

GESTION DES RESSOURCES EN EAU AU TCHAD

Etat des lieux et options d'investissement

A. M. Dicko et B. Augeard

Version provisoire, 20 Juin 2011

Unité Agriculture et Développement Rural

Région Afrique (AFTAR)



The World Bank

Table des matières

Introduction	13
1 Gestion des ressources en eau au Tchad : revue de la situation actuelle et des développements récents	14
1.1 Cadre stratégique, institutionnel et législatif.....	14
1.1.1 Politiques et stratégies de développement des ressources en eau.....	14
1.1.2 Contexte juridique de l'eau	16
1.1.3 Institutions publiques concernées.....	17
1.1.4 Acteurs privés	18
1.2 Les usages de l'eau	19
1.2.1 L'hydraulique agricole	19
1.2.2 L'hydraulique pastorale	22
1.2.3 L'hydraulique villageoise.....	26
1.3 Projets récents de développement des ressources en eau au Tchad	28
1.3.1 Programme National de sécurité nationale alimentaire (PNSA) : 2006-2015.....	28
1.3.2 Projet de gestion et de valorisation des ressources naturelles (PGRN)	28
1.3.3 Projet de valorisation des eaux de ruissellement (PVERS) & Projet de Développement rural du Département de Biltine (PDRDB)	29
1.3.4 Projet d'appui aux services agricoles et aux organisations de producteurs (PSAOP)	29
1.3.5 Projet d'appui au Développement local (PROADEL)	30
1.3.6 Projet de sécurité alimentaire du Nord Guéra phase 2 (PSANG2).....	30
1.3.7 Programme de développement rural décentralisé d'Assoungba, Biltine et Oura (PRODABO)	30
1.3.8 Projet d'hydraulique pastorale du Tchad central (PHPTC).....	31
1.3.9 Programme de développement durable du bassin du Lac Tchad (PRODEBALT)	31
2 La petite irrigation et l'amélioration des cultures pluviales : expériences en Afrique de l'Ouest	32
2.1 La culture de décrue.....	32
2.2 La riziculture pluviale en plaine alluviale et zones de bas-fonds.....	33
2.3 La petite irrigation privée : des technologies d'irrigation à faible coût pour les cultures maraîchères	35
2.3.1 Les technologies à faible coût utilisées en Afrique de l'Ouest.....	35
2.3.2 Bilan des expériences et recommandations pour le développement de la petite irrigation privée	41
2.4 La gestion des petits périmètres collectifs	45
2.4.1 Recommandations issues du projet « Amélioration des Performances des Périmètres Irrigués en Afrique – APPIA »	45
2.4.2 Recommandations sur la planification et la mise en œuvre de projets d'irrigation.....	46
2.5 Les techniques de conservation de l'eau et des sols en agriculture pluviales	50
2.5.1 Les techniques de conservation du sol et de l'eau.....	50

2.5.2	Accès à l'information climatique	50
3	Options de développement de la Maitrise de l'eau dans les régions Centre-Est et Sud du Tchad.....	52
3.1	Potentiel et niveau de valorisation	52
3.1.1	Potentiel et contraintes de développement	52
3.1.2	Niveau de valorisation.....	54
3.2	Les options d'aménagement possibles	54
3.2.1	La zone du centre et centre-est	54
3.2.2	La Zone du Sud et Sud-Est :	57
	Références	62
	Annexe 1. Les ressources en eau au Tchad.....	64

Liste des figures

Figure 1.	Exemples d'aménagement de bassin versant favorisant l'infiltration et limitant l'érosion	21
Figure 2.	Principaux systèmes pastoraux du Tchad.....	22
Figure 3.	Estimation des besoins en puits pastoraux (maillage 25 km) en zone sahélienne (a) et soudanienne (b)	26
Figure 4.	Estimation de la population ayant accès à l'eau potable en 2000.....	27
Figure 5.	Précipitation annuelle moyenne, Région sud du Tchad.....	64
Figure 6.	Principales rivières et bassins hydrographiques du sud du Tchad	65
Figure 7.	Hydrogramme moyen des principales rivières du Tchad	66
Figure 8.	Estimation de la recharge des nappes phréatiques.....	70

Liste des tableaux

Tableau 1.	Bilan de l'utilisation des ressources en eau pour l'hydraulique agricole (millions de m ³)	22
Tableau 2.	Puits modernes recensés en 2001 dans les différentes zones climatiques	24
Tableau 3.	Coûts des équipements d'hydraulique villageoise	27
Tableau 4.	Estimation des coûts et des bénéfices du système de production rizicole de type « sawah » au Nigeria....	35
Tableau 5.	Les différentes méthodes et techniques de forage.....	36
Tableau 6.	Coût moyen des infrastructures de captage (6 à 12 m)	36
Tableau 7.	Conditions d'utilisation des pompes à faible coût	38

Tableau 8. Conditions d'utilisation des systèmes de distribution d'eau pour l'irrigation.....	39
Tableau 9. Analyse coûts-bénéfices de quatre systèmes de production en petite irrigation utilisant des technologies à faible coût	40
Tableau 10. Bilan des expériences de développement de la petite irrigation au Niger, Nigeria, Burkina Faso et Mali	41
Tableau 11. Recommandations sur la planification et la mise en oeuvre de projets d'irrigation.....	47
Tableau 12. Valorisation de la zone centre et est du Tchad par maîtrise de l'eau	54
Tableau 13. Ressources en eau de surface des principaux fleuves du Tchad	66
Tableau 14. Prélèvements des eaux de surface pour les différents usages	67
Tableau 15. Prélèvement des eaux souterraines pour les différents usages	71

Liste des encadrés

Encadré 1. Bonnes pratiques de riziculture de bas-fond au Nigeria	34
Encadré 2. La méthode de diagnostic comparatif rapide pour les petits périmètres irrigués	46
Encadré 3. Géologie et ressources en eau des zones sahélienne et soudanienne du Tchad	67

Abbréviations et Acronymes

AFD	Agence Française pour le Développement
APPIA	Amélioration des Performances des Périmètres Irrigués en Afrique
BAD	Banque Africaine de développement
BADEA	Banque Arabe de Développement Economique de l’Afrique
BID	Banque Islamique de Développement
CBLT	Commission du Bassin du Lac Tchad
CES	Conservation des Eaux et du Sol
CILONG	Centre d’Information et de Liaison des ONG
CIRAD	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
CNCPR	Conseil national de Concertation des Producteurs du Tchad
CSDR	Consultation Sectorielle sur le Développement Rural
DAEPA	Direction des Aménagements en Eau Potable et de l’Assainissement
DCDH	Direction de la Connaissance du Domaine Hydraulique
DEAFPR	Direction de l’Enseignement Agricole, des Formations et de la Promotion Rurale
DEEDD	Direction de l’Education Environnementale et du Développement Durable
DEELCPN	Direction des Evaluations Environnementales et de la Lutte Contre les Pollutions et Nuisances
DEPP	Directions des Etudes, des Projets et Programmes
DEPS	Direction des Etudes, de la Planification et du Suivi
DFLCD	Direction des Forêts et de Lutte Contre la Désertification
DGRHA	Direction Générale de Génie Rural et de l’Hydraulique Agricoles
DHP	Direction de l’Hydraulique Pastorale
DPNRFC	Direction des Parcs Nationaux, des Réserves de Faune et de la Chasse
DPSA	Direction de la Production et des Statistiques Agricoles
DPVC	Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement
DREM	Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie
FCFA	Franc CFA
FIDA	Fonds International de Développement Agricole

GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i> (coopération allemande) ex GTZ
GTZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit</i> (coopération allemande) maintenant GIZ
HCNE	Haut Comité National pour l'Environnement
HCR	Haut Commissariat des Nations Unies pour les Réfugiés
ITCZ	<i>Intertropical Convergence Zone</i> (Zone de Convergence InterTropicale)
ITRAD	Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement
IWMI	<i>International Water Management Institute</i>
NEPAD	Nouveau Partenariat Economique pour le Développement de l'Afrique
ONASA	Office National de Sécurité Alimentaire
ONDR	Office National de Développement Rural
ONG	Organisation non gouvernementale
PAM	Programme Alimentaire Mondial
PAN LCD	Programme d'Action National de Lutte Contre la Désertification
PDDAA	Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture en Afrique
PDRDB	Projet de Développement rural du Département de Biltine
PGRN	Projet de gestion et de valorisation des ressources naturelles
PHPTC	Projet d'Hydraulique Pastorale du Tchad Central
PIDR	Plan d'Intervention pour le Développement Rural
PNAE	Plan d'action National pour l'Environnement
PNDE	Plan National de Développement de l'Elevage
PNIMT	Programme National d'Investissement à Moyen Terme
PNSA	Programme National de Sécurité Alimentaire
PRODABO	Programme de Développement Rural Décentralisé d'Assoungba, Biltine et Oura
PRODEBALT	Programme de Développement Durable du Bassin du Lac Tchad
PRODEL	Programmes Prioritaires portant sur le Développement Local
PROSE	Programme de Renforcement des Capacités Sectorielles
PVERS	Projet de Valorisation des Eaux de Ruissellement
OMD	Objectifs Millénaire pour le Développement

SDA	Schéma Directeur Agricole
SDEA	Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement
SNRP	Stratégie Nationale de réduction de la pauvreté
SODELAC	Société pour le Développement du Lac Tchad
USAID International)	<i>United State Agency for International Development</i> (Agence Américaine pour le Développement

Résumé exécutif

Le gouvernement du Tchad a récemment émis le souhait de renforcer le secteur agricole du pays, principale source de revenu pour la majorité de la population. Ce rapport a été préparé dans le cadre d'une assistance technique proposée par la Banque Mondiale et l'Agence Française de Développement (AFD) au gouvernement tchadien, et qui a pour but d'identifier des axes d'intervention pour de futurs investissements dans le développement agricole et rural. Le Tchad reste en effet confronté de façon récurrente à l'insécurité alimentaire, liée notamment à une forte dépendance aux aléas climatiques mais également au faible niveau d'équipements agricoles, à la faible capacité technique du monde rural et à l'instabilité sociale causée par les conflits armés. L'impact des aléas climatiques peut être atténué par l'amélioration de la maîtrise et de la gestion de l'eau pour l'agriculture et l'élevage. L'objectif de ce rapport est (i) de faire le point sur l'utilisation des ressources en eau au Tchad sur les projets de développements récents, (ii) de passer en revue les bonnes pratiques de gestion de l'eau dans les pays au contexte climatique similaire et (iii) d'identifier les opportunités d'investissement en gestion de l'eau pour les zones centre, est et sud du Tchad.

La gestion des ressources en eau

Les principaux usages de l'eau dans les zones identifiées pour l'étude sont l'usage agricole, pastoral et l'hydraulique villageois. En excluant la zone Nord saharienne du Tchad, ces usages correspondent à un prélèvement annuel respectif d'eau de 863, 166 et 42 million de m³, soit 78%, 15% et 4% du total des prélèvements. Ces prélèvements représentent une très faible partie des ressources renouvelables (environ 1% des eaux souterraines, par exemple).

L'hydraulique agricole présente un fort potentiel de développement. Le potentiel des terres facilement irrigables identifié dans le pays est estimé à 335 000 ha, seuls 30 000 ha environ soit 9% du potentiel sont aménagés (sans compter la culture de décrue) répartis comme suit :

Type de gestion de l'eau	Région	Superficie (ha)	Production
Culture de décrue	Bassin du Chari et du Logone	125 000	Bérébéré (sorgho)
Riziculture pluviale en plaine alluviale et zones de bas-fond	Zone soudanienne	Quelques dizaines de milliers	Riz
Petite irrigation traditionnelle	Lac Tchad, lac Fitri, Ouaddaï, Guera, Salamat, près des villes	15 000	Légumes, fruits
Petite irrigation moderne	Lac Tchad, Chari et Logone, près des villes	2 000	Riz, fruits, légumes, condiments
Grands périmètres en maîtrise partielle	Périmètres sur le Logone et polders traditionnel du Lac Tchad	2 000	Riz et blé/maïs
Grands périmètres en maîtrise totale	Périmètres sur le Logone et le Chari, polders aménagés du lac Tchad	6 620	Canne à sucre, riz, blé/maïs

Les aménagements pour une meilleure gestion de l'eau pour la culture de décrue ou la riziculture pluviale sont relativement limités et les technologies utilisées en petite irrigation individuelle et collective ainsi que leurs modes de gestion peuvent également être améliorées. Les grands périmètres ne sont pas étudiés dans ce rapport car aucun investissement dans ce secteur n'est envisagé.

L'hydraulique pastorale a une importance particulière dans le pays car l'élevage est le troisième secteur d'exportation du pays, après le pétrole et le coton (culture pluviale) et les systèmes d'élevage transhumant représentent une part importante du secteur. Les aménagements des points d'eau sont le plus souvent traditionnels, avec un total d'environ 1300 puits modernes (en 2000) d'usage souvent partagé avec l'approvisionnement en eau potable. **Les contraintes majeures liées à l'hydraulique pastorale sont le manque de points d'eau dans certaines zones (est et centre du pays), le mauvais état de certains puits et les conflits avec les agriculteurs pour l'accès à l'eau et aux couloirs de transhumance (cultures sur anciens axes, cultures sur pâturages etc).**

Enfin, l'hydraulique villageoise peut aussi bénéficier du développement des ressources en eau, car en 2000, moins de 30% de la population rurale avait un accès à l'eau potable avec un point d'eau moderne. Les ressources en eau souterraine sont préférées et les puits sont en général profonds et coûteux.

Les projets récents de développement des ressources en eau au Tchad sur lesquels les investissements futurs pourront s'appuyer ont porté sur :

- L'hydraulique agricole à travers la mise en place de petits barrages en zone montagneuse du centre et de l'est (projets PVERS, PSANG, PDRDB, PROADEL, PRODABO, PNSA), la réhabilitation et le développement des grands périmètres près des fleuves (projets PNSA, PGRN), l'aménagement de petits périmètres rizicoles dans la zone centre et sud (projets PGRN, PROADEL, PRODEBALT) ou l'amélioration de la gestion de l'eau en agriculture pluviale et le contrôle de l'érosion (projets PRODABO, PRODEBALT)
- L'hydraulique pastorale, notamment dans la région de Batha et Guera avec le développement et la sécurisation de l'élevage de transhumance à travers la réhabilitation et la création de points d'eau pastoraux (puits, puits-forages, mares) ainsi que le balisage des parcours et l'appui à la résolution des conflits entre éleveurs et agriculteurs (projet PHPTC)

Les bonnes pratiques en irrigation en Afrique sub-saharienne

Les expériences en irrigation dans les pays sub-sahariens montrent que s'il existe des opportunités d'investissement importantes pour le Tchad, la durabilité et la rentabilité de ces investissements doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Ainsi, la culture de décrue peut bénéficier d'aménagements améliorant le remplissage des lacs et la submersion des plaines alluviales et contrôlant la décrue comme mis en place au Mali. La riziculture pluviale pourrait être améliorée grâce à des aménagements simples : construction de diguettes, nivellement, petites retenues et canaux d'irrigation et de drainage, comme testés au Nigeria, au Ghana, au Bénin ou en Ouganda.

La petite irrigation individuelle privée a récemment connu un essor sans précédent en Afrique de l'Ouest notamment au Niger et au Nigeria grâce à l'introduction de technologies à faible coût pour forer des puits, pomper et distribuer l'eau sur des petites parcelles de moins de 2 ha. Le succès de ce type d'irrigation est également lié au caractère privé et individuel de cette irrigation, qui assure une maîtrise complète des moyens de production par le producteur.

La petite irrigation communautaire peut également bénéficier des retours d'expériences des autres pays en matière notamment de gestion collective, par exemple avec la mise en place de processus participatif ou de diagnostics comparatifs rapides qui permettent d'analyser les pratiques et les performances des périmètres étudiés.

Enfin, la gestion de l'eau pour l'agriculture pluviale peut être améliorée par la mise en place de mesures de conservation des sols et de l'eau, dont la rentabilité et l'appropriation par le producteur doivent être prises en compte. L'accès à l'information climatique (prévision à court terme et prévision saisonnière) peut également être une piste intéressante.

Options de développement

La zone du centre et centre-est

Dans la région centrale, les aménagements envisageables seront surtout des aménagements de valorisation des eaux de ruissellement visant à créer des retenues d'eau à but multiple (agriculture, abreuvement des animaux) et à recharger la nappe pour prolonger la durée d'utilisation des points d'eau (puits, forage). Ils sont généralement couplés à des aménagements de protection des bassins versants amont contre les conséquences de l'érosion

hydrique. Dans ce cadre les types d'aménagement à développer sur la base des expériences dans le pays seront les suivants :

- **Petits barrages de retenue en matériaux locaux :** Ces barrages de retenue peuvent permettre (i) la culture du riz pluvial avec un semis en début d'hivernage et un contrôle de la montée du plan à l'aide du pertuis vanné de manière à ne pas noyer les jeunes plants en début de saison ; (ii) l'exploitation de la zone de marnage du plan d'eau de la retenue comme zone de cultures de décrue en repiquant du sorgho de décrue en fin de saison des pluies ; ou (iii) l'exploitation de la zone aval en mobilisant les eaux de la nappe ainsi chargée par la retenue. En cas d'utilisation purement pastoral, le site doit être situé sur un parcours reconnu par les éleveurs transhumants et les villages d'accueil. A cet effet il est indispensable de mettre en place un comité paritaire « éleveurs transhumants – agricultures des villages d'accueil ». Les conditions de mise en place de ce type d'aménagement, déjà connu dans la zone à travers les réalisations du PVRES doivent reposer sur une adhésion préalable de toutes les communautés des villages riverains et des villages situés dans le bassin versant ; une démarche participative et l'instauration d'un cadre de concertation ; des arrangements fonciers préservant l'équité et l'intérêt communautaire ; l'organisation des bénéficiaires pour mettre en place un Comité de gestion ; l'adoption d'un cahier de charges entre l'état et les communautés bénéficiaires concernant leur participation au projet, le calendrier global de mise en œuvre et les modalités de gestion du barrage et des aménagements connexes. Les coûts d'investissement sont en moyenne de 450 millions de FCFA pour un barrage en gabions de hauteur inférieur à 4 m avec une retenue de moins de 1 000 000 m³ ; 750 à 1 milliard de FCFA pour un barrage en béton cyclopéen de moins de 5 m de hauteur avec une retenue d'environ 1 000 000 m³ ; 650 à 750 millions de FCFA pour un barrage en maçonnerie de moellons de moins de 4 m de hauteur et une retenue de moins de 1 000 000 m³ ; 300 à 600 000 FCFA/ha pour les protections (cordon pierreux, diguette en pierres, traitement de ravine...) de bassin versant ; 7 à 8 millions de FCFA par puits maraîcher de 1,5 m de diamètre et 10 m de profondeur.
- **Seuils d'épandage de crue pour la sécurisation des cultures pluviales :** Dans les parties Nord et Nord-Est, de cette zone, des aménagements de sécurisation des cultures pluviales peuvent être envisagées dans les vallées des Wadi. Ces aménagements sont composés de seuils d'épandage et de diguettes en cordon pierreux suivant les courbes de niveau. Cette technique largement développée par le PRODABO (GTZ) et a donné des résultats probant sur les rendements de cultures pluviales (53% d'augmentation du rendement du mil par rapport à la situation sans seuil avec parfois un maximum de rendement de 1,5 t/ha) et a permis le développement de maraîchage de contre saison pour un investissement entre 300 000 FCFA à 1 200 000 FCFA par hectare.
- **Mare pastorale :** La région du centre étant une zone de transit des troupeaux transhumants vers la Région du Sud, la mobilisation des eaux de surface (barrage de retenue, mare) sur les parcours est une autre possibilité pour réduire la pression sur les ressources en eau des villages de transit. Les travaux consisteront à faire un surcreusement pour augmenter la capacité de stockage des mares afin de prolonger la durée de vie. Le coût d'investissement est en moyenne de 45 millions pour une mare de 15 000 m³. La démarche de mise en œuvre doit inclure la localisation du site potentiel sur un parcours ou une zone de transit de transhumance reconnue par toutes les communautés des villages hôtes ; une concertation et une négociation préalable entre les éleveurs transhumants et les populations du terroir concerné par l'implantation du point d'eau ; la mise en place du comité paritaire (éleveurs-représentants des villages hôtes) ; la délimitation et le bornage du couloir de passage et d'accès au site ainsi que sa reconnaissance par toutes les communautés des villages.

La Zone du Sud et Sud-Est :

La diversité des systèmes de production de cette zone (riziculture, cultures de décrue, cultures maraîchères, cultures pluviales...) et la présence d'importantes ressources en eau de surface sont autant de facteurs qui militent à l'amélioration des moyens de production à travers entre autres la maîtrise de l'eau. A ce titre une gamme variée de techniques de maîtrise de l'eau pourraient s'appliquer aux conditions d'exploitation de cette zone :

- **Aménagements de petite irrigation communautaire à maîtrise totale de l'eau.** Les expériences des petits périmètres à maîtrise totale avec pompage dans les plaines alluviales le long des fleuves Logone et Chari pourraient être poursuivies. Ces périmètres étaient dédiés principalement à la riziculture. Les coûts d'aménagement sont de l'ordre de 7 à 8 millions de FCFA par hectare pour les périmètres sans digue de protection et 10 à 12 millions de FCFA par hectare pour les périmètres avec digue de protection. Les producteurs organisés en groupements ou en coopératives agricoles mettent en place un « Comité de gestion » assurant la gestion globale du périmètre et la maintenance des infrastructures et équipements. La productivité est très élevée avec un rendement moyen de riz d'environ 5 T/ha. Les premiers périmètres ont connu des difficultés liées à leur mode de conception et à leur gestion. Néanmoins, les expériences en petite irrigation communautaires en Afrique Sub-Saharienne ont montré qu'avec une bonne conception et des efforts dans l'organisation de la gestion et l'appui aux agriculteurs, ces périmètres pouvaient être rentables. Parmi les conditions de durabilité, se trouvent : l'adoption d'une approche de développement basée sur la demande exprimée par la communauté ou un groupement de producteurs ou une coopérative agricole ; l'adhésion et la participation effective des bénéficiaires à toutes les étapes de mise en œuvre (de l'identification à la réalisation des travaux) ; la garantie d'une taille minimale d'exploitation pouvant assurer un revenu suffisant pour une famille moyenne afin de satisfaire ses besoins essentiels ; l'adoption d'un cahier des charges entre l'état et les bénéficiaires précisant les modalités de gestion et la prise en charge des entretiens des infrastructures et équipements de pompage ; la mise en place d'un comité de gestion assurant la gestion du périmètre et les travaux d'entretien avec les fonds des redevances collectées ; l'accompagnement des bénéficiaires à travers le renforcement de leur capacité et un appui conseil adapté à l'exploitation et la gestion de leur périmètre ; l'appui au développement d'un environnement économique favorable à travers l'installation des structures financières décentralisées pour faciliter l'accès au crédit, l'accès au marché (réhabilitation des pistes importantes, facilités de stockage et de conditionnement) pour la commercialisation des produits et l'approvisionnement en intrants.
- **Aménagements de cultures de décrue :** Basée essentiellement sur le sorgho, elle est traditionnellement pratiquée dans les plaines d'inondation des différents affluents et défluent du Chari dans la zone du Sud-Ouest ou la région du Salamat. Il est possible d'améliorer les conditions d'exploitation de l'agriculture de décrue à travers le développement d'aménagement à maîtrise partielle dit de « submersion contrôlée ». Il s'agit d'une technique permettant d'assurer un remplissage et une vidange (décrue) contrôlés et de garantir un certain plan d'eau dans une plaine grâce à une digue de protection contre les crues ; un ou deux ouvrages d'admission ou de vidange selon la morphologie de la plaine pour contrôler le remplissage et la vidange ; et un réseau de canaux comprenant un canal d'alimentation reliant la source d'eau (fleuve, marigot) au point bas de la plaine et des canaux secondaires desservant les zones basses secondaires pour une meilleure répartition spatiale de l'eau. Pour mieux rentabiliser un tel aménagement, il est possible d'introduire la culture du riz en plus du sorgho de décrue. Le coût d'aménagement moyen serait de 1 à 1 500 000 FCFA par hectare selon les expériences au Mali et est surtout grevé par le coût de la digue de protection. Le développement de ces types d'aménagement dans des vastes zones inondées peut également contribuer au leur désenclavement à travers la construction des digues de protection circulables.
- **Aménagements de riziculture pluviale dans les plaines alluviales :** Des aménagements sommaires ont été développés dans le pays pour améliorer les conditions d'exploitation de cette riziculture pluviale. Ils consistent surtout à protéger les cultures contre les inondations. Ces aménagements comprennent une digue de protection de ceinture contre les eaux de ruissellement et les crues du marigot ; une partition de la plaine en casiers successifs de petite taille avec à l'intérieur des diguettes circulables servant de pistes, un réseau de drainage le long des diguettes circulables pour assurer la vidange des casiers, et des petits ouvrages servant au remplissage d'appoint en cas de forte crue du cours d'eau ou à la vidange des casiers pour permettre une récolte à sec. Ces aménagements pourraient être complétés par une introduction d'une variété performante de riz pluvial comme le NERICA.

Les coûts d'aménagement et les performances de ce type d'aménagement ne sont pas bien connus. La faisabilité de ce type d'aménagement reste à démontrer, car les linéaires de digue de ceinture et de digues pistes (par rapport à la superficie aménagée) pourraient grever considérablement les coûts d'investissement et compromettre la rentabilité..

- **Développement de la petite irrigation privée autour des centres urbains :** La petite irrigation privée s'installe progressivement autour des grands centres urbains (N'Djaména, Moundou, Koumra, Sarh...) et contribue à leur approvisionnement régulier en produits maraîchers durant toute l'année. Les spéculations cultivées sont variées et régulées suivant les saisons (tomate, pomme de terre, oignon, choux, carotte, gombo, patate, maïs, etc...).

L'introduction des technologies à faible coût pourrait être intéressante : (i) au niveau captage, le forage manuel ; (ii) au niveau exhaure, la pompe à pédale pour les petites exploitations de moins de 0,25 ha et la motopompe pour les exploitations plus importantes (plus de 1 ha) et (iii) au niveau distribution, le système californien basé sur l'utilisation de tuyau PVC basse pression, capable d'équiper une gamme variée d'exploitation (moins de 1 ha à 10 ha) ; pour les petites exploitations de moins de 0,25 ha les *kits de goutte à goutte* couplés à un petit réservoir (en fût) peuvent être intéressants (économie de main d'œuvre et d'énergie) mais leur principal handicap demeure leur indisponibilité au niveau du marché national ou régional ainsi que leur coût.

Le développement de ce type d'irrigation est grandement facilité par l'organisation des chaînes de distribution des équipements, la formation et l'appui à la mise en place de petits artisans locaux, la mise en place de facilités d'accès aux équipements et aux intrants, l'appui à la création de prestataires de proximité d'appui conseils et l'amélioration de l'accès au marché.

Introduction

L'émergence du secteur pétrolier au Tchad a permis de créer de nouvelles opportunités pour les stratégies de développement du pays. En particulier, le gouvernement a récemment émis le souhait de renforcer le secteur agricole, principale source de revenu pour la majorité des tchadiens qui présente un fort potentiel de croissance et de réduction de la pauvreté mais doit faire face à un certain nombre de contraintes. En effet, le Tchad reste confronté de façon récurrente à l'insécurité alimentaire, liée non seulement à une forte dépendance aux aléas climatiques et au faible niveau d'équipements agricoles, mais également à la faible capacité technique du monde rural et à l'instabilité sociale causée par les conflits armés.

L'amélioration de la maîtrise et de la gestion de l'eau pour l'agriculture et l'élevage peut permettre d'atténuer l'impact des aléas climatiques, d'améliorer les rendements à l'hectare et d'étendre la production sur une grande partie de l'année tout en limitant les conflits entre éleveurs et agriculteurs. Actuellement les surfaces irriguées (sans compter la culture de décrue) sont évaluées à moins de 30 000 ha soit moins de 10% du potentiel des terres irrigables estimé à 335.000 ha. Par ailleurs, l'élevage doit faire face au manque de points d'eau pour l'abreuvement du bétail dans certaines zones, au mauvais état de certains puits et aux conflits avec les agriculteurs pour l'accès à l'eau et aux couloirs de transhumance. Enfin, en 2000, moins de 30% de la population rurale a accès à un point d'eau potable moderne. Une utilisation efficiente des ressources en eau prenant en compte tous les usagers et une meilleure gestion des aménagements pourrait contribuer significativement au développement rural, à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté.

L'objectif de ce rapport est (i) de faire le point sur l'utilisation des ressources en eau au Tchad sur les projets de développements récents, (ii) de passer en revue les bonnes pratiques de gestion de l'eau dans les pays au contexte pédo-climatique similaire et (iii) d'identifier les opportunités d'investissement en gestion de l'eau pour le Tchad. Ce rapport a été préparé dans le cadre d'une assistance technique proposée par la Banque Mondiale et l'Agence Française de Développement (AFD) au gouvernement tchadien, et qui a pour but d'identifier des axes d'intervention pour de futurs investissements dans le développement agricole et rural. L'analyse couvre les régions du Tchad pré-identifiées pour de futurs investissements : le Centre, le Sud et l'Est du pays ainsi que certains types d'irrigation et de gestion de l'eau excluant le développement ou la réhabilitation de grands périmètres irrigués.

La première partie de rapport propose un état des lieux de la gestion des ressources en eau au Tchad. La deuxième partie présente plusieurs expériences dans ce domaine dans des pays d'Afrique de l'Ouest aux conditions climatiques similaires et les recommandations qui en découlent. Enfin dans une dernière partie, des options de développement des ressources en eau sont proposées dans les zones centre, sud et est du pays.

1 Gestion des ressources en eau au Tchad : revue de la situation actuelle et des développements récents

Ce chapitre présente le cadre stratégique, institutionnel et législatif sur lequel s'appuient les politiques de gestion de ressources en eau. Il détaille ensuite les différents usages de l'eau dans la zone Centre et Est du Tchad retenue pour le projet (hydraulique agricole, pastorale, villageoise) ainsi que les principales contraintes. La dernière partie présente les projets récents de développement des ressources en eau agricole, pastorale et villageoise. Ce chapitre est complété par l'annexe 1 de ce rapport qui propose une description des ressources en eau disponible au Tchad.

1.1 Cadre stratégique, institutionnel et législatif

1.1.1 *Politiques et stratégies de développement des ressources en eau*

La gestion des ressources en eau s'appuie sur plusieurs documents de stratégies et politiques de développement d'ordre général et sectoriel. Il s'agit notamment de :

- (i) La *Stratégie Nationale de réduction de la pauvreté (SNRP)*, représente le cadre de référence de la politique socio-économique du Gouvernement pour lutter contre la pauvreté et atteindre les Objectifs Millénaire pour le Développement (OMD). Adopté en 2003, la SNRP a fait l'objet d'une révision en 2006 et la nouvelle SNRP couvre la période 2008-2011. Ses principaux axes stratégiques couvrent : (i) la promotion de la bonne gouvernance pour renforcer la cohésion sociale et l'efficacité des politiques ; (ii) la création d'un environnement favorable à une croissance économique robuste et diversifiée ; (iii) la valorisation du potentiel de croissance du secteur rural ; (iv) la valorisation du potentiel de croissance du secteur rural ; (v) Faire des infrastructures un levier de la croissance ; (vi) la valorisation des ressources humaines. La SNRP tout en marquant l'engagement du Tchad à atteindre d'ici 2015 les huit (8) Objectifs du Millénaire pour le Développement(OMD), place la valorisation du potentiel du secteur rural dans ces axes prioritaires. Cette valorisation ne serait pas possible sans une gestion durable des ressources naturelles et notamment des ressources en eau.
- (ii) Le *Plan d'Intervention pour le Développement Rural (PIDR)* est issu d'une Consultation Sectorielle sur le Développement Rural (CSDR)¹, qui a permis de faire un diagnostic du secteur, d'arrêter les orientations stratégiques de la politique rurale et de proposer des actions à mener pour atteindre les objectifs retenus. Le CSDR constitue désormais le cadre de référence des interventions appuyées par les partenaires au développement. Son PIDR constitue la référence des projets et programmes du secteur de développement rural. Il comporte deux programmes prioritaires portant sur le développement local (PRODEL) et le renforcement des capacités des acteurs (PROSE) avec des programmes transversaux concernant l'appui à la micro finance et le suivi du secteur rural.
- (iii) Le *Programme National d'Investissement à Moyen Terme (PNIMT)* a été élaboré dans le cadre du NEPAD. Le PNIMT s'est basé sur les cinq piliers considérés comme domaines prioritaires pour l'investissement dans le secteur rural du Programme Détaillé de Développement de l'Agriculture en Afrique (PDDAA), à savoir : (i) la maîtrise de l'eau et de la fertilité des sols, (ii) l'amélioration des infrastructures rurales et des capacités pour faciliter l'accès aux marchés, (iii) l'intensification des systèmes agropastoraux au sein de filières organisées et (iv) la gestion durable des ressources naturelles appliquée à

¹ En septembre 1999 par arrêté N° 036 /PM/99 a été créé le mécanisme de suivi et de Consultation Sectorielle sur le Développement Rural, comprenant trois organes principaux : (i) le Comité de Pilotage ; (ii) le Comité Technique en charge entre autres, de la mobilisation des financements et du suivi des orientations définies par le Comité de Pilotage ; (iii) la Cellule Permanente qui assiste le Comité technique et en assure le secrétariat

l'exploitation des produits forestiers non ligneux. Le PNIMT accorde à travers les points (i) et (iv) une place importante à la gestion des ressources en eau.

- (iv) Le **Schéma Directeur Agricole** dont l'objectif global est de contribuer à l'augmentation durable de la production agricole dans un environnement préservé, a été élaboré en 2005 en complément du PNSA dans le but de préciser l'orientation stratégique de sa composante agricole. Il a pour objectifs spécifiques : (i) la sécurité alimentaire du pays; (ii) l'augmentation des revenus et la création des emplois notamment en milieu rural ; (iii) l'amélioration de la croissance économique et du volume des devises qui rentrent dans le pays ; (iv) l'amélioration durable du niveau et de la qualité de vie des ruraux ; (v) le renforcement de l'intégration régionale du Tchad notamment en matière d'échanges commerciaux. Le SDA comporte six options stratégiques traduites en programmes d'interventions prioritaires. Comme le PNSA, le SDA est donc un document cadre qui s'inscrit dans la perspective de lutte contre la pauvreté en mettant l'accent sur la maîtrise de l'eau, l'intensification et la diversification des productions, ainsi que le renforcement des capacités de tous les acteurs.
- (v) Le **Plan National de Développement de l'Élevage (PNDE)** élaboré en 2009 propose un cadre stratégique et des axes d'intervention prioritaires qui permettent d'atteindre les OMD. Son objectif général est d'augmenter durablement la production animale afin d'améliorer et d'accroître la contribution du secteur de l'élevage à la croissance de l'économie nationale, à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire. Sa mise en œuvre s'articule autour de cinq programmes en lien avec les axes stratégiques de la SNRP. Ce sont : i) le développement de la production animale, ii) l'appui à la recherche vétérinaire et zootechnique, iii) la transformation et la commercialisation des produits, iv) le renforcement des capacités des acteurs et des structures d'appui, v) les mesures d'accompagnement et le mécanisme de mise en œuvre. Le PNDE à travers son programme dédié au développement de la production animale consacre une place importante à l'hydraulique pastorale en particulier et la gestion des ressources en eau en général.
- (vi) Le **Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement (SDEA)** élaboré en 2003 constitue un cadre stratégique et multisectoriel d'orientation pour la mise en valeur durable et la gestion des ressources en eau du Tchad en vue de satisfaire les besoins de base de la population et d'assurer le développement économique et social du pays, dans le respect de l'environnement. **Le SDEA définit un cadre stratégique clair et cohérent pour l'ensemble des interventions nécessaires à l'atteinte des objectifs de développement de la Déclaration du Millénaire et du Plan d'Action de Johannesburg. Il couvre tous les différents usages des ressources en eau et constitue un outil opérationnel majeur de lutte contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire et favorise un développement durable au Tchad. La SDEA tout en visant la maîtrise de l'eau et une utilisation efficiente et durable de l'eau, contribue à diminuer la vulnérabilité des productions agricoles aux aléas climatiques et à réduire les conflits par rapport à l'accès aux ressources naturelles. Il est assorti d'un plan d'action prioritaire, prévoyant 100 000 ha à aménager d'ici l'an 2020 à travers l'aménagement de nouveaux périmètres et la réhabilitation des périmètres existants.** Cette augmentation de superficies aménagées sera accompagnée d'un appui à la formation et au renforcement des capacités des organisations paysannes bénéficiaires ainsi que des différents acteurs.
- (vii) Le **Schéma directeur de développement de la pêche et de la pisciculture** est élaboré dans le but de promouvoir une croissance économique durable pour la réduction de la pauvreté. Ce schéma adopté en juin 2002, est axé sur : (i) l'augmentation de la production sur une base durable, (ii) la préservation des écosystèmes halieutiques et la conservation de la biodiversité, (iii) le renforcement des capacités techniques, institutionnelles et opérationnelles des différents intervenants de la filière Pêche et Aquaculture et (iv) l'optimisation des instruments de politique (analyse et suivi statistiques, législation fiscalité, plan d'intervention).
- (viii) Le **Programme d'Action National de Lutte Contre la Désertification (PAN/LCD)** - La lutte contre la désertification est un axe majeur de la préservation de l'environnement. Le PAN/LCD adopté en

2000 a pour objectifs : (i) la protection, la restauration et la mise en valeur des potentiels productifs; (ii) la protection et la sauvegarde des écosystèmes menacés et d'importance capitale; (iii) le renforcement des capacités nationales en matière de lutte contre la désertification; (iv) la gestion des risques. Ses objectifs sont en adéquation avec ceux de la consultation sectorielle sur le développement rural pour la gestion et la valorisation des ressources naturelles, la restauration et la conservation des potentiels productifs et de la diversité biologique.

- (ix) Le **Plan d'action National pour l'Environnement (PNAE)** en cours d'élaboration devra constituer le cadre de réflexion systématique sur les questions environnementales. La finalité du PNAE est d'assurer une gestion saine et durable des ressources naturelles et de l'environnement. Son processus d'élaboration est basé sur une approche participative et coordonnée des activités avec l'implication de tous les acteurs à tous les différents niveaux (local et national).

1.1.2 Contexte juridique de l'eau

Le contexte juridique des ressources en eau est composé des textes ci-après adoptés par l'Etat Tchadien :

- (i) **Code de l'eau** - La loi N° 016/PR/99 portant Code de l'eau fixe les modalités d'utilisation des eaux fluviales, lacustres ou souterraines et celles relatives à l'exploitation et la gestion des ouvrages hydrauliques. Elle stipule que : *«les ressources en eaux constituent un bien collectif et leur mise en exploitation doit se faire dans le cadre des lois et règlements en vigueur et dans le respect du droit coutumier. Cette exploitation est soumise à une déclaration ou autorisation préalable et un périmètre de protection doit être observé pour protéger la ressource contre les risques de pollution. La délimitation du périmètre de protection est fixée par arrêté conjoint du Ministère chargé de l'eau, des Ministères concernés et des Collectivités Territoriales Décentralisées »*. L'Agence de Régulation du Secteur de l'Eau mis en place sous l'autorité du Ministre chargé de l'eau, veille à l'application de la réglementation.
- (ii) Une **Charte de l'eau** est en cours d'adoption par les états membres du Bassin du Lac Tchad. Cette charte constituera un cadre juridique de référence de la gestion concertée et durable des ressources en eau du bassin du Lac Tchad et permettra d'encadrer la coopération étroite entre les Etats membres de la Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT). La Charte de l'Eau sera aussi un élément structurant de la politique commune de mise en valeur des ressources en eau du bassin du lac Tchad en offrant une assise juridique aux Etats membres.
- (iii) Le **Code de l'environnement** consacré par la *Loi N° 014/PR/98* du 17 aout 1998 définissant les principes généraux de protection et de gestion durable de l'environnement en vue de sauvegarder et de valoriser les ressources naturelles (dont les ressources en eau) afin d'améliorer les conditions de vie de la population. Elle définit le contenu des études d'impact environnemental, ainsi que les modalités de validation et d'application des mesures préconisées par les études réalisées. La Loi prévoit un seul organe d'application des politiques et stratégies du Gouvernement en matière de protection de l'environnement, en l'occurrence le Haut Comité National pour l'Environnement (HCNE). Au niveau de sa mise en œuvre, il reste à ce jour l'adoption de décrets d'application précisant les modalités de gestion de l'environnement.
- (iv) **Textes sur le droit foncier** – Au Tchad, le foncier est régi par des textes législatifs définissant les mécanismes d'attribution des terres: la loi n°23/PR/67 du 22/07/1967 portant statut des biens domaniaux, la loi n° 24/PR/67 du 22/07/1967 fixant le régime de la propriété foncière et des droits coutumiers, la loi n°25/PR/67 /PR/67 du 22/07/1967 relative à la limitation des droits fonciers, ainsi que les différentes lois budgétaires comportant les recettes foncières. Néanmoins, **il y a une dualité**

dans la gestion foncière avec la juxtaposition de deux systèmes : le droit coutumier faisant de la résistance d'une part et d'autre le droit moderne mal connu des citoyens. Dans les droits coutumiers tchadiens, les différents chefs sont les gestionnaires de la terre. Leurs interventions sont guidées par les règles de chaque communauté. Dans le Sud du pays, le chef de terre est l'administrateur et le gestionnaire de la terre. C'est lui qui procède à la distribution des terres destinées à la culture où à l'habitation et ce, en fonction des besoins des membres de la communauté. Au Centre et au Nord du pays, ce sont les pratiques musulmanes qui régissent la terre.

1.1.3 Institutions publiques concernées

Les principales institutions publiques impliquées dans la gestion des ressources en eau sont composées de :

- (i) **Ministère de l'eau** avec comme mission : (i) l'application de la politique en matière d'hydraulique urbaine, villageoise, pastorale et d'assainissement, ainsi qu'en matière de météorologie et d'hydrologie ; (ii) l'initiation, le suivi de la politique et la réglementation des actions liées à la gestion des ressources en eau et à l'assainissement .

La mise en œuvre est assurée par :

- la Direction de la Connaissance du Domaine Hydraulique (DCDH) ;
- la Direction des Aménagements en Eau Potable et de l'Assainissement (DAEPA) ;
- la Direction de l'Hydraulique Pastorale (DHP) ;
- la Direction des Ressources en Eau et de la Météorologie (DREM).
- les Délégations régionales des différentes directions centrales.

- (ii) **Ministère de l'Agriculture et de l'Irrigation**, chargé de : (i) la formulation et la mise en œuvre des politiques et des stratégies en matière d'aménagements hydro-agricoles, de conservation des eaux et des sols, de construction des infrastructures et des équipements ruraux ; (ii) le suivi de la mise œuvre des politiques et stratégies du gouvernement ; (iii) la promotion des productions agricoles à travers des conseils techniques aux producteurs, l'équipement des producteurs en matériel agricole et leur approvisionnement en intrants ; (iv) la protection et contrôle phytosanitaire des végétaux et des produits végétaux; (v) la mise en œuvre des méthodes de lutte intégrée, la surveillance et le suivi des ennemis des cultures et des récoltes.

La tâches principales dans ce domaine sont assurées par les structures suivantes:

- la Direction Générale de Génie Rural et de l'Hydraulique Agricoles (DGRHA) et ses services déconcentrés (subdivision régionales) veillent au respect des politiques et stratégies de développement en matière d'hydraulique agricole et assure le suivi et la supervision des aménagements hydro-agricoles sur toute l'étendue du territoire ;
- l'Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement (ITRAD) assure la recherche agricole ;
- l'Office National de Développement Rural (ONDR), et ses structures régionales assurent la vulgarisation et l'encadrement des producteurs sur toute l'étendue du territoire ;
- la Société pour le Développement du Lac Tchad (SODELAC) assurent les activités d'aménagement hydro-agricoles ainsi que la vulgarisation et l'encadrement des producteurs au niveau du Lac Tchad ;
- la Direction de l'Enseignement Agricole, des Formations et de la Promotion Rurale (DEAFPR) est chargée de la formation technique;
- la Direction de la Protection des Végétaux et du Conditionnement (DPVC) est chargée de la lutte contre les ennemis des cultures ;
- la production agricole et le système de veille : placés sous la responsabilité de la Direction de la Production et des Statistiques Agricoles (DPSA) ;
- les Directions des Etudes, des Projets et Programmes (DEPP) assurent les études, le suivi et l'évaluation des projets ;

- l'Office National de Sécurité Alimentaire (ONASA) qui permet au Gouvernement de faire face à l'insécurité alimentaire et aux crises, contribue à la régulation des déficits alimentaires.

Dans les régions, les délégations de ces directions centrales assurent la coordination des activités de terrain à travers des services déconcentrés et des structures d'appui et de conseil.

- (iii) **Le Ministère de l'environnement et des ressources halieutiques** avec comme tâches : (i) la conception et la mise en œuvre des politiques de protection de l'environnement et de lutte contre la désertification ; (ii) la gestion des ressources naturelles ; (iii) le développement et la promotion des ressources halieutiques et de l'aquaculture et la mise en œuvre de la réglementation nationale, des accords et conventions régionaux et internationaux relatifs à la diversité biologique.

La mise en œuvre est assurée par :

- la Direction générale des Ressources halieutiques ;
- la Direction des Forêts et de Lutte Contre la Désertification (DFLCD) ;
- la Direction des Evaluations Environnementales et de la Lutte Contre les Pollutions et Nuisances (DEELCPN) ;
- la Direction de l'Education Environnementale et du Développement Durable (DEEDD) ;
- la Direction des Parcs Nationaux, des Réserves de Faune et de la Chasse (DPNRFC) ;
- la Direction des Etudes, de la Planification et du Suivi (DEPS) pour la protection de l'environnement.

Dans les régions, 8 délégations assurent la coordination des activités de 20 secteurs de faune, 14 secteurs de pêche et 55 inspections forestières. Les parcs de réserves et des aires protégées contribuent à une meilleure gestion des ressources naturelles.

1.1.4 Acteurs privés

Ils sont constitués des groupements de producteurs et de leurs faitières ainsi que des opérateurs privés évoluant le secteur de l'eau et les organisations de la société civile.

- (i) Les Organisations de producteurs de l'agriculture irriguée constituent des acteurs importants de la gestion des ressources en eau. Elles assurent la gestion des différents périmètres irrigués aménagés le long des principaux cours d'eau (Chari, Logone) et autour du lac Tchad. **Il y aurait environ 40 000 organisations de producteurs (toutes spéculations confondues) dont 80% de groupements et 20% de coopératives, associations, unions et fédération. Les différentes organisations ont mis en place une faitière nationale « le Conseil national de Concertation des Producteurs du Tchad » (CNCPRT) en 2006.**
- (ii) Les opérateurs privés constituent un maillon important dans l'agriculture irriguée notamment dans le développement des cultures maraîchères autour des centres urbains (N'Djaména, Moundou, Sahr, Koumra etc.). Ils sont également nombreux dans les services de soutien à l'agriculture irriguée notamment dans la transformation, la commercialisation des produits ainsi dans les approvisionnements en intrants et équipements. Dans ce cadre quelques opérateurs spécialisés comme AGRITCHAD émergent et assurent la vente d'intrants et des équipements spécialisés pour les cultures horticoles.
- (iii) Les **ONG sont des acteurs importants du développement agricole en général. Elles seraient une centaine tous domaines d'activités confondus et disposent depuis 1986 d'un organe de liaison et de concertation (CILONG).** Plusieurs ONG évoluent dans l'agriculture et dans l'approvisionnement en eau potable dans le cadre soit d'actions de développement en rapport avec d'ONG internationales et des partenaires bilatéraux (GTZ, USAID...) soit d'actions humanitaires avec les organismes spécialisés des Nations Unis (PAM, HCR...) ou d'ONG humanitaires internationales.

1.2 Les usages de l'eau

1.2.1 *L'hydraulique agricole*

1.2.1.1 Les activités agricoles des zones sahélienne et soudanienne

La zone sahélienne est plutôt une zone d'élevage. Cependant l'agriculture y est pratiquée, avec comme principales cultures : le maïs et le blé (irrigation dans la Région du Lac), le penicillaire, le bérébéré (surtout au Salamat), l'arachide, le sésame et aussi les tubercules (manioc) par endroit (région du Baguirmi). Le riz et les produits maraîchers sont cultivés par irrigation dans les bas-fonds, les ouaddis et tout au long du fleuve Chari. L'Ouaddaï est une zone de grande production d'oignon et d'ail. L'arboriculture prend aussi de l'ampleur dans certaines zones (Bitkine, les zones périurbaines, etc.)

La zone soudanienne est caractérisée par des systèmes de production diversifiés, associant les cultures de céréales, de légumineuses, d'oléagineux, de tubercules et de coton à un petit élevage diversifié et un développement important de bœufs de trait auquel s'ajoute un élevage transhumant, avec une tendance à la sédentarisation de plus en plus marquée. L'analyse du système de production fait ressortir l'importance économique du coton dans l'économie des exploitations familiales. Le coton représente 45% des exportations hors pétrole (PNSA 2010). Les difficultés que connaît la filière coton ces dernières années obligent les exploitants à s'orienter davantage vers d'autres productions porteuses, notamment : le maïs, l'arachide, le riz, le maraîchage, l'arboriculture, les plantes à tubercules et racines (igname, taro, manioc, etc.) (PNSA 2010).

Entre 1995 et 2005, la production de céréales sèches (sorgho en particulier) a reculé de 5,2% particulièrement en zone sahélienne au profit du riz et de l'arachide qui ont fortement progressé en zone sahélienne.

Le potentiel des terres facilement irrigables identifié dans le pays est estimé à 335 000 ha (PNSA 2010) :

- 200 000 ha dans la zone sahélienne dont 90 000 ha autour du Lac Tchad, 80 000 ha dans la vallée du Chari – Logone, 10 000 ha dans les Ouadis du Kanem et Lac et 20.000 ha autour du Lac Fitri ;
- 135 000 ha dans la zone soudanienne dont 20 000 ha dans la vallée du Chari et 115 000 ha dans celle du Logone ;
- selon certaines estimations, dans la zone saharienne, les palmeraies du Borkou Ennedi Tibesti pourraient être étendues d'environ 100.000 ha.

Actuellement les surfaces irriguées (sans compter la culture de décrue) sont évaluées à moins de 30 000 ha, incluant les systèmes oasiens de la zone saharienne qui ne sont pas discutés dans ce rapport. L'amélioration de la gestion de l'eau pour l'agriculture pluviale sera également discutée dans la section suivante.

1.2.1.2 La culture de décrue (125 000 ha)

Elle est pratiquée dans les zones de débordement des cours d'eau (notamment les plaines d'inondation du Chari, du Logone et du Salamat) ainsi que dans les zones de marnage en bordure de plan d'eau (barrages de l'Ouaddaï). Pour améliorer la gestion de l'eau, les agriculteurs mettent en place des diguettes en courbe de niveau et recalibrent les chenaux naturels. La principale culture est le bérébéré, variété de sorgho repiqué adapté au contexte qui utilise l'humidité résiduelle du sol (rendement entre 600 et 1200 kg/ha). Le maïs est également cultivé sur les rives du lac Tchad en culture de décrue.

1.2.1.3 La riziculture pluviale en zone de bas-fonds et en plaine alluviale (quelques dizaines de milliers d'hectares)

La partie soudanienne des bassins du Chari et du Logone contient des bas-fonds régulièrement submergés par les crues et les eaux de ruissellement. La plupart de ces dépressions ne sont pas cultivées, mais certaines permettent la riziculture, avec des rendements peu élevés (moins d'une tonne par hectare). Des petites diguettes sont parfois aménagées permettant une augmentation sensible du rendement (environ 1,5 t/ha). De la même façon, certaines plaines alluviales contiennent des

1.2.1.4 La petite irrigation individuelle traditionnelle (15 000 ha) et moderne (2 000 ha)

La petite irrigation traditionnelle est pratiquée en bordure des lacs Tchad et Fitri, le long des ouaddis (dans les préfectures du Lac et du Kanem et dans le massif de l'Ouaddaï) ainsi qu'en zone soudanienne dans le Salamat sur les rives des rivières Barh Azoum et Barh Aouk. Les périmètres sont en général situés à la périphérie des centres urbains (Mondou, Sahr, Abéché) ou le long des voies de passage. Les techniques utilisées sont en général assez rudimentaires : puisard ou puits non ou peu consolidé, utilisation d'un chadouf et déversement dans des rigoles bordées de planches ou utilisation de seaux ou d'arrosoirs. Les aménagements sont souvent détruits pendant la saison des pluies et reconstruits à la saison suivante.

Il s'agit en général de petits jardins familiaux et les productions sont majoritairement maraîchères (tomate, oignon, gombo notamment). Le cycle cultural débute avec la saison sèche et s'arrête à l'épuisement de la ressource ; cette irrigation peut donner lieu à 1, 2 ou plus rarement 3 récoltes annuelles.

La petite irrigation moderne a commencé à se développer autour du Lac Tchad et dans le sud-ouest du pays, avec la mobilisation de nappe à faible profondeur avec l'utilisation de moyens d'exhaure plus performants que le Chadouf (pompe à pédales dans la région de Sahr, motopompe). La surface irrigable est augmentée. La commercialisation des produits (proximité d'un centre urbain, organisation des filières), reste un obstacle majeur à son développement en milieu rural. Il semble enfin que, du fait du coût d'investissement, ce type d'irrigation soit réservé aux notables, fonctionnaires ou commerçants, la gestion étant confiée à un métayer ou à la main d'œuvre familiale. La superficie serait d'environ 2000 ha dans la région de N'Djamena, où les productions sont le riz, les cultures maraîchères et les fruits (SDEA 2003).

La petite irrigation moderne a également été développée pour des petits périmètres collectifs (coût 7 million de FCFA/ha) mais les expériences n'ont pas été concluantes. Sur les 70 périmètres développés le long du Logone et du Chari, la plupart ont été abandonnés. Les contraintes relevées par le SDEA (2003) incluent :

- des problèmes de conception du périmètre ;
- des problèmes d'approvisionnement en intrants (fertilisants et pesticides) et en pétrole ;
- une réticence à l'adoption de la culture attelée ;
- des difficultés pour assurer l'entretien du réseau (problème de formation et de financement) ; inadéquation entre la valeur des productions et le montant de la redevance ;
- des difficultés de gouvernance des comités de gestion ;
- le manque d'accès au crédit par les organisations paysannes, notamment pour le remplacement des motopompes ;
- le fait que le développement ait été décidé suite à des périodes de sécheresse ; les bénéficiaires ont préféré revenir à leurs activités premières moins contraignantes lorsque les précipitations sont redevenues normales ;

Enfin, il semble qu'il y ait des petits périmètres collectifs à l'aval des petits barrages dans la région de l'Ouaddaï (PNSA 2010), mais il y a peu d'information disponible sur les techniques utilisées et les systèmes de gestion.

1.2.1.5 Les grands périmètres en maîtrise partielle (3900 ha) et maîtrise totale (environs 6000 ha) de l'eau

Les périmètres en maîtrise partielle de l'eau sont les périmètres rizicoles gravitaires de Satégui-Déressia à proximité de Lai sur la Logone dans le sud du pays (1800 ha), des casiers A et B au nord de Bongor (casier A n'étant plus utilisé, casier B couvre 300 ha en maîtrise partielle) et de la zone de polder du lac Tchad avec des cultures de blé et maïs(1800 ha).

Il existe 3 périmètres en maîtrise totale de l'eau : le périmètre sucrier de Banda près de Sahr, alimenté par pompage dans le Chari et utilisant de l'aspersion par pivot (3500ha), une partie du casier B près de Bongor alimenté par pompage et canaux pour la riziculture (420 ha) et les polders modernes de Bol (environ 2000 ha).

1.2.1.6 Gestion de l'eau en agriculture pluviale et contrôle de l'érosion en zone montagneuse

Les régions montagneuses de l'Ouaddaï, du Guéra et du Mayo-Kebbi sont sensibles à l'érosion hydrique liée aux fortes pluies. Les diguettes, les cordons pierreux, digues filtrantes et les seuils d'épandages sont des exemples d'aménagements utilisés autour de la région d'Abéché pour améliorer la rétention de l'eau et ralentir l'érosion (Figure 1). Ces aménagements sont mis en place par la population (diguettes, cordons pierreux) ou construits par des prestataires (digues) (Projet PRODEBO, GIZ).

Figure 1. Exemples d'aménagement de bassin versant favorisant l'infiltration et limitant l'érosion



diguette

cordon pierreux

seuil d'épandage

Source : présentation du projet PRODABO, GIZ

1.2.1.7 Bilan des systèmes d'irrigation

	Région	Superficie (ha)	Production	Besoins en eau (million de m ³)
Irrigation de décrue	Bassin du Chari et du Logone	125 000	Bérébéré	571 (surface) ^a
Riziculture de bas fond	Zone soudanienne		Riz	
Petite irrigation traditionnelle	Lac Tchad, lac Fitri, Ouaddaï, Guera, Salamat, près des villes	15 000	Légumes, fruits	96 (surface) 63 (souterraine)
Petite irrigation moderne	Lac Tchad, Chari et Logone, près des	2 000	Riz, fruits, légumes, condiments	24 (surface) ^b

	villes			
Grands périmètres en maîtrise partielle	Périmètres sur le Logone et polders traditionnel du Lac Tchad	2 000	Riz et blé/maïs	35 (surface)
Grands périmètres en maîtrise totale	Périmètres sur le Logone et le Chari, polders aménagés du lac Tchad	6 620	Canne à sucre, riz, blé/maïs	74 (surface)

Notes : a. Les données du SDEA ne sont pas cohérentes sur les besoins en eau pour l'irrigation de décrue, qui varie entre 500 et 617 suivant les données utilisées pour comptabiliser. La valeur choisie permet d'avoir un total des besoins cohérent avec les autres données.

b. Les données du SDEA comptabilisent cette eau en eau de surface mais elle provient en fait des nappes alluviales des vallées du Chari et du Logone.

Tableau 1. Bilan de l'utilisation des ressources en eau pour l'hydraulique agricole (millions de m³)

	Eau de surface	Eau souterraine	Total
Sahélienne	117	63	180
Soudanienne	683	^a	683
Total	800	63	863

Note : a. Certains tableaux du SDEA (2003) indiquent 20 million de m³ d'usage agricole de l'eau souterraine en zone soudanaise, mais cette donnée n'est pas répertoriée dans le tableau de l'usage des eaux souterraines (ces 20 millions de m³ sont comptabilisés pour la zone saharienne). Il semble pourtant probable que les eaux de l'aquifère continental terminal sud en zone soudanienne soient exploitées pour l'hydraulique agricole.

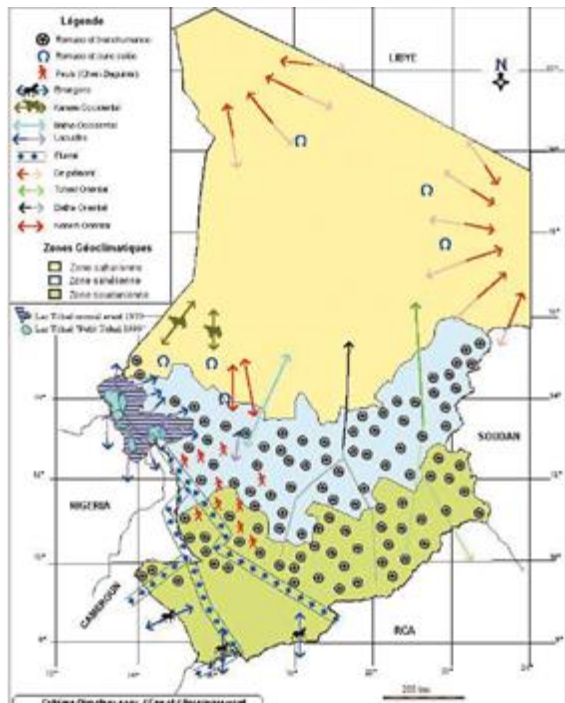
1.2.2 L'hydraulique pastorale

1.2.2.1 Les systèmes pastoraux et leurs contraintes

L'élevage est le troisième secteur d'exportation du pays après le pétrole et le coton ; il représente 26% des exportations hors pétrole (PNSA, 2010). L'effectif du cheptel est estimé en 2009 à plus de 19 millions têtes dont 7 245 230 de bovins, 2 955 550 ovins, 6 438 450 caprins, 1 415 640 camelins, 405 030 équins et 445 566 ânes et 95 000 de porcs (PNSA 2010). Les troupeaux bovins, ovins et caprins sont en majorité situés dans la zone sahélienne et en partie en zone soudanienne, les camelins se trouvent en zone sahélienne et sahélienne (SDEA 2003).

Trois grands systèmes d'élevage existent au Tchad: (i) le système pastoral transhumant, (ii) le système agropastoral et (iii) le système d'élevage sédentaire. Les principaux systèmes pastoraux de transhumance et leurs axes de transhumance sont représentés sur la Figure 2.

Figure 2. Principaux systèmes pastoraux du Tchad



Source SDEA 2003

Dans les régions sahélienne et soudanienne, en excluant la zone autour du Lac Tchad (système lacustre) et du lac Fitri (Batha occidentale), on trouve donc les systèmes suivants :

- Les systèmes pastoraux de transhumance du Batha oriental et du Tchad oriental : ce sont les systèmes où les éleveurs pratiquent les plus grandes transhumances. Les conditions hydrogéologiques (région de socle) et le faible développement des ressources en eau de la région posent des problèmes d'accès à l'eau. Le projet Almy Bahaim financé par l'AFD a permis la construction de nouveau puits, le creusement de mares artificielles et la mise en place de négociations entre les agriculteurs et les éleveurs concernant l'accès à l'eau, les tracés des couloirs de transhumance et les zones de stationnement.
- Les systèmes pastoraux de remues et transhumance du Chari Baguirmi : les troupeaux (souvent des zébus) appartiennent à des villageois sédentaires qui les gardent pendant la saison sèche et les confient aux éleveurs transhumants pendant les migrations estivales. Les principales difficultés qu'ils rencontrent proviennent des pâtis à mettre en réserve pour les mois secs. Il existe peu de conflits avec les éleveurs transhumants car les communautés ont des intérêts communs.
- Les systèmes pastoraux de remues et transhumance à l'ouest et au sud du fleuve Chari : les troupeaux appartiennent à des agriculteurs regroupés en gros villages. La difficulté de cohabitation entre agriculteurs et éleveurs dans cette région et particulièrement dans le Moyen-Chari a été exacerbée par l'arrivée massive et brusque des éleveurs transhumants et par la mauvaise gestion des conflits (Sougnabé 2003).
- Les cantons peuls du Tchad central se distinguent de l'ensemble du Chari Baguirmi car les éleveurs effectuent avant les pluies une transhumance inversée par rapport aux autres mobilités. Habités aux solutions négociées, les cantons peuls participent à toute forme d'associations soit pour la gestion et l'entretien des ouvrages, ou pour les actions de développement durable.

- Les éleveurs étrangers, en majorité peuls venant du Cameroun, arrivent après les pluies de juillet ; ils entrent par le sud-ouest du Tchad, se regroupent entre Doba et Moundou et se rendent à l'ouest du Guéra. Ils utilisent les mares temporaires et restent en général loin des zones de culture, occasionnant peu de conflits.

Les éleveurs sont organisés en groupements de défense sanitaire (GDS) dans la zone soudanienne (actions axées sur l'amélioration de la situation sanitaire du cheptel et qui incluent peu les bovins des systèmes pastoraux mobiles) et en groupements d'intérêt pastoral (GIP) dans la zone sahélienne (actions axées sur la santé animale, la complémentation alimentaire, la gestion des puits pastoraux etc). Dans certaines régions, des comités paritaires ont été créés pour garantir l'usage pastoral des points d'eau et éviter les conflits entre éleveurs et sédentaires (projet AFD dans l'Ouaddaï).

Les contraintes majeures liées à l'hydraulique pastorale sont le manque de points d'eau dans certaines zones (est et centre du pays), le mauvais état de certains puits et les conflits avec les agriculteurs pour l'accès à l'eau et aux couloirs de transhumance (cultures sur anciens axes, cultures sur pâturages etc). Un diagnostic des problèmes liés à l'élevage dans la région du centrale sud du Tchad (depuis le nord du lac Fitri jusqu'à la frontière avec la République Démocratique du Congo) est décrit dans le rapport de synthèse du projet Almy Al Afia de l'AFD (ANTEA, 2008).

1.2.2.2 Equipements pour l'accès à l'eau

Les prélèvements d'eau pour l'hydraulique pastorale sont estimés à 57 millions de m³ par an pour l'eau de surface (un tiers de besoin) et 119 millions de m³ d'eau souterraine (dont 109 en zone sahélienne et soudanienne).

Les points d'eau pour le cheptel peuvent être traditionnels (puits traditionnels, puits profonds appelés saniés, puisards), modernes (puits en béton armé ou cimentés, forages équipés de stations de pompes, mares aménagées) ou non aménagés (mares naturelles, lacs, cours d'eau).

Les puits traditionnels sont creusés par des puisatiers ; d'une vingtaine de mètres de profondeur au maximum, ils sont en général situés dans les bas-fonds et s'effondrent lors de la saison des pluies. Les puits profonds (ou saniés) dépassent en général les 50 mètres de profondeur, ils ne sont pas aménagés pour l'abreuvement et les éleveurs n'y accèdent que rarement. Les puisards sont de simples creux ouverts par les éleveurs dans les lits des ouaddis lors de la saison sèche suivant leurs besoins. Il n'existe pas d'inventaire des points d'eau traditionnels.

Parmi les points d'eau moderne, les puits en béton armé sont les plus courants (1357 puits recensés en 2001, Tableau 2). Ces puits servent souvent à la fois pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'abreuvement du cheptel ; l'exhaure n'est pas mécanisée et s'effectue à l'aide de seau et cordes et par traction animale ; ces puits ont un débit minimum de 5 m³/h. Les stations de pompage sont constituées d'un forage équipé d'une pompe immergée, d'un groupe électrogène, d'un réservoir, d'une fontaine et d'abreuvoirs ; en 2001, 23 stations étaient recensées, mais la plupart d'entre elles (19) n'étaient pas fonctionnelles. Enfin les mares aménagées sont en général des mares surcreusées ; ce type d'aménagement a été inclus dans les projets d'hydraulique pastorale depuis les années 2000 ; il ne garantit pas l'accès à l'eau toute l'année car le remplissage des mares dépend toujours des pluies.

Tableau 2. Puits modernes recensés en 2001 dans les différentes zones climatiques

Zones	Usage pastoral	Usage villageois	Usage mixte	Total
Saharienne	96	15	23	134
Sahélienne	525	697	478	1700
Soudanienne	73	1416	162	1651
Total	694	2128	663	3485

Source : SDEA 2003

Les projets de développement des points d'eau pastoraux présentent en général trois phases : une phase d'évaluation des priorités, une phase de construction des aménagements et une phase de rétrocession (formation à la gestion et à l'entretien, cadre de négociation pour assurer un usage non conflictuel).

Les coûts des aménagements sont décrits dans la partie sur l'hydraulique villageoise.

1.2.2.3 Gestion des points d'eau

Il existe plusieurs formes de gestion des points d'eau pastoraux :

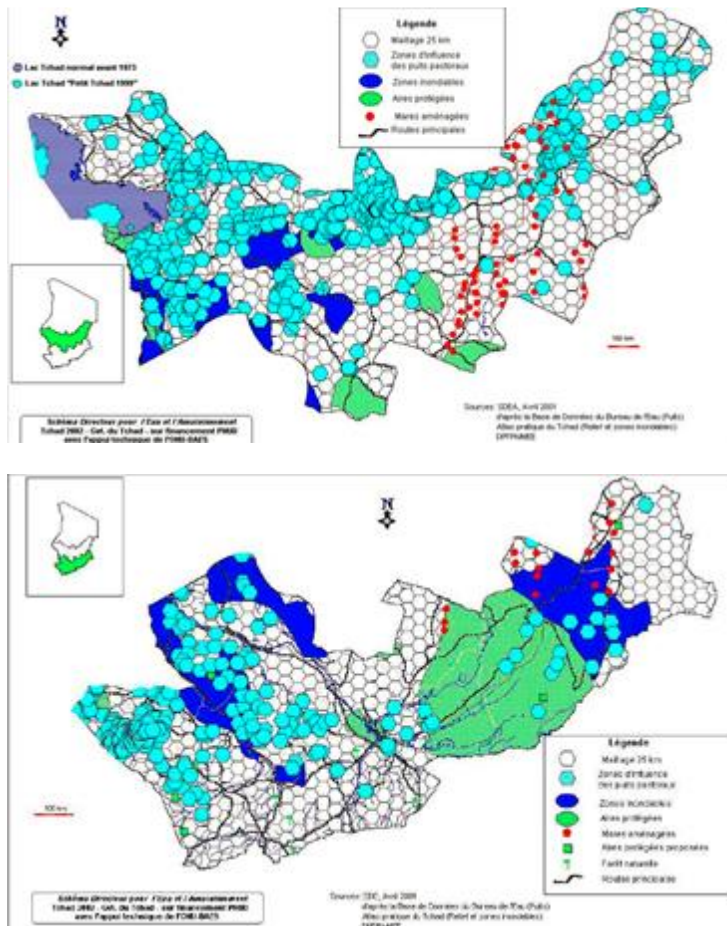
- Les points d'eau sont sous la responsabilité des associations ou groupements d'éleveurs qui ont la responsabilité de la gestion et de l'entretien (et parfois qui ont payé pour la construction) ; l'eau est un service payant selon les normes établies par le groupement ; c'est souvent le cas pour les puits traditionnels. Il semble que pour les puits modernes, certaines de ces règles soient considérées comme très contraignantes pour les éleveurs (ANTEA, 2008).
- La gestion du puits est confiée à un gestionnaire de puits qui n'est pas propriétaire (gestion traditionnelle par exemple dans le nord Batha) ; il collecte les amendes en cas de non-respect des règles et l'argent pour les cérémonies traditionnelles ; une partie peut être utilisée pour des fins personnelles.
- Les organes paritaires sont mis en place et permettent un cadre de négociation entre éleveurs et sédentaires pour définir des règles d'utilisation ; une des personnes est en charge de la gestion du puits ; au sud du Salamat cette forme de gestion est connue et appréciée. Le mécanisme de paiement pour la maintenance n'est pas clair.
- Le système traditionnel de gestion des points d'eau dans le Kanem à l'Est du pays s'appuie également sur la mise en place d'un gestionnaire du puits, qui peut être propriétaire, mais l'eau n'est pas payante dans cette région.

1.2.2.4 Perspective de développement

Les besoins en nouveaux points d'eau se concentrent dans la partie est et centre du pays, zone des grands parcours transhumants où il existe actuellement un sous-équipement. D'après une estimation faite en 2001, il y aurait ainsi environ 1000 puits pastoraux à aménager pour permettre un maillage de 25 km sur les couloirs de transhumance (4000 pour un maillage de 12 km). Les régions à privilégier seraient Batha oriental, Guera, Ouaddai, Biltine, Nord Salamat pour la zone sahéenne (465 puits pour un maillage de 25 km) et les zones est et centrale de la zone soudanienne (535 puits pour un maillage de 25 km avec la possibilité d'exploiter plus longtemps les plaines inondables du sud Salamat pour le bétail grâce à de nouveaux points d'eau pour y maintenir les éleveurs transhumants) (

Figure 3).

Figure 3. Estimation des besoins en puits pastoraux (maillage 25 km) en zone sahélienne (a) et soudanienne (b)



Source SDEA 2003

1.2.3 L'hydraulique villageoise

1.2.3.1 Equipements

Les points d'eau utilisés pour l'hydraulique villageoise peuvent être traditionnels ou modernes. Les points d'eau traditionnels, qui incluent les mares, les cours d'eau, les puisards et les puits traditionnels (voir les détails dans la partie sur l'hydraulique pastorale) disposent rarement de moyen d'exhaure mécanisé. Certains ouvrages fournissent une eau impropre à la consommation. Les points d'eau modernes sont les puits en béton (3467 puits recensés en 2000) ou les forages (3404 recensés en 2000), ces derniers étant munis de pompes à motricité humaine, pour les petits villages (3267 recensées) ou de pompes électriques immergées fonctionnant avec des stations thermiques (35 recensées) ou solaires (70 recensées) pour les villages plus importants.

Il existe un secteur artisanal constitué de petites sociétés, d'associations d'artisans ou de coopératives qui interviennent dans la construction de puits et de forages exécutés manuellement ou à la tarière (forage) ainsi que dans la construction de moyens d'exhaure locaux, notamment de petites pompes manuelles pour les forages et divers systèmes d'exhaure pour les puits. Ces intervenants ont été fortement appuyés par les ONG. Les puits et forages ainsi construits sont peu profonds et l'aire de captage doit être protégée pour limiter les risques de contamination. De

1.3 Projets récents de développement des ressources en eau au Tchad

1.3.1 Programme National de sécurité nationale alimentaire (PNSA) : 2006-2015

Le Programme national de sécurité alimentaire (PNSA) a pour objectif la réalisation de la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté sur l'ensemble du territoire national. Il s'inscrit dans le cadre du Programme détaillé de développement de l'agriculture en Afrique (PDDAA) du Nouveau Partenariat Economique pour le Développement de l'Afrique (NEPAD) et est prévu en deux phases d'exécution (2006-2010 et 2011-2015). Sa phase 2 en cours comporte cinq sous-programmes : (i) Valorisation et gestion durable des ressources naturelles de base ; (ii) Intensification et diversification des productions végétales, animales et halieutiques ; (iii) Stockage, transformation et commercialisation ; (iv) Stock de sécurité alimentaire et dispositif de veille, d'alerte et de réponses aux crises ; (v) Nutrition. Le financement de ces programmes est évalué à 103 Milliards de FCFA dont 50% de participation de l'Etat.

Durant cette seconde phase, il est prévu la réalisation de 15 000 ha d'aménagement hydro-agricole et de cinq (5) petits barrages de retenue pour l'irrigation de 350 ha de cultures de contre -saison et l'abreuvement des animaux sur la période 2011 -2015. Plusieurs travaux ont déjà été engagés sur financement de l'état : (i) les travaux d'aménagement de 2000 ha dont 800 ha en cours réhabilitation dans les casiers B et C de Bonghor, 1200 ha dans le casier de Satégui-Déressia et 400 ha en cours d'aménagement dans le Mandoul Oriental (Dorro, Bedeya...) ; (ii) la construction de 5 petites retenues dans les régions du Guera, Ouaddai et Wadi Fira. En plus de ces travaux d'infrastructures le PNSA a financé l'acquisition de tracteurs et de semences.

Le PNSA à travers ses sous-programmes 1 et 2, place la maîtrise de l'eau au centre de la stratégie nationale de sécurité alimentaire et les leçons qui seront tirées des actions en cours notamment dans les régions du Centre et du Sud (Guéra, Mandoul) seront utiles pour un futur projet.

1.3.2 Projet de gestion et de valorisation des ressources naturelles (PGRN)

Le PGRN a pour objectif d'augmenter la productivité des ressources naturelles en zone soudanienne et couvre 7 régions administratives de la zone à l'exception du Mayo Kébi et du Salamat. Il est financé à hauteur de 19 milliards de FCFA avec l'aide de la Banque Africaine de développement (BAD), de la Banque islamique (BID) et de la Banque arabe de développement économique de l'Afrique (BADEA) pour une période d'exécution de 2006 à 2011. Il est structuré en trois composantes dont la composante 2 consacrée à l'amélioration de la productivité des ressources naturelles avec un volet aménagement hydro-agricole et conservation des sols et de l'eau. Dans le cadre de sa composante 2, les actions prévues sont : 3350 ha de réhabilitation et d'aménagement dont 1000 ha dans les casiers A et B de Bonghor, 1850 ha dans le périmètre de Satégui-Deressia et 500 ha de nouveaux petits périmètres le long du Longone entre Djoumana et Lai, 1000 ha de CES, 33 km de digues à protéger biologiquement et 7500 ha en action intégrée élevage-agriculture.

En terme de réalisations, les actions suivantes sont en cours : la réhabilitation de 1200 ha de périmètre à Lai, la consolidation de 75 km de digue assurant la protection de 1000 ha de riziculture traditionnelle entre Bonghor et Kansey, l'aménagement de 500 ha de petits périmètres irrigués sur 8 sites entre Bonghor et Lai. Le projet a également mis en place des comités villageois et cantonaux de gestion des aménagements hydroagricoles. Les coûts d'aménagement issus des marchés passés sont de : 5 800 000 FCFA par hectare pour les périmètres irrigués et 1 400 000 FCFA par hectare pour la réhabilitation d'un périmètre existant.

Les interventions du PGRN couvrent une partie de la zone (Mandoul, Moyen Chari) du futur projet ; les expériences des travaux d'aménagement en cours ainsi que les structures de gestion mises en place seront utiles pour la préparation du projet.

1.3.3 Projet de valorisation des eaux de ruissellement (PVERS) & Projet de Développement rural du Département de Biltine (PDRDB)

Le PVERS a pour objectif le renforcement de la sécurité alimentaire à travers la valorisation des eaux de ruissellement pour l'agriculture de décrue, le maraîchage et l'abreuvement du bétail. Il comportait 4 composantes dont : une composante infrastructures (petits barrages de retenue d'eau, points d'eau potable, pistes rurales, aménagement de mares) et une composante développement agro-pastoral (aménagement des terres agricoles autour des retenues). Le PVRES a été mis en œuvre avec le concours de la BAD de 1998 à 2008 et couvrait les régions du Batha, Biltine, Guéra et Ouaddai. Il a réalisé sur cette période : 9 petits barrages de retenues en matériaux locaux (gabions, maçonnerie de moellons) , 55 puits maraîchers, 11 puits pastoraux, 11 forages équipés (4 en pompes solaires et 7 en pompes manuelles), 920 ha de terres de décrues et 60 ha de périmètres maraîchers en aval des retenues et des aménagements de protection de bassins versants (cordons pierreux, digues filtrantes, traitements de ravines....). Des comités d'entretien et de suivi ont été mis en place et formés au niveau des petits barrages de retenue.

Le Projet de développement rural du Département de Biltine a été mis en œuvre à la suite du PVRES dans le but de réduire la pauvreté dans le département de Biltine à travers l'amélioration des revenus des ménages ruraux et le renforcement des services de base. Il a été exécuté de 2003 à 2010 sur financement de la BAD. Les réalisations ont porté sur : l'aménagement de 8 bassins versants permettant des cultures pluviales sur plus de 16000 ha, 3 petits barrages de retenues sur des Wadi avec 15 puits (maraîchage et abreuvement bétail) et 2 périmètres maraîchers en aval de barrage, 580 ha de retenues de barrage exploités en cultures de décrue. Des comités de gestion ont été également installés au niveau des infrastructures hydrauliques comme dans le cas du PVRES, mais il n'y a pas eu de temps pour renforcer les capacités de ces structures en raison de la clôture du projet.

Les résultats du PVRES et du PDRDB ont été appréciés dans les régions couvertes et les actions ont été bien intégrées. La démarche pour la mise en place des retenues d'eau consistant à traiter le bassin versant d'abord, puis construire le barrage et terminer par l'aménagement de l'aval est une démarche à adopter pour tout projet à venir. La mise en place de comités de gestion des usagers répond aux soucis de responsabilisation des bénéficiaires, toutefois l'efficacité de ces structures dans la gestion et l'entretien des infrastructures hydrauliques reste à prouver.

1.3.4 Projet d'appui aux services agricoles et aux organisations de producteurs (PSAOP)

Le PSAOP a été mis en œuvre de 2003 à 2008 avec le concours de la Banque Mondiale avec comme objectif principal d'augmenter la productivité agricole et le revenu des ruraux tout en préservant la base des ressources naturelles. Il couvrait 6 régions (Chari Barguimi, Mayo-Kébi –est, Guéra, Logone oriental, Ouaddaï et Borkou) et comportait deux composantes : Promotion d'une croissance durable de la production agricole (périmètres irrigués, petits barrages de retenue, activités de développement agricole, appui aux organisations de producteurs...) et Développement des capacités des services agricoles (appui aux services agricoles publics, appui à la recherche, appui au développement des capacités des services privés en milieu rural...).

L'exécution du PSAOP a été faite dans un climat peu favorable, dominé par la récurrence de la guerre civile et ses résultats ont été fortement impactés avec les multiples interruptions des activités. Toutefois il a été réalisé 1186 projets de production agricole dont entre autres 43 périmètres irrigués rizicoles et 217 projets de fruits et légumes. Le PSAOP a contribué à renforcer la maîtrise de l'eau au Tchad à travers les périmètres irrigués développés mais il n'y a pas d'informations sur l'état actuel de ces périmètres. Il a réussi à mettre en place une approche participative

communautaire et à initier un système d'appui conseil à la demande. Les producteurs ont été mobilisés, formés et structurés en organisations de producteurs agricoles reconnus. Toutefois les résultats concernant l'émergence de services privés d'appui conseil ont été peu visibles.

1.3.5 Projet d'appui au Développement local (PROADEL)

Le PROADEL est un programme initialement conçu en deux phases et mis en œuvre avec le concours de la Banque Mondiale (IDA) et de l'AFD durant la première phase de 2002 -2009. Il a pour objet de contribuer au programme de décentralisation du gouvernement tchadien à travers la mise en place de mécanismes de financement participatifs et décentralisés et le renforcement des capacités des communautés et des institutions à la base. Il couvrait 19 départements dont 18 au Sud et 8 au Nord et comportait quatre principales composantes : Appui aux sous-projets (socio-économiques mais non productifs), renforcement des communautés, appui à la décentralisation et gestion du projet.

Le projet PROADEL a permis la réalisation de 244 points d'eau potable (puits, forages, adduction d'eau sommaire) avec une contribution des communautés et le renforcement des capacité de planification des communautés à la base. Mais la participation des communautés nomades du Nord n'était pas suffisante et une harmonisation des niveaux de subvention des infrastructures entre les différents intervenants était nécessaire. Ce projet a surtout développé des infrastructures socio-collectives notamment d'eau potable et n'avait pas pour objet de financer des infrastructures dans le domaine hydro-agricole. Toutefois des activités de maraîchage s'étaient installées autour de quelques puits. Une seconde phase a débutée pour la période de 2011- 2015 avec une couverture nationale.

1.3.6 Projet de sécurité alimentaire du Nord Guéra phase 2 (PSANG2)

Ce projet faisant suite à une première phase d'exécution, vise à promouvoir les institutions au niveau local dans la partie Nord du Guéra tout en assurant à leurs membres une sécurité alimentaire et un bien être. Il a été mis en œuvre de 2001 à 2009 avec le concours du Fonds International de Développement Agricole (FIDA), de la coopération de la Belgique et du Programme alimentaire mondial. Il comportait quatre composantes : Développement d'institutions rurales (avec microprojets en appui), Fonds de développement rural, Promotion de service d'appui (banque villageoise, ONG, recherche appliquée) et Gestion du projet.

Il y a eu peu d'information sur les résultats du projet, notamment sur la nature des microprojets financés et s'ils couvraient des périmètres irrigués et des petits barrages de retenue d'eau.

Un nouveau projet (PADER-G) de même type élargi au niveau de toute la région du Guéra a été conclu avec le FIDA en 2010 et est en cours de démarrage. Ce projet également met l'accent sur l'amélioration des infrastructures de base (eau potable, banque de céréales, pistes rurales ...), l'accès aux services financiers (restructuration des réseaux de caisses d'épargnes, introduction de produits nouveaux) et le développement des capacités des organisations de producteurs (microprojets, renforcement capacité...). Il prend en charge à travers le financement de microprojets les aspects de maîtrise d'eau notamment l'aménagement de petits périmètres irrigués et leur gestion.

1.3.7 Programme de développement rural décentralisé d'Assoungba, Biltine et Oura (PRODABO)

Le PRODABO est un projet de développement local visant à réduire la pauvreté et à améliorer les conditions de vie de la population rurale dans l'Est du Tchad. Il a été mis en œuvre de 2003 à 2009 avec le concours de la Coopération allemande (GTZ). Il comportait quatre composantes : Fonds de développement décentralisé pour le financement des infrastructures, Gestion et mise en valeur des ressources naturelles (aménagement de bassins versants, valorisation des terres récupérées), Gouvernance locale (appui au processus de décentralisation, planification locale et gestion des infrastructures socioéconomiques) et Appui à la politique du secteur de développement rural.

Au point de vue résultats, le PRODABO a développé dans la zone couverte, une planification participative du développement à la base avec une responsabilisation des communautés rurales. Il a contribué à la gestion des ressources naturelles à travers des réalisations d'aménagement participatif de bassins versants et de valorisation des

ressources en eau. Dans ce cadre 65 bassins versants ont été aménagés, 9000 ha de terres récupérées pour les cultures pluviales et 8 petits barrages de retenue et 16 seuils d'épandage ont été construits et valorisés. L'expérience du PRODABO est intéressante dans son approche consistant à promouvoir la planification à la base, la participation des communautés dans leur développement, une capacité locale (émergences de prestataires locaux) et la responsabilisation des bénéficiaires dans la gestion de leurs infrastructures. Elle enseigne qu'il faut consacrer plus de temps à la sensibilisation, à la planification participative des actions et à l'organisation des communautés pour garantir la durabilité des actions en général et des infrastructures en particulier. Les infrastructures ont été réalisées suivant l'approche « haute intensité de main d'œuvre » pour stimuler la création d'emploi localement et maximiser la participation des bénéficiaires. La prise en charge effective des travaux d'entretien des infrastructures réalisées reste à vérifier.

1.3.8 Projet d'hydraulique pastorale du Tchad central (PHPTC)

Le projet est en cours depuis 2004 avec l'appui de l'Agence française de développement (AFD) et couvre les régions du Batha et du Guéra. Il a pour objectif le développement et la sécurisation de l'élevage de transhumance à travers la réhabilitation et la création de points d'eau pastoraux (puits, puits-forages, mares) ainsi que le balisage des parcours et l'appui à la résolution des conflits entre éleveurs et agriculteurs. Une première phase du projet a pris fin en 2008 et a permis les réalisations suivantes : 91 puits aménagés dont 55 en réhabilitation, 31 mares surcreusées et 350 km de couloirs de passage balisés. Des comités paritaires de gestion de conflits ont été créés autour des points d'eau, ces comités sont composés de représentants d'éleveurs transhumants et de villages hôtes.

Le projet a permis d'avoir une bonne connaissance des ressources hydrogéologiques des régions du Batha et du Guéra (taux de réussite des forages 50%, profondeur...) et aussi des coûts d'exécution des infrastructures hydrauliques dans ces régions de massif, dominées par le socle continental. Par contre la durabilité des points d'eau créés constituent une préoccupation majeure car il n'y a pas de comités de gestion, ni de redevance à payer conformément à la politique actuelle d'hydraulique pastorale. Il revient donc à l'Etat de supporter les coûts de réhabilitation future de ces infrastructures.

Une nouvelle phase du projet a fait l'objet de convention de financement entre l'AFD et le Gouvernement tchadien pour une durée de 4 ans à compter de 2010. Cette phase permettra d'étendre la zone couverte et d'accroître le nombre d'infrastructures hydrauliques tout en stimulant la concertation entre les communautés (éleveurs et agriculteurs).

1.3.9 Programme de développement durable du bassin du Lac Tchad (PRODEBALT)

Le PRODEBALT s'inscrit dans le cadre du programme d'actions stratégiques pour un développement durable du Lac Tchad. Il est mis en œuvre par le Secrétariat exécutif de la Commission du bassin du lac Tchad (CBLT) à travers une Coordination régionale appuyée par cinq coordinations nationales (Niger, Nigeria, Cameroun, RCA, Tchad) et les services déconcentrés des états, les ONG et les agences locales spécialisées. Il est exécuté sur une période de 5 ans à compter de 2009 et comporte quatre composantes : (i) Protection du lac Tchad et son bassin ; (ii) Adaptation des systèmes de production aux changements climatiques ; (iii) Appui institutionnel ; et (iv) Gestion du programme. Il est financé par plusieurs bailleurs (Banque Mondiale, BAD, UE, GTZ, BID) et les états membres pour environ 42 Milliards de FCFA. Le Programme est au stade de démarrage avec l'installation des coordinations nationales et l'acquisition des moyens roulants et autres équipements.

Les composantes 1, 2 et 3 du PRODEBALT contribueront à renforcer la maîtrise de l'eau au Tchad à travers l'étude et plan de gestion optimale des retenues et prises d'eau du bassin, le financement des microprojets (incluant des petits périmètres irrigués), l'extension du réseau piézométrique dans le bassin (suivi des ressources en eau souterraine) et le renforcement de l'observatoire du bassin du lac.

2 La petite irrigation et l'amélioration des cultures pluviales : expériences en Afrique de l'Ouest

Ce chapitre présente une revue de la littérature récente sur les bonnes pratiques en matière de gestion de l'eau agricole dans les pays Sub-Sahariens. Cette revue couvre les types d'irrigation observés au Tchad (riziculture de bas-fond, culture de décrue, petite irrigation privée maraîchère, petite irrigation collective) à l'exception de la grande irrigation qui n'entre pas dans le cadre des futurs investissements. Elle présente les recommandations issues des expériences de différents pays au contexte climatique similaire à celui du Tchad.

2.1 La culture de décrue

L'agriculture de décrue est une pratique traditionnelle des régions sahéliennes, basée sur une valorisation des plaines inondables des lits majeurs des fleuves (Niger, Sénégal). C'est un système cultural diversifié associant du riz de décrue dans la frange basse, et des cultures comme le Sorgho, le maïs (de plus en plus) dans la frange haute des lacs et plaines d'inondation des fleuves dont le ressuyage intervient très tôt. Les sols doivent avoir un minimum d'un mois de submersion de manière à assurer une saturation complète de leur profil et à bien recharger la nappe. Selon le climat et les variétés, les cultures de décrues des zones hautes bouclent leur cycle avec la remontée capillaire, tandis que dans les franges basses le riz complète son cycle avec les pluies ou par un relai de la crue du fleuve. Les rendements sont de niveau acceptable : 1 à 2 tonnes pour le Sorgho et 2 à 3 tonnes pour le riz² sans utilisation d'engrais. Les superficies emblavées annuellement sont très importantes et au Mali par exemple elle constitue l'activité agricole principale de la zone lacustre dans la région de Tombouctou avec plus de 100 000 ha annuellement mis en valeur.

L'agriculture de décrue est soumise à deux contraintes : (i) l'irrégularité des niveaux de crue d'une année à l'autre avec comme conséquence une variation des superficies cultivées ; (ii) l'influence d'une décrue précoce qui réduit la frange de culture de certaines cultures et provoque une migration précoce de la nappe tout en exposant les cultures à un stress hydrique. A la suite des sécheresses des années 1970, qui s'étaient soldées par une dégradation des niveaux des crues des fleuves, de nombreux aménagements ont été entrepris pour améliorer le remplissage des lacs et la submersion des plaines alluviales ainsi que pour contrôler la décrue. Il s'agissait d'aménagements consistant à : (i) reprofiler le chenal d'alimentation de manière à réduire les pertes de charges ; (ii) construire une digue de protection permettant de contrôler la crue ; (iii) construire un ouvrage équipé de vannes ou de batardeaux pour réguler l'entrée de la crue (débits) et d'éviter l'effet d'une décrue précoce. Ils ont permis aussi grâce à une étude statistique des niveaux de crue observés de déterminer des superficies minimales garanties avec une fréquence d'inondation acceptable (9 années sur 10). Les coûts d'investissement rapportés à l'unité de superficie (ha) sont généralement faibles (moins de 2 Millions de FCFA/ha) en raison de l'importance de la superficie aménagée (milliers d'hectares par périmètre ou dizaine de milliers d'hectares pour un lac).

L'agriculture de décrue se pratique aussi autour des mares pluviales. Des variétés précoces de cultures (notamment sorgho « bérébéré » et du maïs) sont installées à partir de la fin de la saison des pluies (septembre-octobre) au fur et à mesure du ressuyage des terres et sont récoltées en fin de la saison sèche froide (février à mars).

² Rendements moyens enregistrés au Lac Horo (Mali) sur les cinq dernières années.

2.2 La riziculture pluviale en plaine alluviale et zones de bas-fonds

Le rendement obtenu au Tchad en riziculture pluviale semble relativement bas : moins de 1t/ha pour les zones non aménagées et jusqu'à 1,5t/ha dans les zones aménagées de diguettes, alors qu'il atteint 6t/ha dans la région du Lac Tchad. Il existe peu d'information sur :

- Le type de variétés utilisées,
- Les pratiques agricoles (repiquage ou semis direct, préparation du sol, utilisation de fertilisants, gestion des maladies et des insectes),
- La gestion de l'eau et la maintenance des aménagements,
- Les activités post-récolte.

Ces facteurs sont eux-mêmes liés au contexte socio-économique de la région dont il faut tenir compte pour effectuer un diagnostic complet : disponibilité de la main d'œuvre par rapport au calendrier cultural, accès aux intrants, appui-conseil, existence d'une filière organisée pour la commercialisation du riz, compétition avec d'autres usages de la terre ou de l'eau (élevage en particulier).

Les pistes d'amélioration du rendement du riz en Afrique proposées dans la littérature sont nombreuses.

Le Centre du Riz pour l'Afrique créé en 1971 par 11 Etats africains dont le Tchad, est un centre de recherche qui a pour objectif d'améliorer la productivité et la rentabilité du secteur rizicole tout en veillant à la durabilité du milieu de production. Il possède des antennes en Tanzanie, au Sénégal, au Bénin, en Côte d'Ivoire et au Nigeria. L'antenne du Nigeria a récemment publié un guide de bonnes pratiques sur la riziculture de bas-fond (

Encadré 1).

La coopération japonaise en Ouganda (Kijima et al., 2010), en Côte d'Ivoire (Sakurai, 2006), au Ghana et au Nigeria (Oladele et Wakatsuki, 2010) a également publié une série d'articles qui montrent que l'amélioration des pratiques agricoles, notamment de la gestion de l'eau (avec des aménagements simples : construction de diguettes, nivellement, petites retenues et canaux d'irrigation et de drainage) et des fertilisants permet une augmentation significative du rendement (le nom anglais de cette pratique est *sawah*). Ces pratiques et celles proposées dans le guide de bonnes pratiques du Centre du Riz en Afrique ne semblent pas très différentes ; le système sawah contient des aménagements un peu plus coûteux (petites retenues et canaux d'irrigation). Elles sont également très proches de celles préconisées par le CIRAD au milieu des années 80 pour les bas-fonds en zone soudano-sahélienne (Rauanet, 1985) le CIRAD conseillait une série de petites retenues de moins de 2 m plutôt que des grandes retenues.

Encadré 1. Bonnes pratiques de riziculture de bas-fond au Nigeria

Rendements observés : en pluvial : 2,2 t/ha en irriguée 3,5 t/ha. Rendements attendus : 6t/ha

Contraintes : Biotique : mauvaises herbes, insectes (cécidomyie africaine, foreurs de tige) maladies (piriculariose, virus de la marbrure jaune, pourriture de la gaine, etc) et abiotique : sécheresse, inondations violentes, déficience du sol en P et N, toxicité ferreuse, salinité/alkalinité sur sols irrigués

Bonnes pratiques :

- Choix du terrain : doit avoir une bonne capacité de rétention (taux d'argile ou de matière organique importants), sol lourd de fond de vallée préférable, faire des analyses de sol pour suivre la fertilité dans le cas des cultures multi-annuelles
- Variétés recommandées : dépend du temps de maturation voulu (90-100 jours, 100-120 jours ou plus de 120 jours) de la présence de toxicité ferreuse ou de celle de maladies.
- Semences : plusieurs instituts proposent de l'appui conseil sur les semences, dont les organismes de recherche (WARDA) ou le secteur privé. Le document propose une description des étapes pour sortir de la dormance, tester la viabilité des graines et les traiter et préparer une pépinière.
- Préparation du sol pour repiquage : labour pour faire ressortir les rhizomes des mauvaises herbes (si importantes) puis inondations pour les éliminer ; puis formation de diguettes, irrigation et travail de nivellement des parcelles (machine manuelle ou à traction animale).
- Repiquage : conseils sur la période favorable (suivant le climat) l'espacement (suivant la fertilité du sol, la variété et le climat)
- Préparation du sol et conseils pour semis direct (plutôt en zone hydromorphe)
- Application de fertilisants : conseils suivant le type de fertilisant, le sol et le climat (quantité, timing, méthode d'application)
- Toxicité ferreuse : utilisation de variétés plus tolérantes, mise en place d'un système de drainage, bonne gestion des nutriments pour la plante
- Gestion de l'eau : maintenir une lame d'eau de 5 cm, drainer la parcelle une semaine avant la récolte
- Contrôle des mauvaises herbes : conseils pour le désherbage manuel et chimique (type de produits, quantité, dilution, timing)
- Contrôle des maladies et des insectes (bonnes pratiques agricoles pour limiter l'effet et traitements dans certains cas)
- Récolte, battage, vannage, séchage, stockage (également cuisson partielle, passage au moulin)

Source : Warda, 2008.

Tableau 4. Estimation des coûts et des bénéfices du système de production rizicole de type « sawah » au Nigeria

	Système « sawah »	Système traditionnel
Coût par ha du développement	3000-4000 US\$/ha	20-30 US\$/ha
Rentabilité économique	1000-2000 US\$/ha	100-300 US\$/ha
Revenu possible	1000 US\$/ha	100-200 US\$/ha
Coût de maintenance	bas	Pas de maintenance
Coût de fonctionnement	200-300 US\$/ha	10-20 US\$/ha

Source : Fashola et al. 2005.

La contrainte majeure d'après les études de la coopération japonaise est l'accès à l'appui-conseil pour les producteurs, argument également repris dans les études plus anciennes du CIRAD (Lavigne et al., 1987). Il semble par ailleurs que le coût de la main d'œuvre soit plus important dans le système *sawah* par rapport aux cultures traditionnelles, ce qui augmente l'investissement par hectare (Tableau 4). Cette pratique entraîne donc une plus grande prise de risque pour un agriculteur qui devra être convaincu de l'intérêt de cet investissement.

Enfin, le système de riziculture intensive (SRI) utilisé initialement à Madagascar est considéré comme une pratique à diffuser plus largement, notamment par l'Institut de la Banque Mondiale.³ Ce système repose sur trois principes qui le distinguent de la riziculture classique : (i) le sol doit rester humide (et non saturé en eau), (ii) les plants doivent être plantés individuellement (pas de plants groupés) et espacés de façon optimale et (iii) les semences doivent être transplantées tôt (moins de 15 jours). Le site internet de l'université de Cornell propose plus d'information sur cette technique, notamment les cas d'étude dans le monde.⁴ Il existe pour le moment peu d'expériences en Afrique de l'Ouest : l'USAID obtient des résultats prometteurs au Mali (7,71t/ha en 2009-2010) mais l'expérience au Burkina Faso semble moins réussie. L'intérêt et les contraintes de cette pratique dans le contexte tchadien doivent être étudiés.

2.3 La petite irrigation privée : des technologies d'irrigation à faible coût pour les cultures maraîchères

La petite irrigation privée a récemment connu un essor sans précédent en Afrique de l'Ouest notamment au Niger et au Nigeria grâce à l'introduction de technologies à faible coût pour forer des puits, pomper et distribuer l'eau sur des petites parcelles de moins de 2 ha. Le succès de ce type d'irrigation est également lié au caractère privé et individuel de cette irrigation, qui assure une maîtrise complète des moyens de production par le producteur.

2.3.1 Les technologies à faible coût utilisées en Afrique de l'Ouest

2.3.1.1 Le forage manuel

Les forages à la tarière (au Niger) et au lançage à l'eau (au Nigeria) sont les plus répandus dans les zones où les sols sont légers (sable) et les aquifères peu profonds (2 à 6 m). C'est le cas du Nord Nigeria (fadamas) et des larges vallées fossiles du Niger (dallols). Dans ces conditions, un forage maraîcher peut être réalisé en moins d'une journée, voire en quelques heures, avec des moyens simples, un équipement léger et des compétences à la portée d'équipes de puisatiers ou de paysans. Les ouvrages réalisés sont très productifs et permettent l'utilisation de motopompes et pompes à pédales.

³ Le matériel utilisé pour leur formation est disponible sur le site : <http://info.worldbank.org/etools/docs/library/245848/index.html>

⁴ <http://sri.ciifad.cornell.edu/index.html>

Les sols consolidés (tendres) et d'altérations au Burkina Faso et au Mali sont moins propices au forage manuel (dureté des sols plus élevée et débits plus faibles), ce qui explique en partie la faible diffusion des forages manuels dans ces pays. Néanmoins, les techniques de battage et à la boue peuvent être combinées à la tarière pour traverser les couches dures, ce qui permet la réalisation d'un point d'eau dans un délai de un jour à une semaine. Le Tableau 5 présente les différentes techniques de forage ainsi que leurs conditions d'application.

Tableau 5. Les différentes méthodes et techniques de forage

Méthodes	Techniques	Profondeur moyenne	Géologie	Avantages	Inconvénients	Durée d'exécution
Tarière	Tarière manuelle	10 à 15 m	Sable, limon, argile (faible épaisseur), graviers (< 4 mm)	Facile à utiliser	Cuvelage difficile à enlever en présence d'une couche d'argile épaisse	1 jour
A la boue	Madrill, rotary manuel, emas, rota sludge	20 à 35 m	Sable, limon, argile (faible épaisseur), formations consolidées tendres (altérites)	Facile à utiliser	Consommation d'eau importante dans les couches perméables de sables grossiers	2 à 4 jours
Lançage à l'eau	Jetting, washbore	6 à 15 m	Sable et limons	Rapide	Un volume important d'eau sur une courte durée est nécessaire	moins d'un jour
Battage	Percussion, stone hammer	15 à 25 m	Formations consolidées moyennes et dures (latérite, roche)	Adaptés aux formations dures	Long et coût des équipements élevés	1 semaine à 10 jours
Tarière motorisée	Pat drill 201, rotary motorisé	35 à 45 m	Tout type de formations consolidées moyennes dépourvues de roches	Rapide dans les couches dures	Consommation d'eau importante, coût des équipements et de réalisation élevé	1 à 5 jours

Source : Practica. 2008.

La technique du washbore a rapidement été adoptée par les producteurs nigériens en raison de son faible coût et de sa reproductibilité : de 8700 F.CFA réalisé par les producteurs à 30 000 F.CFA par une équipe de puisatiers. Au Niger, la multiplication des équipes de puisatiers a permis de faire jouer la concurrence et de diminuer le coût des forages manuels à la tarière de 50% : 50 000 F.CFA à 75 000 F.CFA selon les conditions et la profondeur.

Le marché des forages à la tarière motorisée n'est pas approprié pour la petite irrigation privée en raison de son coût élevé : 800 000 F.CFA, prix comparable au coût des puits ciment et puits grand diamètre (Tableau 6).

Tableau 6. Coût moyen des infrastructures de captage (6 à 12 m)

<i>en F.CFA</i>	Burkina	Niger	Nigeria	Mali
Washbore	-	25.000 à 50.000	8.700 à 30.000	-
Tarière manuelle	60.000 à 80.000	50 000 à 75 000	-	80.000 à 100.000
Tarière motorisée ⁵	600.000 à 800.000	-	-	-
Puits ciment diamètre (0,8 m)	330.000 à 600.000	500.000 à 700.000	-	-

⁵ Le prix relevé au Burkina Faso est pour une profondeur de 20 à 30 m contrairement aux autres coûts indiqués pour une profondeur de 6 à 12 m

Puits grand diamètre (1,5 m)	-	1.200.000 à 2.400.000	-	-
------------------------------	---	-----------------------	---	---

Source : Abric et Sonou, 2010

La rentabilité d'un puits maraîcher (béton) est inférieure à celle d'un forage manuel car ce dernier est moins onéreux et plus productif permettant l'irrigation d'une plus grande superficie (la surface de contact avec l'aquifère est plus grande). La rentabilité financière des forages à faible coût est liée au moyen d'exhaure installé. Une motopompe permet d'irriguer une surface plus importante qu'une pompe à pédale.

2.3.1.2 Les pompes à faible coût

Pompes à pédales

La pompe à pédale aspirante a été développée au Bangladesh dans les années 1970. Elle fait son apparition en Afrique de l'Ouest au début des années 1990 où elle va connaître des améliorations techniques par des ONG afin d'être adaptée aux conditions de pompage en Afrique. Au cours de ces 20 dernières années, ATI, aujourd'hui connu sous le nom d'EWV, a contribué de façon significative à la diffusion des pompes à pédales en Afrique de l'Ouest (Sénégal, Mali, Niger, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Bénin, Ghana), où des milliers de pompes sont utilisées par des producteurs maraîchers : par exemple plus de 15.000 pompes diffusées au Niger et 13.000 au Burkina Faso. Dans les années 2000, Kickstart, nouveau nom d'ApproTEC, a été le catalyseur de la diffusion de plus de 100 000 pompes à pédales, principalement en Afrique de l'Est (Kenya, Tanzanie, Malawi, Ouganda, Zambie et Zimbabwe) et plus récemment, en 2005, en Afrique de l'Ouest (Mali, Burkina Faso, Ghana) avec plus 5000 pompes vendues. Les pompes EWV sont fabriquées localement alors que la pompe Kickstart est importée de Chine. Dans les deux cas, un réseau de vendeurs et d'artisans-réparateurs doit être mis en place.

Il existe deux types de pompes à pédales :

- (i) la pompe aspirante permet de faire remonter l'eau à la surface d'un aquifère peu profond (maximum 7 mètres) pour alimenter un canal d'irrigation gravitaire ou des planches de cultures.
- (ii) la pompe refoulante permet de créer de la pression pour faire remonter de l'eau à la surface (même profondeur maximale) et pour soit transporter l'eau dans une canalisation ou dans un tuyau d'arrosage vers une pomme d'arrosage ou des asperseurs, soit alimenter un réservoir ou irriguer une parcelle située au-dessus du point de pompage

Le coût des pompes varie d'un pays à l'autre selon le modèle mais la fourchette de prix se situe entre 30 000 F.CFA et 90 000 F.CFA pour les pompes les plus diffusées, avec des frais de maintenance (lubrifiant, corde, cuir) et réparation qui sont d'environ 4 800 F.CFA/an (Enterprise Works. 2004). L'expérience au Burkina Faso montre que l'acquisition d'une telle pompe permet un doublement de la superficie irriguée par rapport à l'utilisation d'un seau ou d'une calebasse pour l'exhaure. La moyenne des superficies irriguées par les pompes à pédale est autour de 0,25 ha. Le revenu peut également être doublé (Enterprise Works. 2004).

Motopompes

En Afrique de l'Ouest, durant ces quinze dernières années, l'utilisation de motopompes de faible puissance (2,5 cv à 5 cv) pour l'irrigation de parcelles de superficies comprises entre 0,5 et 2 hectares s'est considérablement accrue. L'arrivée sur le marché de motopompes à faible coût en provenance de Chine, le subventionnement de l'irrigation motorisée ou du carburant (Nigeria) sont à l'origine de cette progression. L'augmentation croissante du parc de motopompes a permis de développer un réseau de réparateurs et d'atténuer la problématique de la disponibilité des pièces détachées.

Tout comme les pompes à pédales, ces pompes sont utilisables pour des profondeurs de nappe inférieures à 7 mètres. Les motopompes sont moins pénibles à utiliser que les pompes à pédales (surtout lorsque l'eau est entre 5 et 7 mètres de profondeur) et permettent d'irriguer une plus grande surface.

Le coût moyen des motopompes est de 250 000 FCFA (Mali, Burkina Faso et Niger), mais peut varier entre 40 000 et 1 000 000 FCFA suivant les caractéristiques techniques, la qualité de fabrication et la consommation de carburant. Les motopompes utilisées par les producteurs sont souvent surdimensionnées par rapport aux besoins en raison de l'absence d'appui conseil et à cause d'une offre inadaptée aux besoins des producteurs. Dans le cadre de projets (DIPAC au Burkina Faso, PPIP au Niger et VISA en Mauritanie) les performances des motopompes disponibles sur le marché ont été comparées afin d'optimiser le choix d'une motopompe : l'économie sur les charges de pompage peut atteindre 40% (Abric et al. 2000). Il appartient ensuite au technicien conseil de proposer au producteur la motopompe adaptée à ses conditions et à ses exigences.

Le Tableau 7 présente une comparaison entre les pompes à pédales et les motopompes.

Tableau 7. Conditions d'utilisation des pompes à faible coût

	Pompe aspirante à pédales	Pompe refoulante à pédales	Motopompes
Surface irriguée (ha)	0.2–0.4	0.2–0.4	0.5–2
Sortie de l'eau	Alimentation d'un canal gravitaire ou directement des cultures	Eau sous pression pour utilisation de tuyaux, stockage dans un réservoir ou irrigation directe	
Avantages	Investissement et coût d'utilisation inférieurs à ceux de la motopompe Travail réduit par rapport au seau ou à la calebasse Moins pénible que la pompe refoulante	Investissement et coût d'utilisation inférieurs à ceux de la motopompe Travail réduit par rapport au seau ou à la calebasse Permet une sortie d'eau sous pression	Travail réduit par rapport à la pompe à pédales Surface irriguée supérieure à celle de la pompe à pédales Permet une sortie d'eau sous pression
Inconvénients	Plus pénible que la motopompe Permet seulement l'irrigation de surface (pas de pression)	Plus pénible que la motopompe Plus difficile à construire que la pompe aspirante	Investissement et coût d'utilisation plus importants que ceux de la pompe à pédales Plus de chance d'utiliser trop d'eau car débits élevés et utilisation facile
Durée de vie	3–5 ans	3–5 ans	2–5 ans

Source : Abric et al 2011

Les pompes immergées

Les pompes immergées permettent de pomper l'eau dans les forages profonds, elles peuvent être alimentées par des groupes électrogènes ou par des panneaux solaires. Des expériences au Bénin et au Niger montrent que les investissements en panneaux solaires sont rentabilisés sur leur durée de vie (8 à 10 ans) mais le coût initial est très élevé pour un petit producteur (2 million de FCFA au Niger) et la maintenance nécessite des techniciens expérimentés. Une solution possible est de multiplier l'usage de l'eau pompée : eau potable, eau pour l'élevage et

pour l'irrigation et de partager les coûts d'investissements (la notion d'irrigation privée n'est plus vraiment valable car des contraintes de gestion collective doivent être prises en compte).

2.3.1.3 Les systèmes de distribution de l'eau

L'aspersion par tuyau d'arrosage

L'aspersion pratiquée avec une motopompe connectée à un tuyau muni à son extrémité d'une pomme d'arrosage est une pratique utilisée de façon spontanée chez les petits producteurs sur la côte du Golfe de Guinée (Nigeria, Ghana, Bénin et Togo). Elle est également utilisée avec les pompes à pédales refoulantes comme Kickstart au Kenya. Plusieurs expériences sur l'usage de cette technologie ont été rapportées du Mali et Niger. La superficie irrigable pouvant être atteinte est de 1.500 à 5.000 m² pour un coût d'installation inférieur à 175.000 F.CFA.

Le réseau californien

Le réseau californien est un réseau de canalisations PVC enterrées qui permet de diminuer les pertes par infiltration, d'acheminer l'eau sur une parcelle éloignée de la source de pompage ou ayant une topographie irrégulière, et de suivre le niveau d'étiage et de crue sans ajout ou manipulation de tuyaux. Les surfaces irriguées vont de 1.000 m² à 2 ha, voire plus dans la mesure où le débit de pompage détermine la superficie irrigable. Cette technique a connu une adoption rapide en Mauritanie dans la vallée du fleuve Sénégal, elle est moins connue et diffusée dans les autres pays d'Afrique de l'Ouest (le Niger a cependant une bonne expérience).

Le coût initial est d'environ 300 000 à 350 000 F.CFA/ha avec un retour sur investissement sur deux à trois campagnes (1 à 2 ans). L'installation peut être réalisée en plusieurs étapes en fonction des capacités financières du producteur.

Le goutte à goutte

Le concept de kit d'irrigation au goutte à goutte a été développé vers 1995 par l'ONG IDE en Inde et au Népal. Depuis les années 2000, différentes techniques de goutte à goutte ont été testées et/ ou sont en cours de diffusion au Mali, Niger et Burkina-Faso par des ONG internationales, par des centres de recherche et par des projets.

Le goutte à goutte permet d'améliorer la distribution et l'application de l'eau à la parcelle, notamment en diminuant la quantité d'eau apportée à la plante (rampes d'irrigation avec débit par goutteur inférieur à 1 litre/heure). Il est bien adapté aux contextes où l'accès à l'eau est difficile ou coûteux. La mise en pression est obtenue à partir d'un réservoir surélevé d'une capacité variable (de 100 litres à 4 m³ pour le maraîchage) qui est alimenté une à deux fois par jour par une pompe.

Le coût élevé d'achat (2 à 4 million de FCFA) est la première barrière à la diffusion de cette technologie. La deuxième contrainte est la technicité nécessaire à son utilisation. Enfin l'eau doit être de bonne qualité pour éviter le colmatage (filtrage nécessaire des eaux de surface). L'impact majeur de l'utilisation du goutte à goutte est la diminution de la quantité de main d'œuvre. Cette diminution représente environ 40 à 50% de gain de temps et d'économie sur les charges de main d'œuvre liées à l'irrigation (économie de charge de main d'œuvre de 200 000 à 300 000 F.CFA par hectare au Mali).

Le Tableau 8 présente une comparaison entre les différents systèmes de distribution d'eau décrits dans ce chapitre.

Tableau 8. Conditions d'utilisation des systèmes de distribution d'eau pour l'irrigation

	Arrosage au tuyau	Réseau Californien	Goutte à goutte
Coût d'investissement	Faible	Moyen	Elevé
Système	Pompes à pédales ou	Motopompes	Motopompe ou pompe à

d'accompagnement	motopompes de faible puissance		pédales alimentant un ou plusieurs réservoirs
Surface irriguée	Jusqu'à 5000 m2	Jusqu'à 2 ha	Entre 1000 et 2000 m2 par réservoir (une motopompe peut alimenter 4 réservoirs)
Avantages	Réduit les coûts de pompage et/ou augmente la superficie irriguée Réduit les pertes d'eau par infiltration Matériel généralement disponible localement	Réduit les coûts de pompage et/ou augmente la superficie irriguée Réduit les pertes d'eau par infiltration Facile à adapter à la topographie et au type de production Diminue le temps d'irrigation Permet de transporter l'eau sur de grandes distances Facile à mettre en place, matériel généralement disponible localement Surface irriguée extensible	Réduit les coûts de pompage et/ou augmente la superficie irriguée Réduit les pertes d'eau par infiltration et par évapotranspiration Réduit la main d'oeuvre Permet la fertigation (fertilisation avec irrigation, réduit le temps de travail)
Inconvénients	Ne convient pas aux grandes surfaces irriguées Espace de stockage nécessaire pour les tuyaux de grand diamètre Requiert une personne pour l'utilisation		Maintenance requiert une certaine technicité Équipement non disponible localement Difficile à adapter à la topographie (besoin d'une surface plane) et au type de production (distance entre les plants non flexible)

Source: Abric et al. 2011

2.3.1.4 Rentabilité

La rentabilité des exploitations de petite irrigation varie selon le système de production : taille de l'exploitation, type de production et technologie utilisée. Le Tableau 9 présente une analyse des coûts-bénéfices pour plusieurs exploitations au Burkina Faso, montrant la diversité des résultats obtenus.

Tableau 9. Analyse coûts-bénéfices de quatre systèmes de production en petite irrigation utilisant des technologies à faible coût

	Systèmes de production			
	0,25 ha d'oignon utilisant une pompe à pédales	1 ha of maïs utilisant 4 pompes à pédales	4 ha de maïs avec une motopompe (60 m ³ /heure)	6 ha (4,5 ha maïs, 1 ha pommes de terre et 0,5 ha tomates) utilisant une motopompe (80 m ³ /heure)
Coût de production (FCAF)	302 261	163 250	982 435	2 381 209
Dont:				
Intrants (semences, fertilisants) (%)	41	26	18	58
Main d'oeuvre (%)	40	31	20	13
Équipement (%)	7	43	44	19
Taxes (marketing) (%)	12		18	10

Valeur de la production (FCAF)	900 000	360 000	1 440 000	5 620 000
Bénéfice par ha (FCAF)	2 390 956	196 750	114 391	539 799
Ratio bénéfice / coût (%)	198	121	47	136

Sources: World Bank 2005; MAHRH 2005.

2.3.2 Bilan des expériences et recommandations pour le développement de la petite irrigation privée

Cette partie s'appuie sur la récente étude de capitalisation des expériences de petite irrigation privée en Afrique de l'Ouest (Etude Banque Mondiale, FAO, IFAD, IWMI, Practica). Le rapport en français est disponible (Abric et Sonou, 2010), le rapport en anglais est en cours de publication (Abric et al. 2011).

2.3.2.1 Contraintes et bonnes pratiques au Niger, Nigeria, Burkina Faso et Mali

Tableau 10. Bilan des expériences de développement de la petite irrigation au Niger, Nigeria, Burkina Faso et Mali

	Niger	Nigeria	Burkina Faso	Mali
Stimuler les chaînes de distribution d'équipement des technologies à faible coût				
Mesures réussies	<p>Série de plusieurs projets permettant un appui continu et un environnement stable pour le secteur privé et les bénéficiaires</p> <p>Développement d'un réseau organisé de fournisseurs privés</p> <p>Projets mis en oeuvre par une entité privée représentant les acteurs du secteur de l'irrigation privée</p>	<p>Série de plusieurs projets permettant un appui continu et un environnement stable pour le secteur privé et les bénéficiaires</p> <p>Financement continu des technologies (forage manuel et motopompes)</p> <p>Approche à la demande permettant une meilleure appropriation</p>	<p>Mise en place d'un réseau de fournisseurs privés (projet pilote)</p> <p>Projet pilote mis en oeuvre par une entité privée représentant les acteurs du secteur de l'irrigation</p>	<p>Test et promotion continue des technologies à faible coût</p>
Contraintes	<p>Taux de subvention élevé créant une dépendance et une faible durabilité</p> <p>Problème de gouvernance de l'entité privée; la mise en oeuvre est passée sous la responsabilité d'une Unité de gestion de projet à la fin du</p>	<p>Taux de subvention élevé créant une dépendance et une faible durabilité</p> <p>Pas de diffusion des systèmes de distribution de l'eau</p> <p>Faible développement et organisation du</p>	<p>Manque d'harmonisation entre les projets et les donneurs créant de la compétition entre les approches, des biais dans le marché et un manque de visibilité pour le secteur privé et les producteurs</p> <p>Taux de subvention élevé de certains</p>	<p>Performance non satisfaisante de l'agence publique en charge de la mise en oeuvre</p> <p>Manque d'échange de connaissances avec les autres pays</p>

	deuxième projet, ce qui réduit la durabilité à long terme de l'approche	secteur privé	projets engendrant une faible maintenance voire la non-utilisation des équipements Délai entre le projet pilote et le projet suivant; changement dans l'approche suivie réduisant la consolidation des bons résultats de la phase pilote.	
Développer les capacités techniques et financières des producteurs				
Mesures réussies	Mise en place d'un réseau de sociétés d'appui conseil spécialisé en petite irrigation (GSC) permettant une meilleure sélection des producteurs et un plus grand engagement en production Les GSCs réussissent à obtenir des fonds de différents projets	Formation des producteurs au forage manuel permettant une baisse des coûts Services publics d'appui conseil présents sur le long terme Mise en place d'un fond (Fadama Equity fund) pour augmenter l'épargne et permettre le remplacement et la maintenance des équipements	Introduction d'un réseau de sociétés d'appui conseil spécialisé en petite irrigation Mise en place d'un fond de garantie permettant l'accès au crédit et la participation des banques commerciales (taux de mobilisation restant faible)	Mise en place d'un fond de roulement pour augmenter l'épargne et permettre le remplacement et la maintenance des équipements. Développement de nouveaux instruments financiers
Contraintes	Les GSCs dépendent des financements des projets Manque d'accès au crédit donc haut taux de subvention nécessaire (problème abordé dans les projets récents) Changement de cible dans les projets récents (petits producteurs écartés)	Faible participation des ONG et du secteur privé créant une dépendance dans le secteur public d'appui conseil Manque d'appui-conseil sur l'utilisation de l'eau	Changement de cible dans les projets récents (petits producteurs écartés) Manque de vision à long terme dans l'organisation de l'appui-conseil aux producteurs	Changement de cible dans les projets récents (petits producteurs écartés) Manque de vision à long terme dans l'organisation de l'appui-conseil aux producteurs
Concevoir des investissements en irrigation comme partie intégrante du développement de l'agriculture				
Mesures	Appui continu aux	Appui continu aux	Appui continu aux	Dans les projets en

réussies	<p>fournisseurs d'intrants privés, réseau de revendeurs bien développé</p> <p>Evaluation de l'impact environnemental inclus comme composante des projets (meilleure visibilité et évaluation de cette activité)</p> <p>Dans les projets en cours, appui au développement des chaînes de valeurs à travers les organisations de producteurs</p>	<p>infrastructures rurales et d'accès au marché</p> <p>Participation des communautés locales dans le système de mesures de l'eau et dans la gestion des ressources (baisse du nombre de conflits éleveurs-agriculteurs)</p> <p>Promotion des mesures de gestion durable des sols via un don FEM (GEF) associé aux projets</p>	<p>fournisseurs d'intrants privés, réseau de revendeurs bien développé</p> <p>Dans les projets en cours, appui au développement des chaînes de valeurs à travers les organisations de producteurs</p>	<p>cours, appui au développement des chaînes de valeurs à travers les organisations de producteurs</p>
Contraintes	<p>Efforts concentrés sur la production par rapport à la commercialisation qui est devenue une contrainte forte (abordée dans les projets en cours)</p> <p>Problème de la qualité de l'eau d'irrigation en zone périurbaine pas abordé</p> <p>Pas de vision large échelle (bassin versant) de la gestion de l'eau</p>	<p>Efforts concentrés sur la production par rapport à la commercialisation qui est devenue une contrainte forte</p> <p>Dépendance aux subventions pour les intrants</p> <p>Manque d'information sur l'évolution des ressources en eau souterraines</p> <p>Problème de la qualité de l'eau d'irrigation en zone périurbaine pas abordée</p>	<p>Problème de la qualité de l'eau d'irrigation en zone périurbaine pas abordé</p> <p>Manque de système de suivi des eaux souterraines</p> <p>Pas de vision large échelle (bassin versant) de la gestion de l'eau</p>	<p>Problème de la qualité de l'eau d'irrigation en zone périurbaine pas abordé</p> <p>Manque de système de suivi des eaux souterraines</p>

Source: Abric et al. 2011

2.3.2.2 Recommandations

Stimuler les chaînes de distribution d'équipement des technologies à faible coût

L'introduction de nouvelles technologies passe par la mise en place de campagnes de promotion, de processus de contrôle qualité et de l'organisation du secteur privé, activités qui peuvent être soutenues par le secteur public. Un appui plus marqué du secteur public au secteur privé pourrait ainsi bénéficier aux technologies à faible coût en Afrique de l'Ouest. Par exemple, le forage manuel gagnerait à être plus largement utilisé au Mali et au Burkina Faso ; de même, les systèmes de distribution d'eau, comme le réseau californien, ne sont pas diffusés largement dans la sous-région.

Les mécanismes de financement à coût partagé (*matching grants*) permettent à un plus grand nombre de producteurs d'avoir accès aux technologies, mais ces mécanismes sont susceptibles de compromettre la durabilité des activités en fin de projet. Des taux de subventions élevés des équipements créent une demande artificielle, ce qui fait courir des risques aux acteurs privés de la chaîne de distribution lorsque la subvention prend fin. Le financement à coût partagé ciblant un sous-groupe des clients potentiels (par exemple les plus pauvres) peut être une option intéressante. Dans tous les cas, une stratégie de sortie (c'est-à-dire une gestion de la fin de la subvention) doit être incluse dans la conception des mécanismes de financement à coût partagé.

Les échanges de connaissances à l'échelle régionale doivent être encouragés, particulièrement ceux impliquant le secteur privé. Une gamme d'expertise technique assez large a été développée (équipes de foreurs, services d'appui-conseil spécialisés, techniciens des projets), mais cette expertise n'est pas toujours mise à profit dans les projets de petite irrigation récents. Les activités pour promouvoir ces échanges incluent : (i) l'appui aux initiatives régionales de partage des connaissances, avec un intérêt spécial pour le secteur privé, (ii) la participation des ONG internationales spécialisées en parallèle aux organisations locales (ONG, secteur privé, experts techniques) dans la préparation des projets, (iii) la diffusion des guides et manuels pratiques préparés pour les projets.

Une approche programme doit être encouragée, avec une attention particulière à l'harmonisation des approches entre les différents projets. La continuité entre projets est essentielle pour obtenir des résultats durables. En effet, la mise en place de nouvelles technologies prend du temps. La multiplicité dans le temps ou dans l'espace des initiatives de promotion des technologies avec différents niveaux de subventions sème la confusion pour l'agriculteur et crée des difficultés pour une participation à long terme du secteur privé.

Les bénéficiaires ainsi que les acteurs du secteur privé doivent être impliqués dans la préparation et la mise en œuvre du projet, mais le partenariat public-privé comme testé au Niger et au Burkina Faso comporte des risques. Même si certaines activités, comme la promotion et la diffusion des technologies ou le service d'appui-conseil peuvent être déléguées au secteur privé, la délégation de la mise en œuvre de projet à une entité privée peut engendrer des problèmes politiques et des problèmes de gouvernance comme observés au Niger et au Burkina Faso. La responsabilité respective des bénéficiaires et des organisations (associations de professionnels, organisation de producteurs) doit être clairement définie pendant la préparation des projets, et un appui substantiel peut être nécessaire pour leur permettre d'assurer pleinement leur rôle.

Développer les capacités techniques et financières des producteurs

L'aide à l'accès aux technologies d'irrigation doit être adaptée aux besoins du producteur afin que les capacités de production s'améliorent progressivement. Les initiatives de soutien à l'irrigation doivent donc comporter plusieurs composantes adaptées aux types de systèmes de production existants et permettre aux producteurs d'augmenter petit à petit leurs productions.

Les acteurs impliqués dans l'appui-conseil doivent diffuser des connaissances techniques et financières pour permettre notamment de développer les capacités d'entreprenariat des producteurs. Trois types d'acteurs ont été appuyés dans les pays étudiés (Niger, Nigeria, Mali et Burkina Faso) : les réseaux de sociétés privées spécialisées en petite irrigation, des bureaux d'études ou ONG plus généralistes et des services publics d'appui-conseil. Chaque type présente des avantages et des inconvénients, mais dans tous les cas, la continuité du financement reste le problème majeur pour la durabilité des services.

Les produits financiers mis en place pour la petite irrigation doivent permettre non seulement l'accès aux technologies, mais également la possibilité de les maintenir et de les réparer. L'utilisation des financements à coûts partagés (*matching grants*) peut être complétée par un encouragement à l'épargne via la mise en place de fonds comme dans le projet Banque Mondiale Fadama III au Nigeria avec le Fadama Users Equity Fund. L'amélioration de l'accès à la terre peut également être un moyen d'améliorer l'accès au crédit, mais elle pose souvent des

problèmes qui dépassent le cadre de l'irrigation et doit de ce fait être abordée comme un problème séparé. Enfin, d'autres produits financiers (warrantage, fonds de roulement, fonds de garantie) ont montré des résultats intéressants, mais leur mise en application peut encore être améliorée.

Concevoir des investissements en irrigation comme partie intégrante du développement de l'agriculture

Les fournisseurs d'intrants doivent être soutenus avec une attention particulière à la qualité des produits. Les expériences au Niger et au Burkina Faso montrent que le secteur privé peut fournir les intrants, mais il doit être appuyé pour atteindre le seuil de rentabilité. Le secteur public doit assurer que les produits répondent aux normes pour la santé et l'environnement.

Le stockage, la transformation, le marketing et le transport des produits maraîchers, souvent périssables, restent une contrainte majeure du développement de la petite irrigation dans les pays étudiés. Ces problèmes ne peuvent être résolus sans faire un effort conséquent pour lier l'offre et la demande de manière aussi efficace que possible. Les projets de développement en cours en 2010 abordent ces questions.

Les projets de petite irrigation privée doivent encourager l'utilisation de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement. En effet, les expériences dans d'autres régions du monde montrent que la petite irrigation privée peut avoir des impacts négatifs importants sur l'environnement, en particulier sur les sols et sur les ressources en eau. De plus, le caractère privé de ces activités rend plus difficile l'application des réglementations sur l'environnement par les institutions publiques. Plusieurs actions peuvent permettre de surveiller et de réduire les impacts environnementaux de ces activités : (i) évaluer et suivre l'évolution des ressources en eau, en particulier souterraines avec une approche participative, (ii) promouvoir des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement via des formations et des guides pratiques et (iii) investir dans des mesures de recharge artificielle de nappe si besoin.

2.4 La gestion des petits périmètres collectifs

2.4.1 Recommandations issues du projet « Amélioration des Performances des Périmètres Irrigués en Afrique – APPIA »

Ce projet (2002-2006) s'est intéressé surtout à la riziculture irriguée par pompage avec maîtrise de l'eau, collective et transférée aux usagers. Il a permis d'étudier douze périmètres irrigués de cinq pays d'Afrique de l'Ouest (Burkina Faso, Mali, Mauritanie, Niger et Sénégal) et dix-huit périmètres dans deux pays d'Afrique de l'Est (Ethiopie et Kenya). Les objectifs étaient de caractériser et d'évaluer les pratiques à l'échelle du périmètre et de la parcelle. Une méthode de diagnostic comparatif rapide pour analyser comparativement les pratiques et les performances des périmètres étudiés a été proposée (

Encadré 2), elle permet de répondre à la question : quels sont les facteurs limitant pour la productivité de l'agriculture irriguée et les intérêts des agriculteurs ? (IPTRID 2004, Van der Schans et Lempérière, 2006)

Encadré 2. La méthode de diagnostic comparatif rapide pour les petits périmètres irrigués

Ce manuel décrit les principales étapes pour mettre en œuvre un diagnostic comparatif rapide de la performance des petits périmètres irrigués.

Le diagnostic couvre les 4 domaines suivants ainsi que leurs interactions :

- Le périmètre irrigué : description du site, des parcelles, de leur organisation spatiale, des ressources en eau, de la distribution de l'eau et de l'application de l'eau.
- La parcelle : description des pratiques agricoles, des productions (type, rotation, rendements) et la valeur ajoutée
- L'organisation : identification des organisations en présence, description de leur objectif (ou fonctions, exemple : opération et maintenance du système d'irrigation pour les associations des usagers d'eau, fourniture d'intrants et commercialisation pour les coopératives, attribution des terres par les chefs des communautés) leur structure (description de leur organisation interne) et leurs capacités (règles, financement, statut, processus de prise de décisions etc)
- L'environnement socio-économique : description de l'information disponibles (connaissances et technologie, existence de services d'appui conseil et de recherche et développement), des autres utilisateurs de l'eau, y compris en amont et aval du périmètre, des conditions de marchés pour la commercialisation et la fourniture d'intrants, de l'accès au crédit, et des autres fournisseurs de service (opérateurs pour les réparations, ou pour la gestion de l'eau déléguée)

Pour chaque domaine, une série de questions est proposée pour guider la collecte de données, qui permettent de prioriser les contraintes et de proposer des solutions et un plan d'actions. La démarche complète de mise en œuvre (sélection du groupe de travail, mise en place de la démarche participative, sources d'information, outils à utiliser, techniques d'interview, restitutions, budget) est décrite et peut être adaptée à la taille du périmètre.

Un autre document, préparé sur la base de l'analyse des performances des périmètres d'Afrique de l'Ouest uniquement, liste les bonnes pratiques dans chacun des domaines cités précédemment.

Sources : IPTRID 2004, Van der Schans et Lempérière, 2006

2.4.2 Recommandations sur la planification et la mise en œuvre de projets d'irrigation

En 2005, un rapport préparé par l'IWMI a proposé une série de recommandations sur la planification et la mise en œuvre de projets d'irrigation (petite et grande échelle) en s'appuyant sur une revue et une analyse critique d'expériences et de cas d'étude en Afrique sub-saharienne (Morardet et al. 2005). Ce rapport propose des voies pratiques pour améliorer les performances liées à la planification et à la mise en œuvre des projets afin d'accroître la rentabilité des investissements hydro-agricoles. Les recommandations, synthétisées dans le Tableau 11, sont pour la plupart pertinentes pour les projets de petite irrigation collective (certaines sont très générales et valables pour les projets de gestion de l'eau agricole en général).

Tableau 11. Recommandations sur la planification et la mise en oeuvre de projets d'irrigation

PHASE DU CYCLE DU PROJET	ACTEURS AUXQUELS SONT DESTINEES LES RECOMMANDATIONS		
	Gouvernements	Institutions financières internationales	Institutions financières internationales & Gouvernements
Identification	<ul style="list-style-type: none"> • Mieux articuler les relations entre les objectifs du projet, les stratégies sectorielles et les objectifs de développement nationaux. • Identifier et mettre en place les conditions d'une utilisation rentable des investissements. • Promouvoir l'évaluation participative des besoins des communautés. • S'accorder sur des critères clairs pour la sélection des bénéficiaires du projet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Une plus grande implication à ce stade, dans le but de mieux comprendre le contexte local et de réaliser ainsi une évaluation préalable mieux renseignée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les gouvernements et les institutions financières internationales doivent coordonner leurs investissements, afin de tirer le meilleur avantage des points forts de chaque bailleur.
Préparation, Evaluation préalable et Négociation/ approbation	<ul style="list-style-type: none"> • Mener une analyse précise du contexte local – bio-physique, socio-économique, environnemental. • Minimiser la complexité des projets pour s'adapter aux compétences locales de gestion et de mise en œuvre. • Prendre en compte les savoirs indigènes et les capacités locales d'exploitation et de maintenance dans les choix de conception des infrastructures. • Mettre en place très tôt une équipe de gestion de projet pour aider à l'établissement de relations de confiance et de respect mutuel entre le personnel des institutions financières, les communautés locales et les autres partenaires. Ceci améliorera aussi le suivi des avancées du projet et l'adoption en temps voulu d'actions correctives. • Adopter une approche participative pour permettre aux bénéficiaires d'exprimer leurs propres besoins et préférences, et de prendre part à l'identification du projet, à sa conception et à sa mise en œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plus grande implication à ce stade, dans le but de mieux comprendre le contexte local et de réaliser ainsi une évaluation mieux renseignée. 	<ul style="list-style-type: none"> • Promouvoir l'usage des outils de gestion de projet tels que les cadres logiques dans un contexte participatif. • Limiter le nombre de composantes du projet pour s'adapter aux compétences locales de gestion. • Créer et utiliser une base de connaissances des leçons et expériences passées

PHASE DU CYCLE DU PROJET	ACTEURS AUXQUELS SONT DESTINEES LES RECOMMANDATIONS		
	Gouvernements	Institutions financières internationales	Institutions financières internationales & Gouvernements
Mise en œuvre et Supervision	<ul style="list-style-type: none"> • Ouvrir plus largement la sélection des prestataires de services ; si nécessaire, offrir des formations aux soumissionnaires locaux et nationaux. • Recourir plus largement aux ONG et au secteur privé pour combler les lacunes du secteur public en terme de compétences. • Fournir des incitations adaptées pour maintenir l'intérêt et conserver le personnel qualifié. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prendre des dispositions pour une supervision plus rapprochée et un partage du savoir. • Les bailleurs de fonds et les gouvernements doivent s'entendre sur le cadre de supervision. • Les équipes de gestion de projet et les bénéficiaires doivent avoir la possibilité de se prononcer sur les termes de référence des consultants, de participer à leur sélection et d'évaluer leurs performances. • Une capacité de réaction rapide améliorera la mise en œuvre des mesures correctives. • Introduire suffisamment de flexibilité dans la mise en œuvre pour permettre l'adaptation de la conception au contexte local. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre effective de procédures agréées de suivi et d'évaluation répondant aux besoins des gouvernements et des usagers ; formation du personnel local à l'utilisation des outils de gestion de projets.
Evaluation (achèvement)		<ul style="list-style-type: none"> • Rédiger et distribuer rapidement les rapports d'achèvement de projet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluations conjointes par les gouvernements, les bailleur de fonds et les partenaires bénéficiaires
Evaluation (post-achèvement, assistance)	<ul style="list-style-type: none"> • Assurer un rôle « résiduel » du gouvernement, en particulier quant à la fourniture de services aux agriculteurs (intrants, marchés, crédit) • Eviter ou surmonter les problèmes d'O&M par des choix de conception (physique, institutionnelle) compatible avec les compétences et capacités disponibles localement et favoriser l'émergence de prestataires de services professionnels, orientés vers la qualité du service, spécifiquement en charge des fonctions d'O&M. 	<p>Soutien à long terme, et suivi et évaluation des nouveaux arrangements institutionnels et financiers pour la fourniture des services d'irrigation (partenariats public-privé, fédération d'associations d'usagers de l'eau)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer les modes d'évaluation des impacts des projets en matière de réduction de la pauvreté

PHASE DU CYCLE DU PROJET	ACTEURS AUXQUELS SONT DESTINEES LES RECOMMANDATIONS		
	Gouvernements	Institutions financières internationales	Institutions financières internationales & Gouvernements
Au long et autour du cycle de projet	<ul style="list-style-type: none"> • Améliorer la compréhension de la pauvreté rurale et de la contribution potentielle des aménagements hydrauliques agricoles à sa réduction, de la part de tous les acteurs (institutions financières, gouvernements nationaux et locaux, institutions d'enseignement et de recherche, ONG). • L'adoption d'approches participatives pour concevoir et mettre en oeuvre les projets renforcera les institutions locales de gestion de l'eau et de l'irrigation et améliorera la durabilité des projets. Par ailleurs, la mise en oeuvre d'une telle approche comportera (a) le renforcement des capacités en termes d'approche participative du personnel du projet, et (b) la mise en place d'incitations à interagir avec les parties prenantes locales. • Renforcer la collaboration entre les personnels des bailleurs de fonds et les gestionnaires des projets à toutes les étapes du cycle du projet. • Proposer des formations, un renforcement et un développement des compétences à tous les niveaux comme partie intégrante du projet. • Simplifier les procédures des bailleurs de fonds pour l'approvisionnement, le décaissement, le suivi et le reporting. Institutions financières internationales doivent adopter des procédures uniformes afin de faciliter le travail du gouvernement et des agences d'exécution. Développement et adoption d'outils de gestion basés sur les résultats pour la discussion des politiques, les programmes sectoriels et les projets. • Inclure plus systématiquement dans les rapports d'évaluation des indicateurs standardisés sur la planification et la mise en œuvre des projets, telles que la description des arrangements institutionnels pour la gestion du projet, leur efficacité, et les leçons que l'on peut en tirer. • Revoir l'organisation interne des bailleurs de fonds et agences de développement concernant l'attribution des rôles et responsabilités ; le partage de l'information et des l'expériences en termes de succès, échecs et bonnes pratiques de planification et mise en œuvre ; réduire la pression sur le personnel opérationnel ; décentraliser autant que possible les responsabilités au niveau des bureaux régionaux ou nationaux des agences financières ; fournir un appui technique adapté sur les questions en dehors du champ d'expertise des personnels opérationnels. • Aider les gouvernements à prendre l'initiative en matière de gestion et d'aménagement hydro-agricoles, en recherchant l'intégration avec les processus de définition des Stratégies de Lutte contre la Pauvreté. 		

Source : Morardet et al. 2005

En résumé, cette étude montre l'importance de la prise en compte des spécificités du contexte local (besoin, capacités) et encourage l'approche participative ; elle met également en évidence la nécessité d'une bonne gestion du projet et d'un renforcement des compétences à tous les niveaux.

2.5 Les techniques de conservation de l'eau et des sols en agriculture pluviales

L'agriculture pluviale tient une place prépondérante dans l'agriculture tchadienne où elle produit plus de 80 pour cent des céréales et 100 pour cent du coton (FAO, Aquastat). Ce secteur est particulièrement dépendant des aléas climatiques faute d'une bonne maîtrise de l'eau. Les agriculteurs vont de ce fait avoir tendance à adopter une stratégie d'aversion au risque en limitant les intrants et limitant de ce fait les rendements, même pendant les années climatiques favorables.

Les travaux de recherche sur l'agriculture pluviale ont montré que l'augmentation de la disponibilité de l'eau pendant certaines périodes de croissance pouvait améliorer significativement les rendements et la rentabilité de cette agriculture (Rockström et al. 2007).

2.5.1 *Les techniques de conservation du sol et de l'eau*

L'approche la plus courante pour améliorer la gestion de l'eau en agriculture pluviale consiste à mettre en place des mesures favorisant l'infiltration ou la conservation des eaux de pluie sur les parcelles. Ces mesures peuvent être des petites structures (comme les cordons pierreux, les diguettes ou les terrasses) ou des pratiques agronomiques particulières (mulching, agroforesterie, ou labour simplifié). Certaines de ces pratiques, comme les terrasses, sont connues depuis plusieurs siècles, d'autres ont prouvé leur utilité localement dans les sites pilote ou les sites de recherché, mais ne sont pas adoptées spontanément par les agriculteurs.

Une récente étude de la Banque Mondiale (World Bank, 2010) propose différentes pistes pour expliquer le faible taux d'adoption des mesures de conservation de l'eau en agriculture pluviale, sur la base d'une revue de la littérature. Le principal problème résiderait dans l'approche suivie pour mettre en place ces mesures : approche « top-down » imposée aux agriculteurs, avec un manque d'appropriation et de formation des agriculteurs sur la maintenance. Les objectifs sont souvent mal définis, trop ambitieux et ne reposent sur aucune considération socio-économique qui justifierait leur adoption par les agriculteurs. De plus, l'échelle du bassin versant est souvent choisie plutôt que celle de la communauté qui serait parfois plus appropriée. Le contexte (élevage) et les connaissances locales sont souvent ignorés. A ces problèmes s'ajoutent les questions d'accès au crédit, d'accès au marché, d'accès à la terre et le manque de collaboration entre les acteurs impliqués dans ces secteurs.

Pour améliorer l'adoption par les agriculteurs, il est donc crucial de bien identifier et analyser les contraintes des systèmes de productions. Les impacts des mesures financées dans le passé doivent être quantifiés, notamment en termes de rentabilité pour le producteur. D'après la même étude (World Bank 2010), les investissements dans ce secteur peuvent être justifiés pour des coûts inférieurs à 500 dollars par hectare permettant une augmentation de revenu d'au moins 100 dollar par hectare. Si certaines mesures peuvent être encouragées car considérées comme intéressantes, la décision finale doit toujours revenir aux agriculteurs. L'approche programmatique doit être préférée à l'approche projet car la diffusion de ces techniques prennent du temps et doivent être accompagnées d'autres mesures de développement de l'agriculture (accès aux intrants, au crédit, au marché, etc).

2.5.2 *Accès à l'information climatique*

L'information climatique comprend les prévisions et les tendances futures à différentes échelles temporelles (quelques heures à plusieurs dizaines d'années). Chaque échelle temporelle a une utilité différente pour l'agriculture pluviale. Les agriculteurs sont plutôt intéressés aux prévisions allant de quelques jours à la saison, alors que les projections à long terme sont plutôt utilisées par les décideurs sur les politiques ou les secteurs à encourager. En effet, les prévisions à court et moyen terme (saison) peuvent aider à estimer les dates de semis ou de récolte, à gérer l'humidité du sol, le recours aux intrants (en cas de saison favorable, afin de maximiser les profits), les possibles besoins en irrigation supplémentaire ou les risques de maladies. Cette section s'appuie en partie sur l'annexe 4 du rapport Banque Mondiale précité (World Bank, 2010).

Les prévisions à court termes (quelques heures à une dizaine de jours) sont a priori possibles dans toutes les régions du monde et leur qualité dépend du climat, des systèmes de mesures existants et des capacités des institutions du secteur. Elles sont en général diffusées par des bulletins météorologiques à la radio, à la télévision ou dans les journaux, mais elles peuvent aussi être diffusées par téléphone portable par les services d'appui conseil (cf expériences récentes au Kenya, par le Kenya's National Farmer's Information Service NAFIS, <http://www.nafis.go.ke>). Plusieurs initiatives de développement de communication des informations climatiques via internet ont commencé en Afrique, mais elles sont souvent limitées par les infrastructures.

Le deuxième type d'information climatique disponible est la prévision saisonnière. Les variations interannuelles du climat sont influencées par les interactions entre l'atmosphère et l'océan, comme celles associées aux phénomènes du Niño et de la Niña. Les prévisions saisonnières s'appuient sur des relations statistiques ou des modèles climatiques de circulation générale qui prennent en compte ces interactions. Depuis 1997, des forums périodiques se tiennent en Afrique et en Amérique Latine (regional climate outlook forums RCOFs) pour faire le point sur les prévisions saisonnières qui pourraient bénéficier au secteur agricole.

La qualité de ces prévisions dépend de la région et de la saison considérée ; il serait intéressant de connaître les potentialités de prévision saisonnière de l'importance de la saison des pluies au Tchad.

3 Options de développement de la Maitrise de l'eau dans les régions Centre-Est et Sud du Tchad

Ce chapitre fait une synthèse du potentiel et du niveau de valorisation des ressources en eau dans les zones retenues pour des investissements futurs. Il présente ensuite les options d'aménagements en rappelant les contraintes et les recommandations issues des expériences dans le pays et dans la sous-région.

3.1 Potentiel et niveau de valorisation

La zone composée des régions du centre et du Sud tchadien pourrait se subdiviser en deux types selon les caractéristiques climatiques, morphologiques et hydrographiques : (i) la zone du centre-est, à cheval entre un climat sahélien au nord et un climat soudanien dans sa partie sud et dominée par le massif du Guéra ; (ii) la zone du sud à climat soudanien dominé par les bassins du Moyen Chari et du Logone.

3.1.1 *Potentiel et contraintes de développement*

Zone du centre et centre-est

Dans cette zone le potentiel est limité mais avec une importance croissante dans la direction Nord-Sud :

- La partie nord de cette zone est peu arrosée avec une pluviométrie moyenne comprise entre 300 et 500 mm ; les ressources en eau sont limitées à des écoulements temporaires issus du massif abrupt et des glacis (d'érosion et d'épandage) alimentant le bassin du Batha ; les terres agricoles sont des sols sableux à limoneux sableux de faible épaisseur limitées sur les bas-glacis et en bordure des écoulements temporaires avec une monoculture de mil ; il recèle quelques sites favorables de petits barrages de retenue d'eau et d'écrêtage des crues pour assurer l'agriculture de décrue ;
- La partie Sud de la zone est dotée d'une pluviosité plus élevée (500 à 900 mm) avec des écoulements plus importants alimentant le Bahr Siniaka affluent du Barh Salamat . Les possibilités culturales sont plus importantes avec des cultures pluviales dominées par le mil sur les terres des glacis et la culture du sorgho de décrue dans les zones d'inondation des cours d'eau (Barh Siniaka et affluents). Cette zone renferme une réserve faunique (Parc de Zakouma) faisant l'objet de tension sur ses ressources naturelles liées aux usages anthropiques. Toutefois dans sa partie Nord, l'espace agricole est plus rétréci avec quelques maigres sols sableux à sablo-limoneux au pied des massifs gréseux. Dans cette zone transite aussi un élevage transhumant de plus en plus important avec une tension sur les ressources en eau. Le potentiel est surtout constitué de sites de barrage de retenue d'eau au niveau des différents cours d'eau temporaires drainant le massif. Il y aurait selon la DNGRHA une cinquantaine de sites favorables dans cette zone et une quinzaine de sites de mares pastorales identifiées pour la phase 2 du PHPTC (financement AFD).

Le potentiel en ressources en eau souterraine est peu connu et est surtout marqué par la présence du socle qui limite les moyens de captage à la réalisation de puits –forages. Toutefois il existe quelques aquifères phréatiques intéressants au niveau : (i) du plateau du Ouaddaï sous forme d'aquifères discontinus dans les fissures (40 à 60 m de profondeur) et alluvions récentes (moins de 20 m de profondeur avec un débit entre 1 et 10 m³/s) ; (ii) du massif central tchadien du Guéra, dans les zones de fissures et d'altération du socle (15 à 30 m de profondeur de captage parfois) ainsi que dans les zones d'alluvions récents (10 à 30 m de profondeur de captage). Cette situation impose que les efforts soient surtout sur la mobilisation des eaux de surface.

Les contraintes majeures de la zone sont liées à son relief accentué avec de nombreuses chaînes d'inselberg⁶. Il s'agit surtout de :

⁶ Relief résiduel rocheux, escarpé, dominant une plaine d'érosion

- L'insuffisance de données et d'information sur les ressources en eau (régime, importance des débits et crues) ;
- Le caractère temporaire des écoulements issus des bassins versants montagneux qui rend indisponible les eaux de surface en dehors de la saison des pluies ;
- La nature géologique de la zone, dominée par le socle qui rend difficile la mobilisation des eaux souterraines avec des moyens de captage très coûteux ;
- La nature pédologique du sol, caractérisée par des lithosols issus des reliefs résiduels des buttes cuirassés avec une profondeur en terre arable très limitée ;
- Les surfaces agricoles réduites, limitées dans les vallons et au bas des glacis ;
- Une érosion hydrique de plus en plus importante en raison des pentes fortes et d'une déforestation galopante avec comme conséquence des pertes de superficies cultivables.

En dehors de ces contraintes physiques, la zone fait l'objet d'une pression foncière résultant de la compétition entre un élevage transhumant venant du Nord et une agriculture locale itinérante limitée par la pauvreté et la fragilité des sols.

Zone du Sud et Sud-est

La zone sud essentiellement constitué des régions de Salamat, Moyen Chari et du Mandoul, jouit d'un potentiel très important réparti entre deux zones distinctes :

- La zone sud-est, de climat soudanien avec une pluviométrie assez importante (800 à 1000 mm), est caractérisée par un modelé relativement plat. Elle est dotée d'un réseau hydrographique dense composée de la rivière Bahr Salamat et ses nombreux affluents drainant le massif central du Guéra et le plateau du Ouaddaï à l'Est. Ces cours d'eau ont développé de vastes plaines d'inondation qui confèrent à cette région un potentiel agricole très important (plus de 700 000 ha) avec des sols fertiles, une production variée composée de sorgho de décrue (bérébéré), du riz, des cultures horticoles et des tubercules (taro, igname, manioc). L'importance des eaux de surface et la végétation font de cette région une zone d'attraction pour de nombreux troupeaux transhumants venant du Nord qui y séjournent pendant toute la saison sèche ;
- La zone sud couvrant le Moyen Chari et le Mandoul, est le bassin cotonnier dont les sols sont surtout des sols ferrugineux lessivés. Elle bénéficie d'une pluviométrie très importante (800 à 1300 mm par an) ainsi qu'un réseau hydrographique très dense (Moyen chari, Barh Keita, Barh Aouk, Ouaham et Mandoul). Ces cours d'eau ont développé des plaines alluviales avec des sols hydromorphes de plus en plus colonisés par une riziculture en extension. Ces plaines offrent autour des centres urbains importants (Sahr, Koumra) des possibilités importantes de développement des cultures maraîchères diversifiées (oignon, pomme de terre, gombo, maïs) et de fruitiers (banane, papaye, manguier). Le potentiel irrigable de ces plaines serait de 20 000 ha.

En ressources en eau souterraine, le potentiel de la zone est assez important avec la présence de l'aquifère du continental terminal affleurant notamment dans le sous-bassin de Doba-Salamat. Dans ce sous-bassin, les niveaux piézométriques varient de moins de 10 m dans les vallées à 40 à 60 m ou même plus dans les plateaux avec une capacité de recharge très élevée (12 milliards de m³ par an). La mobilisation des ressources en eau souterraine dans les zones de dépression ou dans les plaines alluviales des cours d'eau, offre aussi des possibilités de diversification agricole notamment du maraîchage.

Les contraintes de développement de la zone sud sont :

- L'absence de données sur le potentiel en terres aménageables et sur le régime de certains cours d'eau notamment dans le Salamat;
- L'enclavement interne et externe de la zone Salamat, disposant d'un potentiel agricole immense;
- Les difficultés d'accès dans le Moyen Chari ainsi que dans la partie sud du Mandoul ;
- Une pression foncière de plus en plus forte en raison d'un intérêt croissant pour les sols hydromorphes des plaines d'inondation (riziculture, diversification de cultures) et de l'installation progressive d'un élevage local important en plus des troupeaux transhumants ;

- Le manque de maîtrise de l'eau au niveau des plaines exploitées traditionnellement en riz et en cultures horticoles.

3.1.2 Niveau de valorisation

En dépit de son important potentiel, il y a eu peu d'intervention en matière d'aménagement hydro-agricole dans la zone. La valorisation des ressources en eau de la zone est donnée dans le Tableau 12.

Tableau 12. Valorisation de la zone centre et est du Tchad par maîtrise de l'eau

Zone	Périmètres irrigués		Aménagements de décrue		Petits barrages de retenue	
	Potentiel en ha	Superficie aménagée ha	Sites potentiels	Réalisation		
Centre & Centre-est			2 500 ¹	260 ²	50 ¹	5 ²
Sud & Sud-est	20 000	3500	700 000	2500 ³		
Total	20 000	3500	702 500	2 760	50	5

Notes: 1 : Superficies dans les retenues des barrages, estimées sur la base des 50 sites recensés par la DGRHA. Le potentiel est certainement plus que ce qui a été recensé;

2 : Réalisations du PVRES ;

3 : En début de réalisation dans le Salamat avec l'aide de la Coopération chinoise.

Le niveau de valorisation reste très faible. Selon le type d'aménagement, il est de :

- 17,5% pour les périmètres irrigués ;
- 0,4% pour les aménagements de décrue ;
- 10% pour les sites de barrage de retenue jusqu'ici identifiés.

Comme rappelé dans le chapitre 1, au niveau national il y aurait 30 000 ha aménagés sur un potentiel aménageable de 335 000 ha soit un taux de valorisation de 9%. Les réalisations dans la zone seraient d'environ 6 000 ha représentant 20% de la superficie totale aménagée.

3.2 Les options d'aménagement possibles

3.2.1 La zone du centre et centre-est

Dans la région centrale, les aménagements envisageables seront surtout des aménagements de valorisation des eaux de ruissellement visant à créer des retenues d'eau à but multiple (agriculture, abreuvement des animaux) et à recharger la nappe pour prolonger la durée d'utilisation des points d'eau (puits, forage). Ils sont généralement couplés à des aménagements de protection des bassins versants contre les conséquences de l'érosion hydrique. Dans ce cadre les types d'aménagement à développer sur la base des expériences dans le pays seront les suivants :

(i) Petits barrages de retenue en matériaux locaux:

Il s'agit d'un aménagement composé de :

- Un seuil –déversoir de faible hauteur (moins de 5 m) en gabion avec mur d'étanchéité ou en béton cyclopéen ou en maçonnerie de moellon⁷ de longueur suffisante pour l'évacuation des crues ;
- Deux murs bajoyers en béton ou en maçonnerie de moellon pour assurer le raccordement du seuil directement avec le terrain naturel ou avec la digue de fermeture sur chaque rive ;
- Une digue de fermeture insubmersible permettant le raccordement du seuil au terrain naturel de part et d'autre du lit;
- Un pertuis vanné pour assurer la régulation du plan d'eau de la retenue ;

⁷ Type en fonction de : l'encaissement du site, des conditions de fondation et de la hauteur du seuil

- Un bassin de dissipation en aval du seuil en béton cyclopéen ;
- Une protection en enrochement ou en gabion au bout du bassin de dissipation pour briser l'énergie et avoir des vitesses moins érosives en aval ;
- Une retenue de capacité inférieure ou égale à 1 million de m³.

En fonction de l'utilisation envisagée, les aménagements connexes sont composés de :

- De puits en aval pour capter la nappe rechargée pour des fins agricole (maraîchage) ou pastorale (abreuvement des animaux) ;
- De forages manuels équipés de tuyaux PVC basse pression pour alimenter des parcelles de maraîchage ;
- Des balises en béton au niveau de la retenue pour matérialiser le couloir d'accès à l'eau pour le bétail.

Du point de vue agricole, la mise en valeur du barrage de retenue pourraient être de deux ordres :

- l'exploitation de la retenue en y cultivant du riz pluvial avec un semis en début d'hivernage et un contrôle de la montée du plan à l'aide du pertuis vanné de manière à ne pas noyer les jeunes plants en début de saison ;
- l'exploitation de la zone de marnage du plan d'eau de la retenue comme zone de cultures de décrue en repiquant du sorgho de décrue en fin de saison des pluies ;
- l'exploitation de la zone aval en mobilisant les eaux de la nappe ainsi chargée par la retenue.

En cas d'utilisation purement pastoral, le site doit être situé sur un parcours reconnu par les éleveurs transhumants et les villages d'accueil. A cet effet il est indispensable de mettre en place un comité paritaire « éleveurs transhumants – agricultures des villages d'accueil » pour veiller au respect de l'exploitation pastorale de la retenue. Ce comité assurera la gestion des conflits et veillera à toute installation d'activités agricoles autour de la retenue. Il définira un calendrier de séjour pour les troupeaux en fonction de la capacité de charge et veillera à son respect.

D'après les expériences au Tchad et dans d'autres pays voisins, les conditions de mise en place de ce type d'aménagement, déjà connu dans la zone à travers les réalisations du PVRES doivent reposer sur :

- une adhésion préalable de toutes les communautés des villages riverains et des villages situés dans le bassin versant ;
- une démarche participative et l'instauration d'un cadre de concertation au niveau de tous les villages regroupant les différents bénéficiaires pour convenir de l'objectif précis et des différentes composantes de l'aménagement ainsi que des conditions de gestion ;
- une négociation préalable entre la communauté et les propriétaires fonciers situés dans l'emprise du barrage pour les arrangements fonciers nécessaires en préservant l'équité et l'intérêt communautaire ;
- l'organisation des bénéficiaires pour mettre en place un Comité de gestion composé des représentants des différents utilisateurs potentiels des ressources du barrage (agriculteur, éleveurs, jeunes et femmes) ;
- l'adoption d'un cahier de charges entre l'état et les communautés bénéficiaires concernant leur participation au projet, le calendrier global de mise en œuvre et les modalités de gestion du barrage et des aménagements connexes.

La mise en œuvre requiert un délai assez long et comporte les étapes suivantes :

- Année 1 : Sensibilisation, concertation, négociation et conclusion d'un accord avec les communautés ;
- Année 2 : études et mise en œuvre des travaux d'aménagement et de protection du bassin versant ; mise en place du Comité de gestion du barrage de retenue ;
- Année 3 : Travaux de construction du barrage –seuil et des aménagements en aval.

Les coûts d'investissement sont en moyenne de :

- 450 millions de FCFA pour un barrage en gabions de hauteur inférieur à 4 m avec une retenue de moins de 1 000 000 m³ ;
- 750 à 1 milliard de FCFA pour un barrage en béton cyclopéen de moins de 5 m de hauteur avec une retenue d'environ 1 000 000 m³ ;
- 650 à 750 millions de FCFA pour un barrage en maçonnerie de moellons de moins de 4 m de hauteur et une retenue de moins de 1 000 000 m³ ;
- 300 à 600 000 FCFA/ha pour les protections (cordon pierreux, diguette en pierres, traitement de ravine...) de bassin versant ;

- 7 à 8 millions de FCFA par puits maraîcher de 1,5 m de diamètre et 10 m de profondeur.

(ii) Seuils d'épandage de crue pour la sécurisation des cultures pluviales

Dans les parties Nord et Nord-Est, de cette zone, des aménagements de sécurisation des cultures pluviales peuvent être envisagés dans les vallées des Wadi. Ces aménagements sont composés de seuils d'épandage et de diguettes en cordon pierreux suivant les courbes de niveau.

Le seuil d'épandage est un seuil en gradin en maçonnerie de moellons comportant :

- Au niveau du lit mineur du Wadi, un seuil principal avec une dissipation en aval sous forme de seuils secondaires en gradin ; le seuil principal se termine aux rives du lit mineur par des murs bajoyers ;
- De part et d'autre du lit mineur, dans la vallée le seuil principal est prolongé par un seuil de cote plus basse et qui se raccorde aux terres hautes ;
- Au pied des seuils, un enrochement ou des gabions sont disposés pour dissiper l'énergie.

Ce dispositif de seuils à différents niveaux permet au moment de passage des crues de favoriser l'épandage et l'infiltration sur toute la largeur de la vallée en amont et répartir le déversement en aval également sur toute la largeur de la vallée à travers les seuils au niveau de la vallée. Il en résulte une couverture plus importante de superficies de cultures hivernales en amont et aval, bénéficiant des crues. Au niveau du lit mineur le seuil principal permet d'y retenir de l'eau plus longtemps et permettre par rechargement de la nappe de faire des cultures (maraîchage) de contre saison alimentées à partir de puisards.

Tout comme les petits barrages de retenue, ces aménagements sont précédés d'aménagements de protection des bassins versants.

Cette technique largement développée par le PRODABO (GTZ) et a donné des résultats probant sur les rendements de cultures pluviales (53% d'augmentation du rendement du mil par rapport à la situation sans seuil avec parfois un maximum de rendement de 1,5 t/ha⁸) et a permis le développement de maraîchage de contre saison.

L'approche de mise en œuvre est la même que pour les petits barrages de retenue d'eau et il est de même pour le calendrier d'exécution.

Concernant les coûts d'investissement, l'expérience du PRODABO est basée sur des travaux de haute intensité de main d'œuvre et le coût moyen d'investissement varie entre 300 000 FCFA à 1 200 000 FCFA par hectare en fonction de la configuration de chaque vallée.

Les expériences tant au Tchad que dans les autres pays sahéliens (Niger, Burkina Faso...) ont montré l'importance de la participation et de l'adhésion des agriculteurs pour la mise en place de ce type d'aménagement ainsi que de la nécessité d'analyser sa rentabilité (cf Chapitre 2).

(iii) Mare pastorale:

La région du centre étant une zone de transit des troupeaux transhumants vers la Région du Sud, la mobilisation des eaux de surface (barrage de retenue, mare) sur les parcours est une autre possibilité pour réduire la pression sur les ressources en eau des villages de transit.

Concernant la mare pastorale, il s'agit d'une infrastructure de stockage d'eau d'une capacité de 10 à 20000 m³, implantée dans une dépression ne faisant pas partie d'un système principal de drainage susceptible d'inondations violentes et de forte sédimentation. Les travaux consisteront à faire un surcreusement pour augmenter la capacité de stockage afin de prolonger la durée de vie.

Le site doit avoir un sous-sol peu filtrant de texture argileuse et son surcreusement sera centré sur la partie basse de la mare existante de manière à minimiser les quantités des déblais. Les talus seront très doux pour éviter tout éboulement des parois et les pentes seront en fonction des du matériau du sous-sol et de la profondeur du

⁸ Rapport d'analyse des rendements du mil sur les seuils d'épandage GTZ 2008

surcreusement. En fonction de la perméabilité du sous-sol, le fond sera éventuellement revêtu d'un tapis d'argile compacté (15 cm d'épaisseur environ) de façon à le rendre plus étanche. Les déblais seront étalés en dehors de l'emprise, en aval du sens d'écoulement pour éviter toute sédimentation de la mare.

Le coût d'investissement est en moyenne de 45 millions pour une mare de 15 000 m³.

La démarche de mise en œuvre reste conforme aux procédures en vigueur dans le cadre de l'hydraulique pastorale. Il s'agit notamment de :

- La localisation du site potentiel sur un parcours ou une zone de transit de transhumance reconnue par toutes les communautés des villages hôtes ;
- Une concertation et une négociation préalable entre les éleveurs transhumants et les populations du terroir concerné par l'implantation du point d'eau ;
- La mise en place du comité paritaire (éleveurs-représentants des villages hôtes) ;
- La délimitation et le bornage du couloir de passage et d'accès au site ainsi que sa reconnaissance par toutes les communautés des villages ;

La mise en œuvre comportera les étapes suivantes :

- Année 1 : sensibilisation, concertation entre éleveurs et les communautés des villages hôtes, mise en place d'un comité paritaire et choix du site;
- Année 2 : études techniques, adoption du cahier de charge entre l'état et les bénéficiaires et travaux d'aménagement.

La durabilité des aménagements d'hydraulique pastorale n'est pas garantie car la politique actuelle n'autorise pas la mise en place de comité de gestion et la perception de redevances pour la prise en charge de l'entretien des infrastructures. Cette politique reconnaît l'eau pastorale comme un bien public, qui doit être accessible à tous de façon gratuite.

3.2.2 La Zone du Sud et Sud-Est :

Cette zone bien arrosée, est caractérisée par un réseau hydrographique assez dense avec des cours permanents ou semi-permanents et de vastes plaines alluviales comme dans le Salamat. La diversité de ses systèmes de production (riziculture, cultures de décrue, cultures maraîchères, cultures pluviales...) et la présence d'importantes ressources en eau de surface sont autant de facteurs qui militent à l'amélioration des moyens de production à travers entre autres la maîtrise de l'eau. A ce titre une gamme variée de techniques de maîtrise de l'eau pourraient s'appliquer aux conditions d'exploitation de cette zone :

(i) Aménagements de petite irrigation communautaire à maîtrise totale de l'eau

La petite irrigation communautaire à maîtrise totale est bien connue au Tchad où elle a été introduite après les sécheresses des années 1970 (voir chapitre 1). Plusieurs petits périmètres à maîtrise totale avec pompage étaient installés dans les plaines alluviales le long des fleuves Logone et Chari. Ils étaient dédiés principalement à la riziculture et dans la partie Nord avec blé comme deuxième culture. L'intensité culturelle pratiquée était : (i) une double culture de riz dans les régions soudanienne ; (ii) une culture de riz en saison de pluies et une culture maraîchère dans la partie sud de la zone sahélienne ; (iii) une culture de riz en saison des pluies, puis une culture de blé en saison sèche froide suivi de mars à juin d'une culture mixte (Gombo, oignon et maïs) en zone sahélienne Nord.

Les infrastructures de ce type d'aménagement sont composées de :

- Une station de pompage mobile (groupe motopompe sur chariot moins de 50 CV) suivant la fluctuation du niveau de l'eau ;
- Un bassin de réception en tête du réseau servant à amortir les eaux pompées et à répartir les débits nécessaires ;
- Un réseau d'irrigation constitué de réseaux de canaux primaires, secondaires et tertiaires (revêtus en général jusqu'au niveau secondaire), auxquels sont couplés des réseaux de drainage (principal, secondaire et tertiaire) ;

- En fonction de l'exposition ou non du site aux inondations des crues du fleuve, le périmètre est protégé ou non par une digue insubmersible.

Les coûts d'aménagement sont très élevés et de l'ordre de :

- 7 à 8 millions de FCFA par hectare pour les périmètres sans digue de protection ;
- 10 à 12 millions de FCFA par hectare pour les périmètres avec digue de protection.

Les bénéficiaires de ce type d'aménagement sont des producteurs organisés en groupements ou en coopératives agricoles, qui conformément à la politique actuelle mettent en place un « Comité de gestion » assurant la gestion globale du périmètre et la maintenance des infrastructures et équipements.

La productivité est très élevée avec un rendement moyen de riz d'environ 5 T/ha.

Les premiers périmètres de ce type, développés à la suite des sécheresses des années 1970 ont connu des difficultés (voir chapitre 1) liées à leur approche de mise en œuvre (top down), leur conception, leur gestion et à l'absence d'un environnement favorable (accès au crédit et aux intrants). Néanmoins, les expériences en petite irrigation communautaires en Afrique Sub-Saharienne ont montré qu'avec une bonne conception et des efforts dans l'organisation de la gestion et l'appui aux agriculteurs, ces périmètres pouvaient être rentables (chapitre 2).

Dans les régions du Sud, ces périmètres pourront être développés dans les plaines alluviales le long du Chari et des affluents permanents (Bahr Aouk, Barh Salamat, Barh Sara, Ouaham et Mandoul) mais dans les zones où les débits d'étiage permettent de faire au moins une double culture pour une meilleure rentabilité des aménagements. Ils permettront d'offrir aux producteurs de la zone de nouvelles opportunités de diversification (avec la culture du riz)⁹ à la suite du déclin de la culture du coton dans cette zone.

Les expériences récentes recommandent qu'une attention particulière soit accordée à la durabilité des investissements et pour ce faire les conditions minimales suivantes doivent être remplies :

- L'adoption d'une approche de développement basée sur la demande exprimée par la communauté ou un groupement de producteurs ou une coopérative agricole ;
- L'adhésion et la participation effective des bénéficiaires à toutes les étapes de mise en œuvre (de l'identification à la réalisation des travaux) ;
- La garantie d'une taille minimale d'exploitation pouvant assurer un revenu suffisant pour une famille moyenne afin de satisfaire ses besoins essentiels ;
- L'adoption d'un cahier de charges entre l'état et les bénéficiaires précisant les modalités de gestion et la prise en charge des entretiens des infrastructures et équipements de pompage ;
- La mise en place d'un comité de gestion assurant la gestion du périmètre et les travaux d'entretien avec les fonds des redevances collectées ;
- L'accompagnement des bénéficiaires à travers le renforcement de leur capacité et un appui conseils adapté à l'exploitation et la gestion de leur périmètre ;
- L'appui au développement d'un environnement économique favorable à travers l'installation des structures financières décentralisées pour faciliter l'accès au crédit, l'accès au marché (réhabilitation des pistes importantes, facilités de stockage et de conditionnement) pour la commercialisation des produits et l'approvisionnement en intrants.

(ii) Aménagements de cultures de décrue

La zone du Sud-Ouest ou la région du Salamat est bien connue pour son agriculture de décrue, basée essentiellement sur le sorgho. Elle est traditionnellement pratiquée dans les plaines d'inondation des différents affluents et défluent du Chari dans cette zone. Selon les estimations faites dans la SDEA, il y aurait 125000 ha de cultures de décrue dont la majeure partie se situerait dans la région de Salamat.

Les principales contraintes techniques au niveau de cette agriculture sont :

- La fluctuation des superficies submergées en fonction de la variation annuelle des crues des différents cours d'eau ;

⁹Le riz paddy est vendu au Sud entre 140 et 150 FCFA/kg en période de récolte selon les services déconcentrés de l'ONDR.

- La fluctuation du temps d'inondation selon la crue saisonnière et qui conditionne la recharge de la nappe sous-jacente et la saturation de tout le profil du sol ;
- La variation de la hauteur ou du niveau de la lame d'eau selon les crues et qui est déterminant dans la recharge de la nappe sous-jacente ;
- Les effets d'une décrue précoce qui a un effet sur la recharge de la nappe et accélère sa migration avec des conséquences sur l'alimentation en eau des plants.

Il est possible d'améliorer les conditions d'exploitation de l'agriculture de décrue à travers le développement d'aménagement à maîtrise partielle dit de « submersion contrôlée »¹⁰. Il s'agit d'une technique permettant d'assurer un remplissage et une vidange (décrue) contrôlés et de garantir un certain plan d'eau dans une plaine grâce aux infrastructures suivantes :

- Une digue de protection contre les crues ;
- Un ou deux ouvrages d'admission ou de vidange selon la morphologie de la plaine pour contrôle le remplissage et la vidange ;
- Un réseau de canaux comprenant un canal d'alimentation reliant la source d'eau (fleuve, marigot) au point bas de la plaine et des canaux secondaires desservant les zones basses secondaires pour une meilleure répartition spatiale de l'eau.

Les surfaces inondées sont en fonction des niveaux des crues et de la précocité de la décrue. Mais une bonne connaissance du régime des crues du fleuve (relevés des niveaux d'eau sur une longue période), permet de déterminer statistiquement les surfaces inondables avec une sécurité hydraulique suffisante quelle que soit la crue.

L'adoption de ce type d'aménagement pour les cultures de décrue, permet de faire une vidange progressive et contrôlée de l'eau stockée (pendant la période de crue) de manière à installer les cultures au fur et à mesure de l'abaissement du plan d'eau. Ces cultures seront alimentées par une nappe phréatique suffisamment chargée et dont la descente est contrôlée à travers la maîtrise de la vidange.

Pour mieux rentabiliser un tel aménagement, il est possible d'introduire la culture du riz en plus du sorgho de décrue. Le riz y est cultivé sur le principe de la dépendance des pluies pour assurer les besoins en eau pendant la préparation des sols (labour, semis) et le premier stade de développement (levée, développement végétatif) et de l'utilisation de la crue pour assurer le relai jusqu'à la maturité. Une adaptation variétale est nécessaire en fonction de la topographie, résultant en deux franges de riz : une frange de riz flottant pour des profondeurs d'eau entre 60 cm et 1,50 m au plus et une frange de riz dressée pour des profondeurs comprises entre 60 cm et 15 cm d'eau. La productivité du riz dans ces conditions peut atteindre 2 T/ha ou plus pour les variétés dressées et 1,5 T/ha pour les variétés flottantes.

Dans ce cas, le sorgho sera repiqué dans les franges hautes et le riz dans les franges basses en le récoltant éventuellement dans l'eau à l'aide de pirogue.

Le coût d'aménagement moyen serait de 1 à 1 500 000 FCFA par hectare selon les expériences au Mali et est surtout grevé par le coût de la digue de protection.

Le développement de ces types d'aménagement dans des vastes zones inondées peut également contribuer à leur désenclavement à travers la construction des digues de protection circulables.

L'approche concernant les conditions de mise en œuvre doit être la même que celle d'un périmètre irrigué communautaire à maîtrise totale.

(iii) Aménagements de riziculture pluviale dans les plaines alluviales

Les plaines alluviales du Chari et ses affluents font l'objet d'une riziculture traditionnelle pluviale par les populations des régions du Sud, qui connaît un certain essor depuis le déclin du coton dans ces régions. Cette riziculture rendue possible avec la forte pluviométrie de la zone, consiste à faire les travaux de labour et de semis en

¹⁰ Aménagements surtout développés au Mali servant à la fois à la culture du riz flottant et du sorgho de décrue dans les régions de Tombouctou et Gao.

début de saison de pluie (juin/juillet) et le reste du cycle de développement est assuré par les pluies jusqu'à la maturité. La récolte est faite en novembre enfin de la saison des pluies dans cette zone.

Cette riziculture traditionnelle pluviale connaît plusieurs contraintes dont :

- Le manque de variété adaptée à haut rendement ;
- Les inondations des jeunes plants par les eaux de ruissellement en début de saison ;
- Les mauvaises levées dues à quelques poches de sécheresse durant la saison ;
- La noyade des plants de riz par le débordement des crues des cours d'eau riverains ;

Des aménagements sommaires ont été développés dans le pays pour améliorer les conditions d'exploitation de cette riziculture pluviale. Ils consistent surtout à protéger les cultures contre les inondations sauvages. Ces aménagements comprennent les infrastructures suivantes :

- Une digue de protection de ceinture contre les eaux de ruissellement et les crues du marigot ;
- Une partition de la plaine en casiers successifs de petite taille avec à l'intérieur des diguettes circulables servant de pistes,
- Un réseau de drainage le long des diguettes circulables pour assurer la vidange des casiers,
- Des petits ouvrages servant au remplissage d'appoint en cas de forte crue du cours d'eau ou à la vidange des casiers pour permettre une récolte à sec.

Ces aménagements pourraient être complétés par une introduction d'une variété performante de riz pluvial comme le NERICA.

Les coûts d'aménagement et les performances de ce type d'aménagement ne sont pas bien connus. Dans le cadre du PNSA, la Direction Générale du Génie rural vient d'initier des travaux d'aménagement de deux plaines pour 200 ha environ dans les terroirs villageois de Dorro et Bedaya dans la Région du Mandoul. Le coût d'aménagement moyen de ces deux plaines s'élève à 2,5 millions de FCFA/ha selon le marché conclu avec l'entreprise en charge des travaux.

La faisabilité de ce type d'aménagement reste à démontrer, car les linéaires de digue de ceinture et de digues pistes (par rapport à la superficie aménagée) pourraient grever considérablement les coûts d'investissement et compromettre la rentabilité. .

(iv) Développement de la petite irrigation privée autour des centres urbains

La petite irrigation privée s'installe progressivement autour des grands centres urbains (N'Djaména, Moundou, Koumra, Sarh...) et contribue à leur approvisionnement régulier en produits maraîchers durant toute l'année. Elle occupe surtout des jeunes ruraux drainés vers les villes durant la saison morte à la recherche de travail. Mais avec une demande sans cesse en croissance en produits maraîchers et un marché sur, ces jeunes finissent par s'installer définitivement. Les spéculations cultivées sont variées et régulées suivant les saisons (tomate, pomme de terre, oignon, choux, carotte, gombo, patate, maïs, etc...).

Les moyens de production utilisés restent encore artisanale et reposent essentiellement sur :

- La mobilisation de l'eau par puisage direct au fleuve ou par captage à l'aide d'un puisard ;
- L'utilisation du seau ou de l'arrosoir comme moyen de transport et d'application de l'eau avec tout l'effort humain que cela demande.

Face à la forte demande de main d'œuvre, certains producteurs maraîchers font de plus en plus recours à de petites motopompes pour l'exhaure de l'eau et l'arrosage avec le tuyau de refoulement malgré les dommages causés aux jeunes plants par la force du jet d'eau. Ces producteurs maraîchers restent cependant limités dans leur initiative par un manque de savoir-faire et d'équipements d'irrigation appropriés.

Dans les régions du Sud, il existe plusieurs groupements de producteurs maraîchers autour des centres urbains (Sahr, Koumra, An Timam) installés dans les plaines alluviales des cours d'eau. Au niveau de Koumra par exemple il existe une Union de producteurs de maraîchers depuis 1994 qui regroupe 95 groupements de maraîchers exploitant environ 60 ha répartis entre 4 sites dans les plaines le long du Mandoul. Ils cultivent toute l'année une gamme variée de produits (gombo, oignon, tomate, pomme de terre, maïs) qu'ils écoulent sur les marchés de Koumra, Doba et

Moundou. Leurs moyens de production restent limités avec seulement quelques-uns possédant de petites motopompes.

A la faveur de la réhabilitation des routes en cours dans cette zone avec le bitumage des tronçons Doba-Koumra et Koumra-Sarh, ces groupements de maraîchers auront accès à un marché plus important (Sarh, N'Djaména, Cameroun).

Il existe cependant en Afrique de l'Ouest des technologies appropriées de petite irrigation à faible coût, pouvant être adaptées aux conditions tchadiennes (voir chapitre 2). Dans le cas particulier des régions du Sud, où la source d'eau est soit de l'eau de surface ou une nappe alluviale peu profonde, l'introduction des technologies suivantes pourrait être intéressante :

- *Au niveau captage, le Forage manuel* à la tarière ou au lançage d'eau (Washbore) serait bien adapté pour les nappes alluviales peu profondes (moins de 10 m) ; il peut se substituer au puisard qui fait l'objet d'effondrement régulier et qui est repris chaque saison par le maraîcher. Il peut être réalisé par des puisatiers locaux ou même par les producteurs eux-mêmes. Le forage est équipé d'un tuyau PVC basse pression (utilisé en assainissement et disponible partout) et pourra être exploité à l'aide d'une pompe à pédale ou d'une petite motopompe. Le coût de réalisation est très faible et ne dépasse pas 100 000 FCFA en Afrique de l'ouest.
- *Au niveau exhaure : la pompe à pédale (modèle Kickstart ou d'autres modèles aspirante & refoulante)* peut convenir pour les petites exploitations de moins de 0,25 ha. Pour les exploitations les importantes (plus de 1 ha), les petites motopompes de 2 à 5 Cv de faible coût (80 à 300 000 FCFA) en provenance surtout de la Chine conviennent mieux et sont disponibles dans tous les grands centres du Tchad.
- *Au niveau distribution* : la technologie la plus accessible est le *Système californien* basé sur l'utilisation de tuyau PVC basse pression, fabriqué localement dans beaucoup de pays. Avec ce système il est possible d'équiper une gamme variée d'exploitation (moins de 1 ha à 10 ha) et les coûts d'aménagement restent faibles (moins de 500 000 FCFA /ha sans moyen d'exhaure). Pour les petites exploitations de moins de 0,25 ha les *kits de goutte à goutte* couplés à un petit réservoir (en fût) peuvent être intéressants (économie de main d'œuvre et d'énergie) mais leur principal handicap demeure leur indisponibilité au niveau du marché national ou régional. En Afrique de l'ouest, dix ans après l'introduction des « kits goutte à goutte », aucun fournisseur sérieux ne s'est installé dans ce domaine et la disponibilité des équipements est toujours liée aux différents projets de développement.

Cependant l'introduction de technologies d'irrigation à faible coût doit être accompagnée par la mise en place d'un certain environnement socio-économique pour atteindre les objectifs escomptés. Il s'agit notamment de :

- L'organisation des chaînes de distribution des équipements : organisation du secteur privé, campagnes de promotion et de contrôle de qualité des équipements ;
- La formation et l'appui à la mise en place de petits artisans locaux (artisans pour la fabrication de pompes à pédale, puisatiers chargés de forages, petits mécaniciens de motopompes, etc.) ;
- La mise en place de facilités d'accès aux équipements et aux intrants à travers soit des mécanismes de financement à coûts partagés pendant la phase de promotion, soit de facilités d'accès au crédit pour les gros investissements accompagnées d'un fonds de garantie et l'appui à l'installation des points de vente décentralisés ;
- L'accompagnement aux producteurs en termes de formation, échanges et d'accès à l'appui conseils pour l'utilisation des technologies mais aussi l'appui conseil à l'exploitation ;
- La formation et l'appui à la création de prestataires de proximité d'appui conseils pour accompagner les producteurs à tous les stades de leurs projets (élaboration, installation et l'exploitation).

Références

- Abric, S. G.J. Bom, J.G. Lacas, et H. Oumarou. 2000. "Banc d'Essai Motopompes." PPIP project, ANPIP, Niamey, Niger
- Abric S. et Sonou M. 2010. Capitalisation d'expériences sur le développement de la petite irrigation privée pour des productions à haute valeur ajoutée en Afrique de l'Ouest. Rapport final
- Abric S., Sonou M., Augeard, B., Onimus F., Durlin D., Soumaila A., and F. Gadelle. 2011. Lessons Learned in the Development of Smallholder Private Irrigation for High-Value Crops in West Africa. Joint organizational discussion paper, Washington, DC: World Bank
- ANTEA. 2008. Programme d'hydraulique pastorale Almy Al Afia. Rapport de capitalization – synthèse. Préparé pour le projet Almy Al Afia. Direction de l'hydraulique pastorale, N'Djamena, Tchad.
- Enterprise Works. 2004. "Mesure d'impacts ou d'évaluation technico-économique des technologies en test ou en diffusion commercial." DIPAC project. APIPAC, Ouagadougou, Burkina Faso.
- Fashola O. O., G. O. Olaniyan, J. Aliyu and T. Wakatsuki. 2005 (?) Water Management Practices for Sustainable Rice Production in Nigeria. Working paper. Disponible à l'adresse suivante: <http://www.kinki-ecotech.jp/download/kibanS/NiRiceMemo.pdf>
- IPTRID. 2004. Identification et diffusion de bonnes pratiques sur les périmètres irrigués en Afrique de l'Ouest. Rapport technique final, projet APPIA. FAO : Rome
- Kijima Y., Ito, Y. and Otsuka, K. 2010. On the Possibility of a Lowland Rice Green Revolution in Sub-Saharan Africa: Evidence from the Sustainable Irrigated Agricultural Development (SIAD) Project in Eastern Uganda. JICA RI working paper. Disponible à l'adresse suivante http://jica-ri.jica.go.jp/publication/workingpaper/on_the_possibility_of_a_lowland_rice_green_revolution_in_sub-saharan_africa_evidence_from_the_sustai.html
- Lavigne Delville Ph., Boucher L. et Vidal L., 1996 "Les bas-fonds en Afrique tropicale humide : stratégies paysannes, contraintes agronomiques et aménagements" in Pichot et al eds. Fertilité du milieu et stratégies paysannes sous les tropiques humides, actes du séminaire international, CIRAD, pp. 148-161
- MAHRH. 2005. "Rapport d'évaluation de la phase pilote (2001-2004)." Prepared for the PPIV project. Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques. Ouagadougou, Burkina Faso
- Morardet, S.; Merrey, D.J.; Seshoka, J.; Sally, H. 2005. Improving irrigation project planning and implementation processes in Sub-Saharan Africa: Diagnosis and recommendations. Colombo, Sri lanka: IWMI. 91p. (Working paper 99)
- Oladele O. I.1, Wakatsuki T., 2010. Sawah Rice Eco-technology and Actualization of Green Revolution in West Africa: Experiences from Nigeria and Ghana. Rice Science 17(3)Sougnabé, P. 2003. Conflits entre agriculteurs et éleveurs dans la zone soudanienne du Tchad, Une étude comparée entre deux régions : le Moyen-Chari et le Mayo-Kebbi Dugué P. in Jouve Ph., (éds.), 2003. Organisation spatiale et gestion des ressources et des territoires ruraux. Actes du colloque international, 25-27 février 2003, Montpellier, France. Umr Sagert, Cnearc
- Practica. 2008. Inventory/Desk study on manual drilling. Delft, the Netherlands: Practica Foundation. <http://www.practicafoundation.nl>

- PNSA. 2010. Programme National de Sécurité Alimentaire, 2011-2015. Document final. N'Djamena, Tchad.
- Rauanet M. 1985. Bas-fonds et riziculture en Afrique Approche structurale comparative. *Agronomie tropicale*, 40 (3) : 181-201
- Rockström, J., N. Hatibu, T.Y. Oweis, S. Wani, J. Barron, A. Bruggeman, J. Farahani, L. Karlberg, and Z. Qiang. 2007. "Managing Water in Rainfed Agriculture." Chapter 8 in *Water for Food, Water for Life: Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*, ed. D. Molden. London: Earthscan, and Colombo: International Water Management Institute, pp. 315-52.
- Sakurai T. 2006. Intensification of Rainfed Lowland Rice Production in West Africa: Present Status and Potential Green Revolution The Developing Economies, XLIV-2: 232–51SDEA, 2003.
- SDEA. 2003. Schéma Directeur de l'Eau et de l'Assainissement du Tchad. Rapport HCNE, MEE, ONU-DAES, PNUD. N'Djamena, Tchad. Disponible http://www.un.org/esa/sustdev/tech_coop/sdea/
- Van der Schans, M. L. and P. Lempérière, 2006. Manual Participatory Rapid Diagnosis and Action Planning for Irrigated Agricultural Systems (PRDA). APPIA project. IWMI, IPTRID, FAO: Rome.
- Warda, 2008. Growing lowland rice: a production handbook. Disponible à l'adresse suivante http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/ivc/docs/Growing%20lowland%20rice_%20production%20handbook_press%20final%20version_19-05-08_low%20res.pdf
- World Bank. 2005. Implementation Completion Report, Burkina Faso Pilot Private Irrigation Development Project. Washington, DC: World Bank.
- World Bank. 2010. Improving Water Management in Rainfed Agriculture: Issues and Options in Water-Constrained Production Systems. Washington, DC: World Bank

Annexe 1. Les ressources en eau au Tchad

Cette annexe décrit l'ensemble des ressources en eau du Tchad (précipitations, eau de surface, eau souterraine) et présente rapidement les usages, en se focalisant sur la zone sud du pays (zones sahélienne et soudanienne). Les informations sont pour la plupart issues du schéma directeur de l'eau et de l'assainissement du Tchad (SDEA, 2003)¹¹.

Précipitations

La distribution dans le temps et dans l'espace des précipitations sur la moitié sud du Tchad est liée à la migration de la Zone de Convergence InterTropicale (ITCZ). Les pluies surviennent au sud de ce front qui passe à N'Djaména vers mi-mai et redescend vers la fin du mois de septembre. Dans le sud du pays, la saison des pluies commence plus tôt et finit plus tard, d'un mois environ. L'extension vers le nord de l'ITCZ détermine l'importance de la saison des pluies en durée et en quantité. Les précipitations moyennes varient entre moins de 300 mm par an dans le nord de l'Ouadaï et plus de 1000 mm par an dans la région sud du Moyen Chari (Figure 5).

Figure 5. Précipitation annuelle moyenne, Région sud du Tchad



Source : http://www.atozmapsdata.com/zoomify.asp?name=Country/Modern/Z_Chad_Precip

Le pays est divisé en trois zones climatiques (SDEA, 2003) :

- La zone saharienne au nord : région désertique à subdésertique au nord du 14^{ème} parallèle, qui reçoit entre 0 et 200 mm de précipitation annuellement ;
- La zone sahélienne : région aride et semi-aride dont les précipitations annuelles sont comprises entre 200 et 800 mm ; sa limite méridionale correspond sensiblement au 11^{ème} parallèle ;
- La zone soudanienne au sud : région tropicale subhumide dont les précipitations annuelles sont comprises entre 800 et 1200 mm.

¹¹ http://www.un.org/esa/sustdev/tech_coop/sdea/

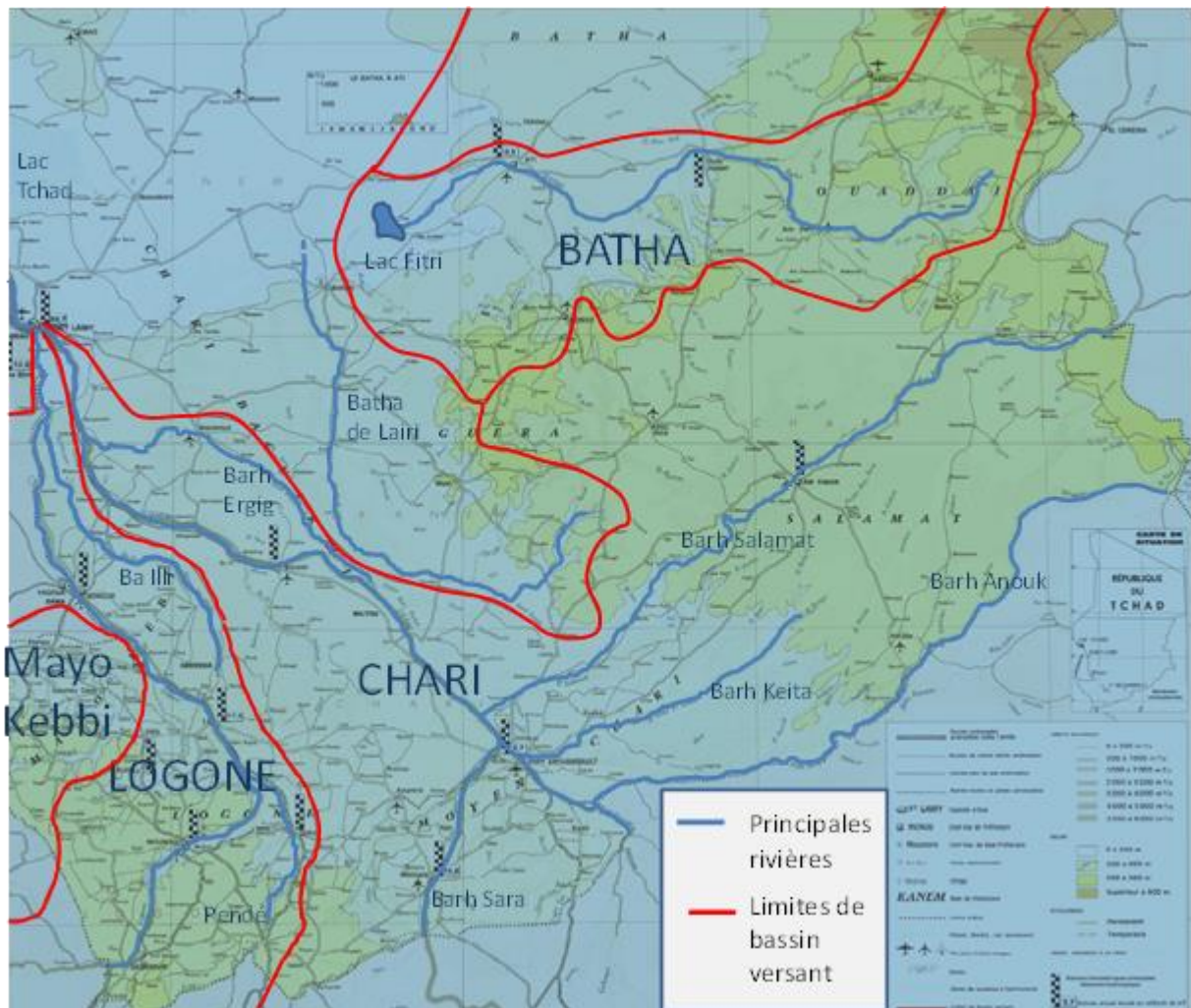
Eau de surface

Les principaux bassins hydrographiques du pays sont les suivants (Figure 6) :

- Le bassin du lac Tchad avec les fleuves du Chari et du Logone ; les principaux affluents du Chari sont le Barh Aouk, le Bahr Keita et le Bahr Salamat (rive droite) et le Barh Sara (rive gauche) ; le principal affluent du Logone est la Pendé (rive droite) ; les parties aval de ces deux fleuves sont caractérisées par de faible pente et de multiples connexions de défluent ou effluents comme le Barh Ergig pour le Chari ; de même, une partie du Logone s'écoule parfois vers le bassin de Mayo Kebbi.
- Le bassin du lac Fitri et la rivière Batha
- Le bassin du Niger avec la rivière du Mayo-Kebbi
- Les bassins à écoulement temporaire des zones désertiques à subdésertiques au nord du 14^{ème} parallèle

Il existe également des petits bassins versants des Ouaddis dans le massif de l'Ouaddaï qui alimentent des mares naturelles ou artificielles.

Figure 6. Principales rivières et bassins hydrographiques du sud du Tchad



Source : <http://www.cartographie.ird.fr/sphaera/images/telechargement/03176.pdf> (fond de carte)

Tableau 13. Ressources en eau de surface des principaux fleuves du Tchad

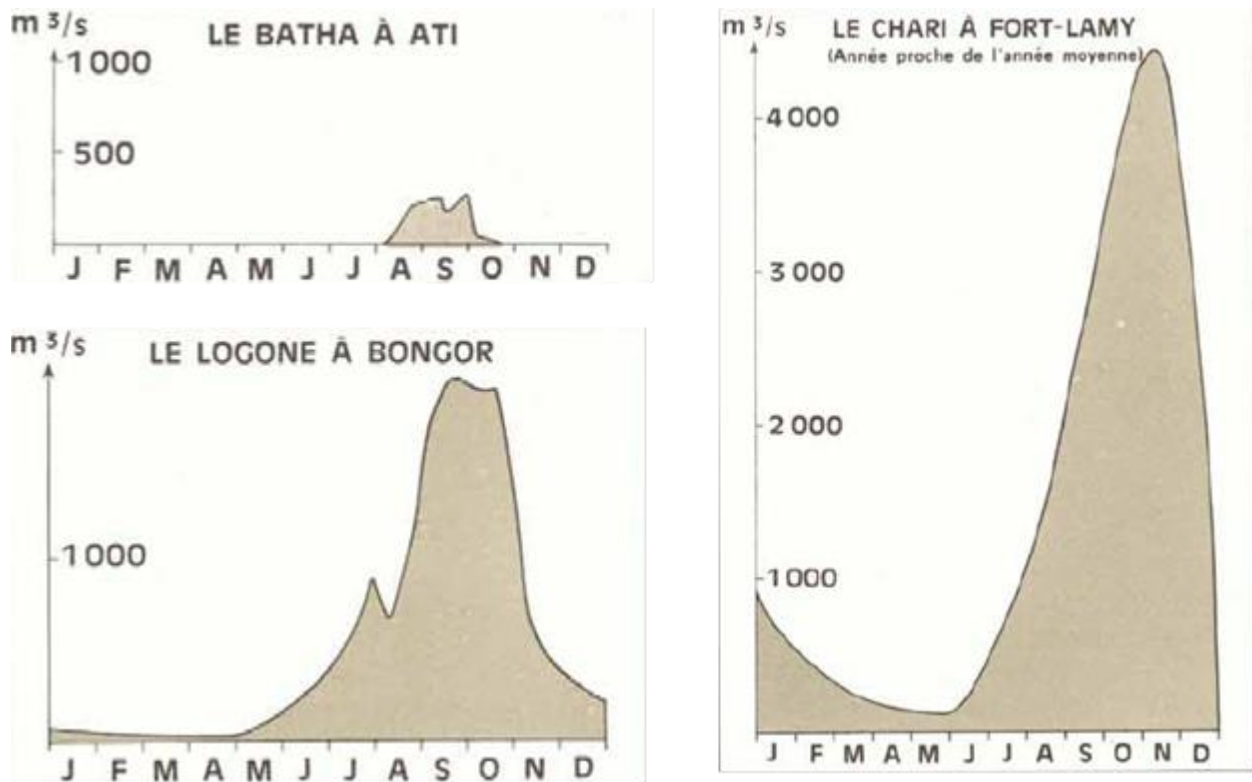
	Débit moyen annuel (km ³ /an)	Lame d'eau écoulée (mm)
Chari à Bousso	15,5	32,0
Logone à Bongor	13,2	178
Chari à N'Djamena (après la confluence avec le Logone)	22,5	35,3
Batha à Ati	1,9	179

Source : SDEA, 2003

La variabilité inter annuelle des débits est importante : le Chari à N'Djamena à l'aval de la confluence avec le Logone a connu une période de hautes eaux (1950-1971, moyenne 39,1 km³/an) suivie d'une baisse du débit moyen (1972-2000, moyenne 21,8 km³/an) avec une année record de sécheresse en 1984-1985 (6,7 km³).

Le débit de ces fleuves présente également une forte variabilité saisonnière, reflétant la variabilité des précipitations (Figure 7). Les grands bassins fluviaux, le Batha, le Logone, le Salamat et le Chari abritent donc de grandes plaines d'inondation (50,000 km² dans la plaine du Salamat par exemple), qui jouent un rôle important dans l'amortissement des crues et dans les pratiques agricoles, l'élevage et la pêche. Les plaines sont d'abord alimentées par les pluies qui remplissent les dépressions puis par les débordements des fleuves.

Figure 7. Hydrogramme moyen des principales rivières du Tchad



Source : IRD 1966. <http://www.cartographie.ird.fr/sphaera/images/telechargement/03176.pdf>

Note : Fort Lamy est l'ancien nom de N'Djamena

Le lac Tchad et le lac Fitri sont les lacs endoréiques dont le fonctionnement hydrologique suit la variation saisonnière des fleuves les alimentant, laissant des surfaces de décrue importantes mises à profit pour l'élevage et les cultures. Le lac Tchad se caractérise également par les fortes variations interannuelles de sa superficie. Le lac actuel est un « petit Tchad », relativement stable malgré ses oscillations annuelles et interannuelles naturelles.

Outre le lac Tchad et le lac Fitri, le pays compte un grand nombre de mares naturelles ou artificielles, dont le remplissage dépend des précipitations et des cours d'eau temporaires ainsi que des mares rémanentes dans les plaines d'inondation. Enfin, le bassin de Mayo-Kebbi abrite une série de lacs : les lacs toubouris puis plus en aval les lacs Tréné et Léré. Leur alimentation dépend des crues du Mayo-Kebbi mais également des apports de pluie et de ruissellement local.

3.2.2.1 Usages et prélèvements des eaux de surface

Les principaux usages de l'eau sont l'hydraulique agricole (93% des prélèvements) suivie de l'hydraulique pastorale (7% des prélèvements). L'alimentation en eau potable (hydraulique villageoise et urbaine) et l'industrie représentent 0.4% des prélèvements (Tableau 14). Les autres usages (qui ne nécessitent pas de prélèvement) sont : la pêche qui joue un rôle important dans la sécurité alimentaire et pour l'emploi en zone rurale (FAO, 2006)¹² et l'environnement. L'hydroélectricité n'est pas développée ; il semble y avoir du potentiel dans la zone haute du Logone et sur le Mayo-Kebbi, mais les impacts sur le fonctionnement hydrologique de la région doivent être évalués de façon exhaustive.

Tableau 14. Prélèvements des eaux de surface pour les différents usages

Usages	Prélèvement d'eau de surface (Million m ³ /an) en 2000	Pourcentage des prélèvements d'eau de surface
Hydraulique villageoise	1	0,1%
Hydraulique urbaine	1	0,1%
Hydraulique industrielle	2	0,2%
Hydraulique pastorale	57	7%
Hydraulique agricole	800	93%
Total	861	100%

Source : SDEA 2003 (données 2000)

Eau souterraine

Dans cette partie, seules les zones climatiques sahélienne et soudanienne seront traitées car elles correspondent aux zones retenues pour de futurs investissements en gestion de l'eau. La géologie de ces zones est les principaux aquifères sont décrits dans l'Encadré 3.

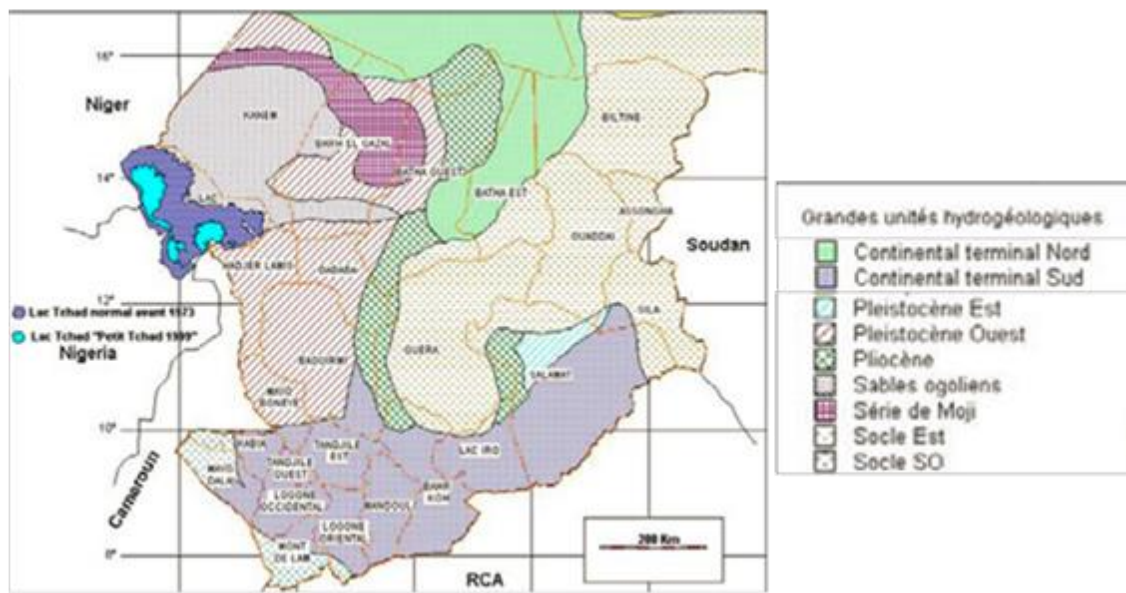
Encadré 3. Géologie et ressources en eau des zones sahélienne et soudanienne du Tchad

¹²

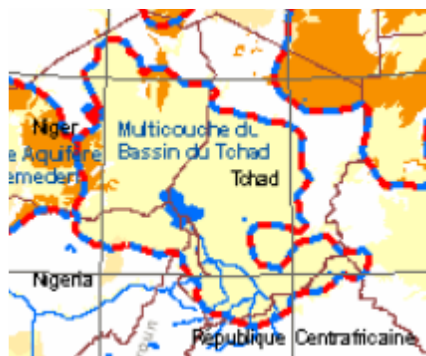
ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/sflp/SFLP_publications/French/Contribution_peche_Tchad_jui_06.pdf

Les zones sahéliennes et soudaniennes sont composées de deux principales unités géologiques : (i) les zones de *socle* (principalement granites et roches métamorphiques du précambrien) à l'est et au centre (plateau de l'Ouaddaï et Massif Central Tchadien) ainsi qu'au sud-ouest (socle de Mayo-Kebbi et massif de Yadé) ; ces zones contiennent des aquifères dans les zones altérées, les zones de fissures ou les alluvions récentes des vallées (ii) le bassin de créacé- tertiaire-quaternaire à l'ouest et au sud qui contient plusieurs aquifères, appelés aquifère multicouche du bassin du Tchad.

La formation détritique continentale du Maastrichtien-Miocène appelée *continental terminal* peut être considérée comme la base de cet aquifère multicouche. Le continental terminal affleure sur les bordures nord, sud et est du bassin du Tchad et on le retrouve en profondeur au centre de la cuvette (Chari-Baguirmi, Lac, Kanem) où il est surmonté des formations du *Pliocène* et du Quaternaire plus récentes (*Pléistocène*, dont les *sables ogoliens*. et la *série de Moji*) qui contiennent également des aquifères ; vers l'Ouest, le continental terminal s'étend en profondeur au Nord Cameroun, au Nigeria et au Niger.



Source SDEA 2003



Source : BRGM, 2005

http://www.sigafrique.net/TravauxMethodologiques/EAU/Rapport_Technique_Hydro.pdf

3.2.2.2 La zone sahélienne

La zone sahélienne comprend :

- des aquifères discontinus du plateau de Ouaddaï (aquifères phréatiques dans les fissures ou les alluvions récentes)
- des aquifères discontinus du Massif Central Tchadien au Guéra (aquifères phréatiques dans les altérations du socle, les fissures ou les alluvions récentes)
- le système aquifère multicouches tertiaire-quadernaire de la cuvette tchadienne (aquifères phréatiques et profonds)

Les aquifères discontinus de l'Ouaddaï :

Ils sont situés dans les zones de fractures du socle cristallin (40- 60 m de profondeur) ainsi que dans les alluvions dans les vallées (dépôts grossiers surmontés de limons, épaisseur entre 9 et 18 mètres). Si les premiers sont utilisés pour l'eau potable, ils semblent que les informations sur le deuxième type d'aquifères soient manquantes. D'une profondeur inférieure à 10 mètres et d'un débit prévisible entre 1 et 10 m³/h (SDEA 2003), ils pourraient constituer des ressources intéressantes pour l'usage agricole. La recharge de ces aquifères pourrait également être augmentée par la mise en place de barrages souterrains (SDEA, 2003).

Les aquifères discontinus du Massif Central Tchadien

Le substratum du Guéra est formé par des granites, recouverts dans les plaines et les vallées de dépôts quadernaires. Les aquifères se trouvent dans les granites altérés et fissurés (la nappe perchée des granites altérés recharge la zone fissurée). La profondeur des puits va de 10 à 30 mètres dans les zones alluvionnaires et descend jusqu'à 100 m dans les zones granitiques (il semble que certaines zones granitiques ont localement de l'eau disponible à des profondeurs plus accessibles, 15-30 m). Cet aquifère est exploité majoritairement pour l'hydraulique agricole et pastorale (entre 50 et 80 million de m³ incluant l'exploitation des aquifères de l'Ouaddaï).

L'aquifère multicouche du bassin du lac Tchad en région sahélienne :

Les trois principaux aquifères sont affleurants en zone sahélienne datent du quadernaire :

- les aquifères de la série de Moji, niveau gréseux à ciment calcaire, gréseux et d'argile, peu perméable, niveau de l'eau inférieure à 20 m (20 000 km² dans la région du Nord Kamen, de Kamen-Batha et plusieurs secteurs du Chari Barguimi) ; cet aquifère est peu exploité ;
- l'aquifère des Sables Ogoliens, très perméable, avec un niveau piézométrique entre 0 et 50 m de profondeur, et qui constitue une réserve renouvelable estimée entre 180 et 360 million de m³/an (40 000 km² à l'ouest et sud du Kamen, région du Lac) cet aquifère est exploité pour l'hydraulique agricole et pastorale (total 46 million de m³/an)
- l'aquifère du pléistocène inférieur, formation sableuse, parfois intercalée avec de l'argile ; l'eau est située entre 10 m et 60 m de profondeur et les réserves renouvelables sont estimées à 3500 million de m³/an (235 000 km² du Chari-Baguirmi, du nord et de l'ouest du Kamen et du sud Batha). Cet aquifère est exploité pour l'hydraulique pastorale et l'alimentation en eau potable (total 63.2 million de m³/an)

L'aquifère sous-jacent du pliocène est captif ; le niveau d'eau est à environ 36 m de profondeur dans la région de Chari-Baguirmi et la nappe est parfois artésienne à l'Est de N'Djamena et près du Lac Tchad. Sa zone de recharge est située plus au sud en zone soudanienne où l'aquifère est libre. La recharge serait assurée par les pluies, le Chari et le Logone ainsi que l'eau des plaines inondables à la hauteur de Bongor. La contrainte de l'exploitation est la

profondeur des forages (plus de 250 m dans la région de Chari-Barguirmi). L'aquifère est cependant utilisé, essentiellement pour l'hydraulique pastorale (total 6,2 million de m³/an).

3.2.2.3 La zone soudanienne

La zone soudanienne comprend :

- des aquifères discontinus du socle de Mayo-Kebbi et du massif de Yadé (aquifères phréatiques dans les altérations du socle, les fissures ou les alluvions récentes)
- l'aquifère crétacé de Mayo-Kebbi (aquifère profond)
- le système aquifère multicouche crétacé-tertiaire-quaternaire de la cuvette tchadienne (aquifères phréatiques – essentiellement l'aquifère continental terminal sud – et aquifère profond – essentiellement crétacé)

Les aquifères discontinus de Mayo-Kebbi et l'aquifère crétacé de Mayo-Kebbi

Les aquifères de socle de Mayo -Kebbi et du massif de Yadé se trouvent dans les zones d'altération et de fracturation et dans les vallées recouvertes par des couches sableuses du quaternaire de 10 à 25 m d'épaisseur. La recharge est importante, la profondeur moyenne est de 40 m dans le socle et moins de 10 m dans les sables. Il est utilisé pour l'hydraulique villageoise et pastorale (5 million de m³/an). L'aquifère profond crétacé sablo-gréseux de Mayo Kebbi (130-150 m) est encore mal connu, mais quelques forages ont montré des résultats intéressants.

L'aquifère du continental terminal

L'aquifère du continental terminal est affleurant dans le sous bassin de Doba-Salamat (145 000 km² département du Salamat, Lac Iro, Barh Kho, Mandoul, Logone oriental, Logone occidentale, Tandjilé Est, Tandjilé Ouest, Monts de Lam, Mayo Dala et Kabia). La surface piézométrique est proche de la surface dans les vallées (moins de 10 m) mais peut dépasser 80 m dans le secteur des plateaux. L'aquifère est rechargé par les pluies et se draine dans les eaux de surface. Il est composé de deux couches, la partie supérieure est argilo-sableuse, la partie inférieure contient des sables avec des couches de silts, elle est semi captive et laisse supposer une perméabilité élevée par endroit. Seule la partie supérieure occidentale de cet aquifère est exploitée, notamment pour l'eau potable et l'hydraulique pastorale (total 48,9 million de m³). La réserve renouvelable est estimée à 12 milliards de m³ par an. Dans la région du Salamat, moins connue, les forages de 40 à 150 m de profondeur ont mis à jour des niveaux d'eau entre 5 et 15 m dans les zones de bordure et 30 m dans la région centrale.

Cet aquifère devient captif dans les zones central du Tchad ; il peut être exploité mais il est parfois assez profond.

Il existe également un aquifère captif profond (plus de 600m) dans le fossé tectonique de Salamat, d'une épaisseur de 200 m et dont le niveau d'eau serait à la cote du sol. La mobilisation de cette ressource demanderait cependant un investissement élevé en forage.

La recharge des nappes phréatiques dépend des précipitations annuelles de la région (Figure 8).

Figure 8. Estimation de la recharge des nappes phréatiques



Source : BRGM, 2005 http://www.sigafrique.net/TravauxMethodologiques/EAU/Rapport_Technique_Hydro.pdf

3.2.2.4 Usages et ressources des aquifères : bilan

Le total des prélèvements représente une très faible partie des ressources renouvelables (environ 1%). A cela il faut ajouter que les ressources de certains aquifères n'ont pas été évaluées. L'hydraulique pastorale est l'usage qui mobilise le plus l'eau souterraine (44% des prélèvements) suivi de l'eau potable (hydraulique villageoise et urbaine 31%) et de l'hydraulique agricole (25%) (Tableau 15).

Tableau 15. Prélèvement des eaux souterraines pour les différents usages

Aquifère	Hydraulique villageoise	Hydraulique urbaine	Hydraulique industrielle	Hydraulique agricole	Hydraulique pastorale	Total prélèvement	Ressources renouvelables
Sables ogoliens	2.9	0.36		28.3	14.4	45.96	180 à 360
Moji	0.08				0.8	0.88	
Pléistocène	8.6	22.2	0.7	0.8	30.9	63.2	3500 ^a
Pliocène	0.4			0.3	5.5	6.2	
CT Sud	20	8.5	0.6		19.8	48.9	12000
Socle est	7.9	2.6		33.6	36.7	80.8	2000 ^b
Socle sud	2.9	0.85			1.3	5.05	550 ^c
Total	42.78	34.51	1.3	63	109.4	250.99	18050
Part des ressources exploitées	17%	14%	1%	25%	44%		

Source : SDEA 2003 (données 2000)

Note : a. inclut l'exploitation des sables ogoliens ; b. infiltration estimée à 14 mm/an ; c. infiltration estimée à 55 mm/an