

REPUBLIQUE DU NIGER



Fraternité - Travail - Progrès

**AFRICA ADAPTATION PROGRAMME - AAP**

*Supporting Integrated and Comprehensive Approaches to Climate  
Change Adaptation in Africa*



**CABINET DU PREMIER MINISTRE**

-----x-----x-----

**Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable  
(CNEDD)**



-----x-----x-----

**Unité Nationale de Coordination du Projet AAP/Niger**

-----x-----x-----

# **IMPACTS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE SECTEUR DES ZONES HUMIDES AU NIGER**

**Rapport final**

**Décembre 2011**

# TABLE DE MATIERE

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>5</b>
<b>I. CONTEXTE ET JUSTIFICATION.....</b>	<b>6</b>
<b>II. METHODOLOGIE.....</b>	<b>8</b>
2.1. Rencontre entre les consultants.....	8
2.2. Recherche documentaire.....	8
2.3. Entretiens avec les institutions détentrices des données.....	8
2.4. Choix de la zone d'étude.....	8
2.5. Choix du modèle.....	8
2.6. Rédaction du rapport de l'étude.....	8
2.7. Difficultés rencontrées.....	8
<b>III. PRESENTATION DU SECTEUR.....</b>	<b>9</b>
3.1. Définition.....	9
3.2. Grands types de zones humides.....	9
3.3. Fonctions des zones humides.....	11
3.4. Valeurs des zones humides.....	11
<b>iv. LES DONNEES.....</b>	<b>13</b>
Types des données nécessaires.....	13
4.1. Données climatiques.....	13
4.2. Données hydrologiques et hydrogéologiques.....	13
4.3. Données sur les catastrophes naturelles.....	13
4.4. Données socio-économiques.....	13
4.5. Données environnementales.....	14
4.6. Caractéristiques morphométriques de la mare.....	14
4.7. Données disponibles.....	14
<b>v. EVOLUTION RECENTE DU SECTEUR.....</b>	<b>16</b>
5.1. Acquis.....	16
5.2. Cadre institutionnel et politique.....	16
5.3. Politiques, Stratégies et/ou Plans existants.....	17
5.4. Actions de développement.....	17
5.5. Défis/Contraintes.....	18
<b>vi. ELABORATION DE MODELE.....</b>	<b>19</b>
6.1. Unités d'exposition.....	19
6.1.1. Les Critères de choix.....	19
6.1.2. Présentation de l'unité retenue : La mare de Tabalak.....	19

6.2. Les indicateurs retenus.....	21
6.3. Caractéristiques climatiques de l'unité retenue (la zone humide de Tabalak) .....	21
6.3.1. Températures .....	21
6.3.2. L'insolation .....	22
6.3.3. Vitesse du vent .....	23
6.3.4. Evapotranspiration et évaporation .....	25
6.3.5. Pluviométrie .....	25
6.4. Présentation du modèle .....	27
6.4.1. Modèle hydrologique 1 : HEC - HMS.....	27
6.4.2. Modèle hydrologique 2 : GR4J .....	28
6.4.3. Modèle hydrologique 3 : SWAT .....	28
6.4.4. Modèle hydrologique 4 : la méthode du Bilan hydrologique .....	29
6.5. Mise en œuvre du modèle.....	29
6.5.1. Régime de la mare .....	29
6.5.1.1. Evolution inter-annuelle.....	29
6.5.1.2. Evolution intra-annuelle.....	29
6.5.2. Application du modèle.....	30
6.5.2.1. Hypothèse.....	30
6.5.2.2. Justification.....	30
6.5.2.3. Conception du modèle.....	33

## **vii. IMPACTS FUTURS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE SECTEUR 35**

7.1. Période de simulation .....	35
7.2. Paramètres climatiques .....	35
7.2.1. Pluies .....	35
7.2.2. Evapotranspiration potentielle (ETP) .....	35
7.2.3. Evaporation du plan d'eau .....	36
7.2.4. Usages de l'eau.....	36
7.3. Résultats des simulations .....	36
7.3.1. Scénario humide .....	36
7.3.2. Scénario sec.....	37

## **VIII. STRATEGIES D'ADAPTATION..... 41**

## **CONCLUSION..... 43**

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ..... 44**

## **ANNEXEs..... 45**

Tableau (Excel) pour la simulation du volume d'eau de mare (Scénario humide) .....

Tableau (Excel) pour la simulation du volume d'eau de mare (Scénario sec).....

## Sigles et abréviations

ABN :	Autorité du Bassin du fleuve Niger
CCNUCC :	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
DE :	Direction de l'Environnement
DFPP :	Direction de la Faune, de la Pêche et de la Pisciculture
DMN :	Direction de la Météorologie Nationale
DRE :	Direction des Ressources en Eau
ETP :	Evapotranspiration
INS :	Institut National de la Statistique
MHE:	Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement
PAGRN :	Projet d'Appui à la Gestion des Ressources Naturelles
PANA :	Programme d'Actions National pour l'Adaptation aux Changements Climatiques
PNUD :	Programme des Nations Unies pour le Développement
UICN :	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
SDR :	Stratégie de Développement Rural
SRP:	Stratégie de Réduction de la Pauvreté
FDR :	Fiche descriptive Ramsar
DGEEF :	Direction Générale de l'Environnement et des Eaux et Forêts
SEEN :	Société d'Exploitation des Eaux du Niger
DRPC :	Direction Régionale de la Protection Civile
DRDA :	Direction Régionale du Développement Agricole
AAP :	African Adaptation Program
CNEDD :	Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable
SNPACVC :	Stratégie nationale et Plan d'action sur les changements et variabilités climatiques Direction régionale de l'Hydraulique
DRH :	

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition du nombre de mares et retenues d'eau par région .....	10
Tableau 2 : Données climatologiques nécessaires .....	13
Tableau 3 : Données hydrologiques.....	13
Tableau 4 : Données socio-économiques.....	14
Tableau 5 : Situation des données requises.....	14
Tableau 6 : Zones humides du Niger désignées comme sites Ramsar .....	16
Tableau 7 : Critères de choix de l'unité d'exposition .....	19
Tableau 8 : Prélèvements d'eau à des fins socio-économiques .....	36
Tableau 9 : Impacts attendus selon le scénario humide .....	37

## Liste des figures

Figure 1 : Répartition des zones humides au Niger .....	9
Figure 2 : Vue de la mare de Tabalak (Google Earth, 2011) .....	20
Figure 3 : Bassin versant de la mare de Tabalak.....	21
Figure 4 : Températures maxi, mini et moyennes mensuelles à Tahoua (2001-2010).....	22
Figure 5 : Insolation journalière à Tahoua (de 1961 à 2009) en heures/jour .....	22
Figure 6 : Variation interannuelle de l'insolation journalière (heures/jour) .....	23
Figure 7 : Vitesse moyenne du vent (m/s/jour).....	23
Figure 8 : Variation interannuelle de la vitesse du vent à Tahoua .....	24
Figure 9 : Evapotranspiration mensuelle (mm) à Tahoua de 1977 à 2004.....	25
Figure 10 : Evaporation mensuelle (sur Bac classe A et Piche) à Tahoua.....	25
Figure 11 : Pluviométries comparées de Kao, Tahoua et Tabalak.....	26
Figure 12 : Variation interannuelle de la pluie à Tahoua.....	27
Figure 13 : Evolution de la superficie de la mare de Tabalak.....	29
Figure 14 : Mare de Tabalak juste après la saison des pluies .....	30
Figure 15 : Mare de Tabalak vers la fin de la saison sèche.....	30
Figure 16 : Simulation du volume de la mare de Tabalak (2000 – 2010).....	32
Figure 17 : Courbe $S = F(HNGN)$ .....	34
Figure 18 : Courbe $V = F(HNGN)$ .....	34
Figure 19 : Scénarios humide et sec des prévisions pluviométriques à Tahoua (2011-2050) .....	35
Figure 20 : Graphique comparée de l'ETP observées et simulée .....	36
Figure 21 : Simulation du volume de la mare de Tabalak (en million de m <sup>3</sup> ) selon le scénario humide (2011 – 2050).....	38
Figure 22 : Simulation du volume de la mare de Tabalak (en m <sup>3</sup> ) selon le scénario sec (2011-2050).....	39
Figure 23 : Graphique comparé de l'évolution du volume de la mare de Tabalak (en million de m <sup>3</sup> ) de 2011 à 2050 (scénaris humide et sec).....	40

## INTRODUCTION

---

Les zones humides renferment en leur sein plusieurs types d'écosystèmes composés d'organismes dits producteurs, consommateurs et décomposeurs qui interagissent et constituent notamment un réseau trophique (Olivier, 1998). Elles ne sont pas uniquement des habitats riches en espèces ; elles remplissent également des fonctions et fournissent de nombreux produits, dont la valeur, difficile à estimer, est souvent ignorée dans les actions de développement. Les zones humides constituent un patrimoine culturel, des lieux de récréation qui peuvent procurer des revenus importants aux populations et à l'Etat.

C'est un complexe qui joue un rôle très important dans le maintien de l'équilibre écologique et de production. Le Niger, pays sahélien, renferme une gamme variée de zones humides dont notamment les plaines inondables des cours d'eau, les mares intérieures, les Dallols et les cuvettes, ainsi que les systèmes oasiens de l'Aïr. Certaines de ces zones humides sont classées sites RAMSAR d'importances internationales.

Les ressources naturelles du Niger connaissent une dégradation continue depuis les sécheresses des années 70. C'est ainsi que la déforestation, les mauvaises pratiques culturales, l'extension des zones agricoles et les perturbations climatiques récentes ont eu pour conséquences la modification des régimes hydrologiques de la plupart des zones humides du Niger. Parallèlement, l'Etat du Niger à travers ses politiques d'une part et les populations à travers l'instinct de survie d'autre part ont accentué la pression sur les zones humides notamment dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche. Cette situation a créé des perturbations au niveau de ces écosystèmes déjà influencés par des changements climatiques généralisés.

L'enjeu pour un pays désertique comme le Niger est d'assurer la pérennité des zones humides qui constituent, pour une bonne partie de sa population, une des sources sûres de production, et c'est également les seuls écosystèmes où les conditions sont réunies pour le développement d'une communauté végétale inféodée à cause du séjour temporaire ou permanent de l'eau.

L'incertitude climatique qui plane sur le monde en général et au Sahel en particulier nécessite des réflexions sur le devenir même des zones humides.

C'est ainsi, que le Projet Africain d'Adaptation (AAP) à travers le CNEDD a jugé utile de mener une étude sur l'évaluation des impacts des changements climatiques dans le secteur des zones humides à travers l'utilisation de modèles mathématiques en utilisant les sorties des modèles de prévisions climatiques dans les horizons 2010 – 2050.

Compte tenu de la diversité et de la complexité des zones humides au Niger, le choix a été porté sur le type de zone humide le plus représentatif, à savoir un plan d'eau naturel. La mare de Tabalak qui de par sa position géographique (bassin national, zone sahélienne) constitue un échantillon assez représentatif.

Le présent rapport est l'un des premiers à être élaboré au Niger et s'est basé sur les données hydrologiques disponibles et la modélisation a été réalisée par une méthode facilement répliquable.

## I. CONTEXTE ET JUSTIFICATION

---

L'adoption de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques (CCNUCC) en 1992 a été le signe précurseur de l'irréversibilité et de la réalité des changements climatiques. Même si ses véritables causes du changement climatique sont encore en discussions, les conséquences de cette perturbation du climat sont ressenties sur tous les continents.

Sécheresses, inondations, vagues de froid et de chaleur, etc., telles sont les extrêmes climatiques qui sont de plus en plus fréquents et intenses ces dernières années.

L'Afrique en général et le Niger en particulier, figurent parmi les zones les plus exposées aux effets du changement climatique. Les sécheresses, les inondations et l'assèchement des plans d'eau et leurs conséquences sur le mode de vie de millions de personnes ne constituent que quelques exemples d'impact des changements climatiques.

Les changements climatiques affectent tous les secteurs productifs du développement rural parmi lesquels le secteur « zones humides ». Ce secteur est fortement influencé par les facteurs climatiques notamment les précipitations, l'évapotranspiration, les températures extrêmes et les vents. En effet, les phénomènes climatiques extrêmes tels que les sécheresses récurrentes, les températures élevées et les vents peuvent avoir des effets néfastes sur ce secteur.

L'une des principales recommandations issues des réunions internationales sur le changement climatique réside sur l'accompagnement des populations et des écosystèmes vulnérables aux aléas climatiques à mieux résister et/ou s'adapter au changement climatique.

C'est dans ce cadre que grâce à un financement du Gouvernement du Japon, le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) a lancé en 2010 le Programme Africain d'Adaptation aux changements climatiques (AAP).

Ce programme qui couvre 20 pays d'Afrique vise à renforcer les institutions, les capacités humaines, les politiques et les stratégies pour atteindre des résultats en matière de réduction de la pauvreté dans un contexte d'adaptation et d'atténuation des conséquences du Changement climatique.

Plusieurs projets, études, politiques et stratégies nationales (CN, SNPACVC, PANA, ANCR) ont permis de définir les communautés, les zones et les secteurs socio-économiques vulnérables aux changements climatiques ainsi que les mesures d'adaptation à entreprendre. Cependant, beaucoup de chemin reste à parcourir pour cerner véritablement les questions des changements climatiques aux niveaux régional et national et leurs relations avec les domaines d'activités au Niger. Les principaux défis à relever ont trait au développement des capacités du pays, des relations, des politiques et pratiques institutionnelles en matière d'évaluation et de gestion des risques climatiques. En effet, une bonne connaissance de ces domaines permettra la création d'un environnement propice où les décideurs politiques et sociaux appuient la formulation et l'application de solutions efficaces pour faire face aux répercussions et impacts multiples et complexes des changements climatiques sur les secteurs productifs.

C'est ainsi que la Composante Nationale du Programme Africain d'Adaptation s'est fixé entre autres objectifs le comblement de ces lacunes.

La présente étude porte sur l'évaluation des impacts liés aux changements climatiques pour les zones humides, un des secteurs clés du développement économique et social du Niger, afin de mieux asseoir les mécanismes de planification à long terme de l'adaptation dans ce secteur.

## II. METHODOLOGIE

---

La démarche méthodologique adoptée pour la réalisation de la présente étude comporte les étapes suivantes :

### **2.1. Rencontre entre les consultants**

Une première rencontre d'échange sur les TDR a eu lieu entre les consultants en charge des différents secteurs sous la présidence du Chef d'équipe. Il s'est agit lors de cette rencontre d'avoir une compréhension commune des TDR et d'adopter le chronogramme de l'étude, notamment les principales étapes contractuelles. Le Chef d'équipe a promis d'envoyer un canevas de rédaction afin de faciliter la synthèse.

### **2.2. Recherche documentaire**

La recherche documentaire a permis de disposer des informations approfondies sur les divers travaux réalisés dans le cadre de la mise en œuvre de la convention sur les changements climatiques. Cette phase a également permis d'inventorier des documents pertinents traitant de la problématique.

### **2.3. Entretiens avec les institutions détentrices des données**

Des séances d'entretiens ont été conduites avec les institutions détentrices des données notamment, la Division Base de données de la Direction des ressources en eau (MH/E) et la Direction de la Faune, de la Chasse et des Aires protégées de la Direction Générale de l'Environnement et des Eaux et Forêts (MH/E). Ces entretiens ont pour but de préciser les données disponibles (en qualité et quantité) sur les zones humides du Niger ainsi que les modes de leur acquisition.

### **2.4. Choix de la zone d'étude**

Sur la base des informations collectées sur la disponibilité et les types de données, ainsi que d'autres critères, il a été procédé à la présélection des deux zones humides.

### **2.5. Choix du modèle**

Cette étape concerne la sélection du modèle qui sera utilisé pour l'évaluation des impacts des changements climatiques sur les zones humides. Après une recherche bibliographie et des entretiens avec les hydrologues, et compte tenu des données supposées disponibles, deux modèles ont été jugé utilisables.

### **2.6. Rédaction du rapport de l'étude**

La rédaction du rapport provisoire a été effectuée selon le canevas établi par le Chef d'équipe.

### **2.7. Difficultés rencontrées**

L'une des difficultés majeures rencontrée lors de la réalisation de la présente étude est le manque de données d'observations hydrologiques sur les zones humides. La non budgétisation des missions à l'intérieur du pays (hors de Niamey) n'a pas aussi permis de compléter la présente étude par l'enquête terrain qui aurait permis de recueillir des données et informations auprès des services techniques déconcentrés et des populations exploitants ces zones humides.

### III. PRESENTATION DU SECTEUR

Au Niger, les zones humides sont dans certains cas intégralement nationales (la plupart des mares, oasis et cuvettes), ou partagées (le fleuve Niger et ses affluents, le Lac Tchad et autres cours d'eau frontaliers).

#### 3.1. Définition

D'après la Convention de Ramsar, l'expression "zone humide" désigne "des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres".

#### 3.2. Grands types de zones humides

Au vu de la grande diversité de zones humides que recouvre la définition ci-dessus, des études ont permis de dégager pour le Niger quatre grands types de zones humides en fonction de leurs caractéristiques physiques, biologiques et surtout de leur régime hydrologique (UICN, 1995) : (i) les plaines inondables des cours d'eau, (ii) les mares, (iii), les systèmes oasiens et (iv) les Dallols et les cuvettes du manga et du sud Zinder (Figure 1).

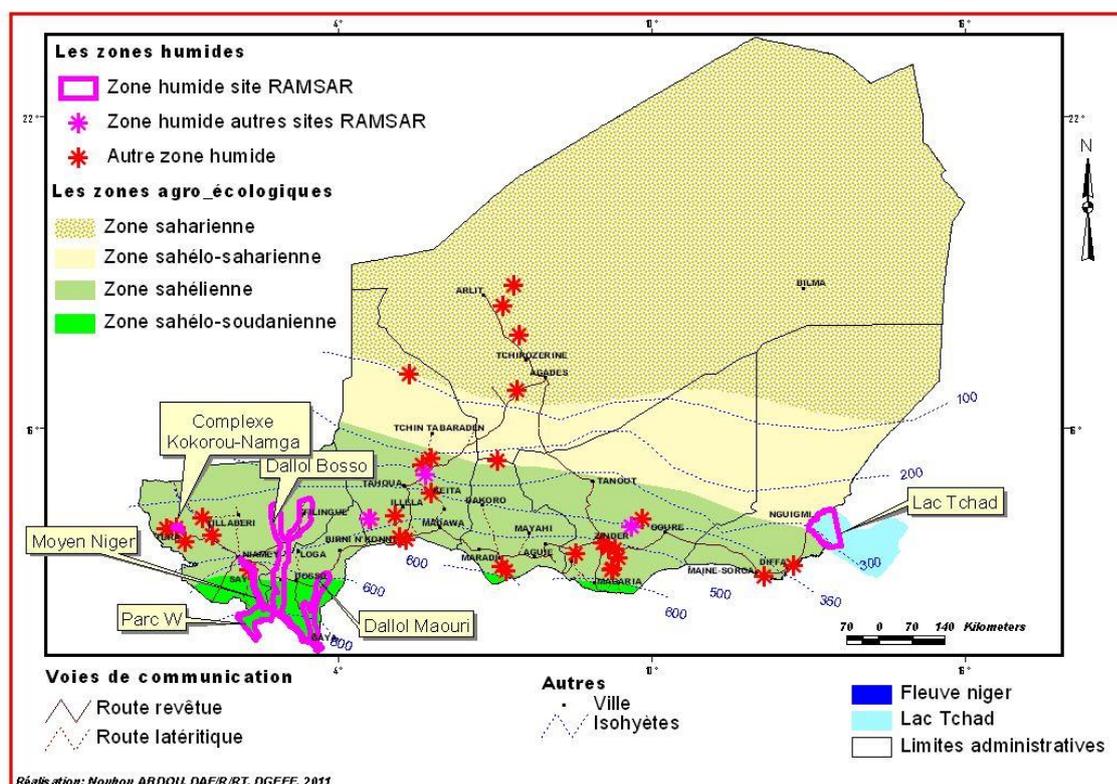


Figure 1 : Répartition des zones humides au Niger

### a) Les plaines inondables des cours d'eau

Elles se subdivisent en deux groupes selon le régime hydrologique des cours d'eau :

- les plaines inondables des cours d'eau à écoulements permanents qui se limitent à la vallée du Fleuve Niger. Cours d'eau pérenne qui traverse l'extrême ouest du territoire Nigérien sur environ 550 km ;
- les plaines inondables des cours d'eau saisonniers qui sont inondées pendant la saison des pluies. Elles se décomposent en deux sous-groupes selon que le cours d'eau a des écoulements relativement continus se prolongeant généralement au-delà de la saison pluvieuse (les vallées des affluents droits du fleuve Niger dans son cours moyen, les vallées sèches et la vallée de la Komadougou Yobé) ou que les écoulements sont intermittents et liés à la régularité et à l'intensité des pluies (les grands koris).

### b) Les mares

Les mares sont des étendues d'eau formées dans les dépressions des vallées et des cours d'eau temporaires à écoulement intermittent qui sont les vallées fossiles (Dallols Maouris et Bosso), la Korama, la Maggia, les Goulbis etc. Elles sont essentiellement alimentées par les eaux de pluies et sont au nombre de 970. Leur régime, de type permanent ou semi-permanent est fortement influencé par les précipitations et les prélèvements d'eau liés aux diverses utilisations (agriculture, élevage et autres).

Au Niger, on distingue les lacs (naturels comme le Lac Tchad, et artificiels tels que les retenues collinaires et les barrages) et les mares proprement dites.

Tableau 1 : Répartition du nombre de mares et retenues d'eau par région

Localités	Mares	Retenues d'eau	Total
Agadez	9	1	10
Diffa	14	7	21
Dosso	113	14	127
CUN	13	3	16
Maradi	96	4	100
Tahoua	280	16	296
Tillabéry	145	20	165
Zinder	300	4	304
<b>Total</b>	<b>970</b>	<b>69</b>	<b>1.039</b>

Sources : (1) Schéma de mise en valeur et de gestion des ressources en eau (1999),  
(2) Direction des aménagements et équipements ruraux agricoles,  
(3) Direction des ressources en eau.

### c) Les systèmes oasiens

Généralement sis dans la zone désertique, ils se caractérisent par une alimentation en eau occasionnée principalement par la résurgence des nappes adjacentes avec lesquelles ils sont en relation réciproque.

### d) Les Dallols et les cuvettes du manga et du sud Zinder

La globalisation de ces unités dans un groupe unique tient essentiellement aux conditions de leur mode d'alimentation. Ces unités se particularisent par les relations de transfert permanent entre les stocks de surface et les nappes alluviales. D'autres différences peuvent cependant être observées relativement aux conditions des apports par le ruissellement. Chacune de ces unités peuvent être spécifiquement caractérisée comme suit :

- les Dallols sont des cours d'eau endoréiques se situant malgré tout dans des zones où la pluviométrie est encore très favorable. En fonction de l'abondance et de la régularité des précipitations, des ruissellements sont souvent générés sur certains biefs des Dallols qui alimentent des cuvettes intérieures soutenues par le ressuyage des dunes et la remontée instantanée des nappes quasi-affleurantes.
- Les cuvettes du Manga sont, suite à la disparition totale du réseau hydrographique, alimentées essentiellement par la remontée des nappes et par les pluies locales qui tombent directement sur leur extension. Principalement situés dans le département de Mainé Soroa (Région de Diffa), elles sont classées en 3 types suivant leur régime hydrologique (PAGRN, 2005). On distingue les cuvettes à eau affleurante, les cuvettes à eau intermédiaires et les cuvettes à eau profonde.
- Les cuvettes du Sud Zinder sont très similaires aux bas fonds des Dallols.

### **3.3. Fonctions des zones humides**

Les zones humides du Niger jouent plusieurs fonctions parmi lesquelles on peut citer :

- L'alimentation en eau de la nappe phréatique. Elle permet aussi la mise en réserve des eaux de crue, qui sont temporairement stockées sous terre au lieu de s'écouler vers l'aval en provoquant des inondations ;
- La prévention des inondations, en stockant les eaux de pluies et en ne les laissant s'écouler de façon uniforme (épandage);
- La stabilisation du littoral / lutte contre l'érosion grâce à la végétation qui atténue la force des vagues, des courants et autres agents érosifs, tout en maintenant les sédiments en place entre les racines ;
- La stabilisation des microclimats;
- La rétention et l'exportation des sédiments et nutriments ;
- Le développement socio-économique de la population environnante à travers l'exploitation des ressources qu'elles renferment pour les activités agro-sylvo-pastorales et culturelles.

### **3.4. Valeurs des zones humides**

Bien qu'elles qui n'ont pu être estimées jusque là, faute de données disponibles, les valeurs des zones humides peuvent être perçues à travers :

- L'exploitation agricole : les zones humides constituent dans la plupart des cas des sites potentiels favorables à l'activité agricole ;
- L'élevage : les zones humides constituent en saison sèche comme en saison des pluies des sites pastoraux par excellence ;
- La pêche : la richesse ichtyologique des mares et cours d'eau du Niger est connue de tous, particulièrement des populations locales pour lesquelles la pêche constitue une des principales activités économiques, voire la première pour certaines localités. Elle est pratiquée par presque toutes les communautés riveraines des zones humides avec des productions importantes souvent commercialisées à l'extérieur ;
- L'apiculture ;

- La culture : Périodiquement et selon les localités, les riverains des zones humides organisent des fêtes pour célébrer des rituels telles que l'ouverture de la saison de pêche (cas de la zone humide d'Albarkaizé), l'installation de la saison des pluies, etc.
- Le commerce : La concentration de la population et l'intensification des activités productives autour des zones humides font de ces milieux des centres commerciaux influents. Elles constituent aussi des voies de communication par excellence ;
- L'artisanat et le tourisme : L'artisanat joue un rôle important de régulation des mouvements migratoires en retardant le départ des jeunes. Les produits artisanaux sont surtout vendus aux touristes. Le tourisme est une activité en pleine expansion dont les retombées directes permettent le développement du tissu urbain dans toutes les régions du Niger. En effet, diverses activités récréatives et touristiques telles que la chasse sportive, l'observation des oiseaux, la chasse photographique, etc.... peuvent y être développées ;
- Les activités forestières : Les grandes étendues des zones humides boisées constituent d'importantes ressources forestières qui, exploitées de façon rationnelle peuvent fournir d'importants revenus aux riverains notamment à travers la commercialisation du bois de service et de feu et la vente des sous-produits de la forêt ;
- La recherche, les activités pédagogiques et la surveillance.

## IV. LES DONNEES

En vue d'une meilleure appréciation de l'impact des changements climatiques sur le secteur « zones humides » à travers l'utilisation d'outils scientifiques fiables, il importe d'avoir des données pertinentes sur le climat et l'environnement physique et socio-économique du bassin versant.

### Types des données nécessaires

Il s'agit des données climatiques et hydrologiques de longue série, des données sur les catastrophes naturelles, socio-économiques, environnementales, morphométriques de la mare.

#### 4.1. Données climatiques

Ce sont les principaux paramètres climatiques qui influencent directement le régime des zones humides (Tableau 1).

Tableau 2 : Données climatologiques nécessaires

Paramètres climatiques	Pas de temps	Unités	Période
Pluie	Journalier	mm	1960 à 2010
Evapotranspiration (ETP)	Journalier	mm	1960 à 2010
Température	Journalier	°C	1960 à 2010
Vent	Mensuel	m/s	1960 010

#### 4.2. Données hydrologiques et hydrogéologiques

Ce sont les données qui caractérisent l'évolution quantitative et qualitative des ressources en eau de la zone humide (Tableau 3).

Tableau 3 : Données hydrologiques

Paramètres	Pas de temps	Unités	Période
Niveau du plan d'eau	Journalier	mm	10 ans minimum
Débits	Journalier	m <sup>3</sup> /s	10 ans minimum
Relevés piézométriques	Mensuel	m	10 ans minimum
Paramètres physico-chimiques	Annuel	-	10 ns minimum

Les données sur le coefficient de ruissellement sont aussi nécessaires.

#### 4.3. Données sur les catastrophes naturelles

Il s'agit des événements extrêmes qu'a connus la zone humide et dont les principales causes sont d'ordre climatique :

- Les sécheresses sévères ;
- Les inondations ;
- Les incendies.

Ces données ne peuvent être collectées qu'à travers les enquêtes de terrain, notamment des entretiens avec les populations locales et les services techniques.

#### 4.4. Données socio-économiques

Il s'agit des données relatives à : (i) l'évolution de la population autour de la zone humide, (ii) différentes

activités menées autour de la zone humide et l'évolution des productions, (iii) modes de gestion de la zone humides (Tableau 4).

*Tableau 4 : Données socio-économiques*

Données	Périodes	Observations
Population humaine	Recensement	PDC ou enquêtes
Cheptel	Recensement	PDC ou enquêtes
Activités de production	-	PDC ou rapports
Rendements	Annuel	Rapports
Modes de gestion	-	PDC ou rapports

#### **4.5. Données environnementales**

Il s'agit des caractéristiques morphopédologiques, de la couverture végétale, des ressources naturelles de l'écosystème qui jouent un rôle important dans le comportement hydrologique de la mare. Ces données peuvent être collectées à travers les inventaires périodiques et l'analyse des images satellitales.

#### **4.6. Caractéristiques morphométriques de la mare**

Ce sont : la superficie du bassin versant, la superficie de la mare, le périmètre équivalent, la densité du réseau hydrographique, la relation hauteur/volume de la mare, etc.

#### **4.7. Données disponibles**

Suite aux multiples investigations conduites à travers les contacts personnels, les appels téléphoniques et la revue bibliographique, il a été fait la situation des données disponibles ou qui peuvent l'être (Tableau 5).

*Tableau 5 : Situation des données requises*

- *Données climatiques*

Données	Détenteur	Etat	Série	Disponibilité
Pluie	DMN	Informatisé	Longue	OUI
Température	DMN	Informatisé	Longue	OUI
ETP	DMN	Informatisé	Longue	OUI
Vent	DMN	Informatisé	Longue	OUI

- *Données hydrologiques et hydrogéologiques*

Données	Détenteur	Etat	Série	Disponibilité
Niveau du plan d'eau	DRH	Papier	Courte et ancienne	A chercher dans les archives
Débits	-	-	-	Non
Relevés piézométriques	DRH	Informatisé	Ponctuelle	A vérifier
Paramètres physico-chimiques	DRH	Informatisé	Ponctuelle	OUI

- *Données sur les catastrophes naturelles*

Données	Détenteur	Etat	Série	Disponibilité
Sécheresses	DRDA, Leaders locaux	Papier, oralité	-	A chercher dans les rapports et enquêtes
Inondations	DRDA, Leaders locaux, DRPC	Papier, oralité	-	A chercher dans les rapports et enquêtes
Incendies	DRE/LCD, Leaders locaux, DRPC	Papier, oralité	-	A chercher dans les rapports et enquêtes

- *Données socio-économiques*

<b>Données</b>	<b>Détenteur</b>	<b>Etat</b>	<b>Série</b>	<b>Disponibilité</b>
Population humaine	INS, DRDC, Mairies	Rapports	-	OUI
Cheptel	INS, DRE, Mairies	Rapports	-	OUI
Activités de production	Mairies, Population	Rapports, oralité	-	OUI
Rendements	DRDA, DRE, DRE/LCD, Mairies, OCB, Projets	Rapports, oralité	-	OUI
Modes de gestion	DRDC, Mairies	Rapports	-	OUI

## V. EVOLUTION RECENTE DU SECTEUR

### 5.1. Acquis

#### 5.2. Cadre institutionnel et politique

Au Niger, c'est le Ministère de l'Hydraulique et de l'Environnement qui est en charge du secteur des zones humides en relation avec les autres ministères du développement rural. La Direction de la Faune, de la Chasse et des Aires Protégées de la Direction Générale de l'Environnement et des Eaux et Forêts (DGEEF) est l'autorité administrative Ramsar désignée. À ce titre, elle est responsable de la mise en œuvre de la politique des Zones Humides.

Le Niger dispose d'un Comité National Ramsar créé le 27 septembre 1999 par arrêté n°71/MHE/DFPP. Douze (12) zones humides nigériennes ont été inscrites comme sites Ramsar (Tableau 6).

Tableau 6 : Zones humides du Niger désignées comme sites Ramsar

N°	Sites	Superficie	Année
1.	Parc National du W	220.000 ha	1987
2.	Moyen Niger I	88.050 ha	Juin 2001
3.	Complexe Kokorou-Namga	36.000 ha	Juin 2001
4.	Partie nigérienne du Lac Tchad	360.000 ha	Juin 2001
5.	Dallol Bosso	376.162 ha	Avril 2004
6.	Dallol Maouri	318.966 ha	Avril 2004
7.	Moyen Niger II	65.850 ha	Avril 2004
8.	Mare de Tabalak	7.713 ha	Sept. 2005
9.	Mare de Lassouri	26.737 ha	Sept. 2005
10.	Mare de Dan Doutchi	25.366 ha	Sept. 2005
11.	Oasis du Kawar	368.536 ha	Sept. 2005
12.	Gueltas et Oasis de l'Air	2 413 237 ha	Sept. 2005

Source : DFPP, 2006

Plusieurs institutions sont directement ou indirectement intéressées par les questions relatives aux écosystèmes des zones humides compte tenu de leur caractère pluridisciplinaire et multisectoriel. Il s'agit notamment :

- des Ministères techniques et leurs services décentralisés ;
- des Mécanismes nationaux de concertation ;
- des organes de la décentralisation ;
- des Organisations de la société civile
- des partenaires techniques et financiers
- du secteur privé (SEEN et autres unités de production utilisant la ressource eau du fleuve par exemple).

### 5.3. Politiques, Stratégies et/ou Plans existants

Le Niger dispose de plusieurs textes réglementaires et/ou stratégies qui influencent directement ou indirectement la gestion des zones humides. Il s'agit de :

- La SRP qui constitue le cadre fédérateur de toutes les politiques sectorielles et le document de référence en matière de développement économique et social.
- La SDR qui depuis son adoption en 2002, constitue le cadre de référence pour la planification et la mise en œuvre des actions de développement agro-pastoral, d'environnement et de lutte contre la désertification.
- La politique nationale des zones humides est en cours d'élaboration et qui a pour but « **la conservation, la valorisation et la gestion durable des écosystèmes des zones humides et de leur diversité biologique** ». Cette politique a une vision à court, moyen et long termes. Elle offre l'occasion d'une lecture environnementale des problèmes des zones humides qui entravent la marche du Niger vers un développement économique et social meilleur;
- La loi N° 98-07 du 29 avril 1998, fixant le régime de la chasse et de la protection de la faune et ses textes d'application;
- La loi N° 98-56 du 29 décembre 1998, portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement;
- La loi N° 2004-040 du 8 juin 2004, portant le régime forestier au Niger;
- loi n°98-042 du 07 décembre 1998 portant régime de la pêche ;
- L'ordonnance N° 93-015 du 2 mars 1993 fixant les principes d'orientation du Code Rural;
- l'ordonnance n°93-014 du 2 mars 1993 portant régime de l'eau modifiée par la loi n°98-041 du 7 décembre 1998 et qui a pour objet de définir et de déterminer le régime des eaux sur toute l'étendue de la République du Niger et de déterminer les conditions d'utilisation et de protection de cette ressource ;
- le Décret n°97-368/PRN/MH/E adopté le 2 octobre 1997 déterminant les modalités d'application de l'ordonnance n°93-014 du 2 mars 1993 portant régime de l'eau, et en particulier : le cadre de la gestion de l'eau, le domaine public en matière de cours d'eau souterraine, la gestion, l'entretien et le bon fonctionnement d'un point d'eau public, les prélèvements des eaux, la protection qualitative des eaux, les sources de pollutions et les moyens de lutte, les responsabilités de la gestion des travaux d'aménagement des eaux ;
- La charte de l'Eau de l'Autorité du Bassin du Niger (ABN), ratifié en 2009 par le Niger.
- L'ordonnance N° 2010-09 du 1er avril 2010 portant Code de l'eau au Niger. Elle détermine les modalités de gestion des ressources en eau sur toute l'étendue du territoire de la République du Niger. Elle précise aussi les conditions relatives à l'organisation de l'approvisionnement en eau des populations et du cheptel, d'une part, et celles relatives aux aménagements, d'autre part.

La mise en œuvre de cet arsenal de politiques et stratégies permettra de: conserver la biodiversité, de gérer durablement les zones humides et de contribuer à lutter contre la pauvreté des populations nigériennes.

### 5.4. Actions de développement

Plusieurs projets et programmes sont mis en œuvre par les services techniques, les ONG et OCB dans le cadre de la mise en valeur des zones humides et leur protection. Ces actions portent notamment sur :

- la séquestration du carbone à travers les plantations d'arbres, les activités d'enherbement autour des zones humides;
- la lutte contre l'ensablement des plans d'eau ;
- la gestion concertée et durable des ressources des zones humides ;
- Le renforcement des capacités des acteurs
- La préservation des espèces animales et végétales (diversité biologique)
- Les Plantations d'enrichissement ;
- La Lutte contre les plantes aquatiques envahissantes nuisibles

### **5.5. Défis/Contraintes**

La sécheresse combinée à l'exploitation abusive par l'homme des ressources naturelles des zones humides sont à la base de la détérioration des écosystèmes humides du Niger. En effet, près de 90% de la population nigérienne (estimée aujourd'hui à plus de 11 millions) dépend directement des ressources naturelles pour sa subsistance. De nos jours presque toutes les zones humides du Niger sont confrontées aux menaces liées à la nature et/ou à l'homme.

Parmi les menaces et contraintes liées au climat et qui pèsent le plus sur les zones humides on peut citer :

- L'Ensablement des plans d'eau : il concerne presque tous les types de zones humides et est du aux actions combinées du climat (sécheresse) et de l'homme (surexploitation des ressources ;
- Le Retrait précoce des eaux : l'insuffisance et la mauvaise répartition temporelle de la pluviométrie ainsi que le comblement des mares par les matières solides transportées par l'eau de ruissellement en sont les causes. Il faut noter aussi, la surexploitation de la ressource en eau par les exploitants (surtout agricoles) ;
- Les Feux de brousse (défrichement sur brûlis) : l'extension des terres de culture et la non maîtrise des techniques de défrichement conduisent aux feux de brousse et à la destruction de la végétation ;
- La prolifération des plantes aquatiques envahissantes telles que *Tipha Occidentalis* au niveau des plans d'eau, la Jacinthe d'eau dans le lit du fleuve Niger. On note aussi la colonisation par le *prosopis* du lac Tchad rendant de ce fait difficile la navigation ;
- Dégradation des sols : l'aridité du climat, l'extension des terres de cultures, l'exploitation abusive du bois et les mauvaises pratiques culturales sont les principales causes de la dégradation des sols autour des zones humides ;
- L'agrandissement des berges : la concentration du ruissellement du à la réduction de l'infiltration (glacification des sols) conduit à l'incision linéaire du sol, donc au ravinement. C'est ainsi qu'on assiste dans presque tous les bassins versants des zones humides le développement du ravinement, conduisant ainsi au transport d'éléments solides (sable surtout) dans les lits des plans et cours d'eau.

## VI. ELABORATION DE MODELE

Les impacts du changement climatique sur la zone humide peuvent être évalués de deux manières :

- le jugement d'expert ;
- l'utilisation de modèles hydrologiques.

Les modèles hydrologiques peuvent être avoir trois types d'utilisation : (i) la modélisation comme outil de recherche, (ii) la modélisation comme outil de prévision et (iii) la modélisation comme outil d'extrapolation. Dans le cadre de la présente étude, il s'agit de faire la modélisation afin de prévoir l'impact des changements climatiques sur les zones humides. Il s'agira donc d'appliquer un modèle capable de reproduire l'évolution des ressources en eau de la zone humide en fonction des variables indépendantes prédites.

### **6.1. Unités d'exposition**

#### **6.1.1. Les Critères de choix**

Compte tenu de la diversité de typologie des zones humides et de leur distribution sur le territoire, le choix des unités d'études aux changements climatiques a été fait de manière à ce que l'unité d'exposition soit le plus représentatif possible. Pour cela un certain nombre de critères a été retenu (Tableau 7).

*Tableau 7 : Critères de choix de l'unité d'exposition*

<b>Critères</b>	<b>Domaines d'appréciation</b>	<b>Priorité</b>
Systeme endoréique	<ul style="list-style-type: none"><li>• Systeme endoréique national</li><li>• Zone alimentée par les précipitations</li></ul>	Elevée
Vulnérabilité aux risques climatiques	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zone humide exposée aux aléas climatiques</li></ul>	Elevée
Importance socio-économique	<ul style="list-style-type: none"><li>• Existence de plusieurs activités de production (agriculture, élevage, pêche)</li></ul>	Moyenne
Diversité biologique	<ul style="list-style-type: none"><li>• Existence de la diversité biologique</li></ul>	Moyenne
Disponibilité des données	<ul style="list-style-type: none"><li>• Données climatiques</li><li>• Données hydrologiques</li></ul>	Elevée

Après avoir passé en revue les différentes zones humides éligibles, sur la base de la documentation (études et rapports) et des données disponibles à Niamey, la zone humide de Tabalak a été retenue pour la présente étude.

#### **6.1.2. Présentation de l'unité retenue : La mare de Tabalak**

La mare de Tabalak est située au centre ouest du pays et à 50 km à l'Est de la ville de Tahoua la capitale régionale de l'Ader sur la Route nationale N° 23. Elle se trouve à 83 km d'Abalak le chef lieu d'arrondissement situé plus à l'Est.

Tabalak est une mare intérieure, naturelle, permanente, alimentée par les eaux de ruissellement d'un vaste bassin versant. Elle se trouve dans une vallée active très ancienne quitte date de la période où le Sahara était certainement beaucoup moins sec qu'aujourd'hui. Son bassin versant couvre une superficie de 3557 km<sup>2</sup> (Figure 2).



*Figure 2 : Vue de la mare de Tabalakh (Google Earth, 2011)*

La mare est entourée par un cordon de dunes de sable mouvant surtout dans la partie Nord et Nord-Est. Plus au Sud et au Sud-Ouest elle est bordée par un plateau de faible altitude. Tabalakh est une mare relativement récente. La mare qui était alors une petite et temporaire a connu une extension significative et est devenue permanente dans les années 70 à la suite de la rupture de la digue du kori d'Ibaga occasionnée par des torrents.

De part sa position géo-climatique, au milieu d'une zone aride, la mare de Tabalakh est une zone humide qui joue un rôle important dans le maintien de la diversité biologique et contribue de manière substantielle au développement des activités socio-économiques des populations locales qui y tirent l'essentiel de leurs ressources vitales à travers l'agriculture, l'élevage et la pêche (FDR, 2004). Son bassin versant couvre plusieurs villages et hameaux (Figure 3).

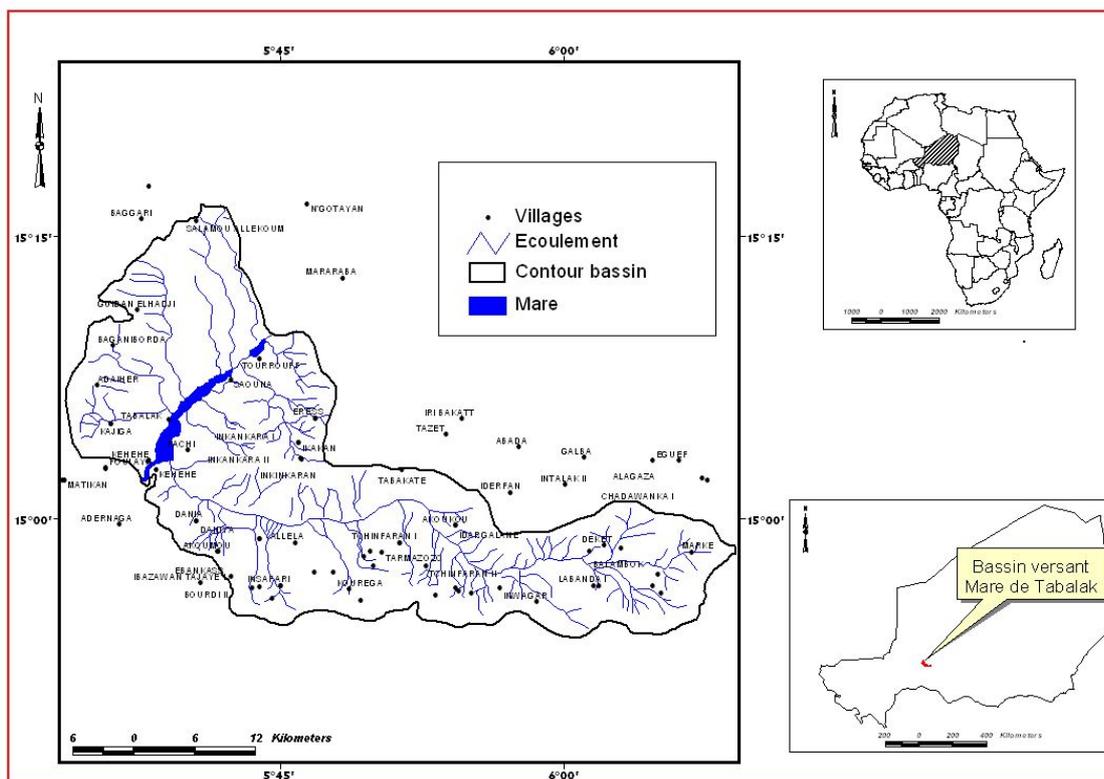


Figure 3 : Bassin versant de la mare de Tabalak

## **6.2. Les indicateurs retenus**

Les indicateurs seront les variables d'état du modèle hydrologique. Autrement dit, les variables permettant de caractériser l'état du système modélisé, qui peuvent évoluer en fonction du temps ou des scénarii climatiques. Il s'agit principalement dans le cas des zones humides de niveau du plan d'eau ou du niveau de remplissage de la mare.

Les indicateurs sont de deux sortes :

- Les indicateurs climatiques : la pluviométrie, les températures, l'évapotranspiration, le vent et l'insolation ;
- Les indicateurs environnementaux : végétation, ressources fauniques et halieutiques, les états du sol ;
- Les indicateurs socio-économiques : les activités de production liées à la mare (pêche, irrigation, élevage) ;
- Les paramètres morphométriques de la mare : niveau, profondeur et volume de la mare.

## **6.3. Caractéristiques climatiques de l'unité retenue (la zone humide de Tabalak)**

Le climat de la zone est de type sahélo-saharien, caractérisé par deux saisons principales :

- Une saison sèche d'octobre à mai durant laquelle souffle un vent chaud et sec (l'harmattan) ;
- Une saison de pluies de juin à septembre caractérisée par la mousson.

### **6.3.1. Températures**

L'analyse de la température a été faite sur la base des données de la station synoptique de Tahoua qui est la plus proche de l'unité (55 km au sud).

Les températures extrêmes et moyennes annuelles (Figure 4) accusent leur maximum principal en mai (pleine saison sèche) et en octobre (fin de la saison des pluies) et leurs minima en janvier (pleine saison sèche froide) et juillet (milieu de la saison des pluies).

Globalement, les températures moyennes varient de 15,7°C à 41,2°C.

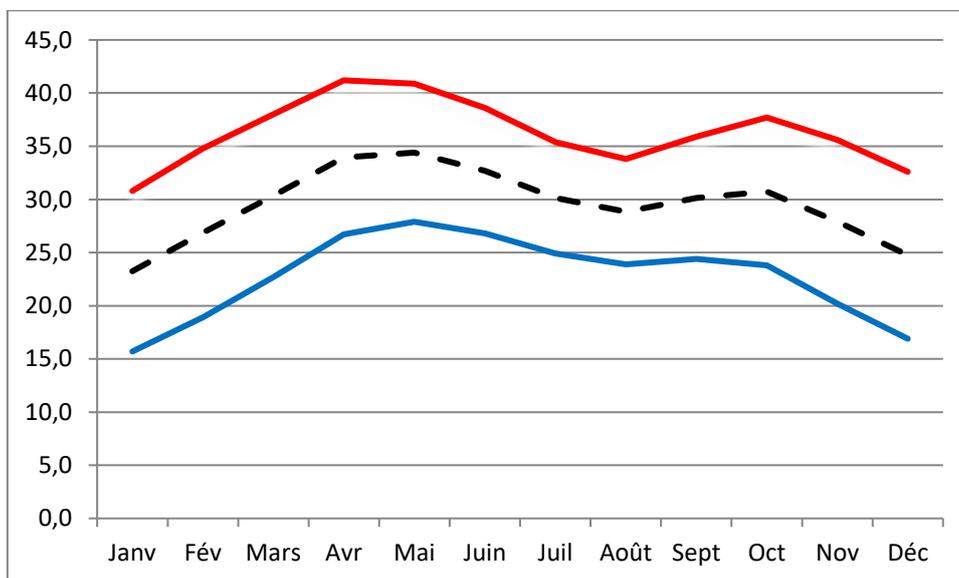


Figure 4 : Températures maxi, mini et moyennes mensuelles à Tahoua (2001-2010)

### 6.3.2. L'insolation

L'analyse de la figure ci-après (Figure 5) montre que la durée de l'insolation moyenne journalière dans cette zone est comprise entre 8,04 heures en août et 9,59 heures en novembre.

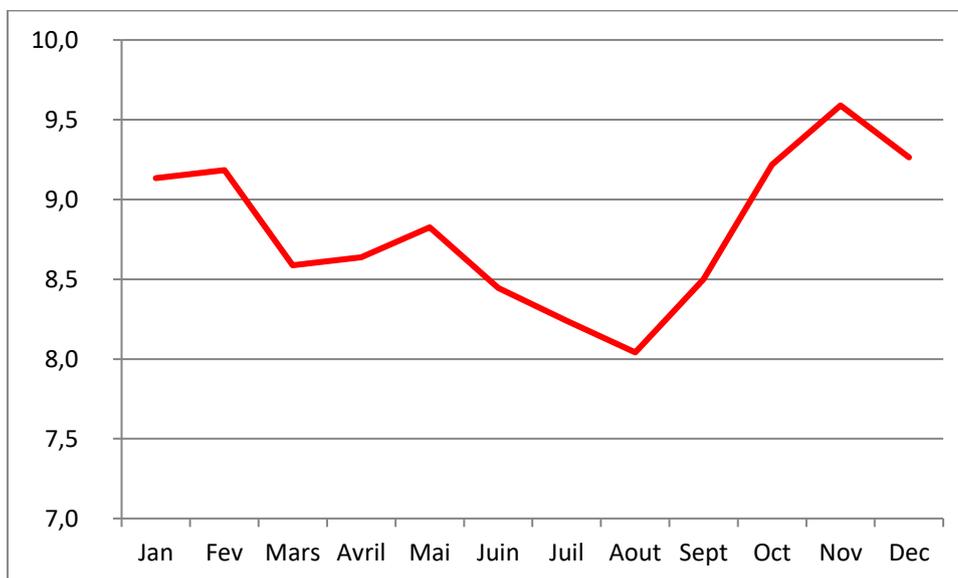


Figure 5 : Insolation journalière à Tahoua (de 1961 à 2009) en heures/jour

La durée de l'insolation journalière entre 1961 à 2009 oscille entre 8 heures et 10 heures (Figure 6).

L'analyse de la variation interannuelle montre que l'année 1966 enregistre la durée maximale (9,57 heures) et l'année 2005 la durée minimale (7,79 heures).

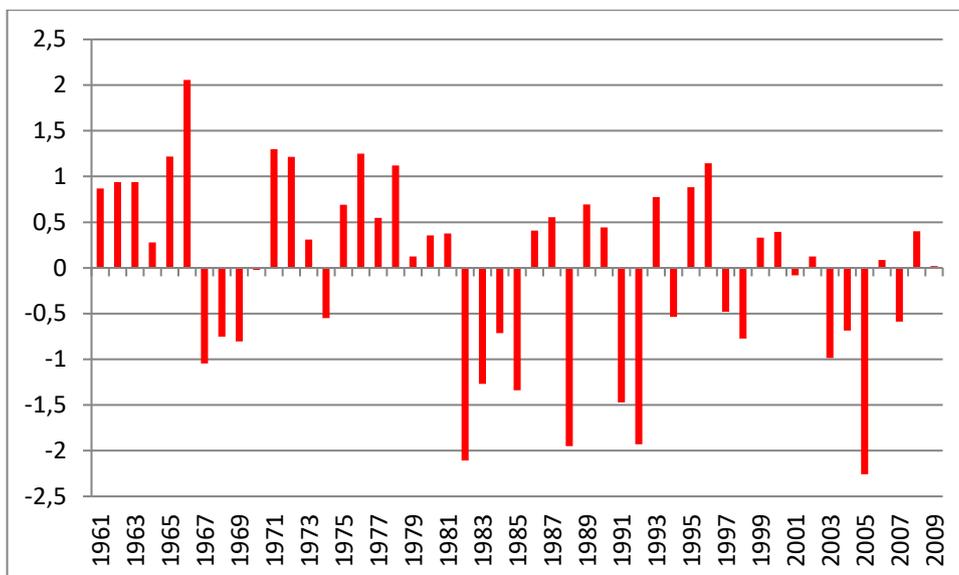


Figure 6 : Variation interannuelle de l'insolation journalière (heures/jour)

### 6.3.3. Vitesse du vent

La direction et la vitesse du vent moyen dépend de la situation topographique de la station. Les mois les plus ventés sont ceux de décembre, janvier et février pendant la saison sèche et ceux de juin et juillet en saison des pluies (Figure 7).

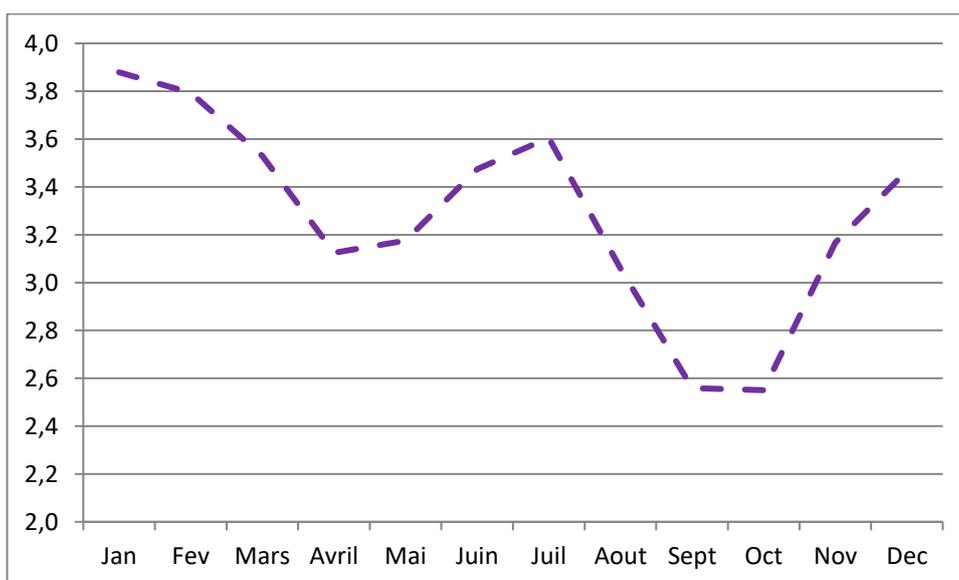


Figure 7 : Vitesse moyenne du vent (m/s/jour)

Le graphique de la variation interannuelle de la vitesse du vent (Figure 8) montre des périodes « moins ventées » de 1961 à 1976 et de 1994 à 2002 et des périodes « ventées » de 1981 à 1993 et de 2002 à 2008.

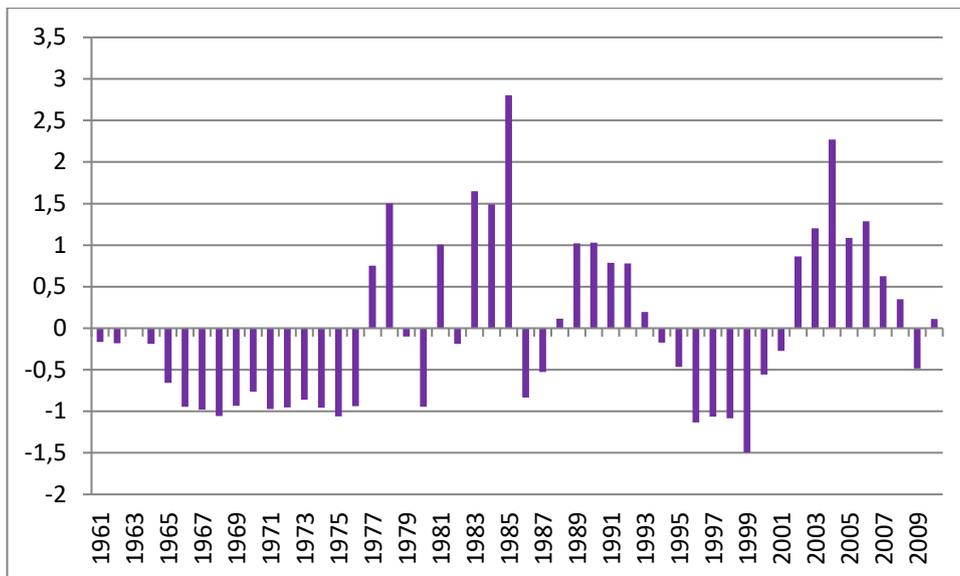


Figure 8 : Variation interannuelle de la vitesse du vent à Tahoua

## **6.3.4. Evapotranspiration et évaporation**

### 1.1.1.1. Evapotranspiration

L'évapotranspiration potentielle (ETP) à la station de Tahoua calculée par la formule de Penman est maximale aux mois de mars, d'avril et de mai correspondants à la saison sèche chaude et connaît son plus bas niveau pendant la saison des pluies aux mois d'août et septembre (Figure 9).

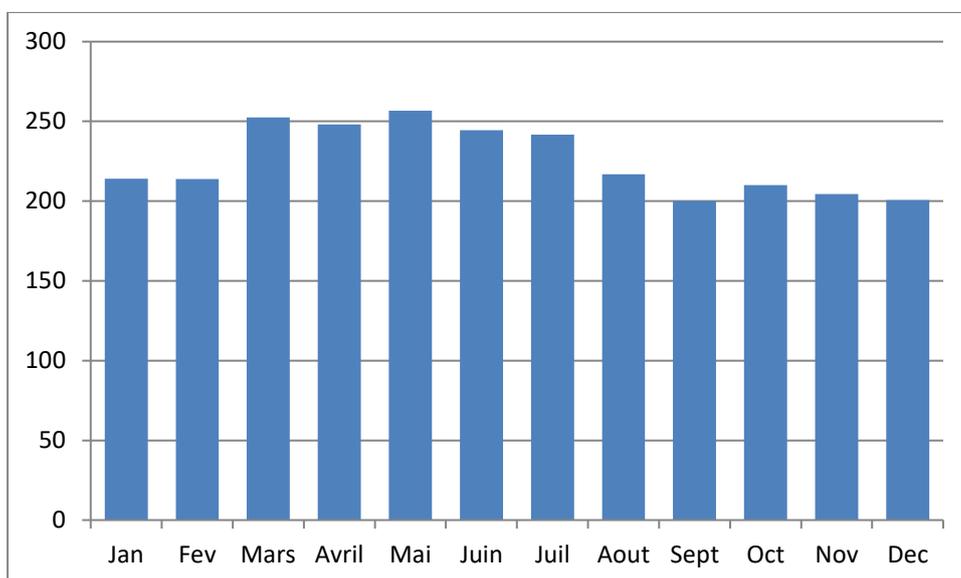


Figure 9 : Evapotranspiration mensuelle (mm) à Tahoua de 1977 à 2004

### 1.1.1.2. Evaporation

Comme l'évapotranspiration, le taux d'évaporation (sur bac classe A ou sur évaporomètre piche) atteint le pic en saison sèche et est bas durant la saison des pluies (Figure 10). L'évaporation annuelle moyenne est estimée à 4600 mm (soit 4,6 m).

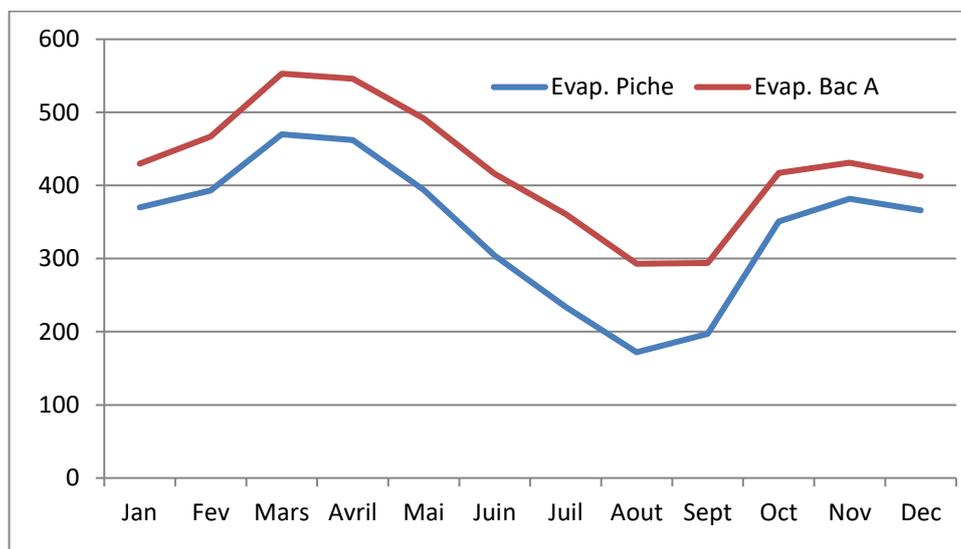


Figure 10 : Evaporation mensuelle (sur Bac classe A et Piche) à Tahoua

## **6.3.5. Pluviométrie**

L'analyse de la pluie devra être faite à partir de la pluviométrie journalière, qui détermine la crue, et qui conduit, en liaison avec les intensités, à l'établissement de tout type de relation pluie-débit sur le bassin.

Cependant compte tenu du manque de données journalières sur le niveau du plan d'eau de la mare, l'interprétation sera faite sur un pas de temps mensuel.

L'analyse de la pluie annuelle est faite sur la base des données pluviométriques enregistrées sur la station de Kao (située au Nord de Tabalak), la station de Tahoua (située à 55 km au sud de Tabalak) et celle de Tabalak.

Les données pluviométriques collectées auprès de la Direction de la météorologie Nationale et de la littérature sont les suivantes :

- Station de Kao : pluies annuelles 1994 à 1999 ;
- Station de Tabalak : pluies annuelles de 1994 à 2009 ;
- Station de Tahoua : pluies journalières de 1961 à 2010.

L'analyse des cumuls pluviométriques annuels (Figure 11) montre que la station de Tahoua est mieux arrosé par rapport à Tabalak et Kao. La station de Tabalak est la moins arrosée pour la période observée en dehors de 1996.

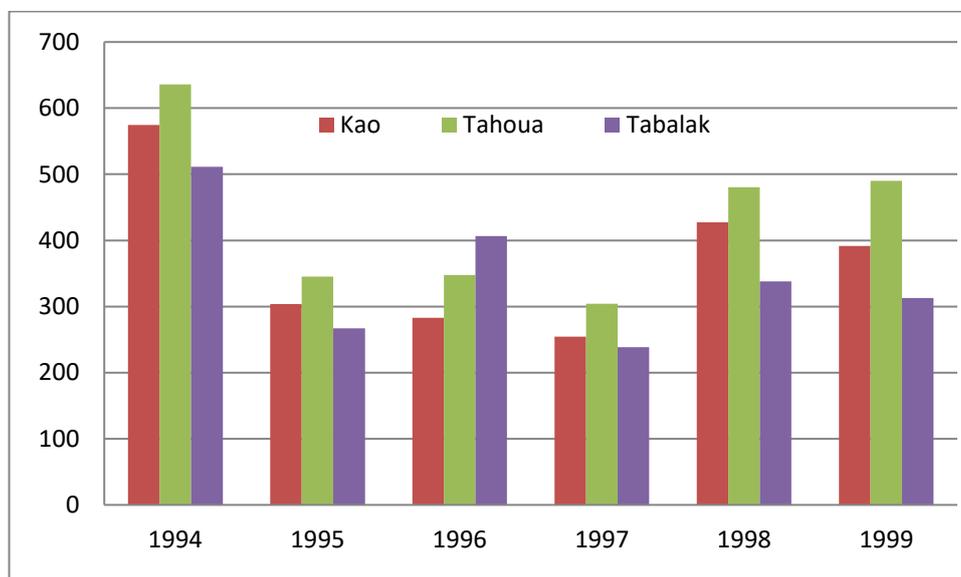


Figure 11 : Pluviométries comparées de Kao, Tahoua et Tabalak

L'évolution de la pluviométrie à Tahoua de 1961 à 2010 montre une instabilité des cumuls pluviométriques à partir de 1990 : 1 à 2 années humides suivies par 1 à 2 années sèches.

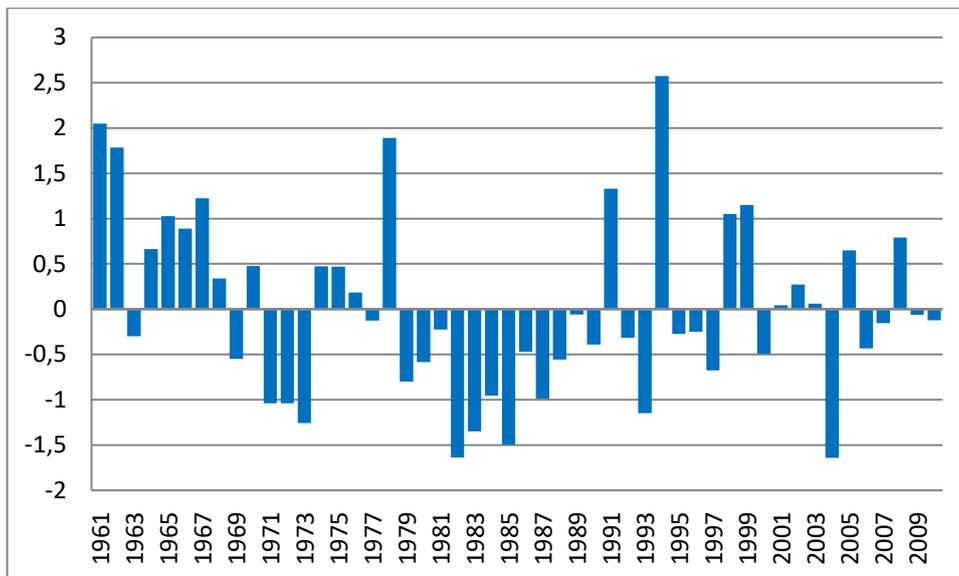


Figure 12 : Variation interannuelle de la pluie à Tahoua

## 6.4. Présentation du modèle

Après une analyse des types de données et leur qualité, trois (3) possibilités de modélisation s'offrent :

- L'application entière d'un modèle qui sera caler et valider sur la base des variables d'entrées propres à la zone humide ;
- L'application d'un modèle hydrologique par analogie ;
- Le bilan hydrologique.

Sous réserve de la disponibilité ou non des données, l'une des options sera appliquée.

### 6.4.1. Modèle hydrologique 1 : HEC - HMS

Le modèle hydrologique (HEC-HMS) est conçu pour simuler les processus pluie – débit des systèmes dendritiques. Il est conçu pour être applicable dans un éventail de secteurs géographiques pour résoudre le plus grand choix possible des problèmes. Ceci inclut l'approvisionnement en eau des cours d'eau et plans d'eau, les inondations, et le petit écoulement. Des hydrogrammes produits par le programme sont employés directement ou en même temps que l'autre logiciel pour des études de disponibilité de l'eau, de drainage urbain, de prévisions d'écoulement, de futur impact d'urbanisation, de conception de réservoir, de réduction de catastrophes dues d'inondation.

Le programme comporte un environnement complètement intégré de travail comprenant une base de données, les utilités de saisie de données, le moteur de calcul, et les résultats rapportant des outils. Une interface utilisateur graphique permet le mouvement sans coupure entre les différentes parties du programme. La fonctionnalité et l'aspect de programme sont la même à travers toutes les plateformes soutenues.

Les données d'entrées du modèle sont :

- Les Précipitations sur une série d'au moins 10 ans;
- Les niveaux du plan d'eau (sur la même période que les précipitations) ;
- L'ETP (sur la même période que les précipitations) ;
- La superficie du Bassin Versant ;
- La Relation Hauteur-volume de la mare.

### **6.4.2. Modèle hydrologique 2 : GR4J**

Dans le cas où les observations sur le niveau de la mare ne seront pas disponibles ou d'une courte durée (moins de 5 ans), il sera procédé à la modélisation par analogie à travers l'utilisation d'un modèle pluie-débit : le GR4J. Ce modèle sera calibré et validé sur la base des données d'entrée d'un bassin versant présentant des conditions climatiques et géomorphologiques similaires. Ces paramètres ainsi déterminés seront utilisés pour la simulation de débits à court et moyen termes avec comme variables d'entrée les données climatiques produites pour la région de la zone d'étude et les autres caractéristiques physiques du bassin versant.

Le modèle hydrologique GR4J fait parti des modèles conceptuels globaux au pas de temps journalier. Il a été conçu par Perrin (2000) et comporte les avantages suivants (Sani, 2010) :

- adaptabilité de la structure du modèle, à l'exercice de prévision et de reconstitution des apports (Mamoutou TANGARA, 2005)
- c'est un modèle global pluie-débit qui universellement utilisé (429 bassins versants se trouvant dans des zones climatiques variées).

Le modèle GR4J a quatre (4) paramètres à optimiser X1, X2, X3, X4 :

- la capacité du réservoir de production, X1 (mm) : ce réservoir contrôle la production des pluies efficaces à partir des entrées de précipitations.
- le coefficient d'échanges souterrains, X2 (mm) : il peut être soit positif dans le cas d'apports souterrains, soit négatif s'il y a des pertes d'eau, soit égal à zéro s'il n'y a pas d'échange.
- la capacité à un jour du réservoir de routage, X3 (mm) : ce réservoir contrôle les phases de récession.
- le temps de base de l'hydrogramme unitaire UH1, X4 (jour) : deux hydrogrammes unitaires (UH1 et UH2, Cf. Figure 2) sont utilisés dans le modèle. Ils répartissent dans le temps les précipitations efficaces, et simulent le délai passé entre les pluies et les pics des crues. Les deux hydrogrammes unitaires dépendent du même paramètre de temps X4, exprimé en jours.

### **6.4.3. Modèle hydrologique 3 : SWAT**

Le modèle hydrologique Soil and Water Assessment Tools (SWAT) a été développé par Agricultural Research Service (ARS) d'US Department of Agriculture (USDA) pour simuler les impacts de la variabilité des précipitations et de l'occupation des terres sur les ressources en eau et le transport des sédiments dans un bassin versant. Il prend également en compte la variation de types et d'utilisations des sols, ainsi que de pratiques agricoles sur une longue période (Neitsch *et al.*, 2005). Les principales composantes du modèle incluent l'hydrologie, la météorologie, l'érosion du sol, la croissance des plantes, les nutriments, les pesticides, la gestion des terres et la propagation des flux d'écoulements dans le réseau hydrographique.

SWAT est un modèle semi-distribué à base semi-physique de simulation temporelle en continue avec des pas de temps journaliers. Les données d'entrée pour son application sont : (i) les paramètres météorologiques (précipitations, températures maximum et minimum, humidité et radiation solaire), (ii) les propriétés des sols, la topographie (pentes), (iii) l'occupation des terres (répartition en terres agricoles, forêts, plans d'eau, zones urbaines, etc.) et (iv) les pratiques agricoles dans le bassin versant (type de cultures et de labour, etc.).

#### **6.4.4. Modèle hydrologique 4 : la méthode du Bilan hydrologique**

Il s'agit de la formule générale du bilan hydrologique annuel qui prend en compte tous les éléments d'apports et de perte par rapport au volume d'eau dans la mare. Ces éléments constitutifs peuvent être défini ou estimé. L'avantage de ce modèle est sa simplicité.

La formule générale du cycle hydrologique se présente comme suit :

$$\Delta S = P + R - I - Pr - Evap$$

Où :

- $\Delta S$  = Variation du stock ;
- P = Précipitations directes ;
- R = Ruissellement ;
- I = Infiltration ;
- Pr = Prélèvements ;
- Evap = Evaporation.

#### **6.5. Mise en œuvre du modèle**

Compte tenu des données et informations collectées dans le cadre de la présente étude, la méthode du bilan hydrologique a été retenue.

##### **6.5.1. Régime de la mare**

###### **6.5.1.1. Evolution inter-annuelle**

La superficie de la mare varie selon le cumul, la répartition spatiale et temporelle des pluies dans l'année. Le graphique ci-après montre les superficies de la mare en 1978, 1986, 1994, 2000 et 2009 calculées à partir des images satellitaires (DDE-Tahoua, 1996 et présente étude).

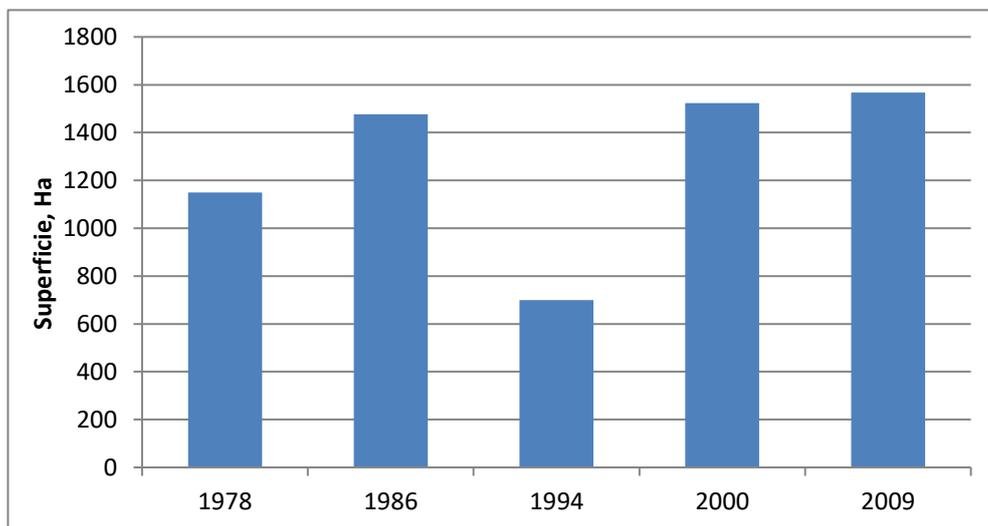


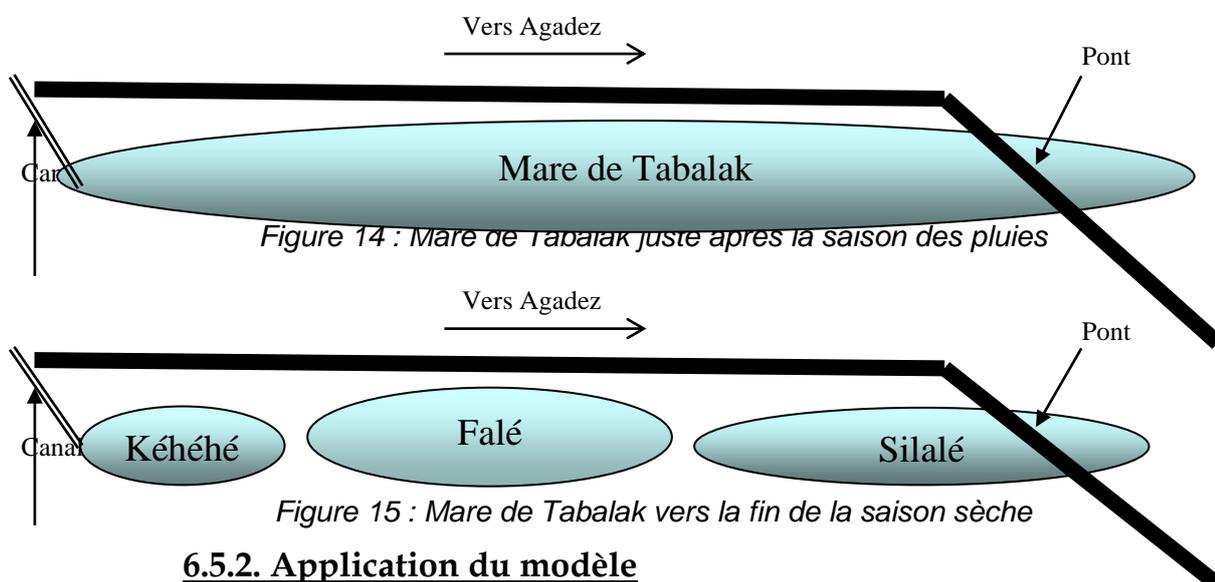
Figure 13 : Evolution de la superficie de la mare de Tabalak

###### **6.5.1.2. Evolution intra-annuelle**

Le plan d'eau de la mare atteint son niveau maximal à la fin de la saison des pluies, au mois de septembre. Après la saison des pluies la mare n'enregistre aucun apport d'eau. Le niveau commence à baisser suite à l'évaporation et aux différents prélèvements à des fins agricole, pastorale et domestique.

Après la saison des pluies, la mare de Tabalak se présente comme un vaste plan d'eau filiforme d'orientation sud-ouest à nord-est. La couleur des eaux est dans un premier temps rougâtre preuve de l'importance de l'érosion hydrique et du transport de matières en suspension notamment les argiles et les limons. Avec le dépôt progressif des matières en suspension dans le fond de la mare, l'eau reprend sa couleur « bleue ». Au fur et à mesure du retrait progressif des eaux et qu'on avance dans la saison sèche, un premier seuil apparaît isolant la mare de Kéhéhé de celle de Tabalak. Par la suite, un autre seuil subdivisant la mare de Tabalak en deux bassins apparaît. Ces deux mares issues du « restant » de la mare de Tabalak, portent respectivement les noms de « Falé » et de « Silalé ». Les figures 14 et 15 ci-après montrent les représentations schématiques de la mare de Tabalak respectivement en Septembre (fin de la saison des pluies) et en avril-mai (fin de la saison sèche).

La mare « Falé » est la plus grande du point de vue extension, mais celle de « Silalé » est la plus profonde, car située plus en aval du site de déjection du grand Kori Ibagá, donc moins exposée à ses apports solides (PAC, 2006).



## 6.5.2. Application du modèle

### 6.5.2.1. Hypothèse

D'après le bureau STER (1976), se référant au bilan hydrologique au cours de la saison sèche 1976-77 et considérant le régime permanent de la mare de Tabalak et la durée du cycle hydrologique à une année hydrologique normale moyenne, le niveau de la mare devrait revenir en fin de cycle, à sa situation initiale (STUDI, 2001). Il ressort de la même étude, que les échanges entre la mare et la nappe sont très faibles par rapport aux quantités d'eau intervenant dans le bilan. En outre, l'écoulement de surface constitue l'apport principal de la mare.

### 6.5.2.2. Justification

La méthode du bilan hydrologique a été utilisée par STUDI (2001) pour estimer la disponibilité d'eau dans la mare de Tabalak dans le cadre du Projet de Développement hydro-agricole de Kéhéhé. En effet, ce périmètre devait être alimenté à par des eaux de la mare de Tabalak. L'équation du bilan hydrologique a été établie sur la base de 3 années d'observations du niveau de la mare et d'une année de campagne de mesure après avoir fait une nouvelle bathymétrie de la mare. Ainsi, la formule permet de suivre au pas de temps mensuel l'évolution des caractéristiques morphométriques de la mare. Ainsi, en fonction des entrées

et sorties au cours de chaque mois les volumes restants, les niveaux d'eau ainsi que les superficies inondées correspondantes sont déterminées. La figure suivante présente l'évolution du volume d'eau de la mare de Tabalak simulée entre 2000 et 2010 (STUDI, 2001).

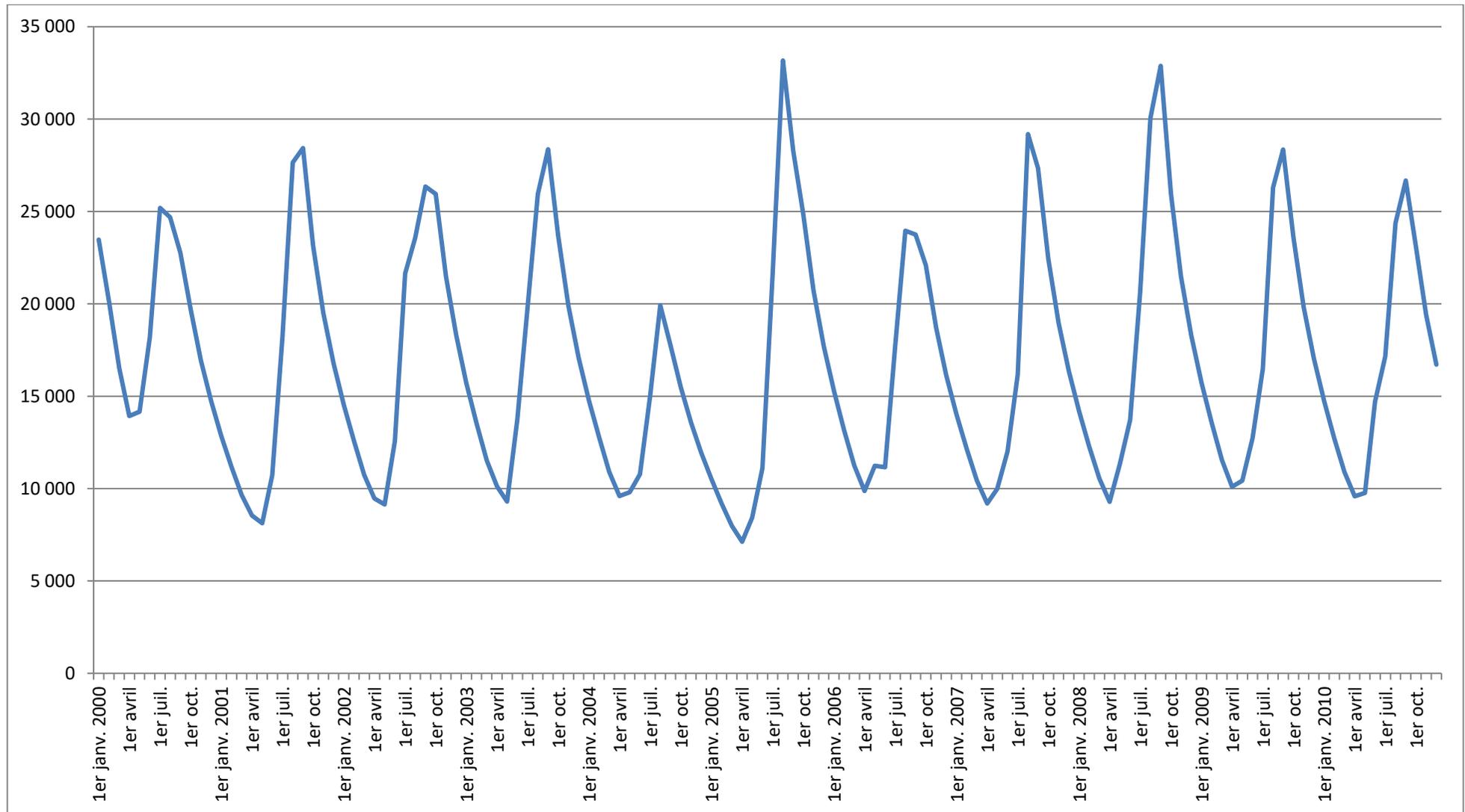


Figure 16 : Simulation du volume de la mare de Tabalak (2000 – 2010)

### 6.5.2.3. Conception du modèle

En prenant comme hypothèse qu'au cours d'une période d'un cycle moyen la mare revient à son état initial du point de vue stock d'eau, l'équation du bilan hydrologique de la mare de Tabalak peut être présentée comme suit :

$$V = V_{pluie} + V_{ruis} + V_{nap} - V_{inf} - V_{évap} - V_{agr} - V_{chep} - V_{dom}$$

On aura ainsi à la fin du mois de calcul :

$$V_{fin} = V_{in} + V_{pluie} + V_{ruis} + V_{nap} - V_{inf} - V_{évap} - V_{irr} - V_{chep} - V_{dom}$$

Où :

- $V_{fin}$  : Stock d'eau disponible dans la mare à la fin du mois de calcul (donc au début du mois suivant) : Volume final
- $V_{in}$  : Stock d'eau disponible dans la mare au début du mois de calcul (donc à la fin du mois précédent) : Volume initial
- $V_{pluie}$  : Volume correspondant à l'alimentation directe du plan d'eau par les pluies
- $V_{ruis}$  : Volume de ruissellement mensuel = multiplié par le coefficient de ruissellement
- $V_{nap}$  : Apport de la nappe (négligeable)
- $V_{inf}$  : Volume d'eau infiltrée à partir de la mare (négligeable)
- $V_{évap}$  : Volume d'eau évaporée du plan d'eau
- $V_{irr}$  : Volume d'eau prélevée pour le maraîchage (Tableau 14)
- $V_{chep}$  : Volume d'eau pour l'abreuvement du cheptel (Tableau 14)
- $V_{dom}$  : Volume d'eau prélevée pour les besoins des populations riveraines de la mare (Tableau 14)

Les niveaux du plan d'eau de la mare ainsi que les superficies inondées sont déterminées à partir des courbes caractéristiques de la cuvette de la mare de Tabalak  $Volume = f(HNGN)$  et  $Surface = f(HNGN)$ , élaborées suivant les levés bathymétriques de la mare (DRE Tahoua, 2005). Les figures 17 et 18 présentent respectivement la superficie inondée en fonction du niveau du plan d'eau et le volume d'eau dans la mare en fonction du niveau.

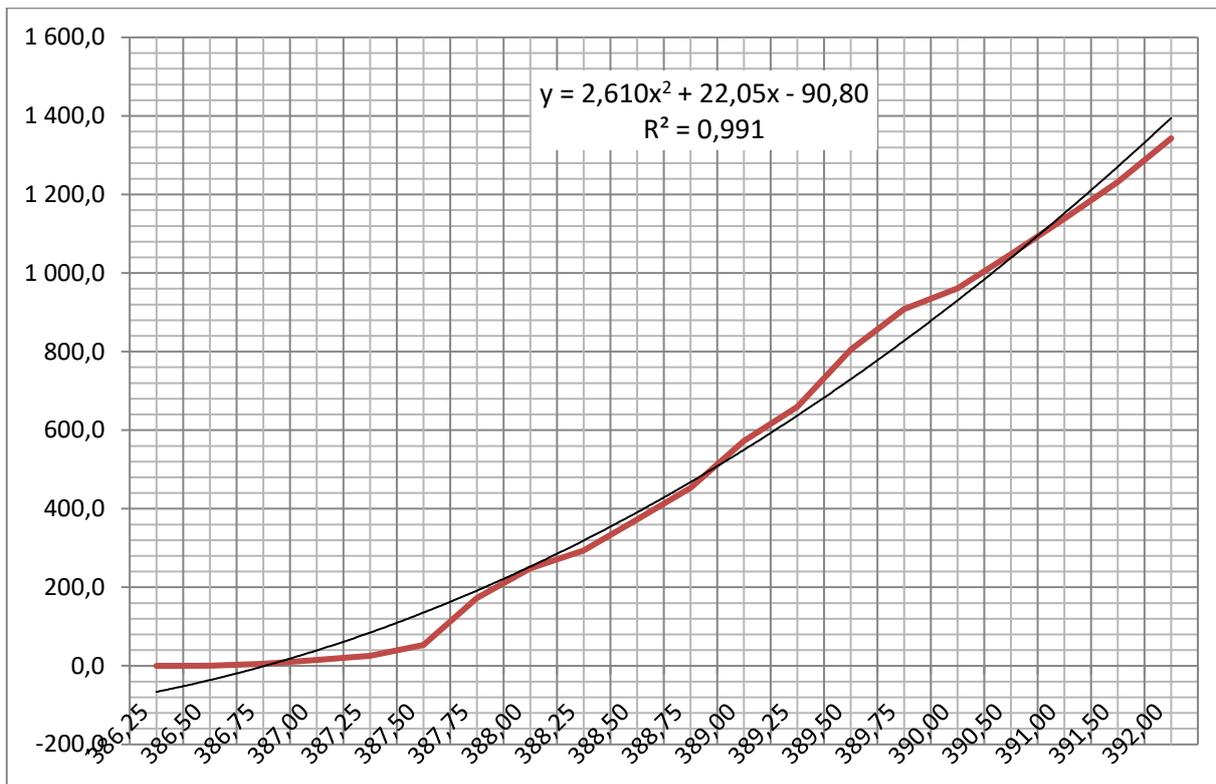


Figure 17 : Courbe  $S = F(HNGN)$

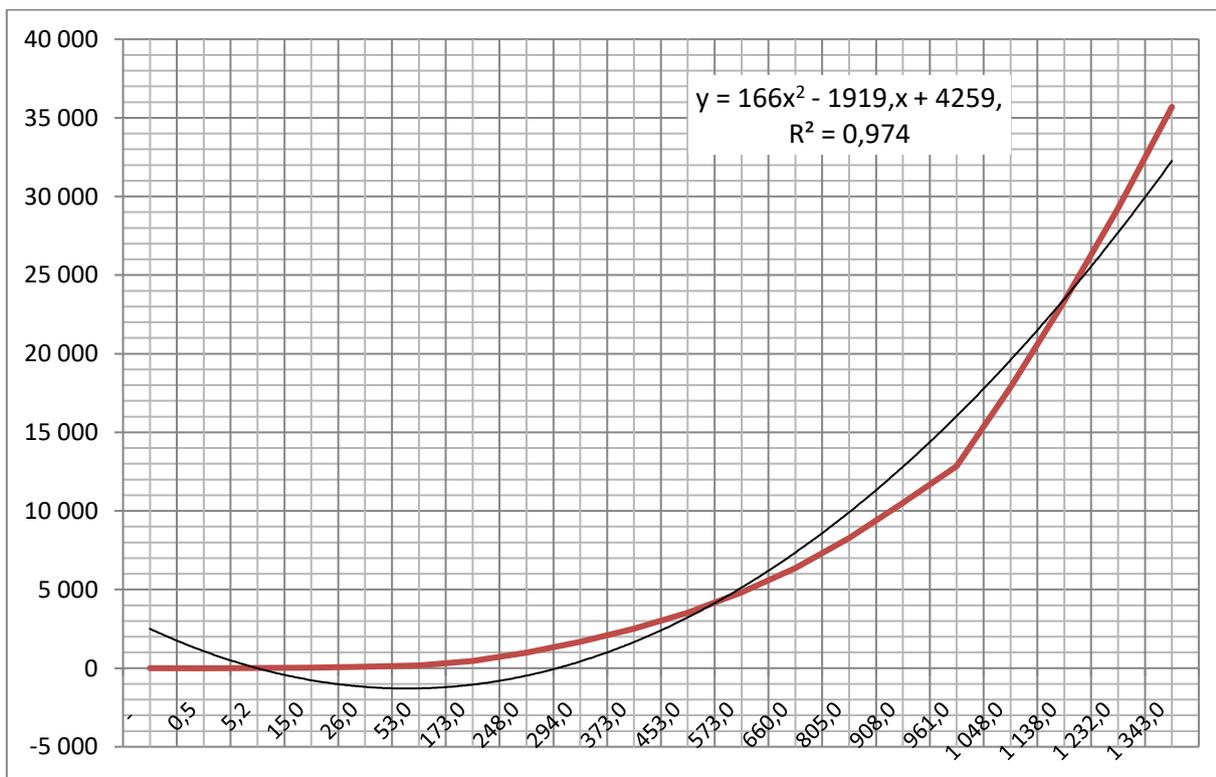


Figure 18 : Courbe  $V = F(HNGN)$

## VII. IMPACTS FUTURS DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES DANS LE SECTEUR

### 7.1. Période de simulation

Conformément aux TDR, la période de simulation retenue est 2011-2050.

### 7.2. Paramètres climatiques

Les paramètres climatiques pris en compte dans la simulation sont (i) les pluies, (ii) les températures et (iii) l'évaporation.

#### 7.2.1. Pluies

Deux scénarii extrêmes de prévisions pluviométriques ont été élaborés par Sanda *et al.* (2011) dans le cadre de la présente étude : le scénario humide (le plus fort cumul sur la période de prévision) et le scénario sec (le plus faible cumul pour la période de prévision).

Les projections climatiques 2011 – 2050 de la station synoptique de Tahoua effectuées dans le cadre du Projet AAP (Etude en cours de validation) montre d'une part que le scénario sec ne s'écarte pas trop du scénario humide (la moyenne interannuelle sur la période de projection (49 ans) pour le scénario sec est de 347 mm alors que celle prévue par le scénario humide est de 388 mm) et d'autre part que le scénario humide n'est pas très loin de ce qui a été observé jusque là (la moyenne pluviométrique pour les 50 dernières années 1961 à 2010 étant de 373 mm).

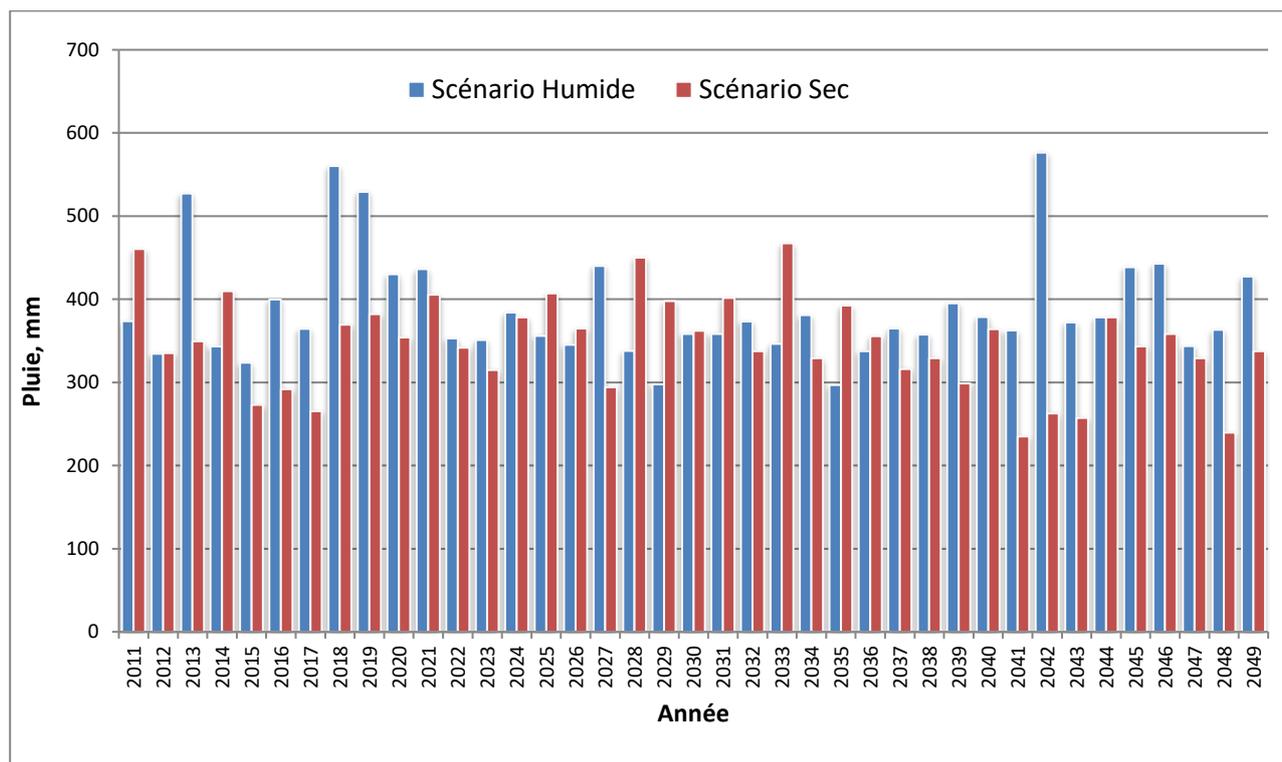


Figure 19 : Scénarios humide et sec des prévisions pluviométriques à Tahoua (2011-2050)

#### 7.2.2. Evapotranspiration potentielle (ETP)

Le graphique comparé de l'ETP mensuelle observée et simulée (Figure 20) montre que cette variable ne connaîtra pas un grand changement dans le temps.

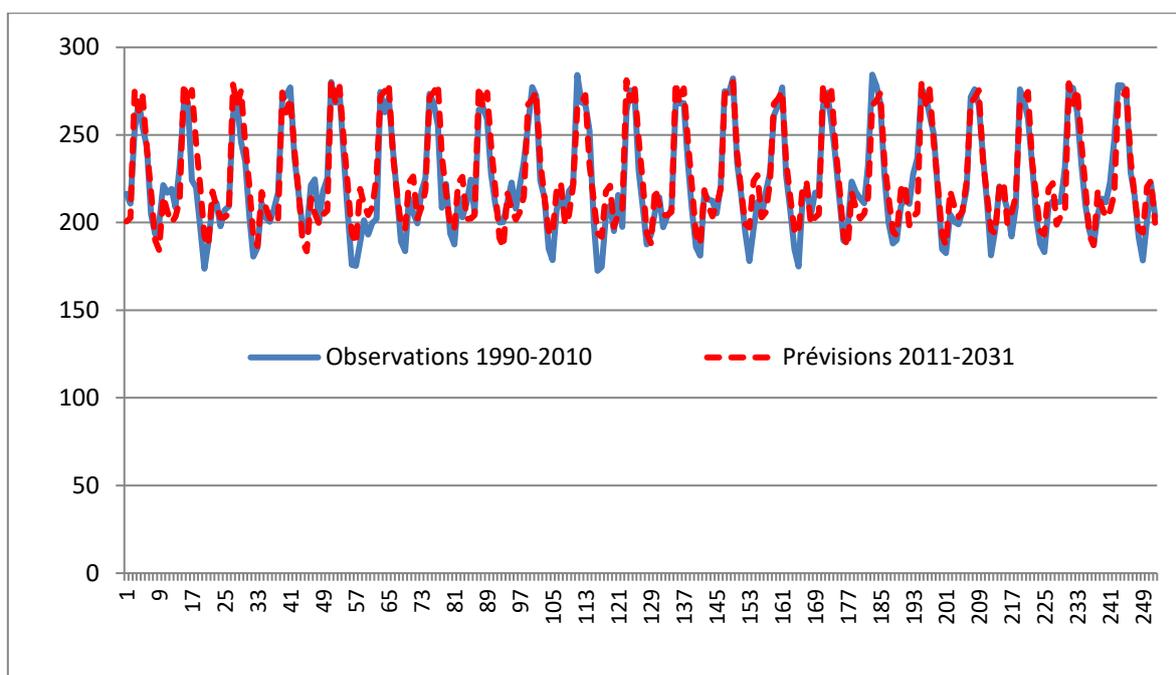


Figure 20 : Graphique comparée de l'ETP observées et simulée

### 7.2.3. Evaporation du plan d'eau

Selon Sanda et al. (2011), les températures à Tahoua connaîtront une augmentation normale d'ici 2050. De ce fait, l'évaporation à partir du plan d'eau de la mare de Tabalak sera en augmentation.

### 7.2.4. Usages de l'eau

Il s'agit des prélèvements de l'eau de la mare pour les activités socio-économiques à savoir les activités domestiques, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation. Le tableau ci-après présente la situation des prélèvements d'eau annuels sur la mare de Tabalak en 2010.

Tableau 8 : Prélèvements d'eau à des fins socio-économiques

N°	Secteurs	Nombres	Quantité	Total journalier en m <sup>3</sup>
1.	Population	20 000	10 l/j	200
2.	Cheptel (UBT)	28 684	35 l/j	1 004
3.	Irrigation	600 ha	8000 m <sup>3</sup> /ha	4 800 000 (an)

Source : PDC/Tabalak, 2010

Le taux de croissance de la population est estimée à 2,4% (INS, 2001) et celui du cheptel à 6% (RGAC, 2010).

## 7.3. Résultats des simulations

### 7.3.1. Scénario humide

Il est attendu une poursuite de la variation du volume de la mare selon les saisons (remplissage pendant la saison des pluies, étiage en saison sèche). En effet, des inondations pouvant provoquer le remplissage de la mare jusqu'à 40 millions de m<sup>3</sup> engendrera avec l'envasement de la cuvette, une remontée sensible du plan d'eau vers les zones d'habitations, les zones de pâturage et les terres irriguées des villages de Tabalak et Kéhéhé (Figure 21). Les conséquences seront donc la perte des biens immobiliers (maisons, cases, etc.) et

une baisse de la production maraîchères. Cependant, ce trop plein pourrait être utilisé pour l'irrigation de l'aménagement de Kéhéhé. Les pêcheurs gagneront aussi profit de ce remplissage exceptionnel de la mare, car la zone de pêche s'étendra loin après le pont de la RTA vers la route d'Abalak. Le tableau ci-après présente les impacts attendus selon le scénario humide.

*Tableau 9 : Impacts attendus selon le scénario humide*

Impacts négatifs attendus	Impacts positifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remontée sensible du plan d'eau;</li> <li>- Inondation des zones d'habitations;</li> <li>- Inondation des zones de pâturage;</li> <li>- Inondation des terres irriguées des villages de Tabalak et Kéhéhé</li> <li>- Pertes des productions maraîchères</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aménagement de la vallée de Kéhéhé;</li> <li>- Amélioration de la capture des poissons;</li> <li>- Recharge de la nappe.</li> </ul>

### 7.3.2. Scénario sec

La vidange de la mare selon le scénario sec sera moyen à sévère, avec une descente du volume d'eau à moins de 7 millions de m<sup>3</sup> d'eau en saison sèche (Figure 22). Ceci réduira considérablement la disponibilité en eau pour les irrigants et la baisse de la capacité de reproduction des poissons. Les impacts attendus de ce scénario sont :

- Insuffisance d'eau pour l'irrigation ;
- Risque de conflits entre les exploitants ;
- Perte des certaines espèces piscicoles ;
- Baisse de la nappe phréatique ;
- Perte de la biodiversité végétale ;
- Exode de la population ;
- Etc.

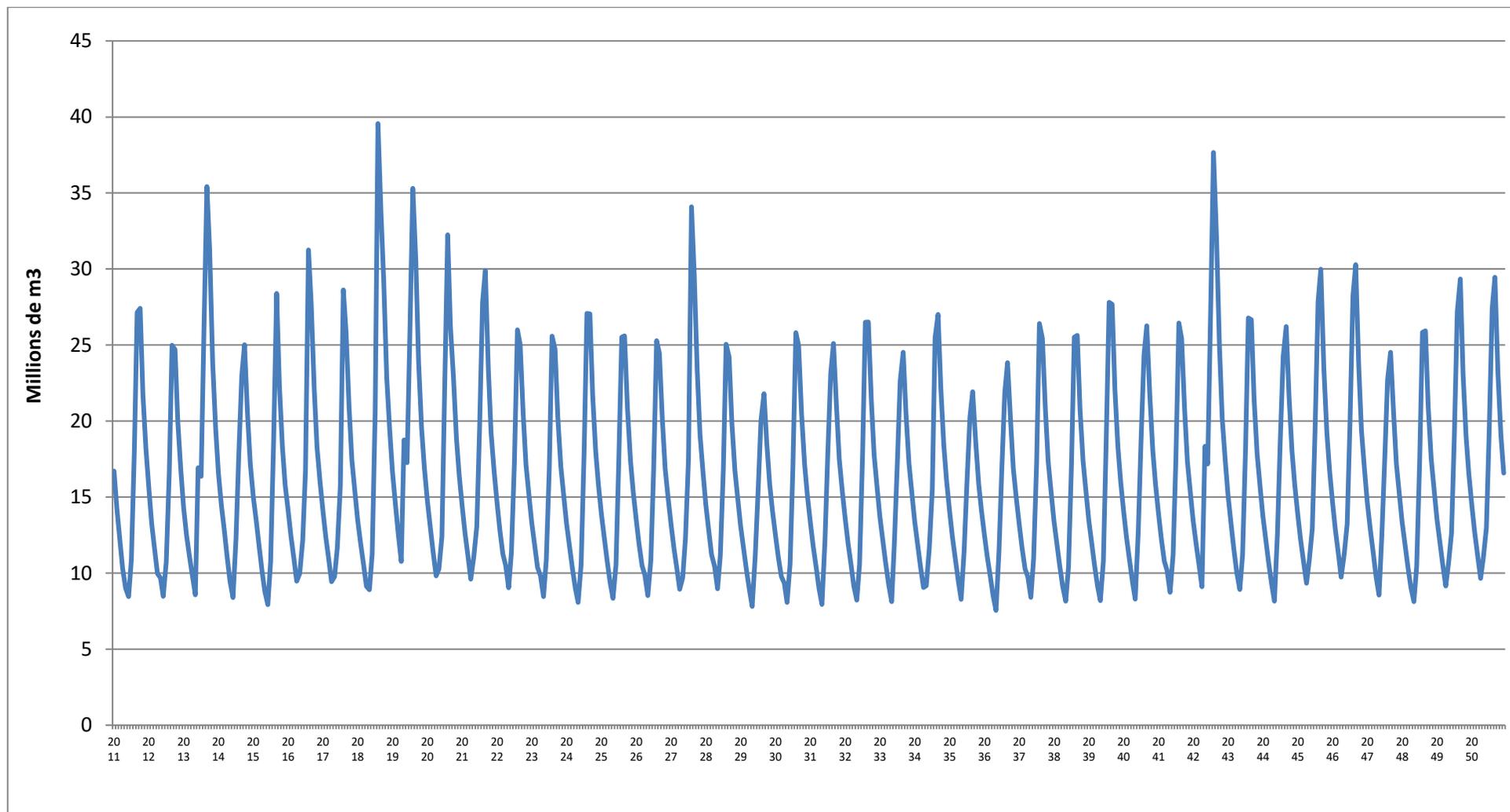


Figure 21 : Simulation du volume de la mare de Tabalak (en million de m<sup>3</sup>) selon le scénario humide (2011 – 2050)

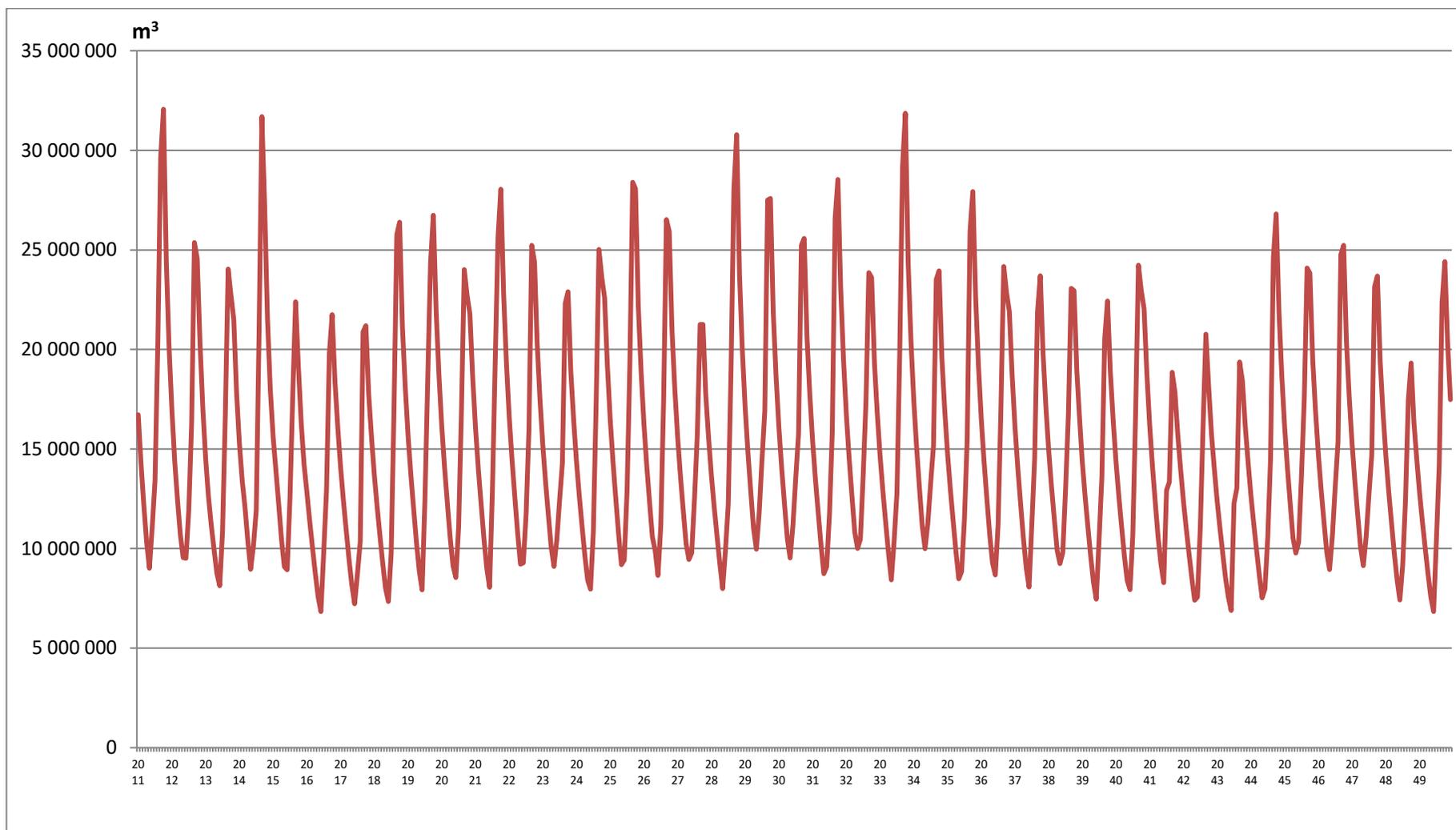


Figure 22 : Simulation du volume de la mare de Tabalak (en m³) selon le scénario sec (2011-2050)

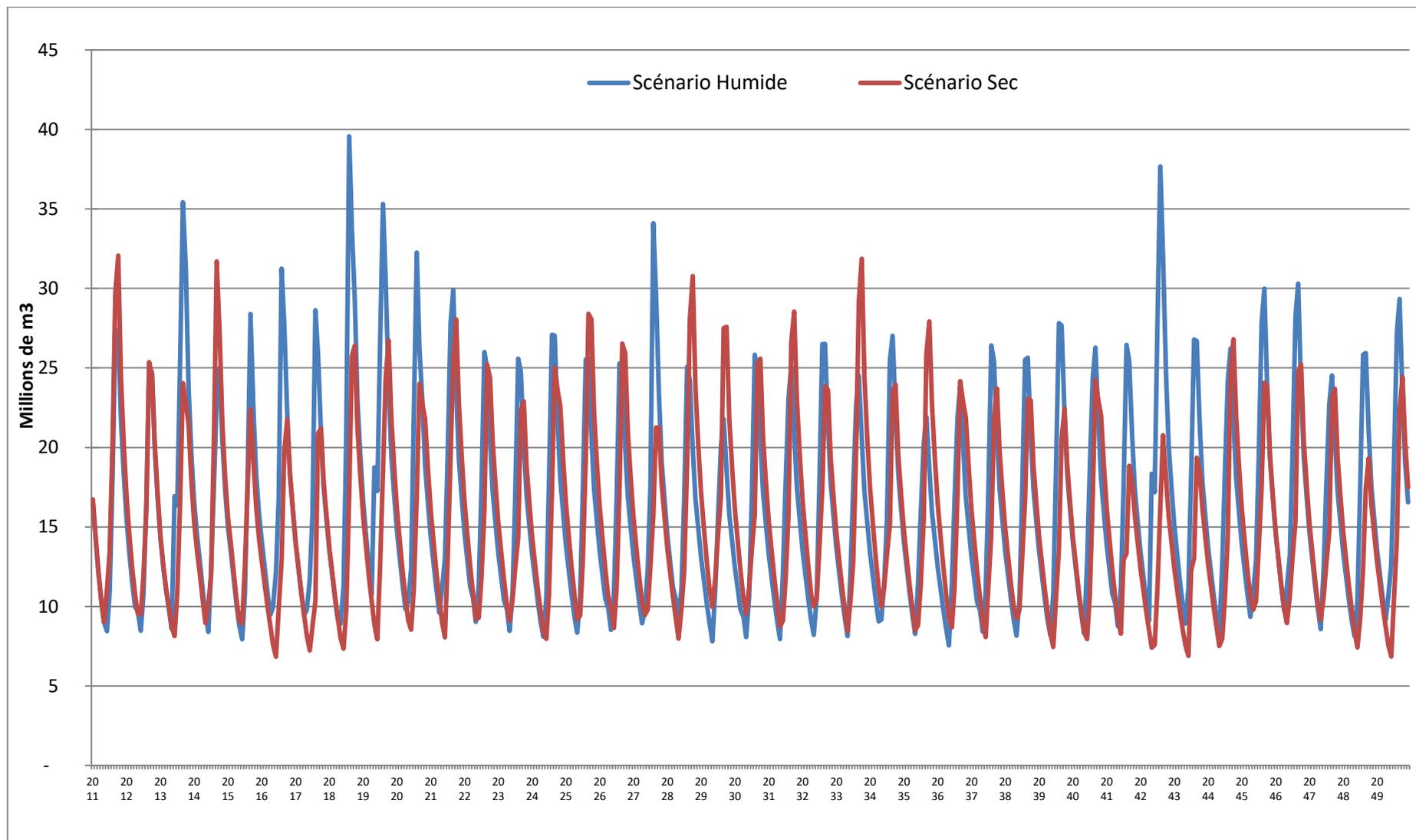


Figure 23 : Graphique comparé de l'évolution du volume de la mare de Tabalak (en millions de m³) de 2011 à 2050 (scénaris humide et sec)

## VIII. STRATEGIES D'ADAPTATION

---

La vulnérabilité des zones humides du Niger est due entre autres aux variabilités saisonnières de plus en plus drastiques des crues, ainsi que l'amenuisement régulier des volumes d'eau qu'elles emmagasinent.

Ces variations sont liées principalement :

- à la réduction ou à la mauvaise répartition des précipitations ;
- aux pressions anthropiques (destruction du couvert végétal, pression animale, usage domestique, etc.) ;
- à l'ensablement ou au comblement des zones humides ;
- à l'importante évapotranspiration.

Ceci a pour conséquences la régression tant en surface qu'en qualité des zones humides.

Pour pallier cette situation, des mesures d'adaptation des zones humides aux changements climatiques doivent être prises afin d'assurer de façon durable la multiplication de leurs fonctions. Ces mesures doivent nécessairement être basées sur des principes de gestion participative durable, avec une démarche suffisamment maîtrisable dans le cadre d'activités à planifier à l'échelle communautaire.

Les différentes stratégies portent sur la protection environnementale des zones humides et de leur bassin versant, l'information et la sensibilisation des acteurs et le renforcement des capacités des parties prenantes.

Pour la mise en œuvre de ces stratégies les actions suivantes doivent être entreprises :

- le traitement biologique et mécanique des bassins versants dégradés des zones humides ;
- l'empoissonnement et l'introduction des espèces piscicoles adaptées ;
- le développement des opérations de productions piscicoles à travers :
  - le développement de l'apiculture moderne ;
  - la vulgarisation des espèces fourragères ;
- la sensibilisation intégrée, formation et vulgarisation ;
- la mise en place des cadres de gestion concertée ;
- la surveillance environnementale ;
- le reboisement de protection et de production ;
- la réintroduction d'espèces ligneuses et herbacées de valeur et d'utilité sociale (artisanat, pharmacopée, fourrage) ;
- l'introduction de l'agroforesterie ;
- le développement de l'arboriculture fruitière ;
- le développement de l'aviculture moderne ;
- le désenclavement des zones humides ;
- l'élaboration du Schéma d'aménagement foncier (SAF) ;
- la lutte contre les plantes envahissantes (faucardage) ;
- le surcreusement et le désensablement des mares après études préalables ;
- la réalisation d'ouvrages de retenue et des travaux de génie rural ;
- le suivi et l'entretien (voire réaménagement) des ouvrages ;
- la lutte contre les pollutions (eaux usées, rejets industriels et ménagers, plantes envahissantes) ;
- la réglementation de l'utilisation de la faune et de la flore sauvage afin que les éléments des

systemes des zones humides ne soient pas surexploités.

Toutes ces actions doivent être suivies des mesures d'accompagnement dans le domaine de la recherche et de la sensibilisation du public à savoir :

- l'étude des systèmes de production et les filières ;
- l'étude sur les possibilités de mise en valeur des potentialités non encore exploitées qu'offrent les zones humides ;
- la mise au point de méthodes pour la surveillance continue des modifications écologiques et pour prévoir l'évolution des caractéristiques des zones humides en fonction des pressions exercées par leurs utilisations actuelles ;
- l'amélioration des connaissances de base relatives aux fonctions et aux valeurs des zones humides, en particulier les valeurs socio-économiques de ces zones, afin d'acquérir des connaissances sur les techniques traditionnelles de gestion utilisées par les populations locales ainsi que sur les besoins de ces populations ;
- l'amélioration des connaissances en matière de classification scientifique des micro-organismes, de la flore et de la faune des zones humides, et dépôt de spécimens d'étude dans des musées ou autres institutions appropriées ;
- l'élaboration de méthodologies pour l'évaluation des pratiques d'utilisation durable ;
- la fourniture de données en vue de l'élaboration de technologies de substitution ou d'utilisation rationnelle ;
- la mise au point de techniques de restauration des zones humides. ;
- la constitution d'une base des données sur les zones humides.

## CONCLUSION

---

Les impacts des changements climatiques sur les ressources naturelles de nos jours n'ont plus besoins d'être démontrés. Le plus difficile est de les quantifier. Le présent exercice contribue à une meilleure évaluation quantitative de ces impacts malgré les insuffisances relatives. La prise des mesures pour solutionner certaines difficultés et la poursuite des études socio-économiques et environnementales permettront de mieux cerner les diverses relations entre les populations, les zones humides et le climat.

Les prévisions climatiques issues des modèles ont révélé des scénarii pessimistes, ce qui a donné des résultats très pessimistes sur l'évolution de la mare. Pour cela, la présente application doit être refaite sur la base des prévisions pluviométriques plus réalistes.

D'une manière générale, des mesures et actions d'adaptation et/ou d'atténuation des effets aux impacts des changements climatiques doivent être prises et mise en œuvre afin de garantir à nos enfants et petits enfants un environnement moins austère.

Concernant la présente étude, au vu des insuffisances relevées notamment le manque de données et l'absence de modèles spécifiques, il convient de :

- élaborer et mettre en œuvre des programmes de surveillance continue permettant de rassembler une banque de données sur toutes les composantes écologiques des sites ;
- asseoir un système de suivi environnemental des quelques zones humides afin de collecter le maximum de données ;
- de penser en collaboration avec les pays sahéliens et les partenaires au développement (Bureau exécutif de la Convention Ramsar) à la mise au point d'un ou des modèles d'évaluation des impacts des changements climatiques sur les zones humides ;
- réaliser des études approfondies au plan national (en mettant à contribution les institutions d'enseignement et/ou de recherche) sur les zones humides du Niger.

La validation récente du document portant sur la Politique nationale sur les zones humides du Niger constitue une avancée dans l'engagement du Gouvernement à porter une attention particulière dans ce domaine.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

1. Awaïss ABOUBACAR, 1997. Les Zones Humides du Niger : Inventaire et Potentiel, Projet Appui à la Gestion des Zones Humides du Niger, DFPP/MH/E Convention RAMSAR, 71 P Annexes.
2. Charcha Salissou, 2001. Indicateurs d'existence d'avantages potentiels de la mare de Tabalak. Mémoire de Fin d'études du Cycle d'Ingénieurs des Techniques Agricoles (Option : Eaux et Forêts), 55 pages
3. CNEDD, 2000. Etude sur l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques dans le secteur zones humides. Seconde communication nationale, 80 pages
4. Commune rurale de Tabalak, 2010. Plan de développement communal 2010 – 2014, 115 pages
5. Direction régionale de l'Hydraulique de Tahoua, 2005. Rapport d'étude bathymétrique et de fixation d'échelles limnimétriques à la mare de Tabalak, 4 pages
6. Gassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H. & Arnold, J. G. (2007) The soil and water assessment tool: historical development, applications and future directions, Transactions of ASABE, 50(4), pp. 1211–1250.
7. Haut Commissariat au Barrage de Kandadji, 2000. Etude de faisabilité du barrage de Kandadji.
8. LUCOP-Tahoua, 2006. Etude sur la mise en place des mécanismes de gestion concertée et durable autour des ressources naturelles de la mare de Tabalak, 87 pages
9. Maoudé Koroney, 1988. Contribution à l'étude hydrogéologique du Tadiss de Tahoua. Mémoire pour l'obtention du Diplôme de 3<sup>ème</sup> Cycle d'hydrogéologie, 110 pages
10. MDR/DAERA, 2000. Projet de développement hydro-agricole de Kéhéhé, Etude de faisabilité. 50 pages
11. MH/DRE, 1981. Aménagement hydro-agricole de la vallée de la Tarka (Niger). Tome 1 : Etude et modalités d'exploitation des eaux souterraines, 75 pages
12. MHE/DFPP, 2006. Diagnostic sur les zones humides du Niger, 56 pages
13. NEITSCH, S.L., ARNOLD, J.G. KINIRY, J.R. WILLIAMS, J.R., 2004: Soil and water assessment tool theoretical documentation, version 2005.
14. PAC : Schéma d'aménagement du site FEM du bassin versant de Tabalak. Octobre 2006
15. STER, 1976 : Etudes sur les mares aménageables dans les Départements de Tahoua et Zinder. Tome II, 3.1. Mare de Tabalak.
16. STUDI, 2001 : Projet de Développement hydro-agricole de Kéhéhé. Etude de Faisabilité. Annexe vol. 1. Hydrologie-hydrogéologie. Rapport, 52 p. & annexes

## ANNEXES

---

**Tableau (Excel) pour la simulation du volume d'eau de mare (Scénario humide)**

Date		Pluies	ETP	Vin	Le	Vruis	Vevap	Vpérim	Vchep	Vdom
1er janv. 2011	<b>2011</b>	0,00	200,6	16 715 294	0	-	1 824 013	560 000	30 120	6 000
1er févr.		0,00	202,7	14 295 161	0	-	1 403 560	655 000	30 120	6 000
1er mars		0,00	275,4	12 200 482	0	-	1 341 263	500 000	30 120	6 000
1er avril		0,00	263,8	10 323 098	0	-	968 713	310 000	30 120	6 000
1er mai		3,97	272,0	9 008 265	0,311191	295 631	737 750	80 000	30 120	6 000
1er juin		44,73	242,1	8 450 027	3,546023	3 368 721	568 971	335 000	-	6 000
1er juil.		108,79	217,8	10 908 777	9,026303	8 574 988	888 986	410 000	-	6 000
1er août		142,71	189,8	18 178 780	12,26328	11 650 115	2 329 890	345 000	-	6 000
1er sept.		73,49	184,3	27 148 004	5,924313	5 628 098	4 906 724	440 000	-	6 000

**Tableau (Excel) pour la simulation du volume d'eau de mare (Scénario sec)**

Date	Pluies	ETP	Vin	Le	Vruis	Vevap	Vpérim	Vchep	Vdom	Vfin
1er janv. 2011	0,00	200,6	16 715 294	0	-	1 824 013	560 000	30 120	6 000	14 295 161
1er févr.	0,00	202,7	14 295 161	0	-	1 403 560	655 000	30 120	6 000	12 200 482
1er mars	0,00	275,4	12 200 482	0	-	1 341 263	500 000	30 120	6 000	10 323 098
1er avril	0,00	263,8	10 323 098	0	-	968 713	310 000	30 120	6 000	9 008 265
1er mai	3,97	272,0	9 008 265	0,311191	295 631	737 750	80 000	30 120	6 000	8 450 027
1er juin	44,73	242,1	8 450 027	3,546023	3 368 721	568 971	335 000	-	6 000	10 908 777
1er juil.	108,79	217,8	10 908 777	9,026303	8 574 988	888 986	410 000	-	6 000	18 178 780
1er août	142,71	189,8	18 178 780	12,26328	11 650 115	2 329 890	345 000	-	6 000	27 148 004
1er sept.	73,49	184,3	27 148 004	5,924313	5 628 098	4 906 724	440 000	-	6 000	27 423 378