploitation maraîchère avec une pompe à moteur deux temps (1 – 2 ha).
- L'exploitation maraîchère et fruitière avec une motopompe diesel de 5 à 12 CV.
- L'exploitation rizicole mécanisée dans le delta du fleuve Sénégal.



Photo 10. Reservoir. Ville de Kayes, Kayes.

MALI

Ville	Revenu mensuel net moyen par unité de production, en dollars EU	Revenu national mensuel net par habitant, en dollars EU
Accra (Ghana)	40-57	27
Bamako (Mali)	10-300	24
Cotonou (Bénin)	50-110	36
Dakar (Sénégal)	40-250	46
Kumasi (Ghana)	35-160	27
Lomé (Togo)	30-300	26
Niamey (Niger)	40	17
Ouagadougou (Burkina Faso)	15-90	25
Yaoundé (Cameroun)	34-67	33

Tableau 15. FAO, 2007b. «Comparaison des revenus issus du maraîchage urbain et périurbain avec les revenus moyens».



Irrigation à Petit Échelle (UNESCO, 2010):

selon la FAO l'unité de Gestion de l'Irrigation à Petite Échelle (GIPE) est généralement une parcelle d'une superficie inférieure à 0,5 ha. Les systèmes de GIPE peuvent être gérés soit par un exploitant individuel soit par des groupes, des communautés. Les zones prioritaires pour la GIPE sont les zones arides, semi-arides et subhumides, là où une petite quantité d'eau d'irrigation entraîne

une augmentation significative du rendement.

Irrigation de Proximité: tout aménagement hydroagricole identifié et réalisé avec l'implication des communautés locales, visant à créer des zones de production agricole rentables, exploitables et gérables de façon durable par les bénéficiaires eux-mêmes.

L'Irrigation de Proximité (IP) est un terme utilisé par la DNGR au Mali.

4.2. CLASSEMENT DES AMÉNAGEMENTS

Le classement des aménagements existants au Mali est basé sur différents critères prises des diverses sources consultées (voir bibliographie). La combinaison de ces critères a créé des différentes typologies.

Au Mali les principaux sont, selon les différents critères:

TAILLE

- ✓ Grande (> 200 ha)
- ✓ Moyenne (100 ≤ surface ≤ 200 ha)
- ✓ Petit (≤ 50 ha)

PARTICIPATION

- ✓ Publique
- ✓ Privé
- ✓ Mixte

GESTION

- ✓ Collectif
- ✓ Individuelle
- ✓ Familiale

DESTINATION DE LA PRODUCTION

- ✓ L'autoconsommation
- ✓ Le marché local
- ✓ L'agro industrie ou agrobusiness
- ✓ Mixtes

PRACTIQUES DE CULTURE BASSÉS SUR LA SUBMERSION

- ✓ Maîtrise partiel
- ✓ Maîtrise total
- ✓ Submersion traditionnelle

INVESTISSEMENTS DES MATÉRIELS

- ✓ Low- cost (faible coût)
- ✓ Traditionnelle
- ✓ Moderne
- ✓ Industrielle

PRACTIQUES DE CULTURE SELON CONDITIONS HYDROLOGIQUES, GÉOMORPHOLOGIQUES ET CLIMATIQUES (DNGR)

Groupe 1: Systèmes irrigués autour des **grands fleuves**.

- Périmètres Irrigués Villageoises (PIV) ;
- Submersion contrôlée;

Groupe 2: Aménagements des **bas-fonds**.

- Prise au fil de l'eau.
- Seuil d'épandage de crue.
- Petits barrages ou retenues d'eau.
- Bas fonds aménagés avec diguettes en terre – courbes de niveau.

Groupe 3: Aménagement des **mares**.

Groupe 4: Ouvrages de rétention d'eau dans les **oueds et oasis**.

Groupe 5: Petits Périmètres **Maraîchers** (PPM).

METHODE D'APPLICATION DE L'EAU

I. IRRIGATION GRAVITAIRE/ou de SURFACE:

- a. Par planche (surfaces plus grandes et inclinaisons de 0,2- 3%)
- b. Par bassin. (surfaces plus petites de 40-50 m² et inclinaisons de 0,1-1%)
- c. **A la raie ou par rigole** (inclinaisons de 0,2-3% et sillons séparés de 0,6-1,25 m selon culture et nature des sols)

(Avec siphon, gaine souple, par rampe à vannettes, par système californien, etc.)

II. IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE:

- Par goutteur ou gaine.
- Par Diffuseur.
- Par orifice calibré ou ajutage.
- Par micro-asperseur ou micro-jet.

III. IRRIGATION PAR ASPERSION:

- Rampes Fixes: permanentes, semi-portatives ou rampes portatives
- Rampes Mobiles: pivotantes, frontales, sur roues ou enrouleurs.

4.3. TYPOLOGIE DES SYSTÈMES IRRIGUÉS AU MALI

Ils existent différents typologies selon les différentes classifications qu'ont été faites au fil du temps par les différents institutions et organisations. Premièrement on trouve le classement global classique, pour continuer avec les classements qui ont fait plus tard la DNGR-PNIP, la déclaration de Dakar et le programme Sahel Irrigation Initiative Program (SIIP). Ensuite elles sont développées en profondeur. Les critères sont variées dans les différents classifications ci-dessus: control du débit de l'eau ; conditions géomorphologiques, hydrologiques et climatiques, degré de maîtrise de l'eau etc.

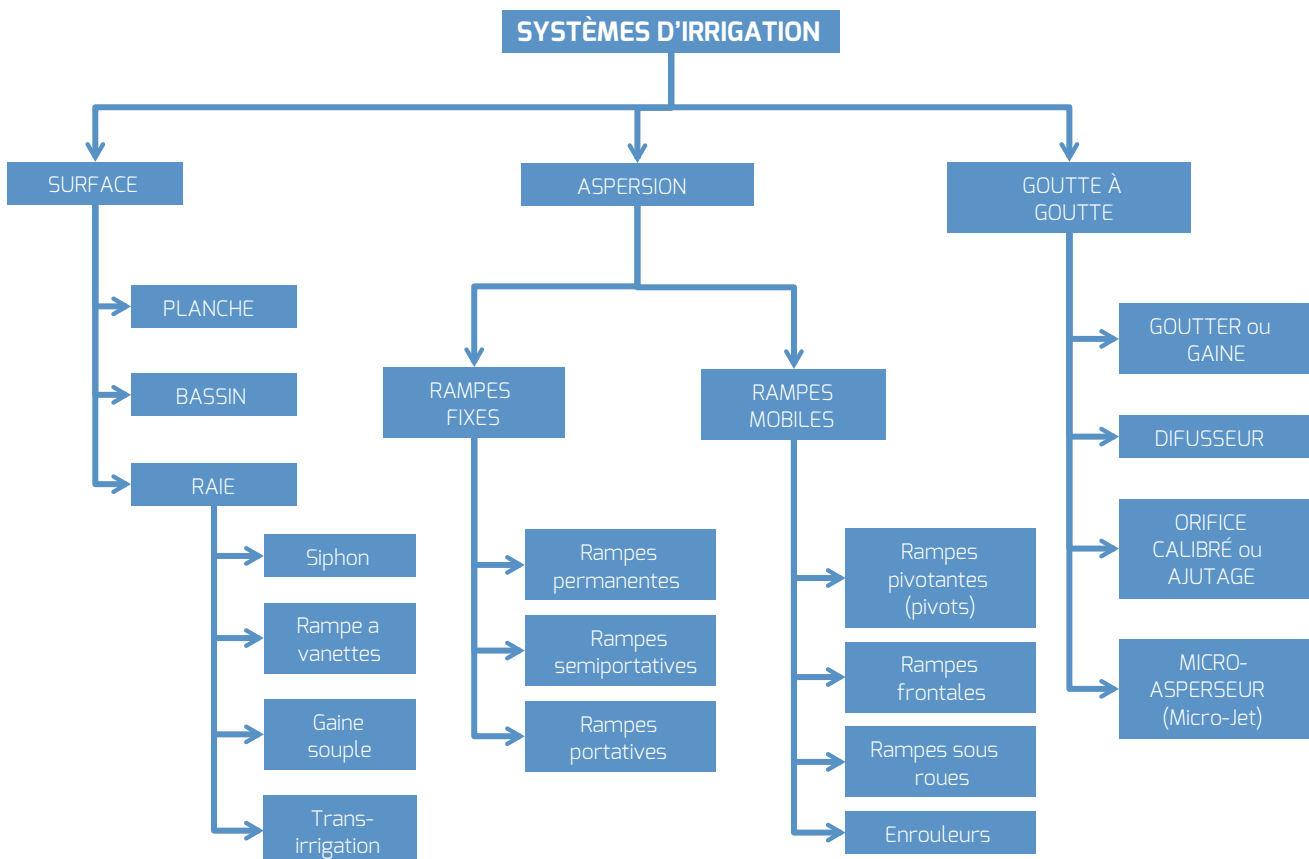
4.3.1. CLASSEMENT GLOBAL CLASSIQUE

Le classement classique de l'irrigation est basé principalement dans un gradient de control du débit d'eau, consommation d'énergie et modernité. Selon ce classement, les trois grandes classes d'irrigation sont (*Graphique 9*):

1. Irrigation de surface. Ce système est détaillé dans la Fiche Technique 1, dans l'Annexe 1.
2. Irrigation par aspersion. Ce système est détaillé dans la Fiche Technique 2, dans l'Annexe 1.
3. Irrigation goutte à goutte. Ce système est détaillé dans

la Fiche Technique 3, dans l'Annexe 1.

Chacune possède ses caractéristiques plus o moins adaptées aux conditions des agriculteurs en base à la disponibilité d'eau, les conditions physico-chimiques des ressources, la topographie des parcelles, la nature du sol, le budget, les facteurs socio-économiques, la capacité d'entretien etc. Avant d'adopter une solution technique, on devra pondérer les diverses facteurs pour prendre la décision correcte afin de développer l'irrigation dans une région concrète.



Graphique 9. AZOUGGAGH, M. (2001). «Classement classique des systèmes d'irrigation».



© DNGR- AECIO

Photo 11. Canal primaire. Somankidi Coura, Kayes.

4.3.2. CLASSEMENT DE LA DNGR-PNIP

Le Programme National d'Irrigation de Proximité (PNIP, 2012-2021) est composé par des exploitants des aménagements hydro agricoles de proximité, des transformateurs de produits de l'irrigation de proximité et de certains acteurs de leur commercialisation. Le défi du PNIP est de lever les différentes contraintes qui freinent le développement de l'irrigation.

Les systèmes irrigués décrits par la DNGR dans le PNIP sont clas-

sifiés en cinq groupes, selon les conditions hydrologiques, géomorphologiques et climatiques au Mali⁹.

GROUPE 1. Systèmes irrigués autour des grands fleuves

Au milieu des années 80, a commencé la construction des Périmètres Irrigués Villageois (PIV) le long du fleuve Sénégal, à la Région de Kayes à la suite de la sécheresse au Sahel 1974 et 1982. Après les accords de paix 1994, plusieurs PIV autour du fleuve Niger ont été réalisés.

Ce nouveau système de production agricole est venu enrichir le système national existant, contribuant ainsi positivement à la résolution du déficit céréalier dû à une dépendance accrue de l'agriculture aux facteurs climatiques indépendamment de la pluviométrie, avant, pendant ou après la saison des pluies.

Selon le site, deux types d'aménagements peuvent être proposés autour des grands fleuves: les périmètres irrigués villageois et la submersion contrôlée.

9. Programme National d'Irrigation de Proximité. PNIP. Ministère de l'Agriculture. République du Mali. 2012.

Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation-PASNDI-2ème phase. SDIRK: Schéma Régional de l'Irrigation de Kayes. Chapitre 4.7 Systèmes d'irrigation. Ministère de l'Agriculture. République du Mali. 2010.



Photo 12. Bas-Fond. Faraba, Kéniéba.

© DNGR- AECIO

Les périmètres irrigués villageois (PIV)

Ces aménagements se caractérisent par le contrôle total sur la disponibilité de l'eau à partir du pompage pris d'une source d'eau pérenne. Les PIV sont de petite taille (50-100 ha) et les surfaces sont morcelés en nombreuses parcelles afin d'assurer à un maximum d'attributaires une production de complément aux cultures pluviales.

Généralement la culture principale est le riz, mais il y a aussi des cas de diversification culturale en contre-saison ou de maraîchage (dans les périmètres exploités par les femmes notamment).

Ce système est détaillé dans la *Fiche Technique 4, dans l'Annexe 1.*

La submersion contrôlée

La submersion contrôlée est pratiquée en bordure du fleuve, essentiellement dans les régions de Ségou et Mopti (au Mali). La submersion contrôlée protège les casiers des crues du fleuve, par la construction de digues de ceinture, dotées de vannes afin de régulariser la montée des eaux des crues et pour drainer les périmètres en période de décrue. Les cultures sont à la fois tributaires de la pluie (pour la date de semis) et de la crue (dont l'arrivée doit coïncider à un certain stade de croissance des plants).

Le riz flottant, le riz dressé ou le bourgou sont cultivées selon le niveau de la nappe d'eau provoquée par la crue du fleuve.

Ces aménagements sont simples et de faible coût d'investissement.

Ce système est détaillé dans la *Fiche Technique 5, dans l'Annexe 1.*

GROUPE 2. Les aménagements de bas-fonds

Les bas-fonds sont un type d'aménagement à maîtrise partielle basé sur la mobilisation des eaux de ruissellement des vallons à des fins agricoles et pastorales, grâce à des micro-barrages. C'est une technique

pour retenir une lame d'eau uniforme pendant une période plus longue, éviter l'érosion en nappe des sols, permettre l'exploitation rizicole, et comme mesure d'accompagnement aux aménagements de petits barrages pour permettre l'exploitation des versants et éviter l'érosion et l'ensablement de la retenue d'eau. Les bas-fonds, au contraire d'autres aménagements utilisent les cours d'eau temporaires.

En fonction des conditions hydrologiques, pédologiques et topographiques, plusieurs possibilités d'aménagement sont aujourd'hui développées suivant l'option de contrôler ou pas le niveau du plan de l'eau. Les options sont: la prise au fil de l'eau, le seuil d'épandage de crue ou seuil de déversement, les petits barrages ou retenues d'eau; ou les bas-fonds aménagés simplement avec des diguettes en terres ou cordons pierreux suivant les courbes de niveau.

Les surfaces occupées par les bas-fonds au Mali représentent environ 8 % des surfaces rizicoles concentrées dans les régions de Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou et une partie de la région de Mopti.

Ce système est détaillé dans la *Fiche Technique 6, dans l'Annexe 1.*

GROUPE 3. Les aménagements de mares

L'irrigation de décrue est faite dans les mares et lacs, dont le remplissage est assuré soit par ruissellement des eaux de pluies,

soit par déversement des eaux du fleuve dans des chenaux raccordés aux mares, en période de hautes eaux.

Les plans d'eau ainsi formés sont utilisés pour l'irrigation (cultures d'inondation), l'abreuvement des animaux et/ou la pêche, avant qu'ils ne se dessèchent par évaporation et/ou infiltration surtout en saison chaude. L'abondance et le remplissage des mares et lacs est donc essentiellement lié aux variations annuelles des régimes pluviométriques et hydrologiques du pays.

Les aménagements de mares sont simples et facilement appréhendés par les agriculteurs, de faible coût d'investissement, voient néanmoins leur rentabilité remise en question du fait de l'insécurité face à les adventices.

Ils ont une importance plus marquée à la Région de Kayes, où ils ont fait parfois l'objet d'aménagement.

Ce système est détaillé dans la *Fiche Technique 7, dans l'Annexe 1.*

GROUPE 4. Les ouvrages de rétention d'eau dans les oueds et les oasis

Les aménagements dans les oueds et les oasis concernent ouvrages pour recharger les nappes ou pour abreuver les animaux. Sont les zones de pluviométrie faible (< 150 mm) et se concentrent en dans la région de Kidal. Les ouvrages permettent la collecte des eaux de ruissellement grâce à:

- Des micro-barrages de retenue et de rehaussement du niveau des nappes superficielles dans le lit d'oued, raccordé aux berges de l'oued par un enrochement et ne dépassant pas quelques dizaines de mètres;
- Des réservoirs de captage et de stockage des eaux de ruissellement permettant de favoriser l'abreuvement des animaux et l'alimentation en eau de boissons des populations en période sèche;
- Des micro-barrages de dérivation des eaux de l'oued vers des plaines pour la culture du sorgho. Ils favorisent la recharge de la nappe le long de l'oued et, par conséquent, celle des puits pastoraux en aval et en amont du site.

Ce système est détaillé dans les *Fiches Techniques 8 et 9, dans l'Annexe 1.*

GROUPE 5. Les petits périmètres maraîchers

Les périmètres maraîchers (PM) sont un groupe transversal aux autres quatre. Il s'agit d'aménagements de parcelles de petite taille, dont la disponibilité d'eau est assurée par puits ou forages avec mobilisation par pompage ou manuellement.

Ils peuvent être aussi pratiqués en contre-saison dans ou autour d'autres types d'aménagements.

Ce système est détaillé dans la *Fiche Technique 10, dans l'Annexe 1.*



Photo 13. Périmètre Maraîcher de la Association de femmes de Yaguine. Ville de Kayes, Kayes.

4.3.3. CLASSEMENT DE LA DÉCLARATION DE DAKAR

Le 31 Octobre 2013, a eu lieu à Dakar un Forum de haut niveau sur l'Irrigation au Sahel, connu comme le Forum de Dakar¹⁰. Les Chefs d'État représentés par le Président du Sénégal, et les Ministres chargés de l'irrigation du Burkina Faso, du Mali, de la Mauritanie, du Niger, du Sénégal et du Tchad ont lancé un appel, dit de Dakar, visant une accélération du rythme des investissements en irrigation au Sahel, par la relance de l'agriculture

irriguée. Ce Forum donné l'opportunité de lancer un appel à l'action pour une coalition sur le développement de l'irrigation au Sahel, à travers une déclaration, dite Déclaration de Dakar.

La déclaration de Dakar organise les actions en groupes de travail thématiques pour travailler sur les différents thèmes issus, et identifiés comme suit:

a. Demande pour les produits de l'agriculture irriguée et besoins de renforcement des filières.

b. Renforcement des politiques et stratégies nationales de développement de l'agriculture irriguée et de gestion des ressources en eau.

c. Evaluation du potentiel de ressources en eau disponible et des besoins de protection et de préservation.

d. Planification des investissements.

e. Amélioration de l'exploitation et de la maintenance des aménagements hydro agricoles.

10. Source: Sahel Irrigation Initiative Programme (SIIP). Document de la TROISIEME ATELIER REGIONAL DE LA TASK FORCE. Dakar (SENEGAL), Janvier 2015.

http://www.cilss.bf/IMG/pdf/Note_conceptuelle_et_calendrier_3iemeRTFI_2_.pdf.

Source: Initiative sur l'Irrigation au Sahel –SIIP Présentation de l'Initiative sur l'Irrigation au Sahel (SIIP) en marge de la Conférence internationale de la CIID du 11 au 16 octobre 2015 à Montpellier (France)

http://www.cilss.bf/IMG/pdf/Note_Concept_Montpellier__final.pdf.

- f. Analyse des capacités de financement les investissements des différents types de producteurs.
- g. Évaluation des besoins en renforcement des capacités.
- h. Gestion des connaissances incluant (i) le lien recherche/développement, (ii) l'inventaire des technologies d'irrigation et (iii) la problématique des échanges de connaissance entre praticiens.
- i. La problématique de l'accès au foncier et de sa sécurisation.
- j. La coordination d'ensemble par le CILSS et le besoin de renforcement des capacités des organisations sous régionales.
- La Déclaration de Dakar a décrit une nouvelle classification des systèmes d'irrigation, qui serait le classement à suivre pour les pays du Sahel. Ce classement est effectué en cinq groupes en fonction de divers paramètres.
- Groupe 1: Valorisation des eaux pluviales.
 - Groupe 2: Irrigation privée.
 - Groupe 3: Aménagement d'initiative communautaire.
 - Groupe 4: Grands Aménagements Publics.
 - Groupe 5: Aménagements en partenariat public-privé (PPP).

GRUPE 1: VALORISATION DES EAUX PLUVIALES

Aménagements généralement d'initiative publique sans service individualisé aux usagers	
Inclut	N'inclut pas
<ul style="list-style-type: none"> • Les Bas-Fonds. • Les Seuils d'épandage de crues. • La Submersion contrôlée. • Le Drainage et protection contre les inondations. • Les Petits barrages 	<ul style="list-style-type: none"> • Les Périmètres liés à petits barrages. • Les Aménagements à maîtrise totale de l'eau avec service individualisé aux usagers.
Enjeux	
<ul style="list-style-type: none"> • Très large potentiel (surtout bas-fonds). • Coûts relativement faibles. • Action de recharge de la nappe permettant le développement d'autres types d'aménagement. 	
Problèmes	Solutions
<ul style="list-style-type: none"> • La qualité des aménagements • Les problèmes fonciers, règlement des droits d'usages • Les couts de soutien • Le faible niveau de maîtrise de l'eau constituant un frein à l'intensification. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implication des collectivités locales: Consolidation foncière • Règles collectives de maîtrise de l'eau • Conception technique pour une optimisation de la maîtrise de l'eau au meilleur rapport coût-bénéfices

GRUPE 2. IRRIGATION PRIVÉE

Aménagements d'initiative privée, avec ou sans subventions, portés par des individus ou des groupes d'individus bien identifiés. Généralement cultures à haute valeur ajoutée	
Inclut	N'inclut pas
<ul style="list-style-type: none"> • L'Irrigation informelle • L'Irrigation périurbaine • Les Petits et moyens périmètres privés • Les PPM (groupes d'individus) • L'Irrigation par pompage individuel dans les petits barrages 	<ul style="list-style-type: none"> • Les Grands périmètres privés type agrobusiness • Les PPM communautaires
Enjeux	
<ul style="list-style-type: none"> • Développement de l'investissement privé 	
Problèmes	Solutions
<ul style="list-style-type: none"> • Le développement des filières d'approvisionnement • La baisse qualité des équipements • Le manque de conseil technique • Le financement des investissements 	<ul style="list-style-type: none"> • Formation des prestataires • Standards de qualité • Information des producteurs • Nouveaux outils de financement (leasing) • Politiques de subvention adaptées

GROUPE 3. AMÉNAGEMENT D'INITIATIVE COMMUNAUTAIRE

Aménagements d'irrigation portés par la communauté villageoise avec appui de l'État ou d'ONG avec service individualisé aux usagers	
Inclut	N'inclut pas
<ul style="list-style-type: none"> • Les Périmètres liés aux petits barrages • Les PIV • Les PPM communautaires • Les Périmètres oasiens 	<ul style="list-style-type: none"> • Les PPM (groupe d'individus) • Les Périmètres appartenant à l'État ou à une société d'aménagement
Enjeux	
<ul style="list-style-type: none"> • Sécurité alimentaire au niveau local et diversification • Réduction de l'exode rural • Création d'emploi dans les villages 	
Problèmes	Solutions
<ul style="list-style-type: none"> • L'Organisation de la gestion collective durable • La diversification de la production pour rentabiliser les aménagements • La commercialisation des produits • Les prestataires de service (maintenance) • La question foncière 	<ul style="list-style-type: none"> • Démarche participative • Aménagements à haute intensité de main d'œuvre

GROUPE 4: GRANDS AMÉNAGEMENTS PUBLICS

Aménagements à maîtrise totale de l'eau portés par la puissance publique, en général par l'intermédiation d'un opérateur	
Inclut	N'inclut pas
<ul style="list-style-type: none"> • Les Grands périmètres publics, y compris ceux dont la gestion est transférée aux OP mais reste sous la responsabilité finale de l'État. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les Périmètres publics dont les usagers sont des privés • Les Périmètres à maîtrise partielle de l'eau (groupe 1) • Les Périmètres financés par l'État mais dont la propriété effective et la gestion sont transférées à la communauté (groupe 3) • Les Périmètres où des privés sont associés à la gestion du périmètre (groupe 5)
Enjeux	
<ul style="list-style-type: none"> • Création/extension de pôles de développement agricoles • Sécurité alimentaire au niveau national et diversification 	
Problèmes	Solutions
<ul style="list-style-type: none"> • La gestion durable des aménagements • La gouvernance • Les coûts de soutien • L'allocation des terres • La mobilisation des ressources en eau (grands ouvrages) • Le financement (poids sur les finances publiques) • L'efficacité des réseaux 	<ul style="list-style-type: none"> • Actions sur la gouvernance • Introduction d'une dose de privé dans la gestion • Clarification des droits d'eau et règles de gestion de l'eau • Amélioration de la sécurité foncière des exploitants • Modernisation du service • Nouveaux mécanismes de financement

GROUPE 5. AMÉNAGEMENTS EN PPP (Partenariat Public-Privé)

Périmètres où l'aménagement fait l'objet d'un partenariat entre la puissance publique et un ou des privés	
Inclut	N'inclut pas
<ul style="list-style-type: none"> • Les Périmètres d'agrobusiness (où le rôle de l'État est très réduit) • Les Périmètres développés sous forme de PPP, avec ou sans allocation de terres au privé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les Périmètres publics pour lesquels un partenaire privé est impliqué dans la gestion et la maintenance seulement (groupe 4)
Enjeux	
<ul style="list-style-type: none"> • Financement des aménagements par le privé • Développement des filières sur la base d'investisseurs «ancre» 	
Problèmes	Solutions
<ul style="list-style-type: none"> • La libération du foncier • L'allocation des ressources en eau • Rendre les projets "inclusifs" • Le financement de l'État 	<ul style="list-style-type: none"> • Implication des collectivités locales. Contrats PPP adaptés à chaque situation • Consolidation foncière • Partenariats productifs (agriculture sous contrat) entre investisseur privé et petits producteurs

4.3.4. CLASSEMENT DU PROGRAMME SIIP

Le Programme SIIP (Sahel Irrigation Initiative Programme) de la Banque Mondiale, a comme objectif de forger la résilience et accélérer la croissance au Sahel et en Afrique de l'Ouest par la relance de l'agriculture irriguée. Le Programme poursuit la cohérence avec les politiques et stratégies déjà existantes de la CEDEAO, de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA) et de la Commission Internationale des Irrigations et du Drainage (CIID).

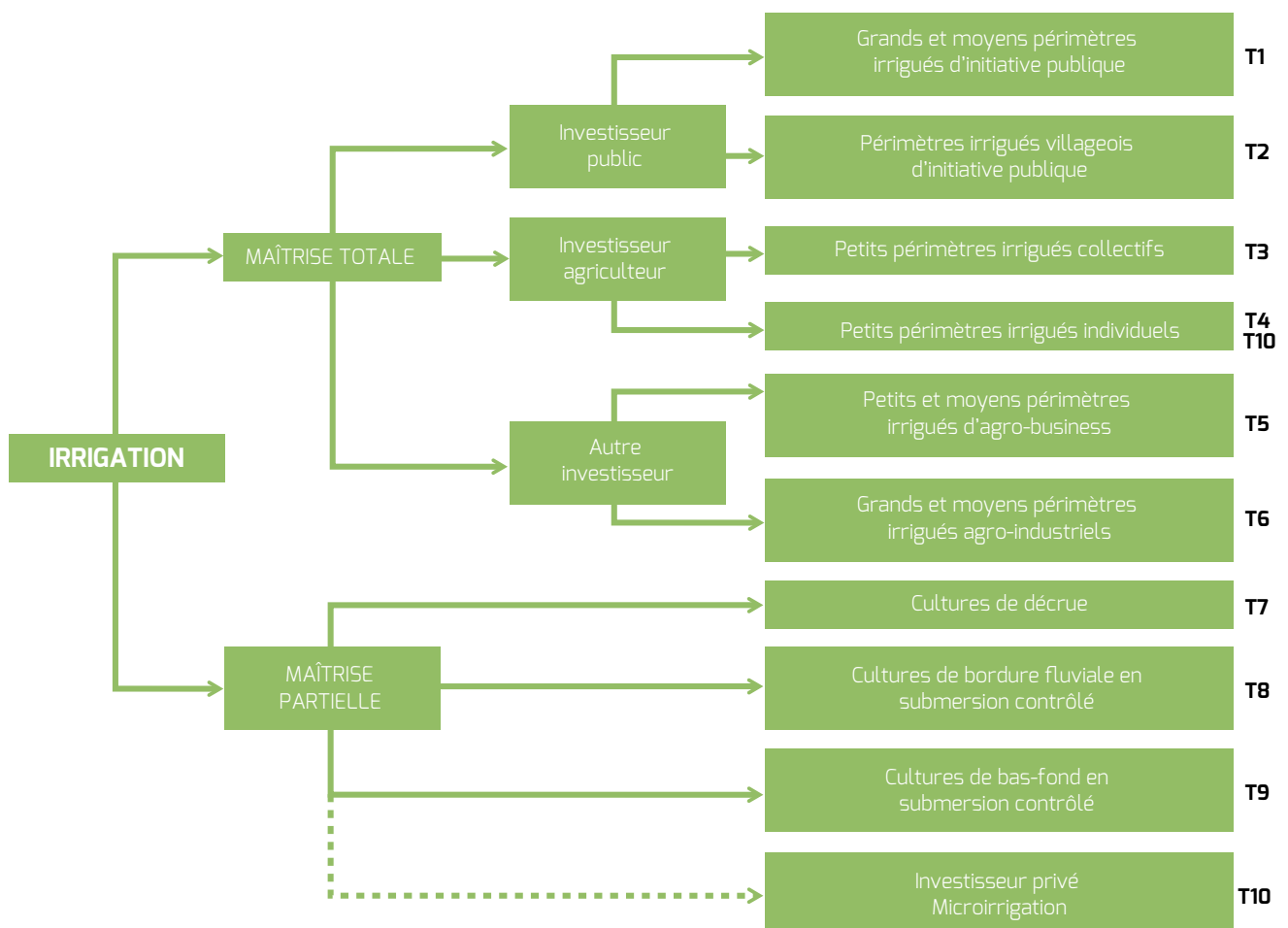
Les pays bénéficiaires du SIIP sont le Burkina Faso, le Mali, la Mauritanie, le Niger, le Sénégal et le Tchad.

Le SIIP a classifié les différents systèmes d'irrigation de ces pays en 10 typologies¹¹ (*Graphique 10*):

La typologie des systèmes d'irrigation est de moins en moins facile à utiliser, du fait du désengagement partiel des états, de la diversification des sources et modes de financement, de la recherche d'implication des communautés locales et du secteur privé.

TYPOLOGIE 1. Grandes et moyens périmètres irrigués d'initiative publique

Aménagés grâce aux investissements massifs de l'Etat et des bailleurs de fonds dans les années 70 et 80, ces grands périmètres irrigués visaient différents objectifs: autosuffisance alimentaire (en particulier en riz) mais aussi sécurité alimentaire des populations locales et développement des zones rurales. Ces périmètres, sont donc majoritairement rizicoles, même si des cas de diversifications existent et tendent à se développer (polycultu-



Graphique 10. Inter-Réseaux (s.d). «Typologies des systèmes d'irrigation selon le SIIP».

11. Typologie des systèmes irrigués en Afrique de l'Ouest sahélienne. Projet APPIA. Association Régionale de l'Irrigation et du Drainage en Afrique de l'Ouest et du Centre. Août 2004.

re, cultures à haute valeur ajoutée (comme le haricot vert etc.)). D'une superficie supérieure à 100 ha, ces périmètres sont irrigués à partir d'une ressource en eau abondante et pérenne (fleuve, retenue, lac), par pompage ou par gravité (dérivation sur les fleuves, prise en aval du barrage). La distribution est toujours réalisée par un réseau de surface, plus ou moins sophistiqué (revêtement des canaux, ouvrages de régulation etc.). Les aménagements, généralement coûteux (plusieurs millions de FCFA/ha), assurent normalement une maîtrise totale de l'eau en toute saison. Parmi les grands périmètres irrigués d'initiative publique d'Afrique de l'Ouest, il convient de distinguer l'Office du Niger, au Mali. Ce système irrigué est en effet unique par son échelle d'aménagement: 55.000 ha irrigués par gravité et dérivations depuis le fleuve Niger. Ce type de périmètres existe dans les 5 pays étudiés. Ils y ont connu une évolution comparable: omniprésence de l'Etat, à travers les Sociétés régionales de développement et projets autonomes, dans toutes les étapes de la production et de la commercialisation jusqu'au milieu des années 80 puis transfert, parfois brutal, de la gestion aux organisations d'irrigants.

La rapidité et l'ampleur du transfert ont cependant été différentes selon les pays et le rôle joué aujourd'hui par l'Etat (ou ses sociétés parapubliques) varie d'un périmètre à l'autre. Les enjeux de ces périmètres sont communs: améliorer la rentabilité et la compétitivité de la production, améliorer la gestion collective, en particulier de l'eau, des aménagements et des finances,

assurer l'entretien et la durabilité des aménagements, résoudre les problèmes d'approvisionnement et de commercialisation etc.

TYPOLOGIE 2. Périmètres Irrigués Villageois (PIV) d'initiative publique (propriété de l'Etat)

La plupart de ces périmètres ont été aménagés par des bailleurs ou des ONG suite aux grandes sécheresses des années 70, dans un objectif social de sécurisation alimentaire des populations locales. Généralement de faible superficie (quelques dizaines d'hectare), ils sont morcelés en nombreuses petites parcelles, afin d'assurer au maximum d'attributaires une production de complément aux cultures pluviales. Ils sont cultivés en riz, destiné en grande partie à l'autoconsommation, avec des cas de diversification en contre-saison ou en maraîchage (périmètres féminins notamment). Le périmètre est irrigué à partir d'une rivière ou d'une retenue, par pompage (Sénégal, Mauritanie, Mali) ou par gravité en aval de barrage (Bur-

kina Faso). Ils existent également des cas d'irrigation à partir de puits ou de forages, notamment pour les cultures oasiennes (Mauritanie, Mali, Niger) ou horticoles. Les PIV, moins coûteux que les grands périmètres (moins de 2 millions FCFA par hectare), sont généralement plus sommaires (canaux non-revêtus, absence de réseau de drainage, absence de digue de protection contre les crues). Leur taille et leur conception les rendent néanmoins plus accessibles aux capacités de gestion des producteurs.

Ces périmètres étaient à leurs débuts encadrés par des sociétés publiques, qui assuraient notamment l'entretien des infrastructures et le conseil aux exploitants. Cet encadrement a disparu dans la plupart des cas. Les exploitants assurent, avec plus ou moins de succès, la gestion autonome des aménagements. Certains bailleurs ou ONG financent encore l'aménagement ou la réhabilitation des PIV. L'accent est mis sur la participation des populations à l'investissement, sous forme de travail ou de contribution financière, ainsi que sur



Photo 14. Puit. Fanga, Yelimané.

le renforcement des capacités des organisations d'irrigants pour une autogestion totale et rapide.

Les enjeux des périmètres irrigués villageois d'initiative publique sont une appropriation effective des aménagements par les bénéficiaires, se traduisant notamment par un entretien correct des périmètres, le renforcement des capacités de gestion des organisations paysannes, le dégagement d'une marge monétaire suffisante pour assurer à la fois la sécurité alimentaire de la famille et la durabilité de l'outil de travail.

TPOLOGIE 3. Petits périmètres irrigués collectifs

Les périmètres irrigués collectifs privés ont été aménagés par des communautés villageoises dans l'objectif d'étendre la surface irriguée disponible, alors que les financements extérieurs devenaient de plus en plus rares. On distingue des périmètres vivriers, généralement rizicoles, et des périmètres de contre-saison, en maraîchage ou en maïs. Il s'agit généralement d'aménagements très sommaires (pas d'études préliminaires, pas de planage, de drainage...), aux coûts dérisoires (moins de 500 000 FCFA/ha). Certains de ces périmètres sont réalisés à proximité d'ouvrages structurant financés par l'Etat: aval de barrages au Burkina Faso, extensions spontanées des périmètres officiels comme les hors-casiers de l'Office du Niger...

D'autres sont irrigués par pompage à partir de fleuves (Sénégal, Mali) ou en amont de retenues

(périmètres maraîchers au Burkina Faso). Les performances de ce type d'irrigation suscitent des débats, en particulier dans le cas des périmètres rizicoles, jugés trop sommaires pour assurer la productivité et la durabilité du système. Pourtant, certains affichent des résultats aujourd'hui comparables à ceux des périmètres d'initiative publique, après disparition des aménagements les moins performants. Ces périmètres montrent qu'une diminution drastique des coûts d'investissement est possible, la question étant d'assurer la durabilité et l'efficacité du système. D'autres problématiques sont posées comme le financement de l'irrigation (crédit), l'organisation des filières, le besoin en références techniques pour l'aménagement du périmètre et la gestion de l'eau. L'enjeu est important, puisque ce type d'irrigation pourrait, à l'avenir, être un des moteurs principaux de l'expansion des superficies irriguées.

TPOLOGIE 4. Petits périmètres irrigués individuels

Les périmètres irrigués individuels privés sont aménagés par de petits agriculteurs à proximité de centres de consommation (zone périurbaine) ou d'une ressource en eau accessible par un moyen d'exhaure simple, par exemple autour des barrages (Burkina Faso), au bord des fleuves (Mali) ou à partir d'une nappe peu profonde (bas-fonds du Burkina et du Mali, vallées sèches du Niger, nappe perchée des Niayes au Sénégal). Cette petite irrigation semble particulièrement développée au Niger et au Mali. Il reste néanmoins diffi-

cile d'avoir des statistiques fiables du fait de son caractère informel.

Ces périmètres sont caractérisés par des surfaces faibles, souvent inférieures à 1 ha, des moyens d'exhaure et de distribution relativement modestes: l'exhaure est généralement manuelle et peut être associée à la mise en place de canaux d'amenée et de puisards ou de cuvette de stockage (on parle parfois de micro-irrigation pour souligner la taille des parcelles et la modestie des moyens mis en œuvre). Des systèmes d'irrigation plus complexes apparaissent avec l'adoption de pompes à motricité humaine, de motopompe, de kit goutte à goutte etc.

Les spéculations dominantes sont les cultures fruitières et le maraîchage de contresaison. Des cas de périmètres rizicoles individuels sont observés au Sénégal. Il s'agit d'une activité rémunératrice, accessible à de petits agriculteurs. C'est pourquoi elle est promue dans le cadre de programme de lutte contre la pauvreté. Cette promotion repose sur la proposition des références techniques (techniques à faible coût et de gestion simple), le développement du microcrédit pour l'achat de pompes, de clôtures, d'intrants, la résolution des difficultés en aval de la production (transformation, stockage, recherche de marchés).

TPOLOGIE 5. Petits et moyens périmètres irrigués d'agro-business

Ces périmètres irrigués privés sont aménagés par des particuliers non exploitants, à partir de ressources

financières externes à l'agriculture: fonctionnaires, hommes d'affaires etc. Ils sont mis en valeur sur un mode capitalistique, avec un gestionnaire de périmètre et des ouvriers salariés. Les surfaces ne dépassent généralement pas quelques dizaines d'hectares. Les spéculations sont à haute valeur ajoutée (fruits, maraîchage) et destinées à la commercialisation dans les centres urbains. Les moyens d'exhaure et de distribution tendent à se moderniser, avec l'apparition de systèmes sous-pression, par aspersion et goutte à goutte, qui permettent notamment une économie importante de main d'œuvre.

Les périmètres sont généralement aménagés sommairement dans une logique minière (le périmètre exploité quelques années est abandonné pour un nouveau dès que les performances diminuent). Ce type de périmètres reste assez peu développé du fait des difficultés liées au foncier et du risque inhérent à l'investissement en agriculture.

L'enjeu de ces périmètres est de combiner investissement externe dans l'agriculture irriguée et impact économique et social sur le milieu local (compensant notamment le retrait des terres aux populations). L'intérêt de ces systèmes est qu'ils favorisent l'introduction de nouvelles techniques et de nouvelles compétences en irrigation et peuvent servir de références aux petits irrigants.

TPOLOGIE 6. Grands et moyens périmètres irrigués agro-industriels

Ces périmètres sont aménagés par des firmes agro-industrielles,

parfois étrangères, dans l'objectif d'une production à haute valeur ajoutée, souvent associée à une unité de conditionnement et de transformation: canne à sucre, tomate industrielle, légumes ou fruits d'exportation. Ces périmètres, qui peuvent atteindre plusieurs milliers d'hectares, ont besoin généralement des investissements importants. Ils sont irrigués à partir d'une source suffisante d'eau (fleuve ou nappe à fort débit) et sont de conception relativement sophistiquée (billons tracés au laser, aspersion, goutte à goutte, cultures sous serre). Ces périmètres sont gérés sur le modèle d'une entreprise et ont recours à des experts qualifiés.

Ces agro-industries sont parfois critiquées pour leur manque d'insertion dans l'économie locale et pour les avantages dont elles bénéficient auprès des Etats (monopole d'importation, exonérations etc.). Elles cherchent donc à améliorer leur image, par des investissements sociaux ou par leur contribution à l'élaboration de références techniques, dont peuvent bénéficier les petits irrigants.

TPOLOGIE 7. Culture de décrue

La culture de décrue est pratiquée dans la zone de battement des retenues, des lacs et des bords de fleuves. La maîtrise de l'eau est partielle puisque soumise au cycle de crues. L'eau nécessaire aux cultures provient en grande partie de l'humidité résiduelle et de la remontée capillaire suite à la décrue. Cet apport peut être amélioré par des aménagements

de contrôle (barrages de décrue) ou complété par une irrigation d'appoint. Les surfaces de décrue sont destinées aux cultures vivrières (maïs, sorgho) ou aux pâturages.

Il n'y a pas beaucoup de données sur cette irrigation informelle, concernant notamment les performances ou les surfaces concernées. Il semble néanmoins qu'elle soit pratiquée de façon traditionnelle sur des superficies non négligeables dans tous les pays de l'étude et qu'elle ait connu depuis les années 60 une certaine régression pour des raisons naturelles (sécheresse et diminution des crues) ou anthropique (aménagements massifs et modification des régimes fluviaux). Ce type de culture, essentiel au maintien d'une agriculture familiale paysanne et à la sécurité alimentaire des populations locales dans nombre de systèmes fluviaux ou lacustres, est souvent trop ignoré par les projets d'aménagement.

TPOLOGIE 8. Culture de bordure fluviale en submersion contrôlée

Ces cultures de submersion contrôlée, pratiquées en bordure de fleuve, sont essentiellement localisées au Mali (Ségou, Mopti). Les ouvrages hydrauliques sont composés d'une digue de ceinture entourant des casiers successifs avec ouvrages de vidange et d'un réseau d'irrigation faisant office de réseau de drainage. Ces casiers sont cultivés en riz flottant ou en riz dressé selon le niveau atteint par la crue. Les cultures sont à la fois tributaires de la pluie (pour la

date de semis) et de la crue (dont l'arrivée doit coïncider à un certain stade de croissance de la culture). La contrainte liée à la crue, peut être atténuée par la présence d'un barrage.

Ces aménagements simples et facilement appréhendés par les agriculteurs, de faible coût d'investissement (400 à 600.000 FCFA/ha), voient néanmoins leur rentabilité remise en question du fait de leur insécurité face à la pluviométrie et aux crues. L'enjeu principal de ce type de système reste donc la maîtrise du risque climatique. Le besoin en informations concerne les données hydrologiques pour le suivi de la crue et les pratiques agronomiques, particulièrement de lutte contre les adventices, contrainte essentielle de ce type de système.

TYPOLOGIE 9. Culture des bas-fonds en submersion contrôlée

Les bas-fonds cultivés en submersion contrôlée nécessitent une pluviométrie minimale (> 800 mm/an) qui limite leur présence aux régions arrosées

du Sud-ouest du Burkina Faso et du Mali Sud (dans notre zone d'étude). On distingue deux types d'aménagement (Fournier J. et Durand J-M., 2002):

- Les cultures pluviales (maïs, sorgho) bénéficiant d'un complément d'apport grâce à l'épandage des crues par des ouvrages perméables qui limitent le risque d'asphyxie (digues filtrantes).
- Les cultures inondées de saison des pluies (riz essentiellement), qui bénéficient du stockage partiel des crues traversant le bas-fond. Les ouvrages utilisés sont les seuils déversant et les diguettes en terre, parfois associés à une petite retenue tampon en amont.

La maîtrise de l'eau est partielle, tributaire des crues des cours d'eau transitoires de bas-fonds. Les aménagements, généralement simples de gestion et d'entretien, peuvent être facilement appréhendés par les populations locales. D'un coût restreint, inférieur à 1 million FCFA/ha, ce type d'aménagement permet de

doubler, voir de tripler les rendements (1,5 t/ha en riziculture) et de sécuriser la production vivrière locale. Leur rentabilité est jugée bonne mais leur durabilité parfois remise en question. Ces bas-fonds, aménagés par des bailleurs ou des ONG, sont généralement rapidement transférés aux bénéficiaires (sauf au Mali, où ils sont encadrés par une société d'aménagement). Ils posent parfois le problème de l'appropriation, de l'utilisation effective et de l'entretien des aménagements par les populations locales.

TYPOLOGIE 10. Périmètres oasiens

Les périmètres oasiens sont présents au Nord du Mali, du Mauritanie et du Niger. On distingue deux types selon l'exhaure des nappes phréatiques, manuelle/animale ou motorisée (chadouf et pompes).

Ils sont périmètres avec investissement privé, gestion individuelle et main d'œuvre familiale et salariée. La taille d'aménagement est 2 ha et 0,01 ha de taille de parcelle. Dans la parcelle, la distribution sur la surface est par micro irrigation. Les spéculations principales sont dattiers et cultures associées. La maîtrise de l'eau est de partielle à totale



Photo 15. Bas-Fond de terre du PDRIK. Kita

4.4. CORRELATION ENTRE LES TYPOLOGIES DES SYSTÈMES IRRIGUÉS AU MALI

Le tableau suivant montre la corrélation qui existe entre les Typologies de Systèmes Irrigués au Mali, expliquées dans la section 4.3 (Tableau 16).

EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI: BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION, RÉALISATION ET GESTION DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES

Autres classements	Typologie PNIP (Mali)	Typologie forum Dakar	Typologie SIIP
<p>A. Submersion naturelle</p> <p>B. Contrôle partiel. Submersion contrôlé partiellement. Vidange plus ou moins contrôlée.</p> <p>C. Contrôle Total. «Maîtrise total». Approvisionnement + vidange ou drainage. Gravitaire ou pompage.</p>	<p>Groupe 1. Systèmes irrigués autour des grands fleuves.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Périmètres Irrigués Villageoises (PIV) ; · Submersion contrôlée; <p>Groupe 2. Aménagements des bas-fonds.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Prise au fil de l'eau. · Seuil d'épandage de crue (de déversement). · Petits barrages ou retenues d'eau. · Bas fonds aménagés avec diguettes en terre – courbes de niveau. <p>Groupe 3. Aménagement des mares.</p> <p>Groupe 4. Ouvrages de rétention d'eau dans les oueds et oasis.</p>	<p>a. Grandes périmètres publics</p>	<p>T1. Grandes et moyens périmètres irrigués d'initiative publique.</p> <p>T2. Périmètres Irrigués villageoises (PIV) d'initiative publique (propriété de l'infrastructure ou terres de l'Etat).</p>
<p>TYPES D'IRRIGATION:</p> <p>I. IRRIGATION GRAVITAIRE/ou de SURFACE.</p> <p>a. Par planche. Surfaces plus grandes et inclinations de 0,2 à 3%)</p> <p>b. Par bassin. Surfaces plus petites de 40-50 m2 et inclinations de 0,1 à 1%.</p> <p>c. A la raie ou par rigole. Inclinations de 0,2 à 3% et sillons séparés de 0,6 à 1,25m selon culture et nature des sols.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Avec siphon, gaine souple, par rampe à vannettes, par système californien, etc. 	<p>Groupe 5. Petits Périmètres Maraîchers (PPM).</p>	<p>b. Petits périmètres villageoises dont la production est destinée au marché local</p>	<p>T2. Périmètres Irrigués villageoises (PIV) d'initiative publique.</p> <p>T3. Petits périmètres irrigués collectifs.</p> <p>T4. Petits périmètres irrigués individuels.</p>
<p>I. IRRIGATION SOUS PRESSION.</p> <p>A. Irrigation Goutte à goutte.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Par goutteur ou gaine. · Par diffuseur. · Par orifice calibré ou ajutage. · Par micro-asperseur ou micro-jet. <p>B. Irrigation par Aspersion.</p> <p>RAMPES FIXES.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Par rampes permanentes. · Par rampes semi-portatives. · Par rampes portatives. <p>RAMPES MOBILES.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Par rampes pivotantes. · Par rampes frontales. · Par rampes d'irrigation sur roues. · Par enrouleurs. 		<p>c. Périmètres irrigués individuels produisant des cultures à haute valeur ajoutée avec des techniques dites «low-cost»</p>	<p>T4. Petits périmètres irrigués individuels.</p> <p>T5. Petits et moyens périmètres irrigués d'agro-business.</p>
		<p>e. Périmètres avec une gestion améliorée des eaux pluviales.</p>	<p>T7. Culture de décrue.</p> <p>T8. Culture de bordure fluviale en submersion contrôlée.</p> <p>T9. Culture des bas-fonds en submersion contrôlée.</p>
		<p>b. Petits périmètres villageoises dont la production est destinée au marché local.</p> <p>c. Périmètres irrigués individuels produisant des cultures à haute valeur ajoutée avec des techniques dites «low-cost»</p>	<p>T10. Périmètres oasiens.</p>

Tableau 16. *Elaboration propre, 2016. «Corrélation entre les typologies des systèmes irrigués au Mali».*

5

ANALYSES DES BONNES PRATIQUES ET TECHNOLOGIES INNOVANTES EN IRRIGATION DANS LE CONTEXTE MALIENNE



© DNGR-AECID

Photo 16. Visite technique à la Coopérative des Frères Diallo. Kayes.

5.1. CONCEPT DE BONNE PRATIQUE ET TECHNOLOGIES INNOVANTES EN IRRIGATION

Une des raisons de la diminution de la rentabilité des aménagements est l'utilisation d'une technologie rudimentaire et d'équipements d'irrigation pas adaptés aux méthodes d'irrigation (MDR, 2002).

Cette section vise à faire une analyse des technologies fiables, rentables et adaptées à l'exploitation dans les pays des alentours du Mali. Il s'agit de «technologies innovantes» pour les domaines de la mobilisation,

de l'exhaure, de la distribution de l'eau et des systèmes d'irrigation (Le diagramme de décision pour choisir le système d'irrigation est détaillé dans le Fiche Bonnes Pratiques 1 dans l'Annexe 2).

Le concept de «bonnes pratiques» recouvre plusieurs idées. Il ne s'agit pas simplement de «facteurs de succès» des périmètres. Car une «bonne pratique» prise isolément, ne garantit pas de bonne performance: ce n'est pas une condition suffisante au succès. Elle n'est pas non plus une condition nécessaire, puisque plusieurs «bonnes pratiques» alternatives, interchangeables, peuvent exister.



© DNGR-AECID

Photo 17. Processus participatif de travail. Netekoto, Kéniéba.

MALI

On peut définir une bonne pratique comme une pratique individuelle ou collective dont la mise en œuvre dans un contexte donné permet de meilleures performances agronomiques, hydrauliques, économiques et financières ou organisationnelles. Une «bonne pratique» peut être adoptée largement sur l'aménagement, seulement par quelques producteurs, ou encore être en test. Mais dans tous les cas, il s'agit de pratiques réelles, et non de recommandations théoriques.

Ainsi, une bonne pratique doit comme au minimum:

- Avoir obtenu des bons résultats dans des diverses épreuves.
- Être durable, au niveau environnemental, économique et social.
- Être sensible au genre.
- Être techniquement réalisable.
- Être le résultat d'un processus participatif.
- Être reproductible et adaptable.

Il peut s'avérer qu'une pratique donnée soit connue des agriculteurs depuis longtemps, mais

que le contexte du périmètre ne permette pas de la mettre en œuvre. Les «bonnes pratiques» ont été identifiées dans un contexte précis, donné. La diffusion régionale de chacune requiert certaines conditions favorables, voire obligatoires, à sa mise en œuvre. L'adoption de la pratique ailleurs que là où elle a été identifiée peut donc demander une évolution radicale, et parfois impossible, du contexte. Par ailleurs, les effets d'une bonne pratique sont positifs sur le site d'identification, mais son impact pourrait être amoindri ou même être négatif sur un autre périmètre.



Les bonnes pratiques s'adressent à un public varié: gouvernements, décideurs politiques, institutions, partenaires, agriculteurs et agricultrices, entreprises agricoles, consommateurs, etc.

5.2. CATÉGORIES DES BONNES PRATIQUES

Il est important de noter que les bonnes pratiques sont classées en fonction du but pour lequel elles sont destinées. Le PNIP (2010), montre une liste non exhaustive de bonnes pratiques. Le PNIP différencie entre bonnes pratiques hydrauliques et agronomiques, bonnes pratiques dans le domaine organisationnel et dans le domaine économique et financier, dans chaque phase de la mise en irrigation:

Phase de planification de l'irrigation. Pour atteindre les meilleurs résultats, il est important d'établir une série d'actions, aussi appelées «bonnes pratiques»

para rapport aux résultats obtenu préalablement. Entre autres on peut citer:

- L'homogénéisation des projets para zones géographiques communes, en intégrant tous les projets qui pourraient avoir une incidence sur la même zone.
- L'implication de toutes les parties concernées, avec des informations publiques claires, et adaptées à chaque individu affecté (les futurs irrigants, les différentes administrations, les investisseurs etc.) pour atteindre des synergies.

Phase de réalisation de projets et réalisation des ouvrages. On doit prendre en compte toutes les conditions favorables résultant de la phase précédente ainsi que ceux qui favorisent les projets technique, environnementale, sociale et économiquement. On doit inclure dans les projets un document qui reflète l'information

référé aux bonnes pratiques soutenables au fil du temps. Dans cette phase, les bonnes pratiques hydrauliques qui se développent dans ce chapitre, sont inclus.


Phase d'exploitation de la zone d'irrigation. Elle inclut les modifications qui peuvent améliorer les aspects liés au composant technique, économique, social et environnemental, par l'émergence de nouvelles technologies. A course de la phase d'exploitation on doit tenir compte les bonnes pratiques associées aux irrigants: techniques (formation, nouvelles cultures etc.), économiques (gestion de nouveaux marchés etc.) et environnementales (éducation etc.)

Ce document montre les bonnes pratiques hydrauliques bien qu'on doit souligner que la clé pour avoir du succès est une performance conjointe de toutes les bonnes pratiques ci dessous, chacune a son temps.



Photo 18. Travail au village de Dabia. Kéniéba.

5.3. VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL DES BONNES PRATIQUES AU MALI

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
<p>Promotion du revêtement des canaux d'irrigation (Ce système est détaillé dans le Fiche Bonnes Pratiques 3 dans l'Annexe 2)</p>	<p>Le revêtement est surtout utilisé les réseaux d'irrigation gravitaire de canaux à ciel ouvert et a pour d'augmenter leur efficacité en limitant les pertes d'eau par infiltration.</p> <p>Selon l'expérience les canaux préfabriqués en béton ont une bonne acceptation s'ils ont été fabriqués industriellement. Ceux qui sont réalisés à la main ne fonctionnent pas correctement à cause des problèmes de raccordement.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Revêtement en béton armé coulé sur place: il s'agit de canaux dont les radiers et les parois sont réalisés en béton armé coulé sur place avec des joints de dilatation espacés de 2 à 3,00 m au plus. Le dosage du béton varie entre 300 kg/m³ à 400 kg/m³, en fonction de la qualité des agrégats (sables, graviers et eau de gâchage) disponibles localement. Les joints de dilatation sont réalisés en mastic bitumineux (plus courant), en polyane ou en propylène. · Canaux en parpaings: il s'agit de canaux simples constitués d'une dalle en béton et les parois en agglomérés de ciment pleins dans les cunettes de remblai compacté de terres argileuses. Les parois latérales en agglomérés de parpaings pleins sont munies de potelets en béton armé espacés de 2,00 m, et couronnées par une longrine de 8 à 10 cm d'épaisseur. · Également possible des tuiles d'argile cuite fabriquées artisanalement (20 x 20 cm) mais il manque, d'information sur la durabilité des tuiles qui revenaient assez peu chères. <p>Ces canaux donnent satisfaction mais ils sont très coûteux. La technique est utilisée pour améliorer l'efficacité du réseau à ciel ouvert sur les canaux primaire des PPIV et PIV et sur les canaux primaires et secondaires des grands périmètres irrigués en maîtrise totale courante au Mali.</p>  <p><i>Photo 19. Canaux d'irrigation.</i></p>

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
<p>Promotion du choix concerté des équipements d'exhaure pour les zones où l'utilisation est collective</p>	<p>L'objectif de l'approche est d'assurer la pérennité de l'investissement, la continuité et la réduction des coûts de production.</p> <p>L'opération consiste à mettre à la disposition des communautés d'irrigants des équipements d'exhaures qui s'adoptent aux conditions du milieu et à préparer avec les bénéficiaires, un système local d'entretien et de maintenance de ces installations, par la création d'un garage local spécialisé en collaboration avec les maisons mère des équipements visés.</p> <p>MISE EN ŒUVRE</p> <p>Un magasin central autonome financièrement, et des stocks de pièces de rechange de proximité sont également mis à la disposition des bénéficiaires. Des mécaniciens de proximité sont formés et bénéficient de contrats d'entretien avec les producteurs. La réception est précédée par des essais de pompage par le garage de maintenance agricole et les équipements défectueux sont remplacés par les «maisons mères».</p> <p>Les équipements sont acquis sur subventions avec une contribution collective des bénéficiaires à hauteur de 30% (~ 3 millions FCFA).</p> <p>Le dispositif permet la fourniture à temps, des équipements d'exhaure et la continuité des services de l'eau grâce à des services de proximités pour l'installation, l'entretien et la maintenance des équipements d'exhaure.</p> <p>La pratique est bien huilée autour des PIV dans le Delta Intérieur du Niger au Mali (cercles de Tombouctou, Diré, Goundam, Rharous, Youwarou et Niafunké) où l'IPRODI évolue depuis de 15 ans.</p>
<p>Promotion de la contractualisation du «service de l'eau» ou délégation de la gestion hydraulique à un prestataire de services</p>	<p>L'objectif de la pratique est de promouvoir la durabilité et la rentabilité des investissements grâce à la mise en place de systèmes de délégation de gestion permettant aux collectivités territoriales de confier à des groupes d'exploitants organisés en coopératives ou GIE, des infrastructures appartenant aux collectivités. Ce transfert de responsabilité est fait sous forme contractuelle de commun accord entre parties.</p> <p>Les infrastructures économiques de base sont généralement réalisées sur financement de l'Etat ou des collectivités décentralisées. Après la phase de construction suivant un processus d'Assistance à la Maîtrise d'Ouvrage des Collectivités Territoriales concernées, un processus de délégation permet d'assurer le transfert de la responsabilité de gestion de ces infrastructures aux acteurs bénéficiaires organisés au sein d'associations d'usagers, ou à un GIE ayant les expertises requises en la matière. Des accords sont conclus entre les collectivités et les communautés dans le souci de garantir la durabilité et la viabilité économique de ces équipements. Cette</p>

**EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI: BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION,
RÉALISATION ET GESTION DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES**

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
<p align="center">Promotion de la contractualisation du «service de l'eau» ou délégation de la gestion hydraulique à un prestataire de services</p>	<p>convention permet d'aller plus loin dans l'appropriation des investissements au-delà des comités de gestion classiques. Si elle est bien conduite, elle peut aussi améliorer la fiscalité locale et prolonger la durée de vie des ouvrages.</p> <p>SCHÉMA DE MISE EN ŒUVRE</p> <p>Si différents groupes d'utilisateurs se retrouvent autour de l'aménagement (maraîchers/planteurs, femmes rizicultrices, éleveurs, etc.) ils créent un comité interprofessionnel ou conseil d'exploitation.</p> <p>La commune établit un projet de contrat de gestion déléguée avec le Comité Interprofessionnel ou la coopérative. Pour cela elle évalue le potentiel des ressources mobilisables, discute avec ses partenaires des règles d'exploitation, des modalités d'entretien et de réparation.</p> <p>FONCTIONNEMENT</p> <p>L'ouvrage appartenant à la commune, c'est elle qui délègue la gestion à un groupe d'usagers (un comité interprofessionnel d'exploitation pour les projets d'aménagement de bas-fonds). Les conditions de la délégation sont définies dans un contrat de délégation de gestion. Les cotisations des membres y inclue la ristourne d'entretien sont versés dans un compte ouvert par la communauté. La commune a un droit de regard sur la gestion administrative et financière du délégataire et veille à l'application des règles d'accès et d'exploitation de l'aménagement. Des comptes rendus réguliers sont faits par les responsables du groupe aux autres membres et à la commune.</p> <p>De nos jours, seule délégation de la gestion aux usagers d'eau est répandue sur les installations d'Hydrauliques villageoises et des aménagements de proximité. Sur les grands aménagements, la gestion est assurée par les services étatiques, tandis que la gestion par les structures privées n'est pas d'actualité.</p>
Promotion de techniques nouvelles d'irrigation à faible coût	
<p align="center">Forage à la tarière manuelle</p>	<p>Il est destiné aux petits systèmes d'irrigation gérés par des coopératives de femmes. Usage courant au Mali. Le problème est la difficulté d'extraction et application de l'eau, aggravé quand les agriculteurs vieillissent.</p>
<p align="center">Pompes à motricité humaine</p>	<p>La pompe à pédale permet d'irriguer 1/3 de surface en plus que les systèmes traditionnels, soit en moyenne 0,43 ha. Elle est adaptée à des profondeurs inférieures à 7 m et très peu onéreuse (40.000 à 90.000 FCFA). Usage courant au Mali. La demande paysanne s'est ralentie à cause de sa pénibilité et son ergonomie qui a toutefois contribué à son utilisation difficile dans la durée (surtout les femmes et les personnes n'étant pas dans la force de l'âge)</p>

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
Promotion de techniques nouvelles d'irrigation à faible coût	
<p>Pompes à motricité humaine</p>	<p>Les pompes manuelles fonctionnent simplement et sont actionnées par une ou deux personnes et ont un rendement faible, bien inférieur à celui des pompes à pédales. Elles ont donné un meilleur taux d'adoption chez les exploitants. Ces pompes sont bien adaptées pour des petits débits de 1 à 2 m³/h. Usage courant au Mali. Offre l'avantage de pomper l'eau à des profondeurs plus grandes que les pompes à pédales.</p>
<p>Électropompe immergée et motopompe (Ce système est détaillé dans le Fiche Bonnes Pratiques 4 dans l'Annexe 2)</p>	<p>Electropompe: L'électricité est obtenue du réseau EDM ou par un groupe électrogène. Ce système d'exhaure est peu fréquent et se rencontre dans les exploitations périurbaines du District de Bamako et certains chefs-lieux de région. Il coûte très cher et connaît un taux d'adoption très faible chez les exploitants. Pas d'information sur les expériences réalisées</p> <p>Motopompe: Plusieurs projets ont travaillé sur la caractérisation des petites motopompes (2 à 5 Cv) pour classer leurs niveaux de performance. La demande paysanne est forte car ce système d'exhaure motorisé permet de quadrupler à sextupler sa surface (de 2.500 m² à 1,5 ou 2 ha). Assure une économie de temps considérable.</p> <p>Usage courant au Mali. Donne des bons rendements et coûte moins cher à moyen terme. Il existe néanmoins des problèmes dans leur exploitation: le mauvais dimensionnement, le manque de maintenance et d'entretien sont à l'origine des nombreuses pannes ou de l'arrêt définitif de la motopompe.</p>
<p>Irrigation par goutte à goutte (Ce système est détaillé dans le Fiche Bonnes Pratiques 5 dans l'Annexe 2)</p>	<p>Le système est bien adapté aux conditions sahéliennes, en particulier l'irrigation des plantations à partir des forages. Cette technique n'est toutefois pas validée avec le problème de destruction des réservoirs plastiques par les UV, problème de retour de l'investissement sur certaines spéculations</p>
<p>Irrigation par réseau californien (Ce système est détaillé dans le Fiche Bonnes Pratiques 2 dans l'Annexe 2) (Un exemple de capitalisation de ce système à Sikasso est détaillé dans le Fiche Capitalisation 1 dans l'Annexe 2)</p>	<p>L'objectif de la technique est l'utilisation plus efficiente de l'eau et l'augmentation des rendements. C'est un système de micro-irrigation développé en Californie qui est adapté à certaine zone agro écologique d'irrigation au Mali. Il utilise une motopompe qui alimente l'eau à partir d'un fleuve ou d'un forage, et l'eau pompée est distribuée dans les parcelles au moyen d'un réseau ramifié de tuyaux PVC en basse pression de diamètre de variant entre 63 et 110 mm et enterrés à 50 cm de profondeur.</p> <p>La pratique est courante sur les périmètres privés développés par le PCDA. Des exemples sur les périmètres collectifs existent aussi, mais dans une moindre ampleur. Il a l'avantage de s'adapter à de variétés de conditions agro climatique et d'être moins coûteux que les systèmes gravitaire à ciel ouvert, surtout sur les PPIV.</p> <p>La mise en œuvre pour sa vulgarisation suit la démarche suivante: Identification des sites soit par (i) identification d'une</p>

EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI: BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION, RÉALISATION ET GESTION DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
Promotion de techniques nouvelles d'irrigation à faible coût	
<p align="center">Irrigation par réseau californien</p> <p>(Ce système est détaillé dans le Fiche Bonnes Pratiques 2 dans l'Annexe 2)</p> <p>(Un exemple de capitalisation de ce système à Sikasso est détaillé dans le Fiche Capitalisation 1 dans l'Annexe 2)</p>	<p>parcelle pour la démonstration en milieu contrôlé ou (ii) identification des parcelles et promoteurs en milieu paysan.</p> <p>Le fonctionnement correct de la technologie nécessite:</p> <ul style="list-style-type: none"> · L'établissement d'un bon calendrier agricole (disponibilité de l'eau, éviter les périodes de fort marnage pour maîtriser les coûts de pompage, éviter la période à fort ETP en harmonie avec la physiologie des cultures envisagées, etc.); · La formation des artisans locaux pour l'entretien et la réparation des installations; · L'entretien et la maintenance régulière des installations. <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="810 891 1102 1115">  <p><i>Photo 20. Pompage de l'eau d'un lac.</i></p> </div> <div data-bbox="1123 891 1422 1115">  <p><i>Photo 21. fouille pour pose des tuyaux.</i></p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div data-bbox="810 1178 1102 1402">  <p><i>Photo 22. Borne d'irrigation à la parcelle.</i></p> </div> <div data-bbox="1123 1178 1422 1402">  <p><i>Photo 23. Irrigation à la parcelle.</i></p> </div> </div>
<p align="center">Irrigation par micro-jet ou aspersion</p> <p>(Ce système est détaillé dans le Fiche Bonnes Pratiques 6 dans l'Annexe 2)</p>	<p>Economise de l'eau mais peu favorable en milieu de climat très sec et venteux. Testé par différents projets, elle n'a pas donné les résultats escomptés à cause du coût élevé lié à l'installation des équipements et la nécessité d'une motopompe avec forte pression non disponible chez la majorité des exploitants. La pratique est certes parcellaire, de grands périmètres privés de canne à sucre sont irrigués par le système de pivot frontal dans la zone Office du Niger.</p>
Bonnes pratiques pendant l'exécution des travaux d'AHA	
<p align="center">Intégration de l'AHA dans son environnement</p>	<p>Les conseillers agricoles de la DNA avant l'aménagement, animent et forment les producteurs sur les atouts les contraintes le mode d'utilisation possible des terres et le plan d'exploitation des terres. Les études d'Avant projets (APS et APD) sont ensuite conduites de façon participatives avec les acteurs locaux, sous la supervision et la coordination des services du Génie Rural. Ces études sont assorties d'une EIES et son Plan de Gestion Environnementale et Sociale (PGES).</p>

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES

VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL

Bonnes pratiques pendant l'exécution des travaux d'AHA

Intégration de l'AHA dans son environnement

Pendant les travaux d'aménagement, les services du Génie rural veillent à la mise en œuvre du PGES et au respect des normes techniques édictées par la réglementation en vigueur et des cahiers de charge des prestataires. Les bénéficiaires sont associés aux différentes réceptions d'étapes et les services du Génie Rural les expliquent le fonctionnement et le procédé d'entretien des ouvrages et équipements réalisés/installés.

La formation des producteurs et des conseillers agricoles sur le fonctionnement de l'AHA est faite par le service du Génie Rural à la réception provisoire des travaux.

Un comité villageois est mis en place et les membres de ce comité doivent être disponibles et capables de travailler pour l'intérêt de la communauté.

La disposition des cultures sur les terres et de leur répartition est formalisée dans un plan d'exploitation établi de façon consensuelle avec les producteurs. Les superficies valorisables sont recensées et le conseil du village appuyé par les agents techniques (Agriculture et Génie Rural) procède à un découpage selon les franges d'eau (profonde, moyenne et faible lame d'eau).

C'est une pratique très répandue et suivies avec beaucoup d'attention par les acteurs (y compris les PTF). Cependant, sa mise en œuvre requiert un bon coaching et très souvent des ressources financières qui ne sont toujours prévues dans le projet.

Maîtrise par les populations cibles (OPA, EAF, EA) de l'installation des équipements d'exhaure



Photo 24. Formation à Sollo.

© DNGR-AECID

L'objectif est de permettre aux exploitants, de disposer des expertises requises pour les permettre de procéder localement à la maintenance, l'entretien et l'installation des équipements de renouvellement des installations et équipements d'exhaure.

Les installations initiales sont généralement réalisées sur financement de l'Etat ou des collectivités décentralisées, sous des contrats d'Entreprises spécialisées. Il est ainsi inclus dans le contrat d'Entreprise, la livraison des pièces de rechange et la formation des artisans locaux, à la maintenance, l'entretien et la révision des installations, plus leur dotation en matériels et équipements de maintenance et d'entretien de ces installations. Ces artisans locaux sont identifiés au sein des communautés bénéficiaires afin de garantir la disponibilité de leur services et d'amoinrir les coûts de prestations.

La pratique est courante sur les pompes à motricité humaine et les groupe motopompes de faible calibre sur les périmètres maraîchers et les PPIV. Son application sur les PIV avec station de pompage ou d'exhaure n'est pas une pratique courante et se heurte à l'insuffisance des expertises locales pour assimiler les connaissances requis à cet effet.

**EXPÉRIENCES EN MATIÈRE D'IRRIGATION AU MALI: BONNES PRATIQUES EN LA CONCEPTION,
RÉALISATION ET GESTION DES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES**

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
Bonnes pratiques pendant l'exécution des travaux d'AHA	
<p align="center">Travaux collectifs d'entretien du réseau en haute intensité de main d'œuvre</p>	<p>Cette approche vise un double objectif:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. l'appropriation des infrastructures et équipements par les bénéficiaires et la création d'emplois locaux pour lesdites populations; 2. l'optimisation des coûts d'entretien avec moins d'utilisation des engins lourds. <p>La pratique de sa mise en œuvre se présente ainsi que suit:</p> <ul style="list-style-type: none"> • les communautés d'exploitant élaborent leur programme d'entretien des réseaux d'irrigation avec l'assistance technique des services d'encadrement (Offices de Développement Rural, Génie Rural) en détermine les budgets compte tenu des ressources disponibles et de l'état de dégradation des réseaux ; • les travaux pouvant être réalisés sans intervention des engins lourds sont alors identifiés et la main d'œuvre requise pour sa réalisation dans un délai court, est déterminée et mobilisée au sein des communautés locales ; • les matériels et équipements requis sont fournis et mis à la disposition de l'équipe ; • les travaux sont supervisés par un technicien expérimenté qui rend régulièrement compte des ressources mobilisées et de l'état d'avancement des activités. <p>La pratique est plus répandue sur les aménagements de proximité. Sur les Grands Aménagements, les Offices et Agences de Développement Rural assurent l'exécution des programmes de maintenance et d'entretien des réseaux.</p>
<p align="center">Contrôle et surveillance de la qualité des travaux</p>	<p>Le Contrôle et la surveillance des travaux sont des prestations d'Ingénieries assurés par les Bureaux d'Ingénieurs Conseils sous le Contrôle de Qualité des Services du Génie Rural. Il est organisé en même temps que les travaux d'Entreprise, ainsi que suit:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. l'élaboration et la validation des TDR et lancement de l'AMI à travers les canaux de publication appropriés ; 2. la constitution d'une liste restreinte; 3. le lancement d'une Demande de Proposition (DP) aux Bureaux d'Ingénieurs Conseils retenus sur la liste restreinte; 4. l'analyse des propositions reçues, l'attribution et la conclusion du Marché de Contrôle et de Surveillance des travaux;

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
Bonnes pratiques pendant l'exécution des travaux d'AHA	
<p>Contrôle et surveillance de la qualité des travaux</p>	<p>5. l'émission de l'ordre de service et la réalisation des dites prestations.</p> <p>Les TDR et l'AMI sont préparés par les services du Génie Rural tandis que le lancement de l'AMI et le processus de conclusion du Marché sont assurés par les services financiers sous la sous le Contrôle de la DGMP-DSP.</p> <p>Pour les chantiers de faible ampleur, le Contrôle et la Surveillance des travaux peut être assuré directement par les services du Génie Rural.</p> <p>De nos jours, la réalisation des prestations liées au Contrôle et la surveillance des travaux ne souffrent pas de problème majeur.</p>
<p>Provision pour entretien exceptionnel</p>	<p>Dans le calcul de la redevance «eaux», une marge est prévue sous forme de dotation aux amortissements qui est versé dans un compte ouvert à une banque de la place. Ce fond est exceptionnellement mobilisé pour faire face aux travaux d'entretien de grande ampleur qui ne pourraient pas être supportés par les redevances «eaux» de la campagne courante, ainsi que pour les travaux de réparation ou de renouvellement des installations.</p> <p>Ce système est généralement organisé sur les PPIV et PIV qui sont sous la gestion des communautés bénéficiaires. Sur les grands périmètres irrigués, l'intervention de l'Etat est récurrent pour pouvoir faire face à ces genres de problème.</p>
<p>Installation d'ouvrages automatiques de régulation de la distribution de l'eau</p>	<p>L'installation d'ouvrages de régulation automatique a pour objectif d'optimiser la gestion de l'eau à l'intérieur du périmètre en rendant le service d'eau plus équilibré et ajusté à la taille des superficies à desservir. L'ouvrage de régulation est calibré en fonction de la taille de la zone à irriguer et placé en tête du réseau d'irrigation desservant. On en distingue: les modules à masque, les partiteurs de débit, et les déversoirs de prise.</p> <div data-bbox="826 1541 1437 1765" style="text-align: right;">  <p style="font-size: small;">© DNGR- AECID</p> </div> <p>Photo 25. Partiteur de débits munis de 2 pertuis de décharge, sur un canal adducteur de la plaine de San Ouest (région de Ségou)</p> <div data-bbox="991 1839 1437 2063" style="text-align: right;">  <p style="font-size: small;">© DNGR- AECID</p> </div> <p>Photo 26. Module à masque en tête d'une prise tertiaire dans la plaine de Maninkoura (région de Koulikoro)</p>

BONNES PRATIQUES HYDRAULIQUES	VALORISATION ET ÉTAT ACTUEL
Bonnes pratiques pendant l'exécution des travaux d'AHA	
<p>Adoption des techniques d'irrigation à faible coût par les exploitants</p>	<p>La notion de «techniques d'irrigation à faible coûts» est vraiment relative. Des coûts d'irrigation, il convient de distinguer les facteurs de coûts suivants:</p> <ul style="list-style-type: none"> · les coûts d'investissements initiaux; · les coûts de fonctionnement (intègre le pompage, l'efficience des réseaux pendant le transport de l'eau, etc.); · les coûts de maintenance et d'entretien; · la fréquence de renouvellement des installations d'équipement. <p>La détermination des coûts réels d'une technique d'irrigation requiert une étude technicoéconomique combinant les différents facteurs de coûts afin de d'apprécier les d'irrigation qui seraient de moindre coûts.</p> <p>Par exemple, si on considérait le seul facteur lié aux investissements initiaux, les technologies d'exhaure à faible coûts pourraient l'irrigation:</p> <ul style="list-style-type: none"> · à la raie à partir des forages réalisés à la tarière équipée de pompes à pédale; · par jet d'eau manuel à l'aide des arrosoirs après l'exhaure manuelle dans les puits équipés de portique <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;">       </div> <p><i>Photo 27. Pratiques d'irrigation à faible coût.</i></p> <p style="text-align: right; font-size: small;">© DNGR- AECID</p>

6

BIBLIOGRAPHIE

- ANPIP. 2001. Private Irrigation Pilot Project, Niger: Nigerien Agency for the Promotion of Private Irrigation; Technical Notes - Improved Manual Irrigation Component. Enterprise Works (Niger) and ANPIP. Juliet, 2001.
- AZOUGGAGH, M. 2001 «Les différents systèmes d'irrigation». Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan I. Maroc
- BRIQUET J.P., MAHE G., BAMBA F., OLIVRY J.C., 1996. Changements climatiques récents et modifications du régime hydrologique du fleuve Niger à Koulikoro (Mali). Iahs Publications, n° 238 (p. 157-166).
- CSAO, 2009. «Atlas régional de l'Afrique de l'Ouest». CSAO-OCDE, 2009.
- DIOP, 2013. Intervenant de la Banque Mondiale. «Forum de haut niveau conjoint Banque mondiale-Gouvernement de la Mauritanie-CILSS». Nouakchott. Octobre, 2013.
- DNA, 2005. «Recensement Général de l'Agriculture, 2004-2005». Direction National de l'Agriculture. Bamako, 2005.
- DNGR-AECID, 2016. PASNDI. Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation. Direction National du Génie Rural- Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo. Bamako- Madrid, 2016
- DPC Sénégal, 2009. «Le Sahel face aux changements climatiques». Bulletin AGRHYMET. Niger, 2010.
- DUFUMIER, M., 2005. «Etude des systèmes agraires et typologie des systèmes de production agricole dans la région cotonnière du Mali». Institut National Agronomique Paris-Grignon (INAPG). Décembre, 2005
- FAO, 2005. «L'irrigation en Afrique en chiffres». AQUASTAT. Rome.
- FAO, 2007a. «L'irrigation informelle en Afrique de l'Ouest. Document Thématique 6». Rome, Novembre 2007.
- FAO, 2007b. «L'irrigation informelle en Afrique de l'Ouest. Document Thématique 6». Selon Drechsel et al.(p.16). Rome, 2006.
- FAO, 2011. «Situation des forêts du monde». Rome, 2011.
- FAO, 2013. «Cadre de Programmation Pays (CPP) 2013-2017 FAO – MALI». Selon INSTAT. Mars 2012 (p.11).
- FMI, 2015. Benoit Taiclet, Marie Laure Berbach, Moussé Sow. «Répartition administrative de la République du Mali».
- FOURNIER, J et DURAND J-M., 2002. Le diagnostic des bas-fonds soudano-sahéliens. Guide méthodologique et technique. FAO – CEFOC. 277 p.
- GADELLE, F. «Développement de la petite irrigation privée en Afrique de l'Ouest: Leçons tirées des projets financés par la Banque Mondiale»
- GRAF/GRET/IIED, 2002. «Making Land Rights more secure». Selon Le Roy, E., 1998.
- HESSE et al. 2013. «L'évolution de l'anomalie des précipitations au Sahel de 1900 à 2013 par rapport à la moyenne de 1950 à 1979». Global Historical Climatology Network Data
- HOWDEN et al. 2007. «Adapting agriculture to climate change». Proc. Natl. Acad. Sci., 104, 19691-19696, doi:10.1073/pnas.0701890104".
- INSTAT, 2011. «Enquête Modulaire Permanente». Mali, 2011

MALI

INSTAT, 2015. «Comptes économiques du Mali 1999-2013». Mali, Août 2015.

LABO SEP/ IER, 2000. «Principales unités agro-écologiques du Mali». Mali.

LE BARBE, L, LEBEL, T et TAPSOBA, 2002. "Rainfall variability in West Africa during the years 1950-90".

MA, 2012. «Bilan de la Campagne Agro- Pastorale 2010-2011 et Perspectives de la campagne Agro-Pastorale 2011-2012». Ministère de l'Agriculture. Mali, Septembre 2012.

MA, 2013. «3ème Revue Sectorielle Conjointe du Secteur Agricole. (Etat - Profession Agricole - Société Civile - PTF)». Ministère de l'Agriculture .Mali, Juillet, 2013.

MDR, 1999.»Stratégie National de Développement de l'Irrigation». Ministère du Développement Rural. Bamako, 1999.

MDR, 2002 «Mise en œuvre d'un programme d'introduction de nouveaux équipements pour l'irrigation. Composante Expérimentation d'Equipements et de Techniques d'Irrigation du Programme Pilote d'Irrigation Privée». Ministère du Développement Rural. Mali, 2002.

MDR, 2015. "Synthèse du Plan de Campagne Agricole 2015 - 2016". Ministère du Développement Rural. Bamako, Avril 2015.

Tabarly, S, 2008. «Bassins versants transfrontaliers en Afrique occidentale» selon Niasse, M et Bou CM.. OCDE 2006. «Cours d'Eau transfrontaliers de l'Afrique de l'Ouest». Dgesco- ENS. Lyon, 2008.

OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL, 2011. «Analyse Diagnostique Transfrontalière» (p.25). Selon la Direction Nationale de l'Hydraulique du Mali, 2003.

OCDE, 2014. «Un Atlas du Sahara-Sahel: Géographie, économie et insécurité». Cahiers de l'Afrique de l'Ouest, éditions OCDE, Paris.

OLIVRY J.C., 1995. Fonctionnement hydrologique de la cuvette lacustre du Niger et essai de modélisation du delta intérieur. In Actes du colloque "Grands bassins fluviaux périatlantiques". J.C. Olivry et J. Boulègu (éds). Paris, Orstom.

RIEUL, L., 2003 «Guide pratique irrigation» Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (France) Éditions Quae.

SABRIE et L'HÔTE, 2003. «Sahel: une sécheresse persistante». Institut de recherche pour le développement. Paris.

SMITH, P., D. MARTINO, Z et al., 2007. SMITH, P., D. MARTINO, Z. CAI, D. GWARY, H. JANZEN, P. KUMAR, B. McCARL, S. OGLE, F. O'MARA, C. RICE, B. SCHOLLES, O. SIROTKENKO, 2007: Agriculture. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

PIRL, 1990. «Projet d'Inventaire des Ressources Ligneuses». Bamako, 1990.

SIEBERT et al., 2015. Stefan Siebert, Matti Kummu, Miina Porkka, Petra Döll, Navin Ramankutty, Bridget R. Scanlon. Historical Irrigation Dataset (HID). My-GeoHUB. doi:10.13019/M20599. 2015.

SULTAN et JANICOT, 2000. "Abrupt shift of the ITCZ over West Africa and intra-seasonal variability".

TRAORÉ, M. (1980), CHARLIER, J. (2006). Topographie (et Hydrographie) du Mali.»Recensement General de La Population et de l'Habitat 2009». DNSI, 2009.

UNESCO, 2010 «Gestion de l'Irrigation à Petite Echelle. La pratique de la gestion durable des terres». UNESCO-IHE Institute for Water Education, Delft, The Netherlands, 2010.

BIBLIOGRAPHIE ANNEXES

FICHES TECHNIQUES 1, 2 ET 3

AZOUGGAGH, M., 2001. «Matériel d'irrigation» Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA n° 81. Transfert de technologie en agriculture Rabat

RIEUL, L., 2003. «Guide pratique irrigation» Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (France) Éditions Quae.

BROUWER, C., 1990. «Méthodes d'irrigation» Gestion des eaux en irrigation Manuel de formation n° 5, FAO, Rome.

HILLEL, D., 1997. «La petite irrigation dans les zones arides: Principes et options» ISBN 92-5-203896-5 66 pp., FAO, Rome.

FICHES TECHNIQUES 4, 5, 6, 7 ET 10

Ministère de l'Agriculture, 2012. «Programme National d'Irrigation de Proximité PNIP» République de Mali Janvier 2012. p. 46

DNGR-AECID, 2016 «Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation-PASNDI» République de Mali 2016. Annexe 4.7 Classement des Systèmes d'Irrigation.

FICHES TECHNIQUES 8 ET 9

SUCHANTKE, J et SOUMALA, A.S., 2001. «Étude cadre pour le programme NIGETIP IV, KfW. Niamey, Niger.

SOUMALA, A.S., 2005. «Rapport du Symposium International sur le développement des filières agropastorales en Afrique» Organisé par GREAD.

PPEAR, 2006. «Rapport final d'évaluation du Project de promotion des exportations agropastorales».

FICHE BONNES PRACTIQUES 1

ANPIP. 2001. Private Irrigation Pilot Project, Niger: Nigerien Agency for the Promotion of Private Irriga-

tion; Technical Notes - Improved Manual Irrigation Component. Enterprise Works (Niger) and ANPIP. Juliet, 2001.

FICHE BONNES PRATIQUES 2

RIEUL, L., 1997. «Techniques d'irrigation de l'avenir et leur coût». In: Du puy B. (ed.). Aspects économiques de la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen. Bari: CIHEAM, p. 233-251 (Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n° 31).

Ministère du Développement Agricole, 2008. «Manuel Technique irrigant prive» dans le Projet de Promotion de l'Irrigation Privée Phase 2 (PIP2) République de Niger Juin 2008. p. 41-42.

Ministère des Ressources Animales, 2007. «Projet de Sécurisation de l'Élevage et de l'Agriculture Périurbains de Niamey PSEA» République de Niamey Juin 2008. p. 12-13

FICHE BONNES PRATIQUES 3, 5 ET 6

Ministère de l'Agriculture, Programme de Compétitive et Diversification Agricoles (PCDA). Etude de l'inventaire des techniques et technologies de petite irrigation. Novembre 2004.

DNGR-AECID, 2016 «Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation-PASNDI» République de Mali 2016. Annexe 4.7 Classement

des Systèmes d'Irrigation

FICHE BONNES PRATIQUES 4

Ministère de l'Agriculture (2009). Programme Compétitivité et Diversification Agricoles (2009) Guide d'irrigation 3.

Ministère de l'Agriculture, Programme de Compétitive et Diversification Agricoles (PCDA). Etude de l'inventaire des techniques et technologies de petite irrigation. Novembre 2004.

DNGR-AECID, 2016 «Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation-PASNDI» République de Mali 2016. Annexe 4.7 Classement des Systèmes d'Irrigation

FICHE CAPITALISATION 1

GIZ-DNGR (2014). «Manuel des bonnes pratiques en irrigation de proximité. Expériences du Mali».

Autres sources consultés:

<http://www.fao.com>

<http://data.un.org>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1417482>

<http://www.unesco.org>

ANNEXE 1.

FICHES TECHNIQUES D'IRRIGATION

■ Fiche Technique 1: IRRIGATION DE SURFACE

L'irrigation de surface consiste en amener l'eau au point le plus haut du terrain et laisser écouler cet eau par gravité. L'eau peut être distribuée par ruissellement à la surface d'une planche d'arrosage (par planche), par submersion (par bassin) ou à la raie (par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple et par transirrigation).

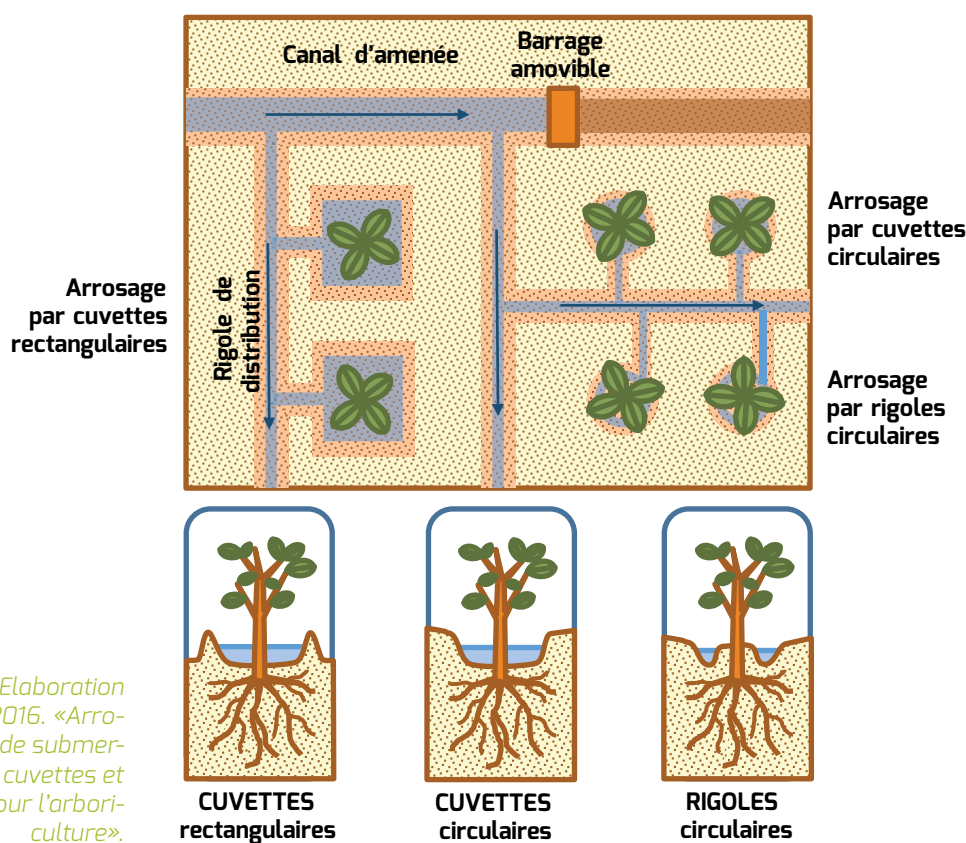


Figure 1. *Elaboration propre, 2016. «Arrosage de submersion à cuvettes et rigoles pour l'arboriculture».*

La caractéristique commune à toutes ces modalités est l'absence d'énergie d'impulsion à l'intérieur de la parcelle ; l'eau est partagée par écoulement dans la surface du sol. L'application de l'eau se fait par ruissellement, submersion ou des techniques mixtes.

Dans la classe de gravitation par ruissellement on peut citer trois sous-classes: la planche, les rigoles de niveau et la raie ou sillon.

La submersion est typique de l'irrigation des cuvettes (arboriculture), les terrasses ou banquettes (terrains à forte pente) et la continue (le riz).

Les principales avantages de la gravitation sont les baisses investissements initiales, peu ou pas de pompage et l'absence de mouillage des feuilles.

L'IRRIGATION PAR PLANCHE

Les planches d'arrosage ou calants sont des bandes de terrain, aménagées en pente douce et séparées par des diguettes qui guident le ruissellement, contrairement à l'irrigation par bassins, où les diguettes sont conçues pour former une cuvette pour contenir l'eau (submersion).

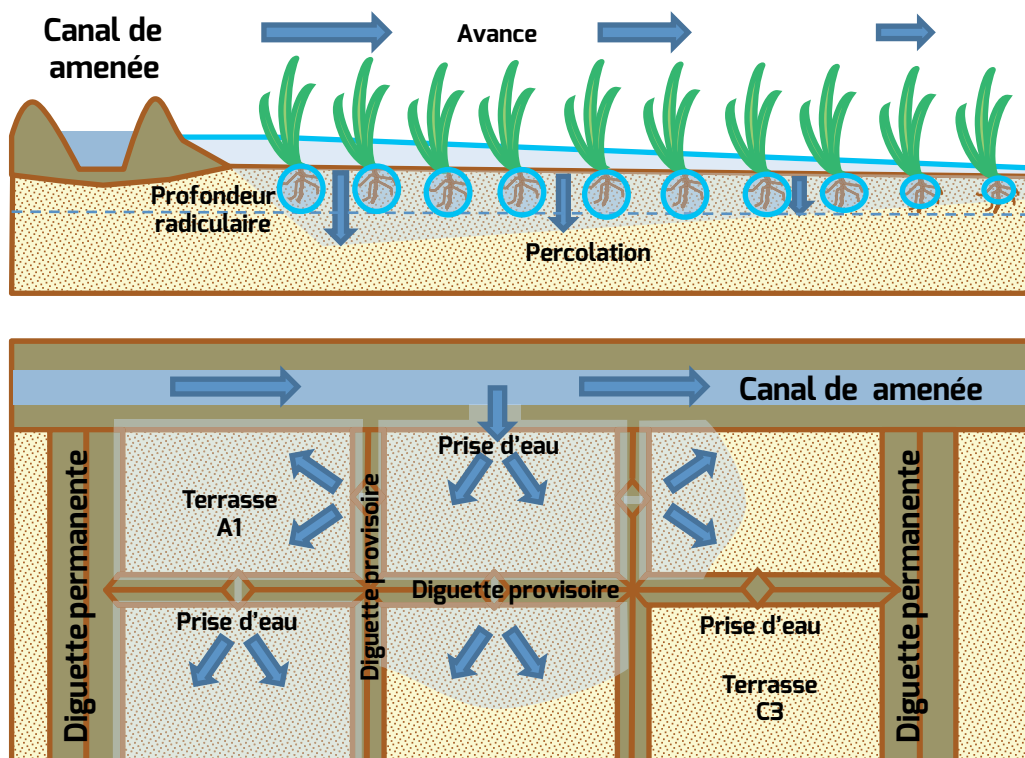


Figure 2. Elaboration propre, 2016. «Arrosage de ruissellement par planches et alimentation en cascade».

L'alimentation en eau des planches est faite de plusieurs façons: soit à l'aide de prises d'eau aménagées sur le canal d'amenée et équipées d'une vannette, soit par des siphons, ou bien par des tuyaux d'alimentation passant à travers les berges du canal d'amenée. La lame d'eau introduite ruisselle en descendant la pente de la planche (0,05 à 2%). Le plus bas est indispensable pour le ruissellement et le maximum pour éviter l'érosion.

Le débit à déverser est fonction de la pente, de la largeur et de la longueur de la planche. Cette méthode est la plus difficile car il faut ajuster le débit d'irrigation de chaque planche avec toutes les autres variables. De toute façon, cette méthode d'irrigation n'est pas pratiquée dans le cas des petites exploitations où les travaux agricoles sont faits à l'aide de la main-d'œuvre, ou bien par traction animale. C'est un système recommandable pour les exploitations de grande taille à mécaniser.

Fiche Technique 1: IRRIGATION DE SURFACE

Les cultures les plus appropriés sont la luzerne, les céréales et les pâturages pourvu qu'ils soient installés sur des sols profonds limoneux et argileux.

TYPE DE SOL	Pente de la planche (%)	Débit unitaire par mètre de largeur (U/s)	Largeur de la planche (m)	Longueur de la planche (m)
SABLE Taux d'infiltration > 25 mm/h	0,2-0,4	10-15	12-30	60-90
	0,4-0,6	8-10	9-12	60-90
	0,6-1	5-8	6-9	75
LIMON Taux d'infiltration 25 - 10 mm/h	0,2-0,4	5-7	12-30	90-250
	0,4-0,6	4-6	6-12	90-180
	0,6-1	2-4	6	90
ARGILE Taux d'infiltration <10 mm/h	0,2-0,4	3-4	12-30	180-300
	0,4-0,6	2-3	6-12	90-180
	0,6-1	1-2	6	90

Tableau 17. «Ordres de grandeur des longueurs et des largeurs maximums des planches».

Note: Le débit est donné par mètre linéaire de largeur de la planche. Par conséquent, le débit total s'obtient en multipliant le débit unitaire par la largeur de la planche exprimée en mètres.

Une des formules pratiques est celle de Crevat qui consiste à déterminer la longueur de la planche qui dépend de l'infiltration du sol, ce qui correspondrait au temps de ruissellement. Autrement dit, l'aiguadier ouvre la vanne et attend que l'eau arrive au bas de la planche, et à ce moment-là il doit fermer la vanne d'arrivée.

L'IRRIGATION PAR BASSIN

Les bassins sont constitués de cuvettes en terre, à fond à peu près plat, entourées de diguettes de faible hauteur ou levés. Le sol doit être nivelé (pente de 0,1 à 1%). L'opération est simple, elle consiste à remplir le bassin, ce qui fait que cette technique soit fréquemment utilisée.

L'irrigation par bassin peut être utilisée pour l'irrigation de toutes sortes de cultures qui peuvent tolérer la submersion pour une longue durée. Les sols limoneux sont préférables. Les bassins ne sont pas recommandés pour des sols qui forment une croûte dure (encroûtement) quand ils sont secs.

Pente (%)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0	3,0	4,0
Largueur max (moyenne) (m)	45	37	32	28	25	22	20	17	13	10	7	5
Largueur max (limites) (m)	35-55	30-45	25-40	20-35	20-30	15-30	15-25	10-20	10-20	5-15	5-10	3-8

Tableau 18. «Ordres de grandeur des valeurs maximums de la largeur d'un bassin».

Dans plusieurs régions du Maroc, la taille des bassins est de 40 à 50 m² et cette technique est connue sous le nom «Robta». Le Robta occasionne une perte importante de superficie, due au nombre important de cloisonnements.

Débit du courant d'eau (l/s)	Sable	Limon sableux	Limon argileux	Argile
5	35	100	200	350
10	65	200	400	650
15	100	300	600	1000
30	200	600	1200	2000
60	400	1200	2400	4000
90	600	1800	3600	6000

Tableau 19. « Ordres de grandeur des superficies maximums de bassin (m²) pour différents types de sol, en fonction du débit dérivé d'eau (l/s) »

L'IRRIGATION À LA RAIE

L'irrigation à la raie ou par rigole convient parfaitement aux sols présentant une pente comprise entre 0,2 et 3%. Les sillons sont séparés d'une distance variable, entre 0,6 et 1,25 m, selon le type de sol et la culture. Selon le débit d'eau, on peut irriguer un ou plusieurs sillons à la fois. Les raies peuvent être parallèles ou perpendiculaires à la rigole permanente d'amenée d'eau. D'une manière générale, l'irrigation est réalisée suivant un débit unique ou une succession de deux débits différents ; un premier débit, le plus important qui est appelé «débit d'attaque» et un deuxième débit plus faible qui est appelé «débit d'entretien». L'irrigation à la raie se prête mieux à la mécanisation par siphon, par rampe à vannettes, par gaine souple ou par transirrigation.

La rigole d'alimentation dessert un certain nombre de raies courtes séparées par des billons et bouchées à leur extrémité. L'eau ruisselle d'abord dans les raies puis les remplit. On règle le débit pour éviter le débordement. La faible longueur des raies assure une infiltration homogène le long de la raie. La culture peut se trouver sur le billon, à flanc de billon ou dans la raie.

Débit	Calage	Avance	Temps d'infiltration	Percolation	Colature	Rendement	Uniformité
UNIQUE	Trop faible	Très lent	Elevé en tête	Elevé	Faible	Faible	Faible
UNIQUE	Trop fort	Très vite	Faible	Faible	Très élevé	Faible	Bonne
UNIQUE	Adapté	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen (60-70%)	Moyen (60-70%)
DOUBLE	Débit d'attaque	Fort	Vite	Faible	Faible	Elevé (>80%)	Haute (>80%)
	Débit d'entretien	Faible	Faible	Elevé en tête	Elevé	Faible	

Tableau 20. (Rieul, L., 2003). «Influence de débit en tête de raie».

L'IRRIGATION PAR SIPHON

L'irrigation par siphon s'adapte bien à l'irrigation des raies. Les siphons en PVC, d'épaisseur 1,5 mm et de diamètre variant entre 20 et 43 mm, sont relativement légers lorsque leur longueur est comprise entre 1 et 1,5 m. Une charge

Fiche Technique 1: IRRIGATION DE SURFACE

de 10 cm est suffisante pour travailler dans des conditions adéquates. Les débits varient entre 0,25 et 2 l/s, respectivement pour une charge de 5 et 20 cm.

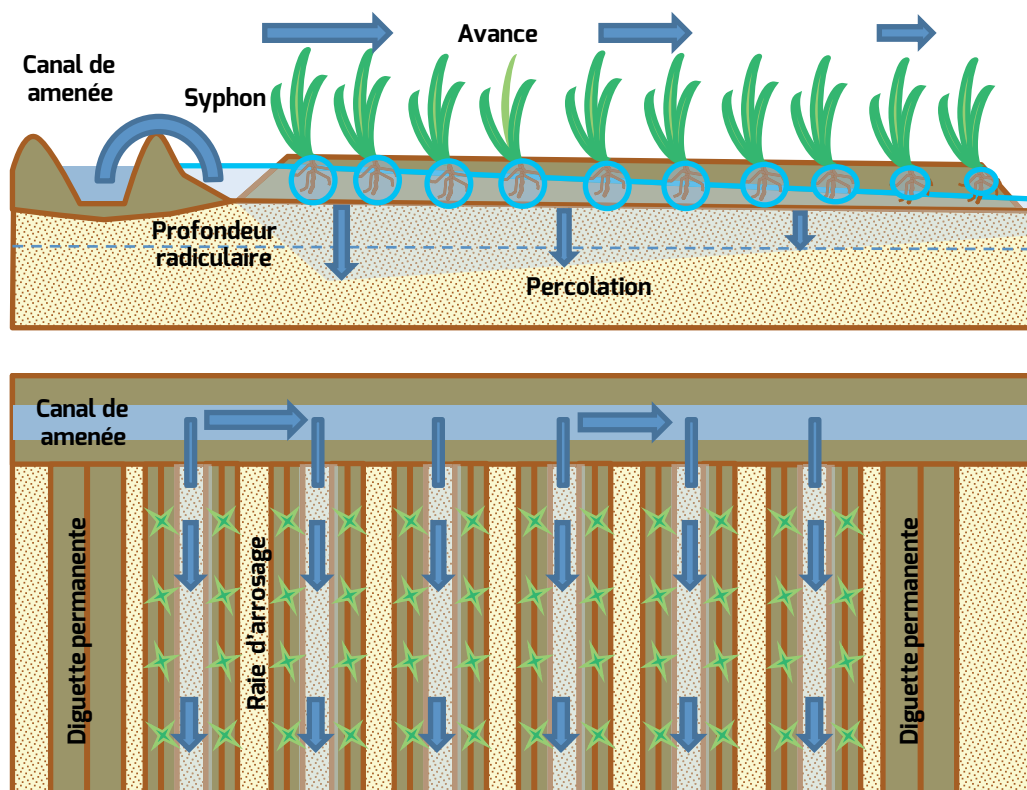


Figure 3. *Elaboration propre, 2016. «Arrosage de ruissellement par siphon et raies: culture au sommet du billon et irrigation par sillons alternés».*

On peut par ailleurs réaliser une irrigation à deux débits, soit en utilisant des diamètres différents, soit en utilisant des bouchons percés à l'extrémité des tubes ou tout simplement en jouant sur le nombre des siphons. Dans ce type d'irrigation, l'amorçage des siphons nécessite un entraînement et une certaine agilité pour mieux maîtriser l'irrigation. Il existe aussi de petites pompes à main pour effectuer cette tâche, mais l'amorçage risque d'être plus lent.

Ce type d'irrigation est d'un intérêt certain car il permet d'éviter la construction d'une «séguia» d'amenée, et donc tous les travaux liés à la distribution. Il permet également de réduire l'érosion du sol à la tête de la raie. Par ailleurs, l'irrigation par siphon permet une bonne répartition de l'eau et présente un avantage du fait que l'investissement est faible puisque les tuyaux mobiles peuvent être déplacés de raie en raie.

L'IRRIGATION PAR RAMPE A VANNETTES

Ce type de matériel correspond mieux aux cultures irriguées à la raie et qui nécessitent peu d'interventions sur la parcelle. L'avantage réside dans la possibilité de réglage du débit par des vannettes coulissantes; qui offrent des positions d'ouverture de 25, 50, 75 et 100%.

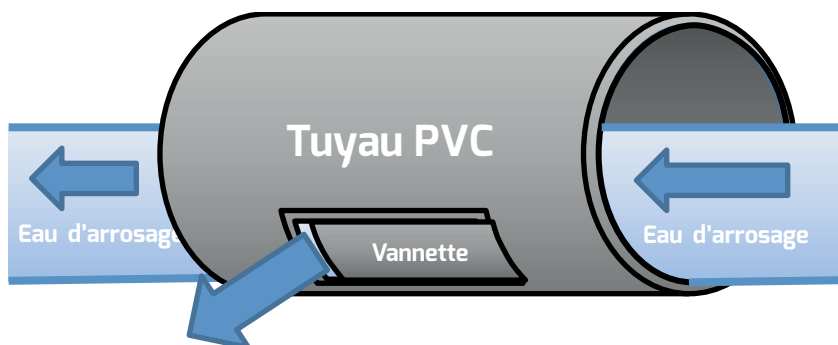


Figure 4. Elaboration propre, 2016. «Vannette dans un tuyau PVC d'arrosage».

Par rapport aux siphons, on évite l'opération d'amorçage qui est un travail lent et fatigant. L'autre avantage réside dans le fait que les débits obtenus sont plus précis et fiables.

Lorsqu'on remplace les vannettes par des cannes verticales qui alimentent des raies ou des planches; on obtient alors le système californien. Il est constitué d'une conduite enterrée sur laquelle on fixe des cannes dont on peut régler le débit ainsi que l'orientation du jet. La conduite enterrée, de diamètre variant de 160 à 300 mm, est relativement épaisse (3 à 5 mm).

Cette technique présente l'avantage de ne pas gêner les travaux agricoles. Par contre, c'est indispensable de faire une étude de dimensionnement. Lorsque l'irrigation de toute la parcelle se fait en même temps, toutes les sorties sont ouvertes, sinon les sorties non utilisées doivent être fermées d'une manière étanche.

L'IRRIGATION PAR GAINÉ SOUPLE

La gaine souple est posée dans une rigole préparée à l'avance pour éviter les déplacements de la gaine une fois remplie d'eau. La pose peut être effectuée à l'aide d'un engin ou d'un petit tracteur. Les perforations peuvent être effectuées sur un ou deux côtés. Elles peuvent être standards ou selon les espacements des cultures. La gaine peut être munie de manchettes souples de dérivation qui permettent d'irriguer au centre des raies, sans se soucier d'un emplacement précis des perforations.

Ce type d'irrigation, ayant une charge de 0,4 à 1 m, convient pour un sol relativement plat. Les débits de dérivation sont de l'ordre de 2 l/s. Les gaines sont facilement installées sur le terrain et demandent un investissement modeste. Cependant, elles présentent l'inconvénient d'être fragiles et le réglage des débits est peu précis.



Figure 5. Elaboration propre, 2016. «Manchette attaché à une gaine souple d'arrosage».

Fiche Technique 1: IRRIGATION DE SURFACE

Les gaines ne peuvent en aucun cas être utilisées pour élever l'eau et leur extrémité reste ouverte sous peine de destruction par une surpression. Les extrémités doivent donc être posées sur des objets d'une hauteur d'environ 1 m pour éviter ce sort d'accident.

LA TRANSIRRIGATION

Cette sorte d'irrigation peut être de surface ou souterraine. Elle est très convenable pour l'arrosement de la raie sur une parcelle qui peut atteindre 6 ha.

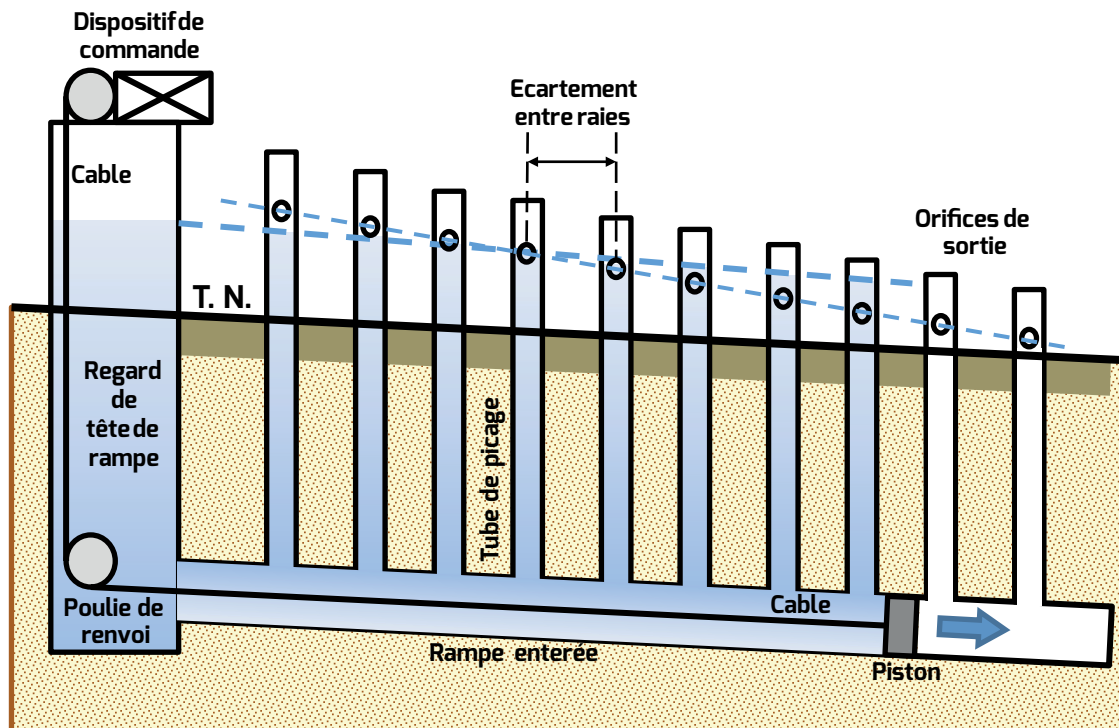


Figure 6. Rieul, L., 2003. «Schéma de principe d'un système de transirrigation enterré».

Les éléments utilisés sont faciles à trouver dans le marché local. Une conduite de PVC rigide de 250 mm de diamètre s'installe horizontalement avec une pente régulière entre 0.25-0.6% sur laquelle sont percés des orifices bien alignés et formant un angle de rapport à la horizontal. La taille des orifices dépendra au débit cherché. Désormais il n'est pas un système sous pression, le déplacement d'un piston à l'intérieur du tuyau horizontal permet de contrôler la charge de chaque sortie sur la raie.

■ Fiche Technique 2: IRRIGATION PAR ASPERSION

L'eau parvient aux plantes d'une façon similaire à la pluie, à travers des appareils sous pression. La répartition tente d'être le plus homogène possible pour atteindre une culture uniforme. L'aspersion peut s'adapter à tous types des sols et le nivellement du sol n'est pas nécessaire mais pour les grandes machines, des pentes plus basses que 10% sont recommandés. Cette technique est très flexible puisqu'elle est applicable à tous types de cultures.

L'efficacité varie de 55-85% en fonction de la maîtrise technique et les différentes sortes d'infrastructures d'aspersion.

L'aspersion est recommandée dans les cas suivants:

- Sols de faible profondeur, ne pouvant être correctement nivelés pour une irrigation de surface, tout en conservant une profondeur suffisante.
- Sols trop perméables, qui ne permettent pas une répartition uniforme de l'eau dans le cadre d'une irrigation avec ruissellement en surface.
- Terrains à pente irrégulière avec micro-relief accidenté, ne permettant pas l'établissement d'une desserte gravitaire à surface libre.

Par contre, elle est à écarter dans les régions très régulièrement ventées (les vents supérieurs à 4 ou 5 m/s dégradent considérablement l'homogénéité de l'arrosage) et aussi lorsque l'irrigation se fait avec l'eau salée sur des plantes au feuillage sensible au sel.

Une installation d'irrigation sous pression est généralement composée d'un équipement fournissant la pression nécessaire à son fonctionnement, d'appareils de mesure et de contrôle de débit, et d'une conduite principale amenant l'eau jusqu'aux conduites secondaires et tertiaires. D'autres éléments peuvent être utilisés, notamment un filtre ou une batterie de filtres et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

La considération des facteurs suivants est nécessaire à la conduite d'un projet de dimensionnement de tout système d'irrigation sous pression:

- a) la dimension et la forme de la surface à irriguer, sa topographie et le type du sol;
- b) les sources d'eau disponibles ou potentielles et leurs caractéristiques ;
- c) Les conditions climatiques dans la région, l'accessibilité à la parcelle et la culture à irriguer.

On peut différencier deux grandes catégories d'aspersion en fonction du matériel utilisé:

1. Simple. Par rampes perforées ou asperseurs
2. Mécanisée. Les rampes frontales, pivots et enrouleurs.

Fiche Technique 2: IRRIGATION PAR ASPERSION

ASPERSION TRADITIONNELLE

Les arroseurs utilisés en agriculture sont à rotation lente. Cette rotation est obtenue par le va-et-vient d'un bras de levier qui porte un seul aubage et qui oscille sous l'effet de l'impact d'un jet qui s'échappe d'une buse. Les petits arroseurs ont des buses de 4 à 7 mm de diamètre. La portée de leur jet est relativement faible, leur pression de service se situe entre 2,5 et 3,5 bars et les gouttelettes d'eau obtenues sont de petite taille. Les arroseurs moyens ont des buses de 8 à 14 mm de diamètre et nécessitent une pression de service d'au moins 4 bars.

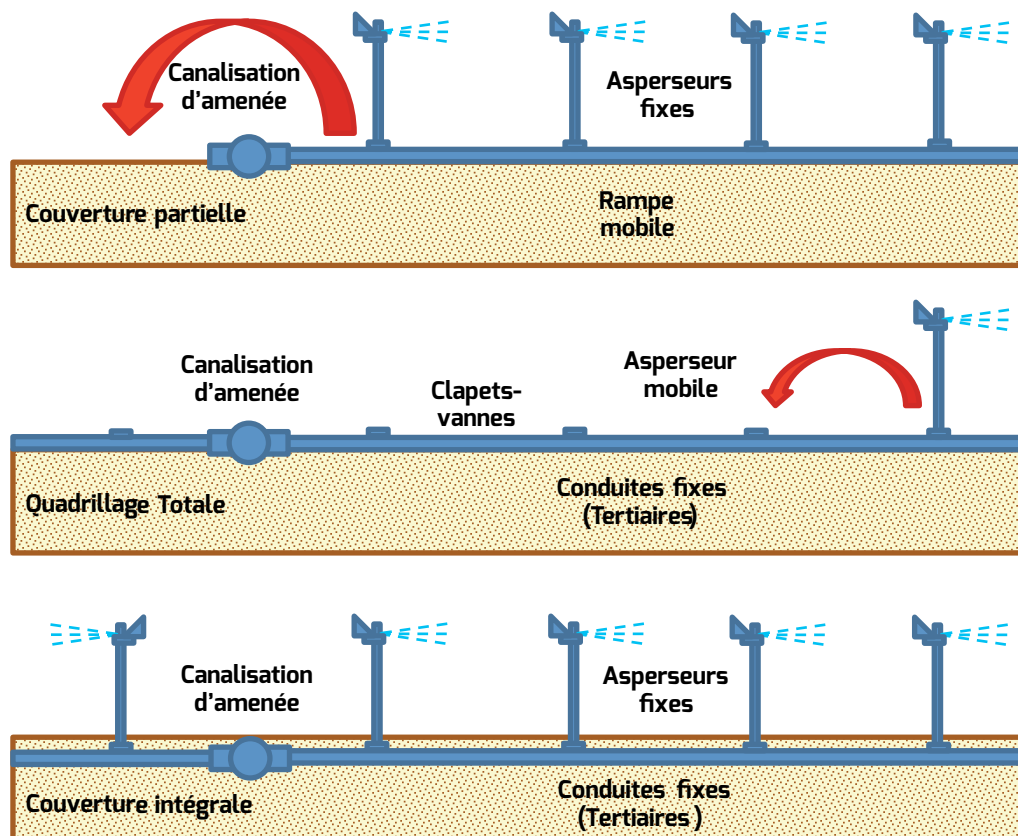


Figure 7. Elaboration propre, 2016. «Différentes sortes d'irrigation traditionnelle avec arroseurs: couverture partielle et intégrale et quadrillage totale».

Les grands arroseurs ont des buses de 15 à 25 mm de diamètre et fonctionnent à des pressions d'au moins 4,5 bars. Ils ont une pluviométrie horaire élevée et conduisent à la formation de grosses gouttelettes. La taille des gouttelettes ne doit occasionner aucun dommage ni au sol, ni à la culture. Une augmentation de la pression s'accompagne normalement d'une réduction de la taille des gouttelettes. L'angle idéal d'inclinaison par rapport au plan horizontal est de 32° en conditions calmes. Les perturbations causées par le vent sont influencées par le montant sur lequel repose l'arroseur ainsi que l'angle de projection du jet d'eau. La plupart des arroseurs moyens à usage agricole ont des angles compris entre 25° et 26°, alors que ceux des grands arroseurs se situent entre 23° et 24°.

Les principaux types d'installation dans l'irrigation par aspersion sont:

- Les installations mobiles portatives comprennent des canalisations principales ainsi que des rampes pouvant être déplacées à la main. De ce fait, les conduites formant l'ensemble du système doivent être légères, facilement raccordables et détachables les unes des autres. Elles sont habituellement en aluminium léger ou en alliage d'aluminium et sont présentées en segments, munies de raccords rapides et mesurant en général 6 m de longueur. Ces installations sont conseillées pour les régions à capital d'investissement faible mais disposant d'une main d'œuvre abondante.
- Les installations semi-mobiles portatives ont des canalisations principales qui sont fixes et enterrées à intervalles réguliers. En général, la station de pompage est permanente, elle est située de manière à réduire le trajet de l'eau. Les canalisations fixes sont généralement en acier et sont protégées contre la corrosion. D'autres variantes existent, en combinant les tuyaux flexibles.
 - Les installations permanentes (ou couverture totale), où les conduites principales et les rampes sont enterrées, se rencontrent principalement dans les exploitations de vergers.
 - Les installations temporaires sont des systèmes mobiles ou semi-mobiles ayant la particularité d'avoir assez de canalisations pour pouvoir être montés au moment de la plantation et laissés en place jusqu'à la dernière irrigation avant la récolte.

ASPERSION MÉCANISÉE

Les systèmes de rampe pivotante et de rampe frontale sont des installations utilisées essentiellement dans les grandes exploitations. Elles possèdent un mécanisme d'entraînement programmable qui sert à déplacer les éléments. Le système de rampe pivotante est constitué d'une conduite avec arroseurs, supportée à l'une de ses extrémités par une tour à pivot central, une série de tours munies de roues et un moteur électrique (ou hydraulique). La conduite peut mesurer de 100 à 500 m, pouvant irriguer jusqu'à 75 ha. L'ensemble permet d'irriguer une surface circulaire, mais nécessite un capital d'investissement élevé. Les débits sont de l'ordre de 250 à 850 m³/h pour une pression de 6 bars.

Le système de rampe frontale diffère de la rampe pivotante par le fait que toutes les tours sont mobiles et le déplacement se fait latéralement. L'alimentation en eau se fait soit par un fossé creusé au milieu ou au bord du champ, soit par un tuyau flexible. Il nécessite un investissement aussi important sinon supérieur à celui du système à rampe pivotante. La consommation énergétique de ces deux systèmes est élevée.

D'autres types de rampes peuvent très bien convenir à l'irrigation de cultures ayant une hauteur relativement faible, tels que les céréales; ce sont les rampes ou les ailes tournantes.

Les autres types d'installations sont: l'aile traînée ou remorquée, bras tournant ou arroseur géant, et le canon automoteur (machine automotrice d'irrigation à tuyau flexible: enrouleurs).

Fiche Technique 2: IRRIGATION PAR ASPERSION

LES ENROULEURS

Les enrouleurs sont des machines d'irrigation à tambour et à tuyau flexible. Ils sont actuellement désignés par «enrouleurs» à cause de leur principe de fonctionnement. Le porte asperseur est placé à l'une des extrémités du flexible et l'autre extrémité est fixée sur le tambour sur lequel il s'enroule. Ainsi, l'irrigation s'effectue peu à peu sur une bande en tirant le porte asperseur. L'enrouleur peut également fonctionner avec une rampe.

L'enrouleur est une machine automotrice disponible en plusieurs tailles; la longueur et le diamètre peuvent respectivement varier entre 100 et 600 m et entre 50 et 140 mm. Le débit peut atteindre 50 m³/h et la portée du jet de l'asperseur peut dépasser 100 m de rayon.

L'enrouleur est constitué des éléments suivants: le tambour, le châssis, le mécanisme d'enroulement, l'asperseur et le porte asperseur, le flexible en polyéthylène, un système de régulation de la vitesse d'avancement, un système d'enroulement uniforme du flexible et un système de sécurité de fin de course. Le tambour et le châssis doivent supporter une grande charge car le flexible est généralement non drainé entre les opérations. Les grandes machines peuvent contenir un poids allant à plus de 5 t. Le tambour doit en plus supporter un grand couple pour pouvoir tirer le flexible rempli d'eau le long du terrain. Durant l'utilisation de l'enrouleur, un mécanisme d'entraînement fait tourner le tambour qui à son tour enroule le flexible lentement et tire le porte asperseur le long du terrain. Le tambour est entraîné par une chaîne, un engrenage ou un système d'ergot actionné à l'aide d'une turbine, d'un soufflet ou d'un moteur auxiliaire essence ou diesel. Le système d'entraînement à piston est abandonné à cause de sa forte oxydation par l'eau d'irrigation.

La conception de la turbine est spécialement faite pour des applications à charges variables tel que l'enrouleur dont la charge varie en fonction de la quantité du flexible non encore enroulé et qui se trouve sur le sol. La turbine possède des avantages tels que l'enroulement silencieux et régulier. Elle permet aussi d'atteindre de grandes vitesses, ce qui permet à l'irrigateur d'appliquer de faibles doses. Un autre avantage de l'utilisation de la turbine réside dans le fait que la totalité du débit moteur est réutilisé pour l'irrigation et non déchargé à proximité de l'emplacement de la machine. Finalement, le fonctionnement de la turbine n'est pas affecté par les eaux chargées et présente une technologie simple.

Les soufflets sont en principe utilisés pour les petites unités équipées par des flexibles ayant un diamètre inférieur à 94 mm. Le fonctionnement du soufflet est discontinu et occasionne une diminution du débit utile, alors que dans le cas de la turbine une diminution de la pression d'entrée est observée.

Le moteur auxiliaire (essence ou diesel) permet à l'enrouleur de fonctionner sans perte ni de pression ni de débit et aussi d'atteindre de grandes vitesses d'avancement de l'ordre de 200 m/h. Ce type d'enrouleurs équipés de moteur auxiliaire conviendrait à des zones munies d'un réseau d'irrigation sous pression; cela éviterait l'utilisation d'un surpresseur.

Le porte asperseur peut être soit un chariot soit un traîneau, leur conception est faite pour réduire au minimum l'endommagement des plantes. Les enrouleurs modernes sont munis de chariot à deux roues réglables pour s'adapter à différents espacements des cultures. Ces chariots peuvent être stabilisés en cas de besoin par des poids supplémentaires ou par le remplissage des roues par de l'eau.

Le flexible est non renforcé, il est fabriqué à l'aide de formulations spéciales de polyéthylène (PE) pour combiner à la fois une grande rigidité et une grande flexibilité. Ces caractéristiques sont obtenues en variant la densité du PE. Le flexible peut être soudé par simple échauffement des deux bouts cassés.

L'enrouleur est également équipé d'un système de régulation de vitesse d'avancement du porte asperseur, qui en principe augmente durant l'irrigation. On rencontre deux types de régulations:

- Une régulation mécanique basée sur l'augmentation du diamètre du tambour (une barre constamment en contact avec le diamètre extérieur formé par le flexible enroulé agit en conséquence sur le mécanisme d'entraînement)
- Une régulation électronique basée sur la mesure directe de la valeur réelle de la vitesse d'avancement. La mesure se fait par une petite roue mise en contact avec le flexible.

Après avoir installé le porte asperseur au bout du terrain à irriguer, il suffit alors d'alimenter l'enrouleur en eau sous pression et d'engager le mécanisme d'entraînement. Au cours de l'irrigation, l'effort de frottement diminue avec la longueur du flexible déroulé sur le sol, ce qui entraîne une augmentation de la vitesse d'avancement au cours de l'irrigation. Par souci d'avoir une distribution uniforme de l'irrigation, la vitesse d'avancement doit varier en fonction de la pression de l'asperseur. Une variation de vitesse d'avancement de plus de 10 % n'est pas recommandée.

AUTOMATISATION DE L'IRRIGATION

Les vannes automatiques sont des appareils dont l'ouverture et/ou la fermeture sont effectuées automatiquement par un dispositif intégré ou monté à proximité ou sur la vanne. Le dispositif de commande de la vanne hydraulique peut être mécanique (vanne volumétrique) ou électrique (électrovanne).

Les vannes hydrauliques sont équipées d'une membrane dont la déformation sous l'effet de la pression de l'eau provoque son ouverture ou sa fermeture. Les vannes dites normalement ouvertes, le sont lorsqu'aucune pression externe n'est exercée sur la membrane. La fermeture est provoquée par l'application d'une pression sur la membrane. Elles peuvent servir pour une multitude de fonctions comme la régulation de débit, la régulation de niveau, l'anti-retour, le remplissage des citernes, la commande de pompe, la réduction de pression etc.

Les électrovannes sont de petites vannes qui commandent la pression externe qui sera appliquée sur la membrane de la vanne hydraulique. L'ouverture du circuit est commandée par le déplacement d'un noyau

Fiche Technique 2: IRRIGATION PAR ASPERSION

de fer doux par un solénoïde alimenté soit par un courant de maintien de 24 V, soit en recevant des impulsions électriques pour le faire passer de la position fermée à la position ouverte, et vice-versa.

Les vannes volumétriques sont des vannes associées à un compteur. Pour les vannes semi-automatiques, l'ouverture est manuelle et le volume d'eau à apporter est programmé sur la vanne. Lorsque ce volume est écoulé, la vanne se ferme. Elle peut être associée à plusieurs vannes hydrauliques et peut faire l'objet d'une automatisation dans une installation d'irrigation. Cette solution est rarement utilisée car les vannes volumétriques sont chères. Cependant, un programmeur associé à plusieurs électrovannes est souvent utilisé pour l'automatisation d'une installation d'irrigation. La planification des irrigations ne peut être réalisée par un simple programmeur muni d'une horloge. En effet, le pilotage des irrigations repose soit sur le sol, où l'on doit détecter l'état hydrique, soit sur la plante où l'on doit détecter son état. D'autres techniques font appel à la thermométrie infrarouge, ou à l'estimation de l'évapotranspiration.

■ Fiche Technique 3: L'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

Dans l'irrigation goutte à goutte, l'eau est livrée à la plante à faible dose entraînant ainsi l'humidification d'une fraction du sol. Ceci permet de limiter les pertes par évaporation et percolation. Elle permet aussi de réduire le développement des mauvaises herbes. Elle met également en œuvre des équipements fixes et légers, et permet la fertirrigation. Dans la plupart des cas, elle exige une automatisation à travers des contrôleurs associés à des vannes volumétriques et/ou hydrauliques et des électrovannes.

L'installation est composée d'une source d'eau, d'une station de pompage, d'une unité de tête, des canalisations principales et secondaires, de porte rampes et rampes, et enfin de distributeurs. L'unité de tête comporte les éléments nécessaires au conditionnement et à la sécurité de fonctionnement.

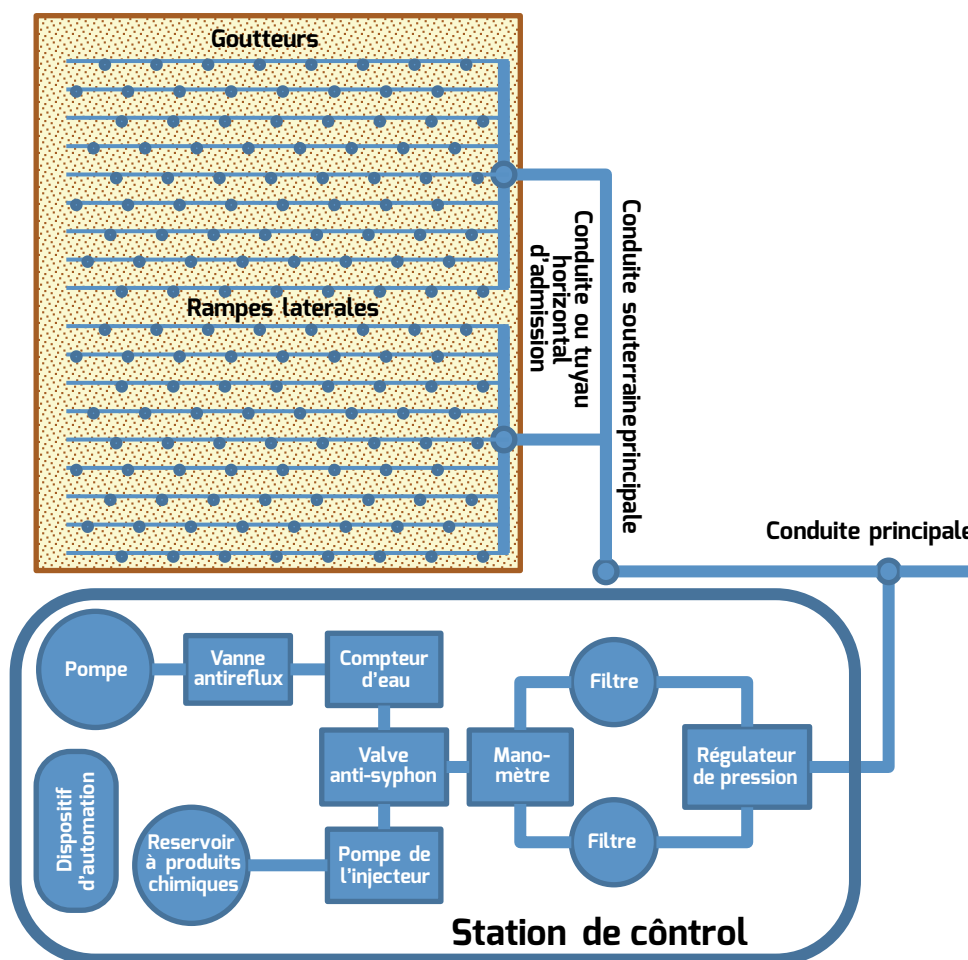


Figure 8. Elaboration propre, 2016. «Schéma d'un système d'irrigation goutte à goutte».

Les distributeurs peuvent être classés selon leur débit de fonctionnement. On distingue alors les goutteurs, les diffuseurs et les micro-asperseurs.

Les goutteurs ont un faible débit (entre 1 et 16 l/h) et fonctionnent sous une pression relativement faible (environ 1 bar). Dans la pratique, on utilise souvent des goutteurs de 2 l/h pour les cultures maraîchères

Fiche Technique 3: L'IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

et de 4 l/h pour les cultures pérennes (arbres fruitiers et vignes). Selon le type de goutteur, le mode de fixation sur la rampe peut être soit en dérivation, en ligne ou intégré. Actuellement, on tend de plus en plus vers le mode intégré vu son faible coût de fabrication ainsi que sa facilité d'installation sur le terrain. En effet, il suffit de dérouler la rampe alors que pour les autres modes, les goutteurs sont à installer un par un, suivant les espacements désirés. Dans la fixation en dérivée, on peut trouver des circuits courts ou des circuits longs. Ces derniers ont l'avantage de couvrir une grande surface et peuvent être disposés en formant un cercle, pour couvrir une surface plus grande.

Dans certains projets d'irrigation goutte à goutte pour des cultures pérennes, on peut volontairement employer une rampe de faible diamètre lorsque les plants sont petits pour ensuite rajouter une deuxième rampe lorsque les besoins en eau sont plus importants.

Le débit (Q) d'un distributeur peut s'exprimer en fonction de sa pression par la formule suivante:

$$Q = k \cdot h^x$$

Où: «Q» est le débit en l/h; «k» est une constante de forme et de dimension; «h» est la pression en mètre et «x» est le coefficient qui caractérise le type d'écoulement.

Lorsqu'on dispose de plusieurs valeurs de débits des goutteurs, avec les valeurs respectives des pressions, on peut alors à l'aide de l'équation ci-dessus calculer les valeurs de k et de x. Généralement, les constructeurs donnent les caractéristiques des distributeurs sous forme de tableaux ou de graphes, ce qui permet d'établir leur équation, ou simplement connaître leur débit.

Les goutteurs auto-régulants ont une valeur de x voisine de 0 et donc la variation de leur débit est insensible aux variations de la pression; ces variations sont limitées dans une plage de pression. Les goutteurs non auto-régulants ont une valeur de x variant entre 0,5 pour le régime turbulent et 1 pour le régime laminaire.

Il est important de connaître cette équation pour effectuer correctement le dimensionnement d'un système d'irrigation goutte à goutte, notamment la longueur des rampes et leurs débits. Actuellement, les constructeurs donnent assez souvent la longueur maximale de leur rampe en fonction des diamètres et des goutteurs utilisés.

Les variations de débit d'un distributeur peuvent être également dues à l'usure de l'orifice car les sections de passage sont généralement faibles (diamètre variant entre 1 à 2 mm). Les sections des distributeurs doivent être fabriquées avec une grande précision puisque de petites variations de diamètre occasionnent de grandes variations de débit, sous une même charge.

La plupart des conduites en plastique utilisées en irrigation localisée sont fabriquées à partir de:

- Chlorure de polyvinyle, PVC
- Polyéthylène, PE (basse ou haute densité, BD ou HD)
- Polypropylène, PP

Les PE sont les plus utilisés pour les petits diamètres, alors que les PVC sont plus utilisés pour les gros diamètres, en raison de leur résistance à la pression. Le classement des conduites se fait suivant le coefficient normalisé de dimension, qui traduit la pression maximale de service ainsi que la classe de pression.

Le choix d'un appareil d'injection doit tenir compte de la concentration requise en engrais et de la précision souhaitée. Les autres critères sont la mobilité, le coût et le mode de fonctionnement.

On distingue:

- Les dilueurs
- Les pompes doseuses hydrauliques (placées en lignes ou en dérivation)
- Les pompes doseuses électriques

Les dilueurs sont constitués d'une cuve étanche dans laquelle on introduit l'engrais sous forme solide mais soluble. La cuve est montée en dérivation sur la conduite principale de l'irrigation, à l'amont du filtre à tamis. Le temps de dissolution des fertilisants n'est pas toujours bien connu des opérateurs et la concentration de l'engrais varie fortement entre le début et la fin de l'irrigation. La cuve doit être vidée à la fin de chaque irrigation. Le volume de la cuve varie entre 50 et 300 litres, ce qui limite la surface à irriguer à 0,5 ha en culture légumière et 1 ha en arboriculture.

Les pompes doseuses hydrauliques fonctionnent d'une manière régulière en aspirant et en refoulant une quantité constante et connue de solution fertilisante dans la conduite d'irrigation. Le démarrage et l'arrêt peuvent être commandés par une vanne volumétrique ou par une électrovanne. Leur fonctionnement est précis.

Les pompes doseuses électriques sont constituées d'un moteur électrique qui entraîne une pompe à membrane ou un piston. Elles sont précises et permettent de disposer d'une gamme étendue de débits d'injection. Plusieurs pompes peuvent être montées en parallèle pour injecter simultanément plusieurs solutions. L'énergie électrique est nécessaire.

L'irrigation goutte à goutte nécessite une filtration adéquate des impuretés contenues dans l'eau d'irrigation ainsi que celles qui peuvent se former en cours d'utilisation. Pour cela, il existe plusieurs types de filtres.

Les filtres à sables sont remplis de couches de gravier calibré pour arrêter les particules solides et organiques. Ils sont généralement munis d'un montage de contre-lavage qui permet leur nettoyage, réalisé lorsque la perte de charge est comprise entre 5 et 10 m. Un filtre à sable est suffisant pour un débit allant de 10 à 15 m³/h. Pour les débits supérieurs, on utilise une batterie de filtres. Pour plus d'assurance, le filtre à sable est suivi d'un filtre à tamis ou d'un filtre à disques. Le séparateur centrifuge, ou l'hydrocyclone, est placé avant le filtre à sable, quand l'eau est chargée de sable.

Assez souvent, on recommande de retenir les particules de granulométrie supérieure au 1/10 de la plus petite dimension de passage de l'eau dans les distributeurs. L'arrêt des particules plus petites ne fait qu'accélérer le colmatage des filtres. Une filtration de 150 microns (100 mesh) est souvent utilisée pour l'irrigation localisée ou par aspersion. Dans ce dernier cas, on pense aussi à l'usure des buses des asperseurs.

■ Fiche Technique 4: LES PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS VILLAGEOIS (PIV)

CLASSEMENT D'IRRIGATION ET LOCALISATION AU MALI

Les périmètres irrigués villageois sont une typologie d'aménagement en bordure de fleuve (Groupe 1 du PNIP).

SYSTÈME D'EXPLOITATION ET INFRASTRUCTURES



Photo 28. Motopompe de la Coopérative des Frères Diallo. Ville de Kayes, Kayes.

Ces aménagements se caractérisent par le contrôle total sur la disponibilité de l'eau à partir du pompage (généralement). Le pompage peut lui-même être fait à partir d'une station de pompage (Kayes) ou plus simplement avec des groupes motopompes (PPIV le long du fleuve Sénégal et de ses affluents dans la Région de Kayes). Par rapport à toutes les autres formes d'irrigation, seule la maîtrise totale de l'eau permet des rendements élevés, grâce à l'utilisation des techniques culturales intensives: variétés de semences à haut rendement, en pépinières ainsi de repiquage, pré-irrigation, labours et désherbage, apports suffisants d'engrais et d'eau d'irrigation.

Contrairement aux moyens et grands périmètres, on distingue dans les PIV des périmètres de l'ordre de 20 à 40 ha, avec un réseau hydraulique complet (réseau primaire, secondaire et tertiaire), et des micro-périmètres, de quelques hectares seulement de superficie, généralement irrigués avec des motopompes à partir de tuyaux avec installation mobile et sans système particulier de drainage.

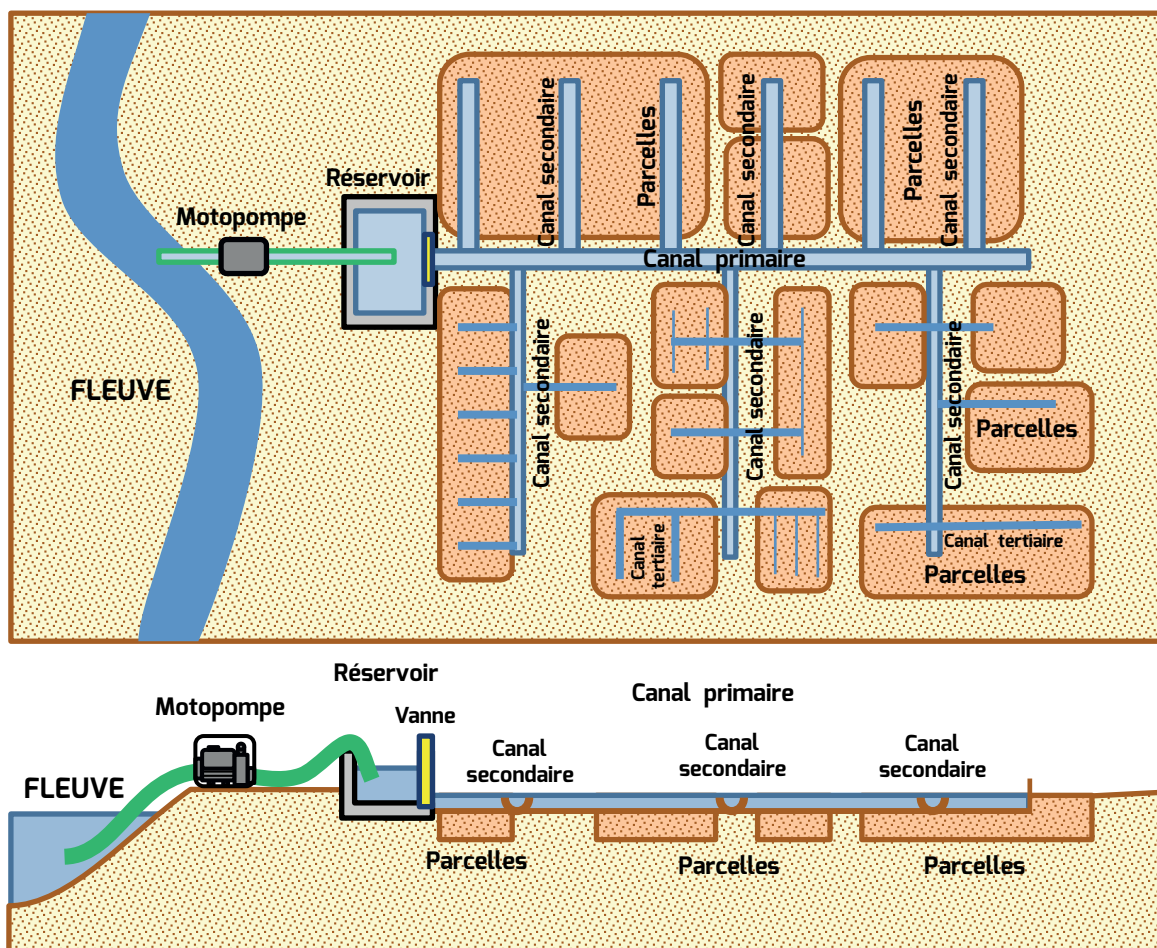


Figure 9. Elaboration propre, 2016. «Schéma d'un PIV avec canaux de distribution».

Généralement le pompage s'effectue depuis le fleuve jusqu'à un réservoir fabriqué en béton ou maçonnerie. Depuis ce réservoir l'eau est distribuée par un canal primaire (normalement en béton) jusqu'aux canaux secondaires qui peuvent être en terre ou en béton. Normalement si les canaux secondaires sont la queue du réseau, ils seront en terre, et distribueront l'eau à un côté et autre sur les parcelles d'environ 0,25 ha. Si non, il existera un réseau tertiaire pour effectuer cet objectif. Dans certains cas on a réalisé une amélioration du réseau en remplaçant les canaux par des tuyaux (normalement en PVC). Les sorties des tuyaux peuvent inonder des petites plates-bandes de 2-3 m de large sur 10 m de long.

LES CULTURES

Comme on a expliqué ce type d'aménagement, pouvant disposer dans chaque moment la quantité d'eau voulue, permet de mettre en irrigation la plus grande variété de cultures qu'offre cette région. De plus, comme on peut contrôler le type d'application d'eau sur la plante, les possibilités d'exploitation se multiplient ainsi que l'efficacité ou les rendements.

Fiche Technique 4: LES PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS VILLAGEOIS (PIV)



Photo 29. Papayer. Manantali, Bafoulabé.

© DNGR- AECID

Les cultures qui sont normalement pratiquées sont des fruitiers comme les bananes, les papayers, les manguiers ou les goyaviers, mais aussi des cultures maraichères comme l'oignon, le gombo, etc. Pour les cultures comme la banane, (qui demeure 5 ans sur la parcelle), pendant les 4 mois des pluies il n'existe pas d'irrigation, puis les huit autres mois on réalise l'irrigation. On réalise rotation des cultures de banane avec les cultures maraichères. La culture des céréales peut être pratiquée en contre-saison (hivernage).

PROBLÉMATIQUE ACTUELLE



Photo 30. Parcelles à Dinguiriya. Logo, Kayes.

© DNGR- AECID

Le fait est que la plupart des PIV ne fonctionnent pas correctement actuellement, ou dans une superficie plus réduite de celle qui est aménagée, et d'autres sont complètement abandonnés.

Parfois le système d'irrigation (motopompe et réseau d'irrigation) a été mal conçu et ne fonctionne correctement que pour certains agriculteurs, de façon que les autres agriculteurs boycottent la coopérative ou ne contribuent pas à celle-ci. C'est fondamental réaliser des études correctes, un bon dessin technique, et une bonne exécution de l'ouvrage.

Cependant, avec l'augmentation du prix du gasoil, il faut chercher des techniques pour la rentabilisation de l'aménagement. Dans ce sens l'administration réalisera quelque projet expérimental d'irrigation goutte à goutte.

Le principal problème repose sur les motopompes ; l'absence des pièces de rechange et d'un service technique, les difficultés de réparation, etc. Dans la plupart des cas ceci mène à l'abandon total du périmètre. Sachant que ce service n'est pas couvert par les entreprises privées, il faudrait étudier quelque mesure avec l'appui de l'état pour implémenter un service de réparation et de renouvellement des éléments nécessaires (en concret dans le Cercle de Kayes).

Un autre problème qui est généralisé dans les réseaux des canaux c'est la perte d'eau due à la prolifération d'espèces végétales envahissantes surtout dans les canaux tertiaires en terre, puisqu'il n'existe pas un travail de maintenance. Existant aussi des problèmes d'érosion et de sédimentation dans les canaux. Ceci provoque des difficultés dans l'irrigation, surtout dans les parcelles de queue.

Pendant les années 80 on créa les PIV collectifs le long du fleuve Sénégal. La plupart de ces périmètres ont échoué le long du fleuve Sénégal à cause des problèmes de gestion et de maintenance des ouvrages. Parallèlement au coût de l'ouvrage il faut évaluer et avoir en compte des activités complémentaires: équipement et formation des agriculteurs, création du comité de gestion, outils pour la gestion, études d'impact de l'ouvrage, etc. Ces études peuvent être réalisées bien par la DNGR, bien par des bureaux d'études privés qui soient compétents à ce sujet.

Kayes est une région assez isolée, avec de mauvaises voies de communications, ceci provoque une difficulté pour la commercialisation des produits à l'extérieur de cette zone. De plus, les cultures maraichères ne peuvent pas se conserver (ils n'ont pas trouvé un système encore, ni les producteurs, ni les marchands), on doit donc les vendre rapidement pour éviter sa perte (produits rapidement périssables sous l'action des hautes températures). De cette façon, comme on ne peut pas conserver les produits, et il n'y a pas d'équipement d'emménagement, les récoltes de plusieurs producteurs arrivent toutes en même temps et le prix de vente diminue, cependant le reste de l'année on doit s'approvisionner des produits de l'extérieur de la région avec des prix plus élevés. Il est pourtant nécessaire réaliser aussi des études de marché.

La culture de la banane permet retarder ou avancer un peu la récolte (jusqu'à un mois), elle donne donc plus de possibilités pour réaliser sa vente au marché au moment adéquat.

L'oignon se récolte en avril et mai, lorsqu'il fait trop chaud, ceci produit de grands problèmes d'emménagement et de conservation (on peut arriver à perdre jusqu'à 70% de la récolte dans un emménagement de 6 mois). Cependant, le prix augmente de 150 FCFA/Kg en avril à 500 FCFA/Kg en octobre. Une possible solution pour accroître les revenus c'est cultiver du maïs comme seconde culture. On peut obtenir de 5 à 7 t/ha (il faut une grande surface), et comme le pays en est déficitaire, sa vente est pratiquement assurée.

■ Fiche Technique 5: LA SUBMERSION CONTRÔLÉE

CLASSEMENT D'IRRIGATION ET LOCALISATION AU MALI

La submersion contrôlée est une typologie d'aménagement en bordure de fleuve (Groupe 1 du PNIP), qui est pratiquée essentiellement dans les régions de Ségou et Mopti.

SYSTÈME D'EXPLOITATION ET INFRASTRUCTURES

La submersion contrôlée protège les cuvettes inondables des crues du fleuve, par la construction de digues de ceinture, dotées de vannes afin de régulariser la montée des eaux des crues et pour drainer les périmètres en période de décrue.

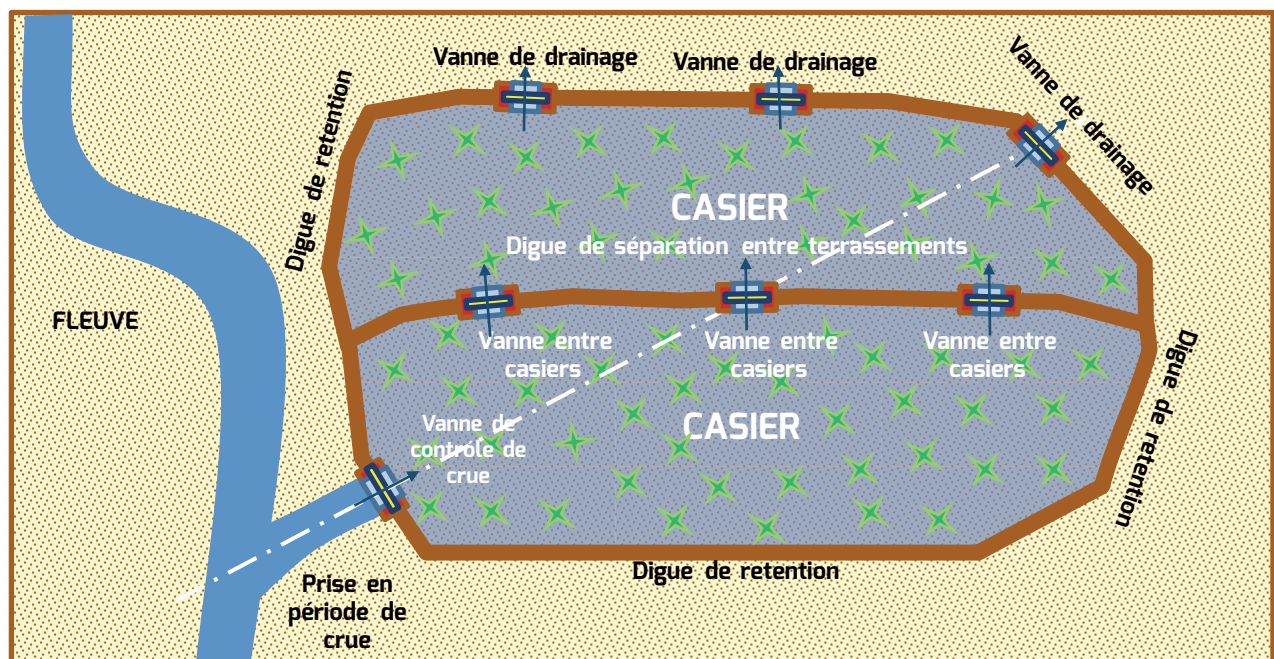
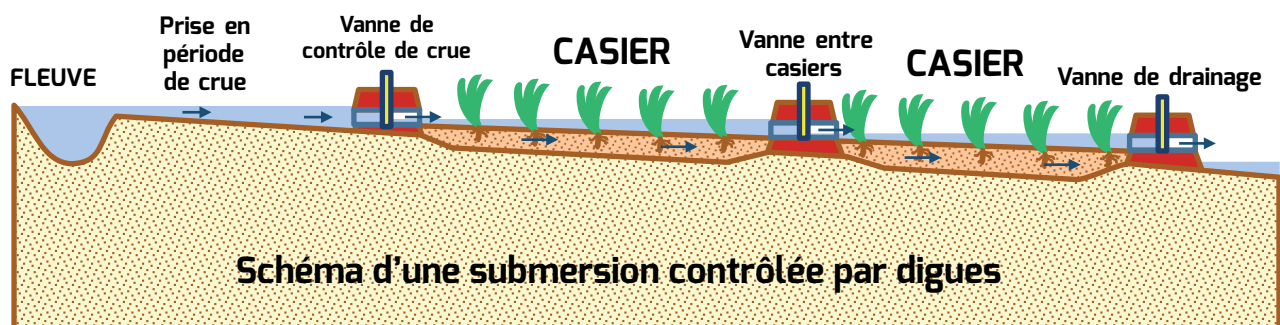


Figure 10. Elaboration propre, 2016. «Schéma d'une submersion contrôlée par digues».

Il est indispensable de réaliser les travaux de préparation du terrain convenablement pour rentabiliser ce type d'exploitation. Le terrassement a pour but un bon nivellement des casiers, et une bonne exécution des digues et des chenaux.

Aujourd'hui, une nouvelle amélioration consiste à irriguer par appoint, avant l'arrivée de la crue, certains casiers de submersion contrôlée par motopompes, ce qui permet de pratiquer le labour sur pré-irrigation; le semis de la pépinière et le repiquage, comme dans les PIV intensifs.

De plus, le système de submersion contrôlée dans les plaines développe aussi les cultures de décrue ; ce type d'aménagement permet de faire une vidange progressive et contrôlée de l'eau stockée pendant la période des crues, de manière à faire une installation des cultures au fur et à mesure de l'abaissement du plan d'eau. Ces cultures sont ensuite alimentées par la nappe phréatique qui a été suffisamment rechargée et dont la descente est contrôlée à travers la maîtrise de la vidange. Il est possible ainsi dans ce type d'exploitation de réaliser une deuxième culture.

LES CULTURES

Normalement pour ce type d'exploitation on pratique la culture d'inondation pour ensuite pouvoir pratiquer la culture de décrue, c'est ainsi qu'on trouve du riz paddy en période d'inondation. En période de décrue pendant la saison sèche sera le tour au maïs, ou le sorgho. Dans le cas où l'on pratiquera une seule culture pendant la saison humide alors on peut choisir en outre que le riz, le maïs, le sorgho, le mil ou des cultures maraichères.

LES ENJEUX

La submersion contrôlée est un aménagement simple, de faible coût d'investissement et facilement appréhendé par les agriculteurs.

LES PROBLÈMES FRÉQUENTS

Le principal problème associé à ce type d'irrigation est la disponibilité d'eau. On a observé une baisse des précipitations dans les dernières années ce qui a entraîné un déficit dans les apports du fleuve, une irrégularité, et une faiblesse du niveau des crues. La conséquence principale est la diminution significative des surfaces inondables et, ainsi, une baisse de la production.

Il faut réaliser un travail d'entretien des digues et de nivellement dans les casiers qui n'est pas réalisé. Aussi, le mauvais entretien des systèmes de drainage conduisent à la longue à la prolifération du riz sauvage à rhizomes.

■ Fiche Technique 6: LES BAS-FONDS

CLASSEMENT D'IRRIGATION ET LOCALISATION AU MALI

Les bas-fonds sont une typologie d'aménagement (Groupe 2 du PNIP), pratiqué dans les régions sud du Mali: Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou et une partie de la région de Mopti.

SYSTÈME D'EXPLOITATION ET INFRASTRUCTURES

Les bas-fonds sont petits périmètres pouvant atteindre une centaine d'hectares de superficie. Les bas-fonds utilisent les cours d'eau temporaires.

La définition de bas fond est "les fonds plats ou conservés des vallons, petites vallées et gouttières d'écoulement inondables, qui constituent les axes de drainage élémentaires. Ce sont les axes de convergence préférentiels des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques alimentés par les pluies." Ce type d'aménagement à maîtrise partielle est basé sur la mobilisation des eaux de ruissellement des vallons à des fins agricoles et pastorales, grâce à des micro-barrages.

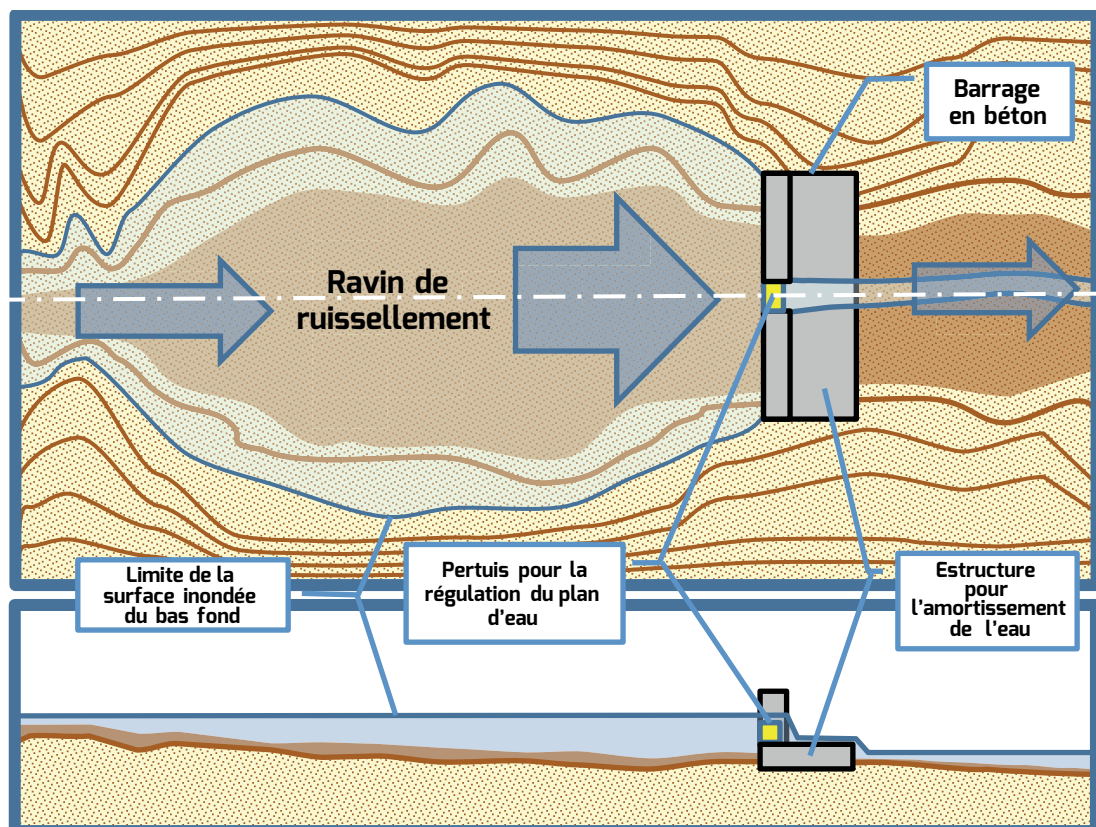


Figure 11. Elaboration propre, 2016. «Schéma d'un bas-fond».

En fonction des conditions hydrologiques, pédologiques et topographiques, plusieurs possibilités d'aménagement sont aujourd'hui développées suivant l'option de contrôler ou pas le niveau du plan de l'eau: diguettes en courbes de niveau ou non, avec ou sans ouvrages de régulation pour retenir l'eau ; seuil déversant avec ou sans masque d'étanchéité; seuil de dérivation dans les marigots pour épandre les écoulements ou recharger les nappes phréatiques par infiltration.

La technique d'aménagement de bas-fonds, largement utilisée, consiste en la construction d'un micro-barrage constitué d'un seuil semi-enterré en béton cyclopéen ou en maçonnerie (moellon ou parpaing) comportant un pertuis équipé de batardeaux ou de vannes pour la régulation du plan d'eau et des protections en enrochements sur le talus aval; le raccordement du seuil au terrain naturel est assuré, de part et d'autre, par deux murs bajoyers. Dans les bas-fonds concaves, le barrage est composé d'une digue en terre compactée (avec ou sans ancrage) et d'un seuil déversant en béton cyclopéen comportant un pertuis pour la régulation du plan d'eau. La zone de cultures du bas-fond aménagé est constituée par la cuvette de la retenue en amont du seuil.



Photo 31. Bas-Fond de béton du PDRIK. Kita.

Ce type d'aménagement, à travers le stockage de l'eau dans sa retenue, permet une recharge de la nappe phréatique qui pourrait assurer l'alimentation des cultures de décrue. Dans les bas-fonds comportant des cuvettes, il est possible de cultiver du riz pluvial; le semis, la levée et le premier stade de développement sont assurés par les pluies; ensuite, le reste du cycle est complété par la retenue d'eau créée par le micro-barrage.

Les bas-fonds représentent une réserve en terres à haute productivité qui, avec l'accroissement de la pression démographique, sera de plus en plus prétendue.

Nom du bas-fond	Longueur (m)	Hauteur (m)	Superficie (ha)	Coût (FCFA)	Coût unitaire (FCFA/ha)
Baliani	60	2,2	10	15.000.000	1.500.000
Madina-malanque	80	2,5	20	56.000.000	2.800.000

Tableau 21. DNGR-AECID, 2016 «Coût de quelques œuvres de bas fonds». Projet d'Appui à la Stratégie Nationale de Développement de l'Irrigation-PASNDI.

LES CULTURES

Le système de production du bas fond est principalement visé pour les cultures de submersion, soit le riz de bas fond, normalement la variété de riz flottant. Mais dû aux possibilités qu'offrent ces systèmes, on ne doit pas oublier la recherche de variétés combinant les caractéristiques suivantes: cycle court, résistance à la sécheresse et aux maladies et la tolérance aux variations du plan d'eau.

Fiche Technique 6: LES BAS-FONDS



Photo 32. Périmètre inondé. Batama, Kéniéba.

Parfois selon les variétés cultivées on peut réaliser 2 ou même 3 récoltes par saison.

PROBLÉMATIQUE ACTUELLE

Au-delà de la riziculture, ces barrages et micro-barrages contribuent aux recharges des puits, aux cultures en contresaison, et à l'abreuvement des animaux.

Il faut réaliser une bonne étude technique du projet et avoir en compte les possibles problèmes de sédimentation qu'on a remarquée dans certains cas. Il s'agit de l'érosion des collines proches dû aux pluies.



Photo 33. Microbarrage. Batama, Kéniéba.

La plupart des bas-fonds fonctionnent pendant les deux premières années, ensuite, la manque d'entretien et des réparations de l'ouvrage, ont pour conséquence sa dégradation, les fuites, le mal fonctionnement et le postérieur abandon.

Il existe aussi nombreux cas où les problèmes sont d'organisation entre les agriculteurs, dans les organes de gestion.

Il faut donc, à part de réaliser l'ouvrage, implémenter des mesures additionnelles aux agriculteurs, pour leur formation en labours d'entretien de l'ouvrage et en conseils techniques, pour leur formation en riziculture et en organisation des comités de gestion ; enfin, pour un profit total de l'aménagement.

Dans certains cas on a observé qu'il est possible augmenter la surface aménagée en réalisant d'ouvrages de prises dans le bas fond et en reconduisant l'eau jusqu'aux plaines proches appropriées pour la riziculture.

■ Fiche Technique 7: LES MARES

CLASSEMENT D'IRRIGATION ET LOCALISATION AU MALI

La culture de décrue dans les mares est une typologie d'aménagement (Groupe 3 du PNIP) pratiquée dans toutes les régions du Mali.

SYSTÈME D'EXPLOITATION ET INFRASTRUCTURES

L'irrigation de décrue est faite dans les mares et lacs, dont le remplissage est assuré soit par ruissellement des eaux de pluies soit par déversement des eaux du fleuve dans des chenaux raccordés aux mares, en période de hautes eaux.

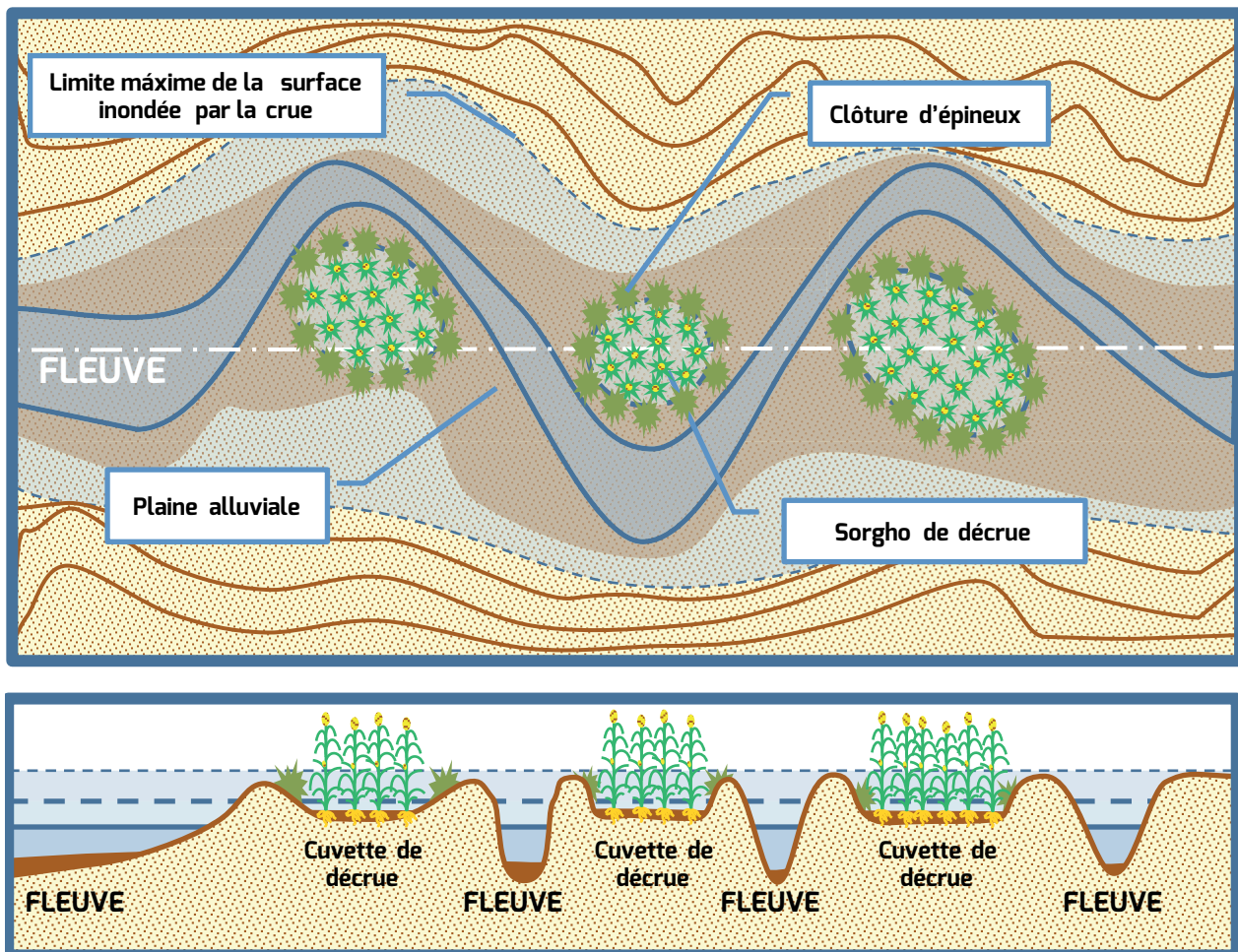


Figure 12. Elaboration propre, 2016. «Schéma d'une culture de décrue dans une plaine alluviale».

Fiche Technique 7: LES MARES



Photo 34. Mare dans le village de Tambacara. Yelimané.

© DNGR-AECID

Les plans d'eau ainsi formés sont utilisés pour l'irrigation (cultures d'inondation), l'abreuvement des animaux et/ou la pêche, avant qu'ils ne se dessèchent par évaporation et/ou infiltration surtout en saison chaude. L'abondance et le remplissage des mares et lacs sont donc essentiellement liés aux variations annuelles des régimes pluviométriques et hydrologiques du pays. Ils ont une importance plus marquée à la Région de Kayes, où ils ont fait parfois l'objet d'aménagement.

Cependant, contrairement aux ouvrages de submersion contrôlée, le système hydraulique des aménagements des lacs et mares doit permettre de laisser le maximum d'eau s'écouler vers le lac et les mares en période de hautes eaux, et en contrôler ou éviter le reflux pendant l'étiage. L'eau s'infiltré ainsi dans le sol et est emmagasinée pour être profitée après par ces cultures. Les ouvrages sont en général simples et consistent en un petit barrage et un ouvrage de prise/vidange. Les ouvrages servent souvent de piste carrossable pour traverser le chenal.

LES CULTURES

Le système de production agricole est très diversifié dans les mares et lacs. En culture de décrue, c'est le sorgho qui est la principale ; viennent ensuite les cultures maraîchères, à côté du riz. Les cultures sont installées en cercle autour de l'eau. La vitesse d'installation étant calée à celle de la décrue et pouvant donc durer plusieurs semaines. Le bourgou est fréquemment cultivé dans les zones basses, plus profondes.

PROBLÉMATIQUE ACTUELLE

Les productions restent aléatoires d'une année à l'autre, les superficies à exploiter dépendant de la crue, et la réussite de la culture dépendant des dates de mise en eau et de la durée de la décrue. Les rendements sont aléatoires, et il y a beaucoup de conflits d'utilisation du périmètre (agriculteurs, éleveurs, pêcheurs). Jusqu'à la sécheresse l'élevage prédominait autour des lacs et mares. Aujourd'hui, l'agriculture est plus fréquente dans les mares, aménagées en périmètres.

La viabilité de la culture de décrue dépend de la gestion du barrage de Manantali. La production d'électricité se montre compatible avec l'agriculture irriguée, mais pas avec la culture de décrue. Il y a encore un compromis possible: un soutien de crue fin août assure une surface minimale de cette culture si le barrage est suffisamment rempli.

■ Fiche Technique 8: LES JARDINS D'OASIS IRRIGUÉS

CLASSEMENT D'IRRIGATION ET LOCALISATION AU MALI

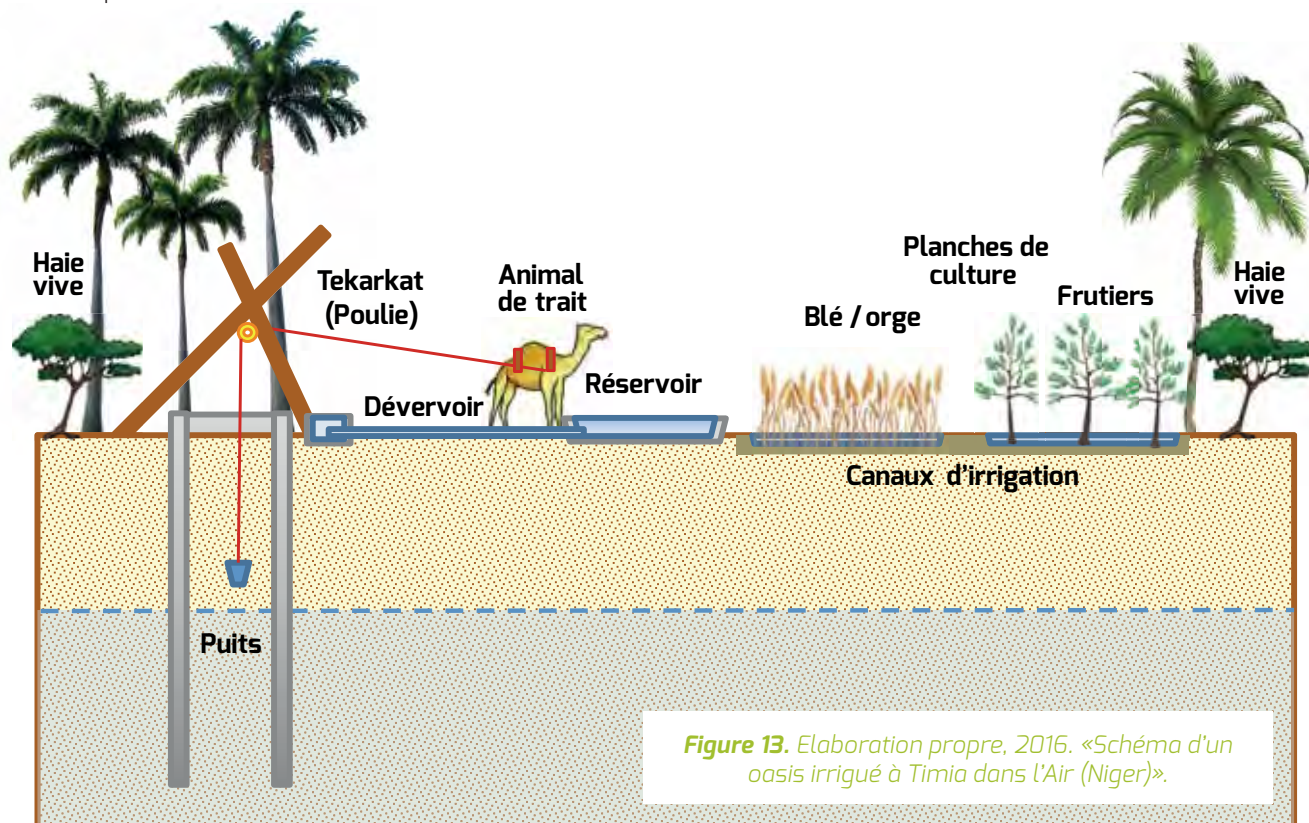
Les aménagements dans les oueds et les oasis sont une typologie d'aménagement (Groupe 4 du PNIP), dans les zones où la pluviométrie est inférieure à 150 mm. Ça correspond à la région de Kidal.

«L'information de cette fiche technique se correspond avec un exemple de jardin oasien au Niger».

SYSTÈME D'EXPLOITATION ET INFRASTRUCTURES

Les oasis dans les régions désertiques sont exploitées depuis plus d'un siècle. Les jardins sont entourés par un périmètre de protection contre l'avance des dunes mais aussi contre l'entrée des ruminants élevés dans le même environnement. La protection est apportée par des branches d'acacia ou des autres espèces épineuses qui ne demandent pas beaucoup de maintenance.

L'apport d'eau pour les cultures est réalisé grâce à la traction animale (dromadaire, mule) dans des puits traditionnels et dans certains cas avec des motopompes modernes. Quelquefois on peut rencontrer des réservoirs à côté des puits ou des planches de culture. La distribution dans les parcelles est accomplie par un réseau de canaux creusés à la main et revêtus d'argile et des pierres pour éviter les pertes par infiltration et évaporation en un endroit aussi brûlant et filtrant comme ceci.



Fiche Technique 8: LES JARDINS D'OASIS IRRIGUÉS

La taille des jardins ne dépasse pas normalement 0,5 ha mais s'ils sont consacrés à des cultures plus rentables comme les oignons ou cerises, les clôtures pourront atteindre 1 ha ou plus.

LES CULTURES

Les cultures à vendre qui sont normalement pratiquées sont fondamentalement les dattes mais aussi des autres fruits (figues, agrumes, cerises...). Les céréales sont cultivées pour la consommation locale (blé, maïs, petit mil...). Depuis l'année 1990, le nombre et la taille des jardins a croisé largement et ils sont ciblés à cultures de rente comme l'oignon, la pomme de terre et l'ail.

Chaque année il y a deux saisons de culture: la saison humide entre juin et septembre et la saison sèche entre octobre et février. Les cultures principales de la première saison sont les céréales comme le maïs et le millet. Pendant la deuxième saison, une association blé-orge avec des cultures horticoles (oignon, tomate, ail, légumes...) est développée.

Les arbres fruitiers couvrent autour 20% de la surface cultivée et une partie est réservée à l'élevage des petits ruminants comme les chèvres. Les résidus agricoles et le fumier animal produit par le bétail et les animaux sont très importants parce qu'ils apportent des engrais pour l'enrichissement des sols.

PROBLÉMATIQUE ACTUELLE

L'entretien des puits nécessite des travaux annuels de curage et cimentation. Les parois sont sensibles aux écroulements et une fois les puits sont démolis, on a besoin des travailleurs bien formés pour la reconstruction.

L'avance constante, et de plus en plus rapide, des dunes du Sahara vers le sud est une réalité contre laquelle est très difficile à lutter avec les outils des agriculteurs sahéliennes. Les haies vives sont chaque fois plus rares et la surface de forêts et prairies capables de supporter les sols a diminué pendant les dernières années.

L'exigence de main d'œuvre et connaissance pour la mise en place et l'entretien de ces jardins d'oasis est élevée.

Les sécheresses des années 70 et 80 ont poussé les éleveurs nomades à adopter la technologie nécessaire pour chercher un moyen de récupérer le bétail perdu pendant ce période diminuer les risques. L'équilibre entre la disponibilité d'eau et la production est un objectif laborieux à remporter, spécialement avec le changement climatique qui menace l'Afrique plus délicate et dépendante des facteurs climatiques. L'augmentation de l'efficacité de l'usage de l'eau est un but à attendre sans jamais perdre de vue le contrôle de la diffusion de la technique et le marché des produits.

■ Fiche Technique 9: LES OUVRAGES DANS LES OUEDS ET OASIS

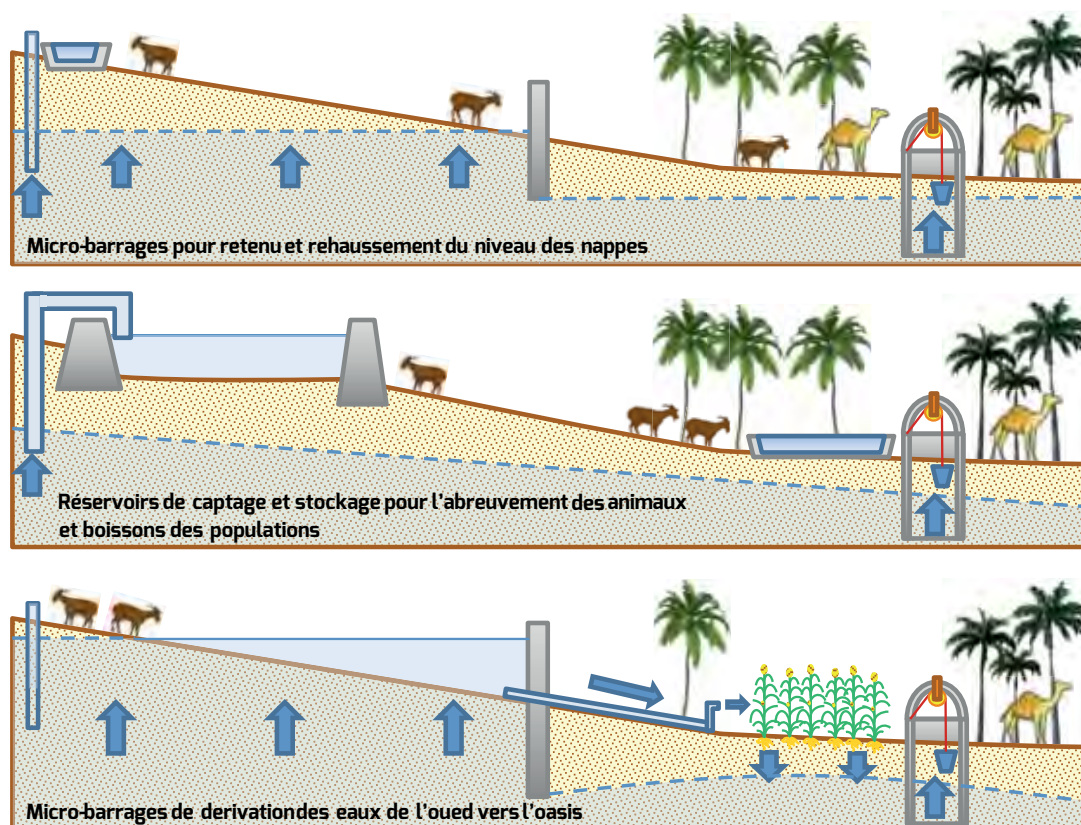
CLASSEMENT D'IRRIGATION ET LOCALISATION AU MALI

Les aménagements dans les oueds et les oasis sont une typologie d'aménagement (Groupe 4 du PNIP), dans les zones où la pluviométrie est inférieure à 150 mm. Ça correspond à la région de Kidal.

«L'information de cultures et problématiques de cette fiche technique se correspond avec un exemple d'oasis à Tidjikja (Mauritanie)».

SYSTÈME D'EXPLOITATION ET INFRASTRUCTURES

Les oueds sont caractérisés par son régime hydrologique très irrégulier dépendant des précipitations rares et fortes avec une grande amplitude thermique journalière, allant de 30° à 60°C et quelquefois des températures nocturnes avoisinant 0 °C. Les régions au sud du Sahara souffrent des précipitations très faibles, moins de 150 mm, et mal réparties pendant l'année ainsi la collecte des ruissellements et l'exploitation des nappes avec des infrastructures sont considérablement importantes pour l'agriculture locale. Ce groupe d'aménagements est le plus souvent et son utilisation est principalement pour la recharge des nappes et l'abreuvement de bétail.



Fiche Technique 9: LES OUVRAGES DANS LES OUEDS ET OASIS

Les objectifs principales des ouvrages oasiennes sont améliorer la gestion durable et la préservation des ressources hydriques, développer des techniques de gestion économique des ressources limitées en eau et consolider la productivité des cultures.

On peut rencontrer trois classes des aménagements:

- Micro-barrages pour retenir les eaux de ruissellement et rehaussement du niveau des nappes superficielles dans le lit d'oued, raccordé aux berges du barrage par un enrochement et pas plus hautes que des dizaines de mètres. La rétention d'eaux exposées à l'évaporation n'est pas trop recommandable mais la rapide infiltration en travers le lit du sable favorise la recharge des nappes sujettes à l'utilisation des puits.
- Réservoirs de captage et stockage des eaux de ruissellement permettant le développement des points d'abreuvement des animaux et la distribution des ressources potables pour la population en période sèche.
- Micro-barrages de dérivation des eaux de l'oued vers des plaines pour la culture. Ils favorisent la recharge de la nappe le long de l'oued et par conséquence celle des puits en aval et en amont du site.

LES CULTURES

Les oasis de Mauritanie, environ 350, sont localisées principalement dans les régions de l'Adrar, le Tagant, l'Assaba et les deux Hodhs. On peut distinguer deux types d'oasis dans cette région:

- Les oasis situés dans des dépressions inter-dunaires notamment dans l'Assaba et les deux Hodhs
- Les oasis situés le long des oueds creusés dans les plateaux rocheux, essentiellement dans l'Adrar et le Tagant.

Les techniques d'exhaure et les modes de mise en valeur (variétés des palmiers dattiers, surfaces et nombres d'étages cultivés...) sont différents d'une région à l'autre. Les réactions sont alors multiples pour supporter la crise que connaissent ces oasis.

De toute façon les cultures traditionnelles sont encore basées sur le palmier dattier qui culmine de 15 à 30 m et dont les feuilles filtrent les rayons du soleil. Le prochain étage est constitué par des arbustes (henné, grenadiers etc.), des vignes accrochées aux palmiers et des arbres fruitiers (pommiers, orangers, abricotiers, pêchers etc.). Les derniers sont fondamentaux dans la production et la conservation sur site. Finalement, le sol est couvert par les plantes basses pour le fourrage (luzerne), le maraîchage avec de nombreuses variétés oasiennes et aussi des plantes aromatiques et médicinales. Les plantes fourragères alimentent les troupeaux qui maintiennent la fertilité des sols.

PROBLÉMATIQUE ACTUELLE

Dans la Mauritanie la surface totale des oasis occupée par les palmiers dattiers a baissée en 5.000 ha dans vingt années. La désertification et les maladies ont fait disparaître les oasis sous les dunes.

Les trois infrastructures décrites dans la liste antérieure tendent à faciliter l'entrée des ruissellements dans le sol pour alimenter les eaux souterraines. L'évaporation et l'érosion sont des facteurs à réduire, aussi le risque de l'infiltration profonde et la minéralisation. Par contre, l'utilisation de cette nappe comporte la nécessité des puits bien construits.

La stabilité globale d'un barrage se décline en 3 composantes: stabilité au glissement, stabilité au poinçonnement (pour les ouvrages sur sol meuble) et stabilité au renversement. Les trois devraient être considérés dans l'installation des barrages où la météorologie est trop changeante et extrême.

Le système traditionnel de l'exhaure de l'eau dans cet oasis, était basé essentiellement sur les techniques oasiennes séculaires à faible rendement et à motricité humaine. Suite à l'urbanisation, de nouveaux systèmes d'exhaure ont été mis en place (motopompes à haut débit). Cette évolution des moyens d'irrigation a engendré de nombreux problèmes aux exploitants oasiens:

- La surexploitation des nappes phréatiques inter dunaire, unique source accessible aux oasiens.
- L'augmentation vertigineuse de la conductivité de l'eau, la rendant ainsi de moins en moins appropriée à l'irrigation et à la consommation.
- L'augmentation des coûts d'exhaure grevant encore davantage les comptes d'exploitation et conduisant de nombreux oasiens à l'abandon de leurs exploitations.

Toutefois, les producteurs traditionnels ont été formés aux techniques de gestion soutenable comme la gestion et préservation des ressources en eau, sur l'amélioration de la productivité des cultures oasiennes et sur l'installation, la gestion et l'entretien des systèmes d'irrigations rationnelles.

L'oasis sahélienne trouverait en priorité sa place dans les sociétés pastorales les plus touchées par la désertification. Son aire d'extension correspondrait ainsi surtout aux zones saharo-sahéliennes, celles occupées par des populations maures, touaregs, daza, arabes du Tchad ou du Soudan, mais aussi par d'autres populations, peuhls, haoussas, etc., qui ont largement compénétré ces zones. Cette aire pourrait également se déplacer plus au sud. En dernière analyse, cependant, l'aire d'extension de l'oasis serait celle de son acceptation par les populations concernées. L'oasis, en effet, ne sera adoptée que là où elle est possible, où elle correspond à des besoins, et, surtout, là où les premières expérimentations auront témoigné de sa réussite.

■ Fiche Technique 10: LES PÉRIMÈTRES MARAÎCHERS

CLASSEMENT D'IRRIGATION ET LOCALISATION AU MALI

Les périmètres maraichers sont une typologie d'aménagement (Groupe 5 du PNIP), qui est transversal aux quatre groupes. C'est pratiqué dans toutes les régions du Mali.

SYSTÈME D'EXPLOITATION ET INFRASTRUCTURES



© DNGR- AECID

Photo 35. Exploitation réservée aux femmes. Périmètre Maraîcher de la Association de femmes de Yaguine, Kayes.



© DNGR- AECID

Photo 36. Bassin et puit. Batama, Kéniéba.

Le système d'exploitation des périmètres maraîchers est identifié généralement par trois caractéristiques principales:

- Il s'agit de parcelles de petite taille (inférieur à 50 m²).
- Ils sont réservés normalement aux femmes.
- La culture est réalisée seulement en saison d'hivernage.

Les superficies exploitées sont de l'ordre d'un hectare au maximum. La disponibilité d'eau est normalement assurée par pompage du fleuve ou, plus souvent, par des puits. Ils existent deux systèmes d'irrigation principaux pratiqués:



Photo 37. Périmètre Maraîcher. Fanga, Yelimané.

Le premier consiste à puiser l'eau du puits à l'aide de la poulie et d'un puisard, et ensuite transporter cette eau dans des récipients (sceaux, canarie, bidons, tasses, etc.) pour l'appliquer directement aux cultures.

Le second, plus moderne, avec l'aide d'une pompe alimentée en électricité par un moteur à combustion ou par des panneaux solaires. L'eau est pompée directement ou peut aussi être stockée dans un château, pour ensuite être acheminée dans des bassins de réserve par des tuyaux enterrés, puis appliquée sur des cultures par des récipients ou par conduites plastiques.

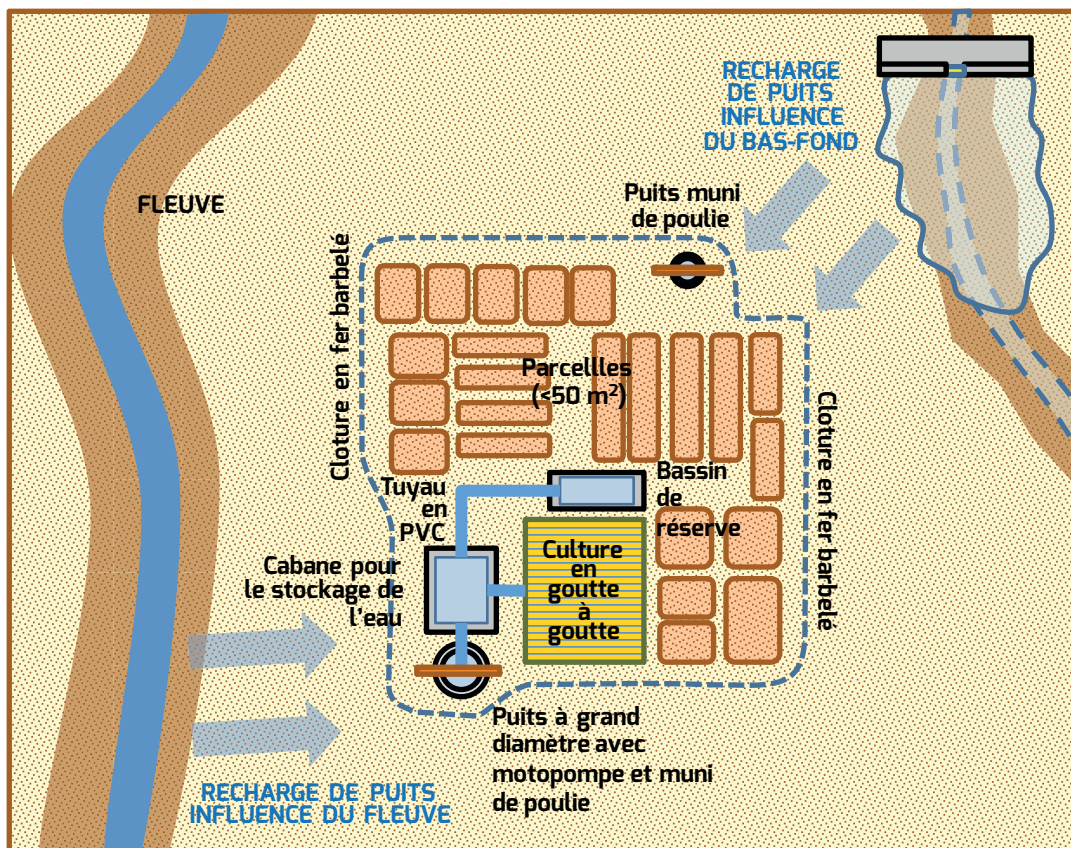


Figure 15. Elaboration propre, 2016. «Schéma d'un périmètre maraîcher».

Fiche Technique 10: LES PÉRIMÈTRES MARAÎCHERS

Les principales infrastructures réalisées sont:

- La clôture en fer barbelé: pour la protection des cultures contre les animaux.
- Les groupes de pompage.
- Les puits à grand ou petit diamètre munies de poulie.
- Châteaux de stockage.
- Des tuyaux pour la canalisation de l'eau dans le cas.



Photo 38. Banane. Coopérative des Frères Diallo, Kayes.

LES CULTURES

La saison des cultures maraîchères commence en novembre ou décembre lorsque terminent les travaux des céréales. Il faut réaliser normalement des labours de désherbage auparavant. Les spéculations sont: oignon, gombo, aubergine, tomate, concombre, igname, manioc entre autres, et aussi quelques arbres fruitiers comme bananes, papayers, manguiers et goyaviers.

PROBLÉMATIQUE ACTUELLE

Les parcelles sont très petites ; chaque femme dispose d'une surface de 3 x 3 m, 5 x 3 m, 1 x 10 m, 7 x 5 m etc. C'est ainsi que la production est seulement destinée à l'autoconsommation. De plus, la plupart des systèmes d'irrigation sont obsolètes (puits manuels, sceaux etc.). Parfois la disponibilité d'eau des puits est insuffisante due aux grands besoins du village, à la sécheresse etc. Aussi, il faut doter les périmètres de clôtures et en faire sa maintenance puisque le bétail n'est pas contrôlé.

Il faudrait donc augmenter la surface pour chaque femme à 100 m² au minimum et moderniser le système d'irrigation pour augmenter les rendements et la rentabilité des exploitations, ainsi on pourra passer d'une échelle de production d'autoconsommation à une échelle de production de vente au marché.

Pour pallier le problème des ressources en eaux des puits on a observé l'influence des barrages et micro-barrages sur la recharge des eaux souterraines. Cette zone d'influence peut arriver jusqu'à 300 m dans chaque rive du bas-fond. De cette façon on alimentera la couche phréatique par transmission horizontale, permettant ainsi disposer d'eau dans les puits pour le village et les cultures maraîchères.

ANNEXE 2.

FICHES DE BONNES PRATIQUES ET TECHNOLOGIES INNOVANTES

■ Fiche Bonnes Pratiques 1: SÉLECTION DU SYSTÈME D'IRRIGATION

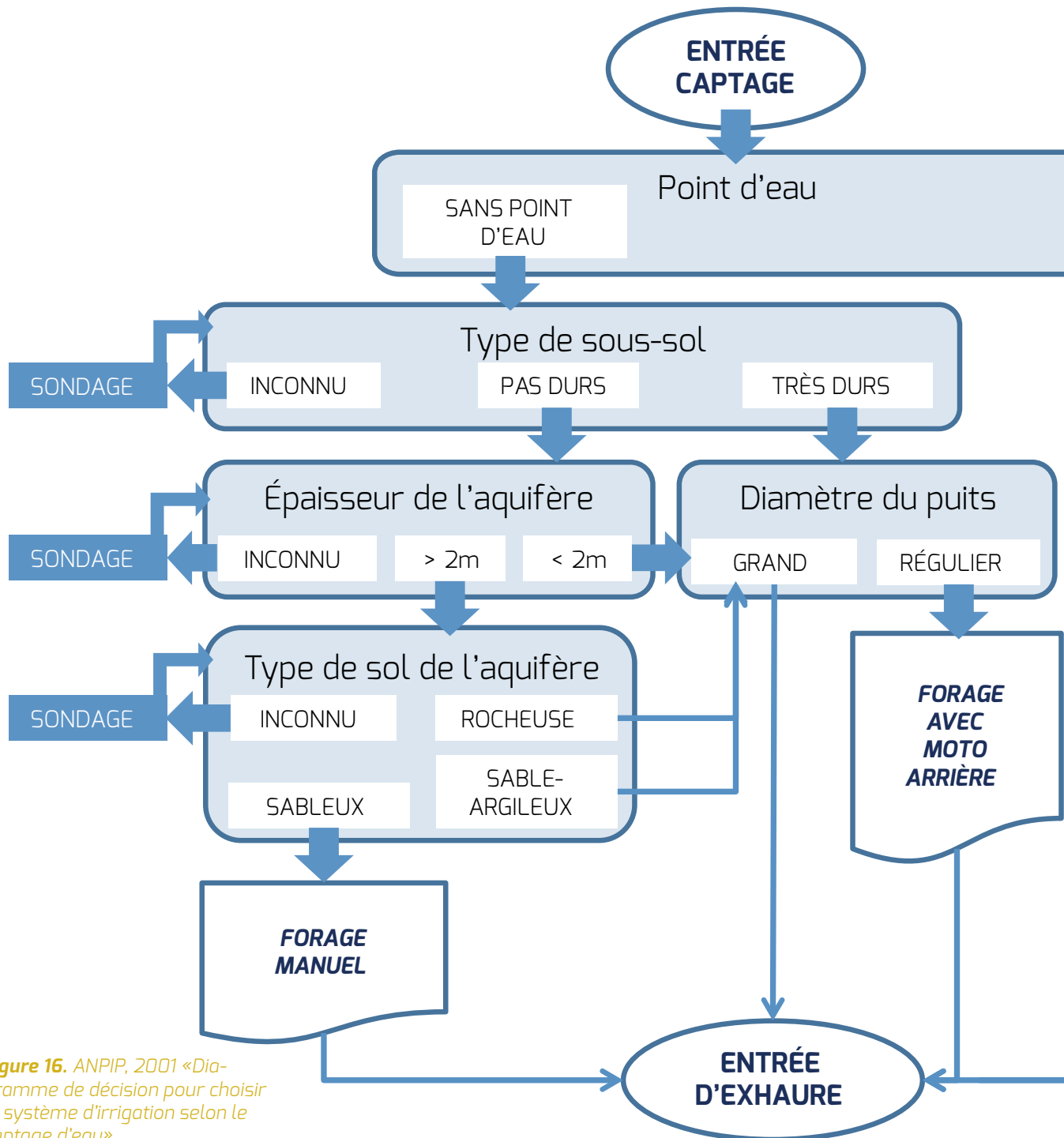
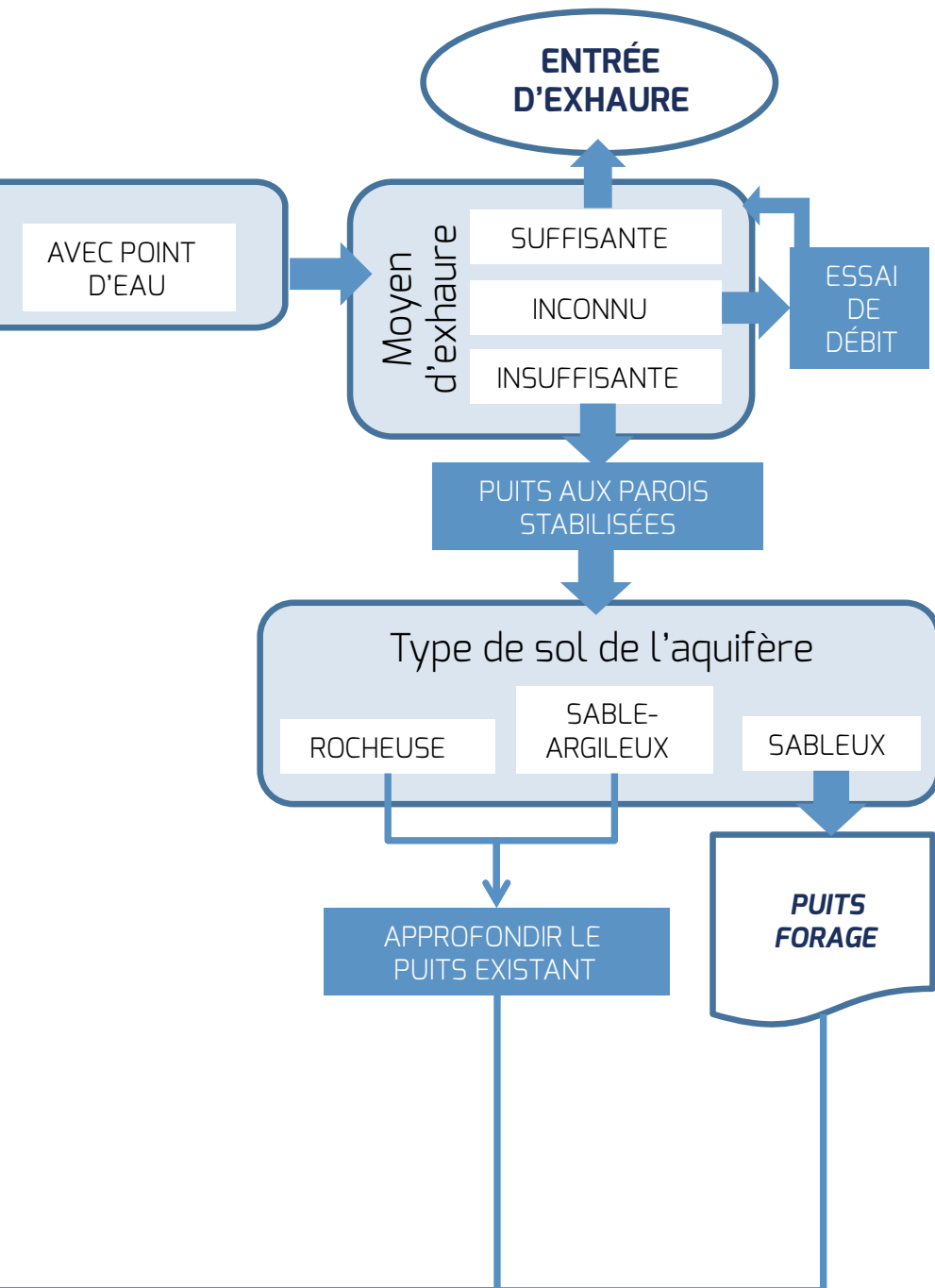
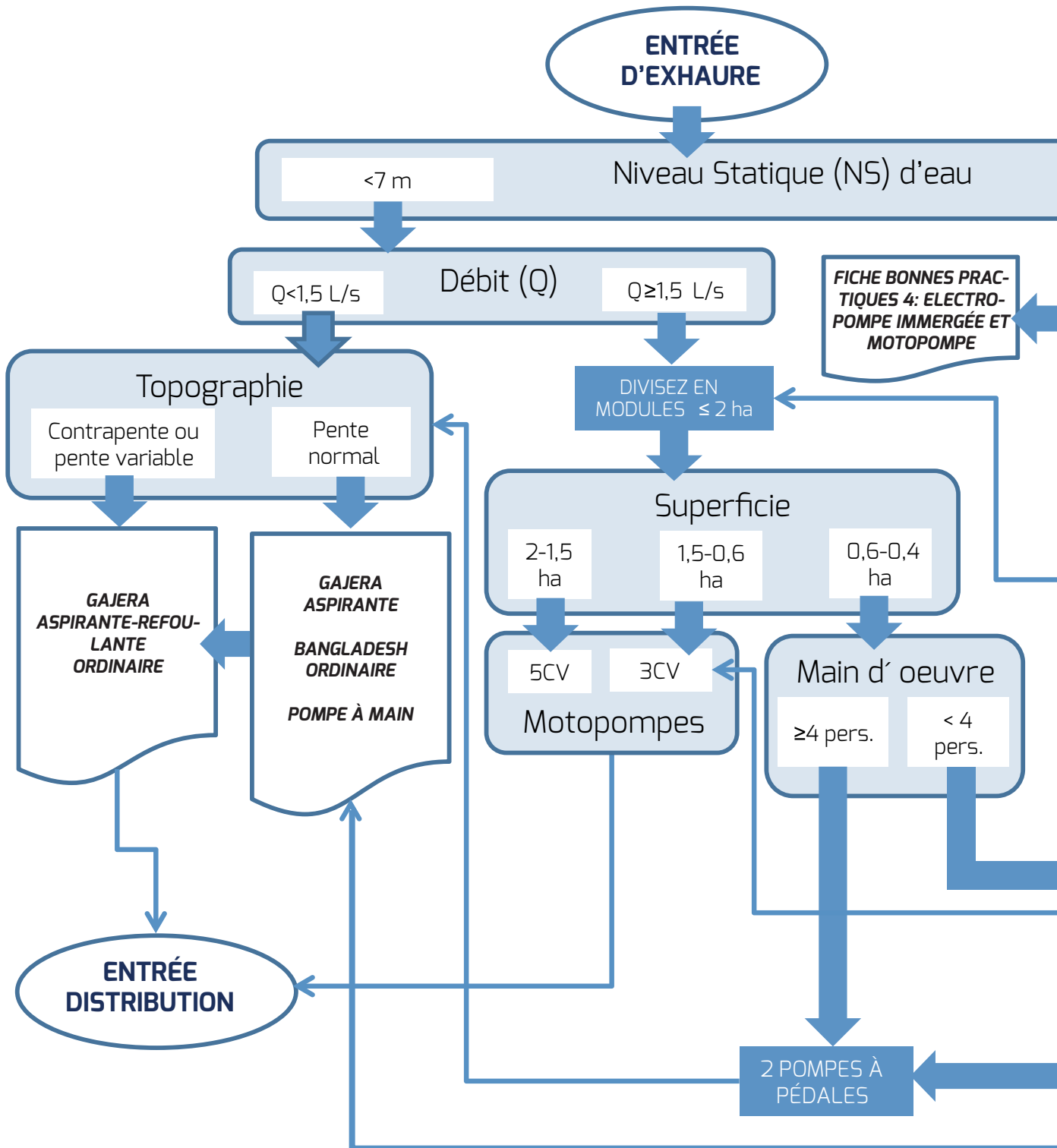


Figure 16. ANPIP, 2001 «Diagramme de décision pour choisir le système d'irrigation selon le captage d'eau».

MALI



Fiche Bonnes Pratiques 1: SÉLECTION DU SYSTÈME D'IRRIGATION



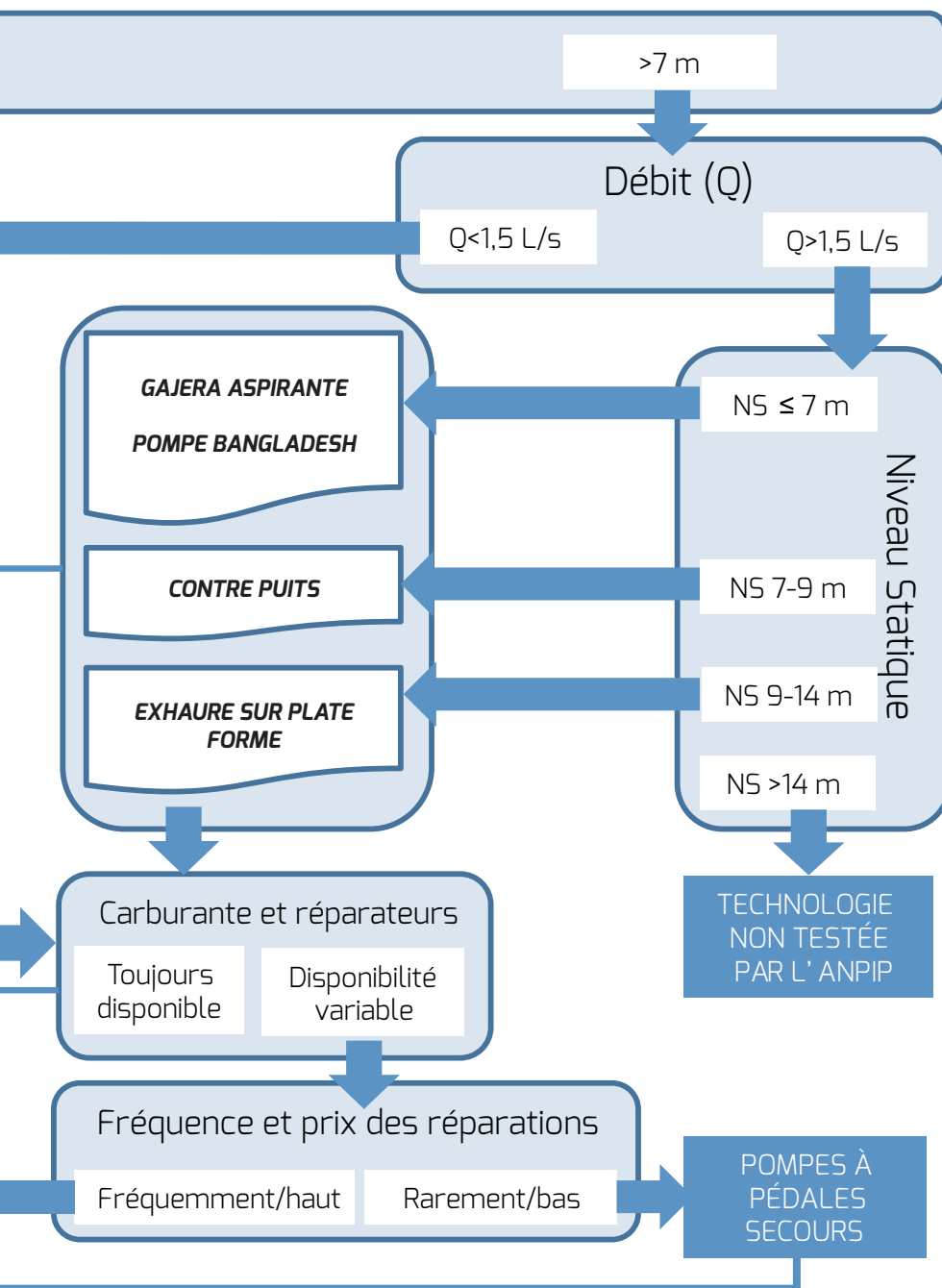


Figure 17. ANPIP, 2001. «Diagramme de décision pour choisir le système d'irrigation selon l'exhaure d'eau».

Fiche Bonnes Pratiques 1: SÉLECTION DU SYSTÈME D'IRRIGATION

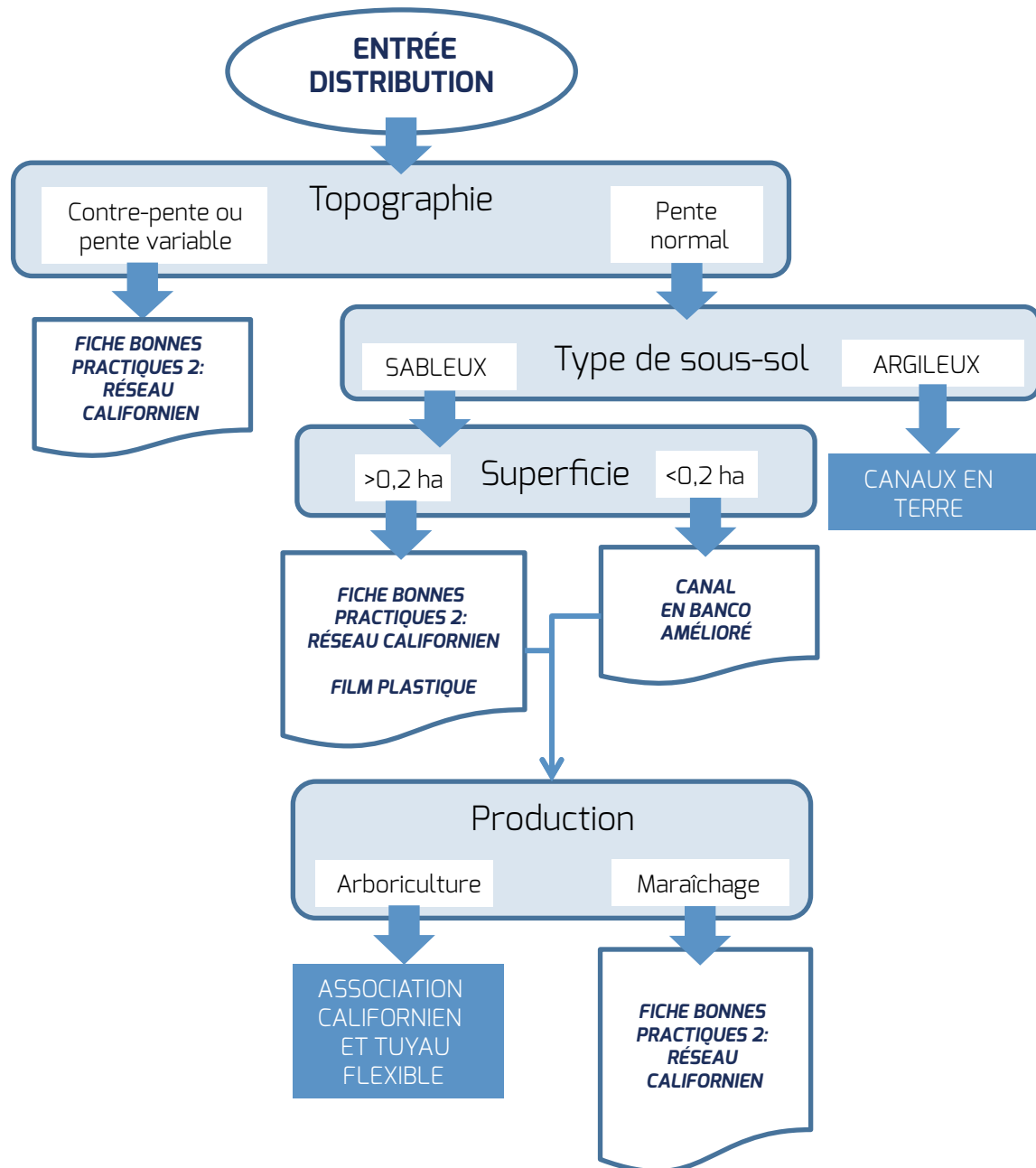


Figure 18. ANPIP, 2001. «Diagramme de décision pour choisir le système d'irrigation selon la distribution d'eau».

■ Fiche Bonnes Pratiques 2: RÉSEAU CALIFORNIEN

PRINCIPE

Distribution

Tuyaux de PVC à basse pression (évacuation) enterrés jusqu'à des bornes distributeurs (cheminées verticales) à pied des parcelles sur des points hauts du terrain.

Système d'application d'eau

Gravitation / Aspersion
Arroisement direct / Canaux

Énergie

Motopompe / Pompe à pédale aspirante-refoulant

SPÉCIFICATION

Tuyaux (matériel)

PVC basse pression (1,5-2 mm) d'épaisseur

Tuyaux (diamètre)

Superficie < 0,5 ha: Ø 40-50 mm

Superficie 0,5-1 ha: Ø 63 mm

Superficie 1-2 ha: Ø 75 mm

Bornes

19-50 mm métallique / PVC basse pression

Durée de vie

Environ 10 ans

UTILISATION

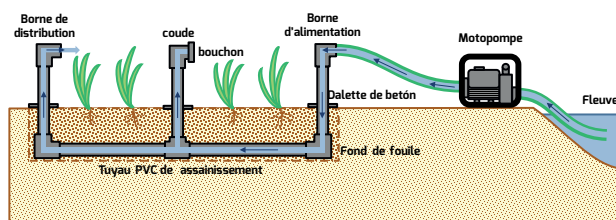
Sols

Très filtrants (sableux) pour diminuer les pertes en eau

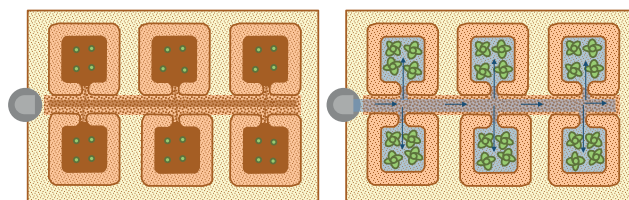
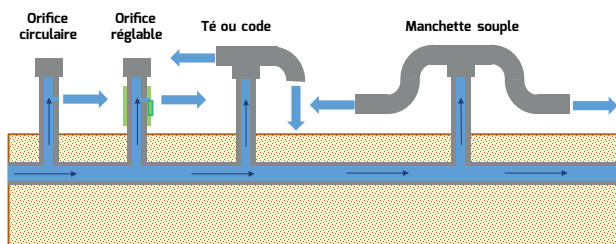
Cultures

Rizicole, arboricole, maraîchage

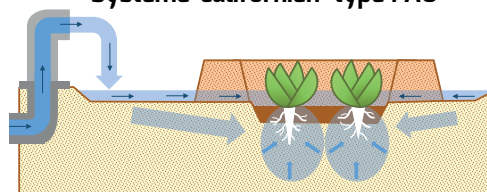
Système californien type FAO



Types de bords du système "californien"



Système californien type FAO



Fiche Bonnes Pratiques 2: RÉSEAU CALIFORNIEN

PERFORMANCES

Les mesures des éléments dépendent de la topographie, du sol, des cultures et de la manière d'irrigation. Densité de bornes associée à la capacité de la filtration du sol et l'efficacité d'arrosage. Densité des bornes: 10-15 bornes/ha.

La diminution de pertes en eau permet de diminuer le temps de pompage et les coûts de fonctionnement.

Diamètre (mm)	Plage de débit (m ³ /h)	Longueur max de réseau recommandé (m)		Nombre de bornes	Sup. maxi recommandé (ares)
		Aspersion	Gravitaire		
40	3-5	48	90	3-6	25-50
50	5-10	100	200	6-15	60-150

Tableau 22. Dimensionnement conseillé pour réseau Californien

ENJEUX ET PROBLÉMATIQUE

Avantages	Contrainte
Multiplicité. Utilisation multiple des bornes de distribution ou d'alimentation du réseau.	Besoin d'une étude hydraulique correcte avant l'installation
Parcellisation. Adaptation aux parcelles avec topographie variée et éloignées de la source d'eau.	Inadaptabilité aux petites parcelles
Efficacité. Inexistence de pertes d'eau par évaporation ou infiltration.	Tuyaux enterrés non déplaçables
Manœuvrabilité. Sans difficulté pour les travaux agricoles	Distribution dépendant de pompage
Faible coût. Moins cher qu'une installation sous pression Environ 1.000 F CFA/m.	
Simplicité de montage, d'utilisation et d'entretien	
Disponibilité des matériaux aux marchés locaux	
Systeme gravitaire ou aspersion	
Modulable. L'investissement peut être graduel	

Tableau 23. Comparaison des avantages et contraintes des réseaux californiens

■ Fiche Bonnes Pratiques 3: REVÊTEMENT DES CANAUX D'IRRIGATION

PRINCIPE

Définition

Le revêtement des canaux est l'isolement entre la terre des canaux et l'eau pour arrosage. Le principal objectif est la minimisation des pertes d'eau par infiltration mais il y a autres avantages

Classification

Selon la perméabilité: perméables ou imperméables

Selon la rigidité: rigides, semi flexibles et flexibles

Selon le matériel: béton in situ, préfabriqué, asphaltique, matières plastiques et géotextile

Durée de vie

On dépend de plusieurs facteurs, par exemple: du matériel, l'usage, la maintenance, etc.

UTILISATION

Tous les matériaux peuvent être utilisés dans tout type d'irrigation, mais une étude précédente est nécessaire pour évaluer tous les avantages et les inconvénients.



Photo 39. Canal revêtu en béton. Coopérative des Frères Diallo, Kayes.



Photo 40. Chambre rectangulaire (regard) en béton. Coopérative des Frères Diallo, Kayes.

Fiche Bonnes Pratiques 3: REVÊTEMENT DES CANAUX D'IRRIGATION

LES ENJEUX ET LES PROBLÉMATIQUES

Avantages	Contrainte
Minimisation des pertes par infiltration	Grand coût initial
Temps et coûts de pompage sont réduits	Maintenance spécialisé
Minimisation de coûts d'entretien	
Les problèmes d'herbes mauvaises disparaissent	
Réduit l'érosion et de casses	
Augmentation de la capacité des canaux	
Protection de la santé publique (moins de moustiques)	
Le sol en passant le canal ne modifie pas la qualité de l'eau	

Tableau 24. Comparaison des avantages et contraintes du revêtement des canaux d'irrigation.

■ Fiche Bonnes Pratiques 4: ÉLECTROPOMPE IMMERGÉE ET MOTOPOMPE

PRINCIPE

Définition

Une pompe est une machine qui déplace un fluide d'un endroit à un autre en augmentant sa pression.

Caractéristiques générales

MOTOPOMPE

Un groupe motopompe (GMP) est un ensemble comprenant une pompe et un moteur thermique ou électrique, permettant l'aspiration et le refoulement de l'eau.

Il peut fonctionner avec essence, diesel (le plus utilisé) et électricité.

Ce système d'exhaure est, généralement, pour la mobilisation des eaux de surface (fleuve, canal, rivière, bas-fonds, barrages, lacs, mares).

ÉLECTROPOMPE IMMERGÉE.

Une pompe immergée est une machine servant à puiser un fluide en profondeur et puis de le refouler.

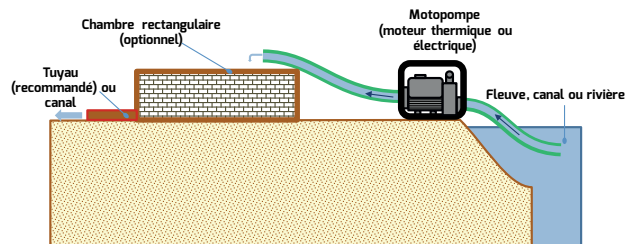
Les pompes immergées sont généralement électriques.

Ce système d'exhaure est, généralement, pour la mobilisation des eaux souterraine (forages).

DURÉE DE VIE

Environs 10 ans

Exemple d'utilisation de motopompe



Forage avec pompe immergée

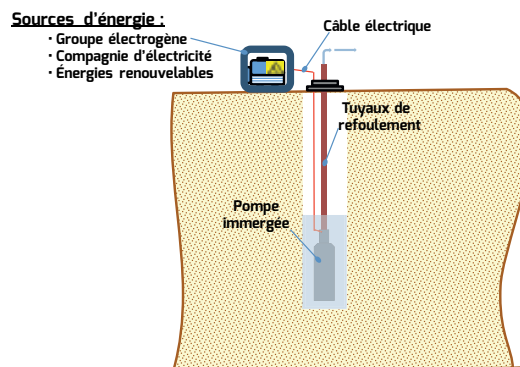


Photo 41. Motopompe à Somankidi Coura, Kayes.

Fiche Bonnes Pratiques 4: ÉLECTROPOMPE IMMERGÉE ET MOTOPOMPE

PERFORMANCES

Profondeur	Débit (m ³ /h)	Pression (m.c.a.)	Système d'exhaure
< 6 m	3-6	6-30	Pompe manuelle (motricité humaine)
Eaux des surfaces	5-60	10-25	GMP à essence
Eaux des surfaces	30-250	11-55	GMP diesel
Eaux des surfaces	1-250	Toute pression	Pompe électrique
Eaux souterraines (plus de 6 m)	1-250	Toute pression	Électropompe immergée

Tableau 25. Dimensionnement conseillé pour la sélection du système d'exhaure.

LES ENJEUX ET LES PROBLÉMATIQUES

Avantages	Contrainte
Augmenter la surface. (exemple: des petites motopompes -2 à 5 CV- permet de quadrupler à sextupler sa surface -de 2500 m ² à 1,5 ou 2 ha-)	Plus les coûts économiques
Assure une économie de temps considérable	La limitation de la distance de 500 mètres des parcelles pour GMP
Possibilité d'utiliser les énergies renouvelables (solaires, huile de pourghère -jatropa curcas-, éoliennes, aqualienne Borda.)	Electropompe: L'accès à l'électricité est limitée à la zone péri-urbaines et certains chefs lieux de région. En plus il est très cher.
	Plus d'entretien. Il est nécessaire disposer de pièces de rechange pour éviter l'arrêt définitif de la motopompe

Tableau 26. Comparaison des avantages et contraintes des motopompes et électropompes immergées.

PRINCIPE

Installation

Station de pompage, réservoir, unité de tête, clapet à air, régulateur (pression > 15 m.c.a.), vannes, filtre, tank d'injection (optionnel), canalisations principales et secondaires.

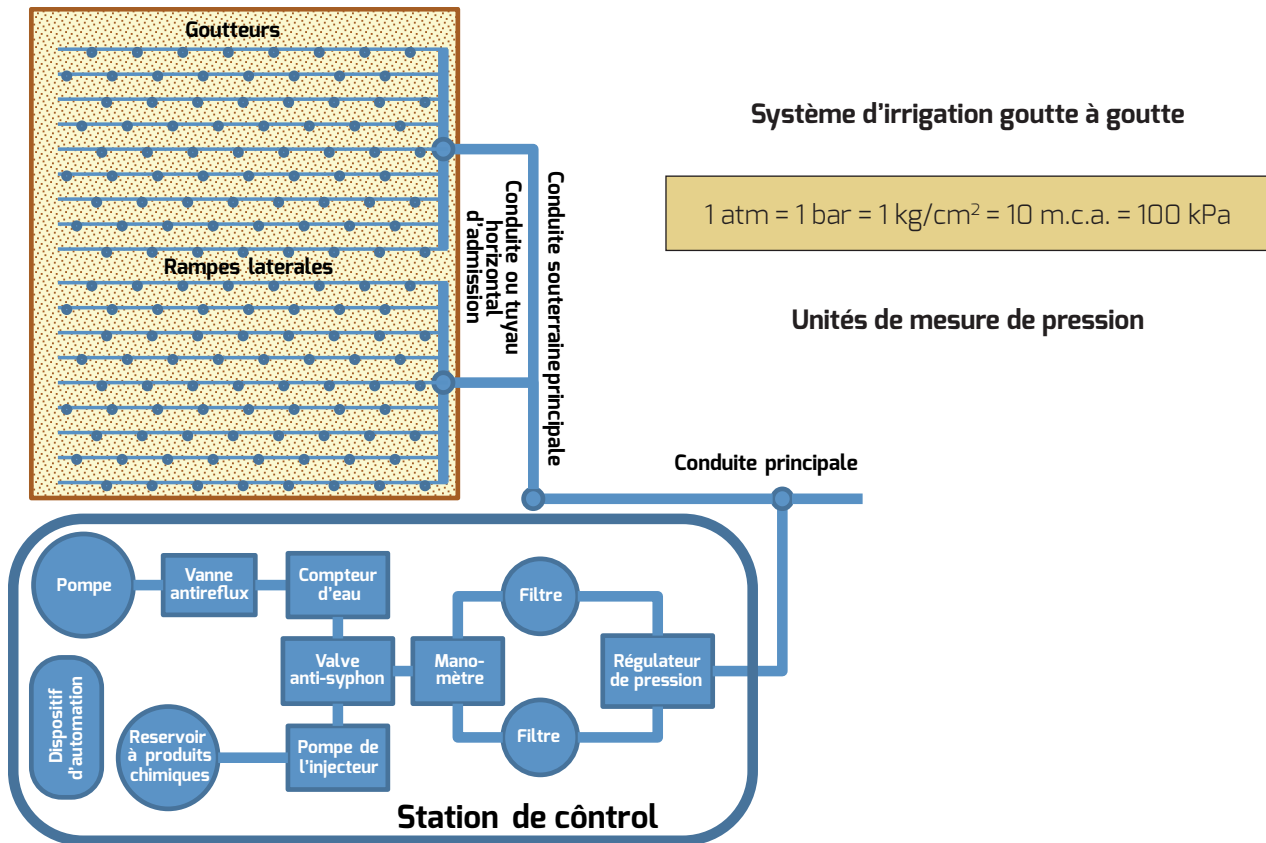
Système d'application d'eau

Irrigation goutte à goutte de haute fréquence: il s'agit d'une application de petites doses avec une haute fréquence

Énergie

Avec un réservoir en haut (jusqu'à quinze mètres), Motopompe ou électropompe (plus de 15 m.c.a.)

■ Fiche Bonnes Pratiques 5: IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE



SPÉCIFICATION

Types:

- goutteurs
- diffuseurs
- micro-asperseurs (gouttes plus fines), micro jet (gouttes plus grosses)
- tuyaux d'exsudation, etc.

Pression de travail: environ 1 bar (10 et 15 m.c.a.)

Débits: entre 1 et 16 (les plus courants sont entre 2-8 l/h). Selon les cultures: 2 l/h cultures maraîchères et de 4 l/h pour les cultures pérennes comme les fruitiers et les vignes.

Type de goutte-à-goutte: il en existe aujourd'hui deux types principaux: goutteurs bouton piqués dans le tuyau et les goutteurs intégrés à l'intérieur du tuyaux.

Filtre: il y a trois types de filtre: à tamis, à disques et à sable (de moins à plus chers).

Tuyaux: (sont dénommés tuyaux à goutteurs ou rampes)

Fiche Bonnes Pratiques 5: IRRIGATION GOUTTE À GOUTTE

La plupart des tuyaux sont en plastique (PVC, PE et PP). Le plus utilisé est le polyéthylène haute densité (PEHD) dans la gamme ayant des diamètres (mm) de 12/10, 16/13,6 et 20/17,6 dans des timbrages 0,25 MPa

DURÉE DE VIE

Environ 10 ans selon paroi fine ou épaisse des gaines

UTILISATION**Sols**

Tous les sols, mais lourds sont déconseillée

Cultures

Maraîchage et arboriculture

PERFORMANCES

Il est recommandé une taille maximale de parcelle de 5.000 m²

Il faut respecter la longueur maximale autorisée de la gaine.

Il faut minimiser la longueur du porte-rampe parce qu'il coûte cher.

Pression de l'eau (m.c.a./bar)	Diamètre (mm)	Longueur (m)	Système de pression
1,5/0,15	8	12,5	Basse pression (réservoir à 1,5 m de hauteur)
1,5/0,15	16	25	Basse pression (réservoir à 1,5 m de hauteur)
7,5/0,75	16	50	Basse pression (réservoir à 7,5 m de hauteur)
15/1,5	16 ou plus	125	Basse pression (réservoir à 15 m de hauteur) ou moto pompe
>15/>1,5	16 ou plus	Plus de 200	Moto pompe

Tableau 27. Dimensionnement diamètre et longueur maximale.

LES ENJEUX ET LES PROBLÉMATIQUES

Avantages	Contrainte
Réduction pertes par évaporation	L'eau doit être très propre
Permet d'utiliser des eaux plus salines car le bulbe reste humide	Besoin de lessivages pour éviter le sel dans le sol de surface
Moindre demande énergétique	Plus d'entretien
Le ruissellement et la percolation diminuent considérablement	Plus cher que l'irrigation par gravité
Il diminue l'apparition de mauvaises herbes	Destruction des réservoirs plastiques para les UV
Très précis	
Économie d'eau	

Tableau 28. Comparaison des avantages et contraintes irrigation goutte à goutte

Fiche Bonnes Pratiques 6: IRRIGATION PAR MICRO-JET OU ASPERSION

PRINCIPE

Installation

Équipement fournissant, appareils de mesure et de contrôle de débit, conduite principal et conduites secondaires et tertiaires. Optionnel: filtre et un dispositif d'adjonction d'éléments fertilisants.

Système d'application d'eau

Aspersion (simulation pluie)

Énergie

Motopompe ou électropompe

SPÉCIFICATION

Types:

- Aspersion traditionnelle (la plus utilisée)
- Aspersion mécanisée (grandes exploitations)
- Les enrouleurs

Pression de travail (traditionnelle)

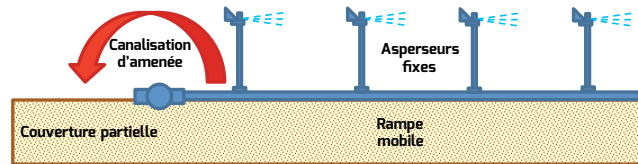
Taille (arroseur)	Diamètre (mm)	Pression (bar)
Petit	4-7	2,5-3,5
Moyen	8-14	>4
Grand	15-25	>4,5

Distance entre arroseurs (depuis 12x12 à 24x24)

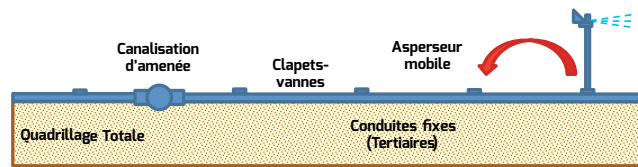
Débits: 1.500-2500 l/h

Tuyaux (matériel et diamètre):

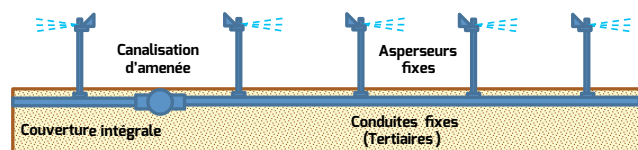
Acier protégé contre la corrosion, aluminium, PE, PVC,



Système de couverture partielle en aspersion



Quadrillage totale partielle en aspersion



Système de couverture intégrale en aspersion

Fiche Bonnes Pratiques 6: IRRIGATION PAR MICRO-JET OU ASPERSION

Diamètre (mm)	MATÉRIEL						
	PE	PVC-U	PVC-O	PRV	FORTE	ÉTON ARMÉ ET CHEMISE INT ACIER	ACIER
80							
100							
150							
200							
250							
300							
400							
450							
500							
600							
700							
800							
900							
1000							
1200							
>1200							

Tableau 29. Matériel et diamètre des tuyaux habituellement employés en irrigation

Filtres

Ils sont la principale barrière contre les éléments et particules nuisibles, afin de protéger l'installation (pompes, éléments de mesure et de régulation et les émetteurs).

DURÉE DE VIE

Environ 20 ans

UTILISATION**Sols**

Tous types des sols

Cultures

Tous types des cultures (le plus important: le maïs et les cultures fourragères)

LES ENJEUX ET LES PROBLÉMATIQUES

Avantages	Contrainte
Adaptation au terrain à pente irrégulière	Non conseillé dans des lieux avec beaucoup de vent (> 4 m/s) (exemple: Ségou*)
Adaptation aux sols trop perméables	Non conseillé dans des lieux très sec.
Adaptation aux sols avec peu de profondeur	Non conseillé quand les feuilles sont sensibles au l'eau salée
Économie d'eau	Grand investissement à un niveau de parcelle
	Besoin d'énergie (plus cher, plus que le goutte à goutte)

Tableau 30. Comparaison des avantages et contraintes irrigation par micro-jet ou aspersion

Fiche Capitalisation 1: RÉSEAU CALIFORNIEN À SIKASSO

IRRIGATION À PARTIR D'UN RÉSEAU CALIFORNIEN

Le système californien est un système de micro-irrigation née en Californie et adapté au Mali. Pendant le Programme Compétitivité et Diversification Agricoles (PCDA), l'irrigation par réseau californien à été mise en œuvre à Bamadoukou, N'Goroudougou, la ville de Sikasso et 10 aux alentours.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU SYSTÈME VALIDÉ

- Moyen d'exhaure: GPM de 3,5CV, durée de vie: 5 ans, débit: 36 m³/h sous une hauteur moyen de 30 m
- Consommation: 1 à 1,3 litres d'essence par heure
- Tuyaux PVC d'assainissement
- 2 bornes d'irrigation servant de prise d'eau et composées de raccord souple diamètre 50.
- Accessoires de connexions (tés, coudes, manchons, réducteurs)
- Distribution de l'eau par jets d'eau

MISE EN ŒUVRE

Identification des sites soit par:

- Identification des parcelles et promoteurs en milieu paysan
- Identification d'une parcelle pour la démonstration en milieu contrôlé:
 - Les promoteurs viennent pour visiter le site de démonstration
 - Les intéressés soumettent des demandes au PCDA
 - Analyse de demandes
 - Visite des sites par PCDA pour voir si le terrain convient
 - Engagement de SES (structures d'études et de suivi/bureaux d'études) pour monter les plans de projets
 - Approbation per par du Comité Régional d'Approbation des Projets
 - Aménagement des parcelles individuelles
 - Formation, accompagnement et suivi réalisés par le PCDA et les SES (structures d'études et de suivi/bureaux d'études)

FACTEURS DE RÉUSSITE ET CONTRAINTES

La disponibilité de la quote-part des promoteurs est essentielle. Le coût des projets et souvent sous-estimé ce qui entraîne des retards dans leur mise en œuvre.

RÔLES DES ACTEURS IMPLIQUÉS

PCDA: diffusion des innovations, subvention du financement, accompagnement, évaluation.

SES: études, suivi, rapportage, accompagnement des promoteurs

Banques/microfinances: cofinancement, prêts, formation des promoteurs.

Promoteurs: participation financière aux formations, mise en œuvre du projet.

EFFETS ET IMPACTS

La technique a déjà été utilisée par d'autres promoteurs sans appui du PCDA.

- Les rendements augmentent
- L'eau est économisée et ainsi les coûts de pompage
- Demande moins main d'œuvre
- Génération de plus revenus

COÛTS ET RENTABILITÉ DE LA BONNE PRATIQUE

Pommes de terre:

- Valeur de la production: 300.000 FCFA
- Coût de la production: 161.125.000 FCFA
- Bénéfice: 146.125 FCFA

