

REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT

**PROJET TUN/98/001**

**PROJET DE DEVELOPPEMENT DE LA PISCICULTURE**

**CONTINENTALE EN TUNISIE**

---

**Rapport de mission en Tunisie**  
**(du 17 juillet au 8 août 1999)**

**Olivier Mikolasek**

Octobre 1999

**Rapport n° 99040**



**CIRAD-EMVT**  
Département d'élevage et de médecine vétérinaire  
Programme Productions Animales/Aquaculture  
**GAMET**  
BP 5095  
34033 Montpellier Cedex 1 - France

REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTERE DE L'AGRICULTURE

PROGRAMME DES NATIONS UNIES  
POUR LE DEVELOPPEMENT

**PROJET TUN/98/001**

**PROJET DE DEVELOPPEMENT DE LA PISCICULTURE  
CONTINENTALE EN TUNISIE**

---

**Rapport de mission en Tunisie**

**(du 17 juillet au 8 août 1999)**

**Olivier Mikolasek**

Auteurs : **Olivier Mikolasek**

Organisme auteur : **CIRAD-EMVT Programme Productions Animales - Aquaculture**

Titre : **Projet de développement de la pisciculture continentale en Tunisie**

Etude financée par : **Projet D.P.C. TUN-98-001-A-01-99**

Au profit de : **Ministère Agriculture, République Tunisienne**

Date et lieu de publication : **Octobre 1999, Montpellier**

Pays concerné : **Tunisie**

Mots-clés : Tunisie, Eaux géothermales, Aquaculture, Tilapia, bassins, cages

Résumé :

La présente étude vise à identifier des sites favorables à une production de tilapia en eaux géothermales et en cages flottantes dans les barrages du Sud Tunisien. Dans les Gouvernorats de Gabes, Kébili et Tozeur, plusieurs sites de grossissement représentatifs de la diversité existante sur le terrain ont été sélectionnés avec le concours des techniciens de chaque Commissariat Régional au Développement de l'Agriculture, puis visités. Ces visites ont permis de dégager trois types de sites favorables au grossissement de tilapia en eaux géothermales, deux sur le Complexe Intercalaire (CI) et un sur le Complexe Terminal (CT). Le premier type (CI) est représenté par les sites de Béchima (Gvt. de Gabes), de Djidiada et Mansoura (Gvt. de Kébili) et de Bouabdellah (Gvt. de Kébili), le deuxième (CI) par les projets de serriculture qu'ils soient « paysans » (Débababcha, Gvt. de Kébili et El Hamma site I, Gvt. de Tozeur) ou « industriels » (Gaprim-Samec et SAGE, Gvt. de Gabes), et le troisième (CT) par l'exploitation El Had Mansour d'El Ménéchi (Gvt. de Tozeur). Le premier type offre la possibilité d'intercaler une production de tilapia entre le dispositif de refroidissement des eaux géothermales et l'irrigation des oasis. Le deuxième type repose essentiellement sur l'utilisation des eaux « refroidies » issues du chauffage des serres maraîchères. Dans les deux cas, le contrôle sur toute l'année de la température et l'approvisionnement en eaux des bassins de grossissement prévoient un bassin « tampon ». Le troisième type permet une utilisation directe des eaux de forage à des fins piscicoles dans des bassins existants ou à créer. Un bilan-diagnostic de l'écloserie de l'INSTM de Béchima ( Gvt. de Gabès) est réalisé dans la perspective de fournir en quantités suffisantes les juvéniles de tilapia nécessaires à la mise en œuvre de 4 à 5 pilotes de grossissement. Le présent bilan diagnostic conclut que la Station de Béchima offre des conditions favorables à la production de juveniles de tilapia sous réserve d'envisager de compléter certains investissements et équipements. Les travaux à réaliser et les équipements et fournitures à acquérir sont détaillés. Il est par ailleurs recommandé de doter la Station de bassins de grossissement extérieurs afin qu'elle puisse aussi devenir l'un des sites pilotes de grossissement. Les limites et les conditions d'installation de cages flottantes pour le grossissement de tilapia dans le lac de barrage de Sidi Saad sont présentées et discutées. Sur la base des informations consultées, le lac de Sidi Saad présente

**du mois de mai à octobre des conditions favorables à l'élevage du tilapia. Il s'agirait d'organiser annuellement une transhumance de poissons des plaines de Gabes aux collines de Sidi-Saad.**

**Au vu de ce travail d'identification, il apparaît que pour des raisons économiques (coût élevé des principaux facteurs de production), les systèmes d'élevage possibles en eaux géothermales ou dans le lac de Sidi Saad seront inévitablement de type intensif à hyper-intensif. Dans ce contexte, conviendrait d'envisager la fabrication en Tunisie d'un aliment tilapia de qualité en mesure d'assurer le meilleur rapport performances biotechniques/coût.**

© Ministère de l'Agriculture/CIRAD-EMVT 1999  
Tous droits de traduction, de reproduction par tous procédés de diffusion et de cession  
réservés pour tous pays.

# SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>DEROULEMENT DE LA MISSION</b>   | <b>1</b>  |
| <b>RAPPEL DES TERMES DE REFERENCES DU CONSULTANT EN AQUACULTURE TILAPIA</b>  | <b>4</b>  |
| <b>1 IDENTIFICATION DES SITES POSSIBLES POUR LA PRODUCTION DE TILAPIA EN EAUX GEOTHERMALES ET DES SITES FAVORABLES A L'IMPLANTATION DE CAGES DANS LES BARRAGES POUR LE GROSSISSEMENT DU TILAPIA DANS LE SUD TUNISIEN</b> | <b>5</b>  |
| <b>1.1 IDENTIFICATION DE SITES EN EAUX GEOTHERMALES DANS LES GOUVERNORATS DE GABES, KEBILI ET TOZEUR</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1.1 Méthodologie   | 5         |
| 1.1.2 Généralités sur les ressources géothermales et éléments du climat du Sud Tunisien  | 6         |
| 1.1.3 Ressources et sites en eaux géothermales du Gouvernorat de Gabes   | 8         |
| 1.1.4 Ressources et sites en eaux géothermales du Gouvernorat de Kébili  | 19        |
| 1.1.5. Ressources et sites en eaux géothermales du Gouvernorat de Tozeur   | 25        |
| 1.1.6. Typologie des sites favorables à la production de tilapia en eaux géothermales  | 28        |
| 1.1.7. Impact des principales contraintes sur le système d'élevage   | 34        |
| <b>1.2 POSSIBILITE D'UNE PRODUCTION DE TILAPIA EN CAGES FLOTTANTES DANS LE LAC DE BARRAGE DE SIDI SAAD</b>   | <b>35</b> |
| 1.2.1 Caractéristiques du barrage  | 35        |
| 1.2.2. Les paramètres du milieu  | 36        |
| <b>1.3 CONCLUSIONS</b>   | <b>37</b> |
| <b>2 ECLOSERIE DE L'INSTM (BECHIMA, GOUVERNORAT DE GABES) BILAN DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS EXISTANTES</b>  | <b>39</b> |
| <b>2.1. INTRODUCTION</b>   | <b>39</b> |
| <b>2.2 HYPOTHESES</b>  | <b>39</b> |
| 2.2.1. Hypothèses de production  | 39        |
| 2.2.2. Evaluation des débits   | 40        |
| <b>2.3. BILAN DIAGNOSTIC</b>   | <b>41</b> |
| 2.3.1. Un site favorable   | 41        |
| 2.3.2. Un contrôle insuffisant du débit et de la température   | 42        |
| 2.3.3. Des structures d'élevage à compléter pour fournir en juvéniles de tilapia les pilotes de grossissement  | 45        |
| 2.3.5. Un bloc laboratoire – bureau(x) – sanitaire à construire  | 46        |
| 2.3.6. Du matériel de laboratoire et des consommables à acquérir   | 46        |
| 2.3.7. Le personnel et la gestion de la station  | 47        |
| 2.3.8. Des premiers résultats techniques encourageants, mais encore modestes   | 47        |
| <b>2.4. CONCLUSION</b>   | <b>48</b> |
| <b>REFERENCES CITEES</b>   | <b>50</b> |
| <b>ANNEXE 1 : LES REFROIDISSEURS</b>   |           |
| <b>ANNEXE 2 : DONNEES AGRICOLES</b>  |           |
| <b>ANNEXE 3 : DIFFERENTS NIVEAUX D'INTENSIFICATION DES SYSTEMES D'ELEVAGE PISCICOLE</b>  |           |

## **DEROULEMENT DE LA MISSION 17 JUILLET AU 06 AOUT 1999**

- Samedi 17 juillet : Arrivée à Tunis
- Dimanche 18 juillet : Tunis
- Lundi 19 juillet : Départ de Tunis pour Gabes  
Rencontre avec M. O. ZOGHLAMI, chef du Service d'Arrondissement de la Pêche et l'Aquaculture de la 5° Région, et son adjoint M. ALI CHOUKET
- Mardi 20 juillet : Départ 10H.00 sur El Hamma,  
Prise de contact avec M. A. DORGHAM de l'Institut National des Sciences et Technologie de la Mer (INSTM) à l'écloserie de Béchima  
Visite de la ferme de Charfaprim  
Visite de la société « la 5° Saison », entretien avec M. BENJIMA, Directeur technique et M. KAMEL HAMED, Ingénieur, en présence de M. HADJ ALI ABDELLATIF chef de la Cellule Technique de Vulgarisation Agricole (CTVA) de El Hamma, et M. O. ZOGHLAMI
- Mercredi 21 juillet : Rencontre au Commissariat Régional pour le Développement de l'Agriculture (CRDA) avec M. HAMADI CHTIOUI, Commissaire Régional au Développement Agricole de Gabes  
Visites de la société Gaprim-Samec et de la société Sage  
Arrêt au bord du refroidisseur de Chenchou 1  
Entretien avec M. HADJ ALI ABDELLATIF (récapitulatif des visites)
- Jeudi 22 juillet : Entretien avec M. GHOUDI, chef (par intérim) de l'arrondissement des Ressources en Eaux du CRDA  
Entretien avec M. KACEM MANSOUR, chef de l'arrondissement des Périmètres Irrigués du CRDA  
Entretien avec M. SELLAMI FETHI, chef (par intérim) de la Production Animale du CRDA  
Visites de deux sociétés de fabrication d'aliment pour bétail : S.A.C.S et Abdel Maghir Rabah à Metouia
- Vendredi 23 juillet : Visite de l'écloserie de l'INSTM de Béchima, et entretien avec M. A. DORGHAM.
- Samedi 24 juillet : Réunion de synthèse en présence de M. le Commissaire du CRDA et M. ZOGHLAMI.

- Rencontre de M. BELKHIR MOHEDDINE sur le site de la société SAGE.
- Dimanche 25 juillet : Départ sur Tunis
- Lundi 26 juillet : Rencontre de Mme NEJIBA MISSAOUI, Directeur National du Projet TUN/98/00, DGP  
Rencontre de M. EL ABED AMOR, Directeur Général de l'INSTM à Salambo et de M. ISMAEL BELAGHA, Secrétaire Général de l'INSTM  
Départ sur Gabes
- Mardi 27 juillet : Rencontre de l'équipe de la station de recherche de Bechima (INSTM) : M. BRAHIM TURKI, Chef du projet de recherche « tilapia », M. ABDELLATIF DORGHAM, Mme K. GUETTAT et M. NAJI ABALLAH  
Entretien avec M. NEJIB ZAROUK, Directeur des Sociétés Gaprim-Samec
- Mercredi 28 juillet : Visite avec M. A. DORGHAM des fabriques d'aliment, de la société Gaprim-Samec, de la station de recherche  
Entretien avec le président de l'AIC de Béchima Bordj et visite de sa parcelle
- Jeudi 29 juillet : Départ sur Kebili  
Rencontre et entretien avec M. le commissaire SEDDIK SAAD u CRDA de Kebili, en présence de M. MOULDI BEN MOHAMED, Développement Rural, et M. ISMAÏL R'HAREM, Docteur Vétérinaire.  
Visite du refroidisseur à arrivées multiples qui alimente les oasis de Djedida et Mansoura  
Visite du refroidisseur atmosphérique de Bouardallah et du bassin d'accumulation  
Visite du nouveau projet géothermal de Débabcha.  
Visite du projet géothermal de Steftimi et entretien avec un exploitant.  
Visite des projets de Limaguesse I et II  
Visite du projet de Saïdan et de sources naturelles proches  
Visite du projet d'Oum el farth
- Vendredi 30 juillet : Visite de la source naturelle de Noueil.  
Visite du forage de Douze et de la zone touristique.  
Visite du projet de Temna  
Visite du projet de Ras Elaine, du promoteur M. MONTASSERE.  
Visite de l'IRA (Institut des Régions Arides).  
Départ sur Tozeur



- Samedi 31 juillet : Rencontre et entretien avec M. le Commissaire BECHIR DADI (par intérim) du CRDA de Tozeur, en présence de Mm. BEN ALI, Ingénieur d'Arrondissement du Génie Rural et de M. CHEBBI, Ingénieur Agronome  
Visite du refroidisseur et de deux projets géothermiques d'El Hamma.  
Entretien avec M. ABDEL MAGID RHOURA de l'IRAD de Dedeche  
Visite de l'exploitation El Menechi de M. EL HAD MANSOUR  
Départ sur Gabes  
Visite de la station Akarit de l'INSTM (bassins en terre abandonnés)
- Dimanche 01 Août : Travail de rédaction
- Lundi 02 Août : Nouvelle visite des sociétés « la 5<sup>e</sup> saison » et Charfaprim  
Recueil d'informations complémentaire sur la station de Béchima  
Retour sur Tunis
- Mardi 03 Août : Rencontre de M. la Commissaire KHEDHER ALI (par intérim) du CRDA de Kairouan en présence de M AYARI AMADI de la Direction des pêches, de M. P. DE VERDILHAC de SEPIA et de M. HEDI BELHAY JRAD du CRDA.  
Visite du barrage de Sidi Saad et rencontre des responsables du service d'exploitation de la DGETH.  
Visite avec M. TURKI de l'INSTM des barrages de Nebhena et Bir Mchergua.  
Retour sur Tunis
- Mercredi 04 Août : Préparation de la réunion de synthèse
- Jeudi 05 Août : Réunion de synthèse en présence de :  
Mm. MISSAOUAI, DGPA; M. ZOGHLAMI, DGPA; Mme BEN HASSINE, Faculté des Sciences, représentant le bureau d'études C.D.C.G.E. ; M. TURKI BRAHIM ; M. EL MANOUCHI MADJI, G.I.P.P., M. MOHAMED SALAH ROMDHANE, INAT.
- Vendredi 06 Août : Départ de Tunisie

## **RAPPEL DES TERMES DE REFERENCES DU CONSULTANT EN AQUACULTURE TILAPIA**

### **1 IDENTIFIER DES SITES FAVORABLES A UNE PRODUCTION DE TILAPIA EN EAUX GEOTHERMALES (ECLOSERIE ET GROSSISSEMENT) ET EN CAGES FLOTTANTES DANS LES BARRAGES (GROSSISSEMENT)**

Calendrier prévisionnel de la mission en Tunisie : Mois 07/1999 (en cours, 13 jours)

### **2 ETABLIR L'INVENTAIRE DES ESPECES, SOUCHES ET HYBRIDES DE TILAPIA D'AQUACULTURE DISPONIBLES DANS LE MONDE ET COMPATIBLES AVEC LES CONTRAINTES IDENTIFIEES ET LES POSSIBILITES D'IMPORTATION**

⇒ Calendrier prévisionnel de la mission en Tunisie : Mois 09/1999 (7 jours)

### **3 EVALUATION DU RISQUE ECOLOGIQUE DE L'INTRODUCTION D'UNE NOUVELLE ESPECE EN TUNISIE**

⇒ Calendrier prévisionnel de la mission en Tunisie : Mois 09/1999 (7 jours)

### **4 METTRE EN PLACE UN PROJET PILOTE DE PRODUCTION DE TILAPIA EN EAUX GEOTHERMALES (ECLOSERIE ET GROSSISSEMENT)**

⇒ *Contenu :*

(a) Bilan diagnostique des installations existantes de Béchima, exploitées par l'INSTM, et des fermes agricoles privées

(b) Organisation de l'approvisionnement en souches de tilapia pour la constitution du stock de géniteurs,

(c) Lancement du premier cycle d'élevage et appui au personnel chargé de l'exploitation.

⇒ *Calendrier prévisionnel des missions en Tunisie*

(a) Mois 07/1999 (en cours, 7 jours)

(b) Mois 10/1999 (7 jours)

(c) Mois 03/2000, 06/2000, 08/2000

### **5 METTRE EN PLACE UN PROJET PILOTE D'ELEVAGE (GROSSISSEMENT) SUR UNE RETENUE DE BARRAGE**

⇒ *Contenu :*

(a) Définition des spécifications techniques des cages flottantes

(b) Lancement du premier cycle d'exploitation et appui au personnel chargé de l'exploitation

⇒ *Calendrier prévisionnel des missions en Tunisie*

(a) Sans objet, France

(b) Mois 06/2000, 09/2000, 11/2000

# **1 IDENTIFICATION DES SITES POSSIBLES POUR LA PRODUCTION DE TILAPIA EN EAUX GEOTHERMALES ET DES SITES FAVORABLES A L'IMPLANTATION DE CAGES DANS LES BARRAGES POUR LE GROSSISSEMENT DU TILAPIA DANS LE SUD TUNISIEN**

## **1.1 IDENTIFICATION DE SITES EN EAUX GEOTHERMALES DANS LES GOUVERNORATS DE GABES, KEBILI ET TOZEUR**

### **1.1.1 Méthodologie**

La méthodologie adoptée a consisté à entrer en contact avec le CRDA de chaque Gouvernorat et à établir le programme de visites avec les techniciens mis à la disposition de la mission. D'un commun accord, il a été décidé de privilégier le temps de visites sur le nombre.

A cette fin, les visites devaient être représentatives de la diversité existant sur le terrain sur le plan des caractéristiques de la ressource en eau, des systèmes de refroidissement de l'eau, et de la valorisation et de la gestion de l'eau.

Chaque fois que cela a été possible, il a été demandé aux techniciens du CRDA d'organiser des rencontres avec les exploitants.

Des données générales ont été aussi réunies à travers des visites ou des entretiens sur l'ensemble des facteurs de l'environnement et de production qui conditionnent la faisabilité d'un élevage piscicole (Annexes 1 à 4).

La plus grande partie de la mission s'est déroulée dans le Gouvernorat de Gabes, où certains sites ont fait l'objet de plusieurs visites. Le temps consacré à l'identification des sites dans les deux autres gouvernorats a été plus court (deux ½ journées de terrain à Kébili et une ½ journée à Tozeur). Mais les visites ont ainsi bénéficié de l'expérience précédemment acquise, et l'objectif a été de dégager les spécificités propres aux sites de ces deux Gouvernorats par rapport à ceux du Gouvernorat de Gabes.

Dans le temps imparti et au regard de leur caractère ponctuel, aucune mesure de terrain n'est apparue utile, mais des propositions sont faites pour recueillir certaines données manquantes.

Nous avons aussi émis le postulat qu'un site de pisciculture en eaux géothermales doit permettre à un exploitant individuel de produire du poisson toute l'année, condition qui nous semble indispensable à la mise en œuvre d'une nouvelle filière. Les contraintes ou obstacles techniques à lever pour réaliser cette condition sont précisés.

## **1.1.2 Généralités sur les ressources géothermales et éléments du climat du Sud Tunisien**

Un rappel de quelques facteurs du climat (fragmentaires et à compléter) paraît indispensable pour situer l'environnement climatique dans lequel doivent être exploitées les eaux géothermales à des fins de pisciculture.

### *1.1.2.1 Les eaux géothermales du Sud Tunisien*

Le Sud Tunisien possède trois principaux aquifères (Mouldi B. M., 1997), le Continental Intercalaire (CI), le Complexe Terminal (CT) et le Djéffara.

Le Continental Intercalaire couvre la région de Nefzaoua, Djerib, Gabes et l'extrême sud. Il s'étend en Algérie et en Libye. Il est caractérisé par une profondeur de forage comprise entre 1.200 et 1.800 m, une forte pression, une température qui varie de 35 à 75°C et une salinité comprise entre 2,2 et 4,2 g/l.

Le Complexe Terminal couvre les régions de Nefzaoua, Gafsa et Djérid. Il est caractérisé par une profondeur de forage comprise entre 100 et 1.200 m. La température et la salinité de ses eaux varient respectivement de 20 à 45°C et de 1 à 6,5 g/l.

Le Djéffara s'étend autour de Gabes et Médenine. Il est exploité à des profondeurs de 100 à 500m, et sa température varie entre 21 et 29°C.

La prospection des sites a porté essentiellement sur le CI et le CT.

### *1.1.2.2 Les températures de l'air*

Au simple examen des températures de l'air (figure 1), il apparaît que des eaux superficielles (ou bassins) autour de Gabes qui ne bénéficieraient pas d'une source d'eau géothermale « proche », offriraient au plus 4 mois de conditions thermiques favorables à la croissance du tilapia. Seul le mois d'août présenterait des températures proches de l'optimum de croissance (+/- 28°C).

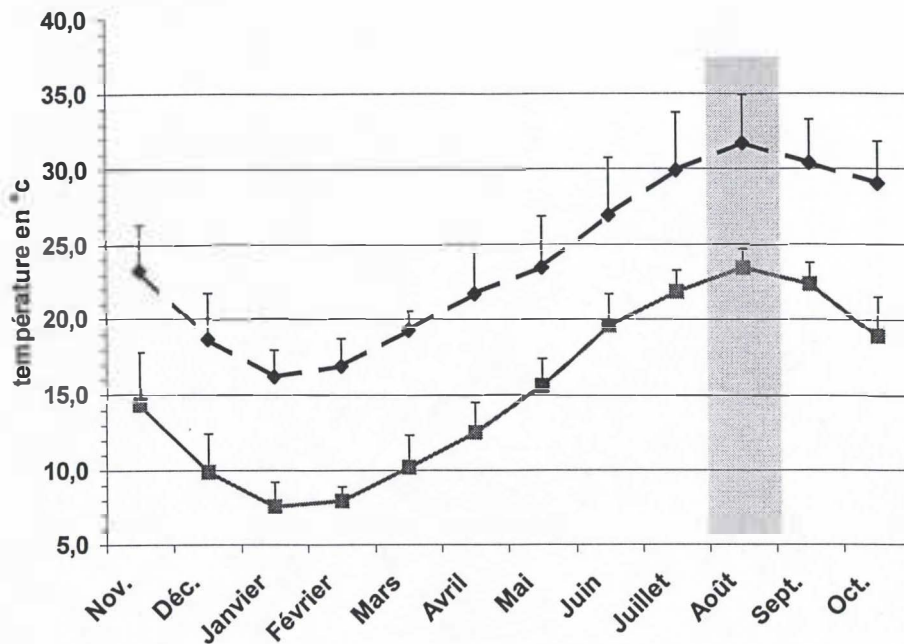


Figure 1 : Evolution des températures maximales et minimales moyennes de l'air (station de Gabes : 1977-1997), source CRDA

|        | Nov.  | Déc.  | Janv. | Fév. | Mars | Avril | Mai  | Juin | Juillet | Août | Sept. | Oct. |
|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|---------|------|-------|------|
| Gabes  | 16,80 | 12,70 | 11,5  | 13   | 15,1 | 17,6  | 20,8 | 24,1 | 26,7    | 27,5 | 25,8  | 21,6 |
| Tozeur | 17,30 | 12,50 | 11,4  | 13,6 | 16,5 | 20,5  | 24,5 | 29,2 | 32,1    | 32,1 | 28,7  | 23,5 |

Tableau 1 : Températures mensuelles moyennes de l'air.

La même conclusion peut être déduite pour les zones situées plus à l'intérieur, même si l'on assiste à un allongement de la période optimale (tableau 1). Par ailleurs, il semble qu'en été, à Tozeur, les températures minimales de l'air puissent se maintenir au-dessus de 40°C pendant quelques jours (Dorgham, communication personnelle). Les eaux de bassins d'élevage pourraient être alors proches des températures létales supérieures du tilapia (> 42°C).

Dans tous les cas, que l'on utilise des eaux chaudes ( $T^{\circ}\text{C} > 40^{\circ}\text{C}$ ) ou tièdes ( $\pm 30^{\circ}\text{C}$ ), la mise en œuvre d'un élevage piscicole suppose de rester à proximité de la source géothermale. Elle exige, en effet, une maîtrise et un contrôle précis des températures de l'eau dans un Sud Tunisien qui présente de grands écarts climatiques.

### 1.1.2.3 Précipitation et évaporation

Les précipitations annuelles à la station de Gabes sont en moyennes proches de 200 mm, mais leur importance diminue rapidement quand on s'éloigne de la mer. L'évaporation annuelle totale est d'environ 2 m (figure 2) à Gabes.

|                             | Sept         | oct.  | nov. | déc. | janv. | févr. | Mars | av   | Mai  | Juin | Juil | Août |     |
|-----------------------------|--------------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-----|
| <b>Précipitation en mm</b>  | <b>total</b> |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |     |
| Moy. de 1951 à 1990 à Gabes | 193,4        | 21,1  | 41,3 | 22,6 | 29,2  | 19,1  | 15,2 | 16,9 | 18,6 | 6,1  | 2,3  | 0,3  | 0,7 |
| 97/98 Gabes                 | 211,9        | 120,7 | 0,8  | 2,0  | 17,9  | 3,7   | 22,5 | 23,9 | 16,8 | 2,6  | 1,0  | 0,0  | 0,0 |
| 97/98 El Hamma (Gvt. Gabes) | 116,2        | 56,0  | 2,6  | 0,0  | 8,3   | 0,0   | 6,3  | 22,5 | 19,0 | 0,0  | 1,5  | 0,0  | 0,0 |
| <b>Evaporation en mm</b>    | <b>moy.</b>  |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |     |
| 96/97 moy./jour à Gabes     | 5,7          | 5,9   | 5,4  | 3,8  | 3,6   | 2,2   | 3,3  | 4,8  | 5,9  | 7,9  | 8,9  | 9    | 8,1 |

Tableau 2 : précipitations et évaporation (bac rond), source CRDA

### 1.1.3 Ressources et sites en eaux géothermales du Gouvernorat de Gabes

|                               |                          |                          |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Caractéristique de l'aquifère | Continental Intercalaire | Complexe Terminal        |
| Débit exploité /an (*)        | 681 l/s                  | 3242 l/s ? surexploité ? |
| Nombre de forages             | 12 dont 10 artésiens     | 133 certains artésiens   |
| Profondeur                    | 860 à 1524 m             | 100 à 600 m              |
| Température                   | 40 à 70°C                | 22 à 32°C                |
| Salinité                      | 2,9 à 4,5 g/l            | 2,8 à 5 g/l              |

(\*) par l'agriculture

Tableau 3 : ressources géothermales du Gouvernorat de Gabes

Un CI est exploité par des projets de serriculture de grande taille ou de taille moyenne ou les Associations d'Intérêt Collectif (AIC) des différentes oasis.

Les projets de serriculture sont alimentés directement en eau à partir des forages par des canalisations sous pression. Un débit d'eau leur est alloué.

L'eau d'irrigation allouée aux AIC est au préalable refroidie dans des « refroidisseurs », puis distribuée à travers des canaux en béton dans les oasis. La plupart et les premiers refroidisseurs sont de type atmosphérique à ventilation forcée (cf. Annexe 1).

Certaines nappes plus superficielles offrent probablement des possibilités sur des forages privés (> 5l/s), mais leurs potentialités piscicoles restent à explorer dans une phase ultérieure.

Vu l'importance des projets de serriculture et les exigences thermiques du tilapia, les visites ont concerné essentiellement les ressources du CI exploitées par des promoteurs privés. Les ressources exploitées par la SONEDE et le CT n'ont pas été prises en compte.

### 1.1.3.1 Projet Charfaprim

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Superficie totale de la ferme    | 20 ha  |
| Surface des serres de maraîchage | 2 ha   |
| Gestion de l'eau                 | AIC  |
| Origine de l'eau                 | Puits artésien CF1 ou CF11                   |
| Quantité d'eau attribuée         | 10 l/s à 66°C                                |
| Capacité du bassin tampon        | 800 m <sup>3</sup> pour 2,80 m de profondeur |
| Surface irriguée en plein champ  | Possibilités                                 |

Tableau 4 : Caractéristiques du projet Charfaprim

Le site (figure 2) a reçu une allocation de 10 l.s<sup>-1</sup> d'eaux chaudes à 66°C. En saison froide (novembre à avril/mai), la totalité de ces eaux chaudes est utilisée en continu pour réchauffer les serres. Les eaux de chauffage sont ensuite recyclées dans le bassin tampon. En sortie des serres, la température de l'eau avoisine 30°C.

Une partie des eaux (10%) est reprise par pompage dans le bassin tampon pour arroser (irrigation « localisée ») après filtration sur tamis (toile à bluter 100 µ) les cultures en serres.

Le bassin peut être aussi alimenté directement en eaux chaudes. En saison chaude (hors période de chauffage des serres), le bassin sert au refroidissement des eaux chaudes (perte de calories durant la nuit) avant leur utilisation pour arroser les cultures sous serres (la température doit rester voisine de 30°C).

Les eaux de chauffage en excès peuvent être utilisées soit par pompage, soit de façon gravitaire pour une irrigation de plein champ par aspersion.

En fait, actuellement les surplus d'eau sont utilisés par des villageois qui viennent avec des charrettes asines remplir des cuves pour arroser leurs plantations d'arbres. En échange ceux-ci arrosent les arbres fruitiers du propriétaire.

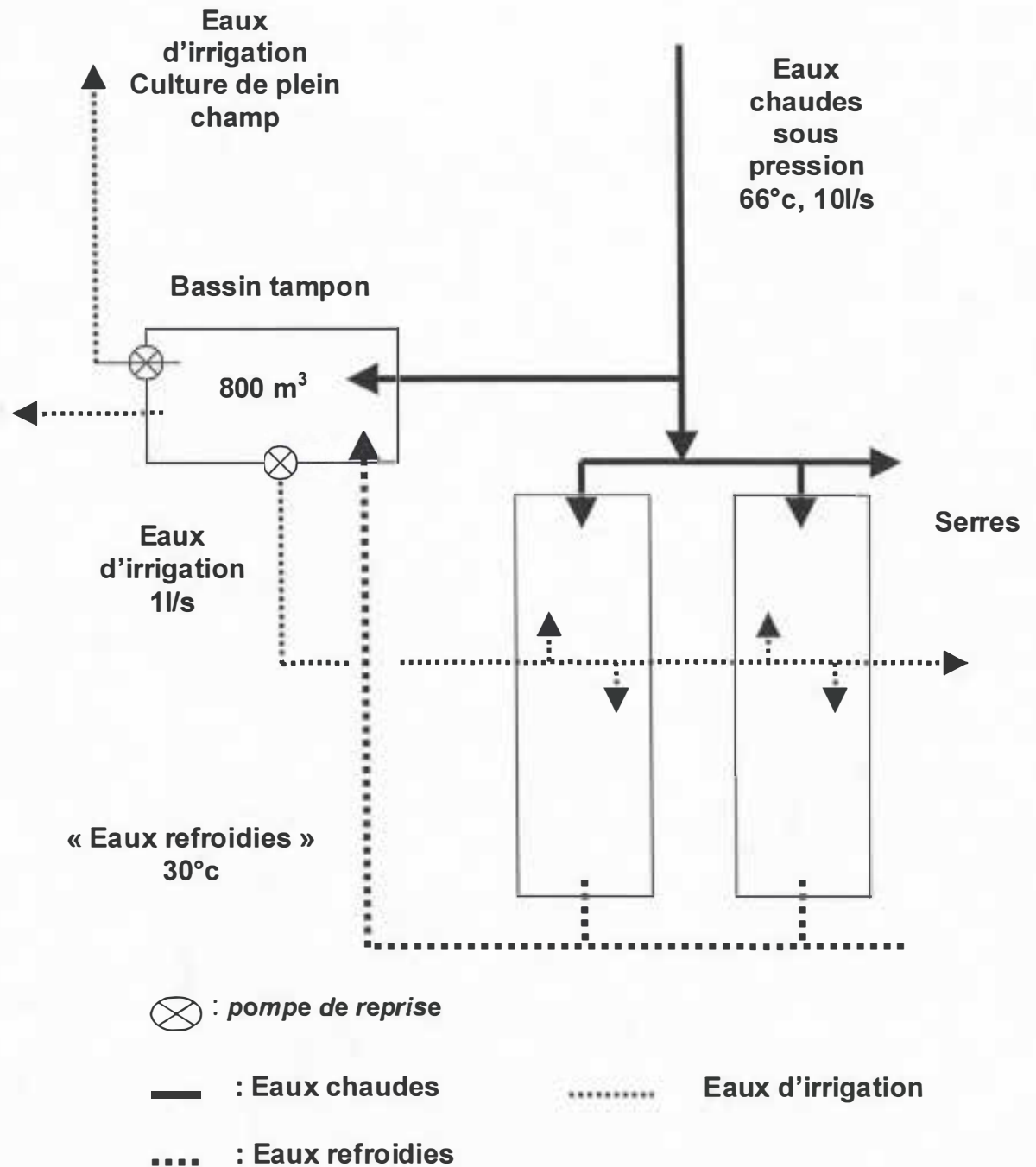


Figure 2 : Circuits d'eaux du projet Charfaprim

Notons que les visites (2) de cette ferme se sont faites sans le propriétaire, qui n'a donc pas pu donner son avis sur son éventuel intérêt pour la pisciculture.



### 1.1.3.2 Projet de la société « la 5<sup>ème</sup> saison »

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Superficie totale de la ferme    | 70 ha  |
| Surface des serres de maraîchage |  |
| - réalisé                        | 10 ha  |
| - en cours                       | 3 ha   |
| Gestion de l'eau                 | AIC/mais usage quasi exclusif                                  |
| Origine de l'eau                 | Puits artésien CF1   |
| Quantité d'eau utilisée en SF    | 50 l/s (80l/s après extension) à 66°C                          |
| Quantité d'eau utilisée en SC    | 25 l/s à 66°C  |
| Quantité d'eau refroidie en SC   | 10 l/s par 10 refroidisseurs (*)                               |
| Capacité des bassins tampons     |  |
| - bâche plastique                | 1 de 1000 m <sup>3</sup> et 1 de 2000 m <sup>3</sup> en projet |
| - béton                          | 10 de 80 m <sup>3</sup>  |
| Surface irriguée en plein champ  | Sans, mais projets   |

(\*) inclus dans les 25l/s ; SF : Saison Froide ; SC : Saison Chaude

Tableau 5 : Caractéristiques du projet « la 5<sup>ème</sup> saison »

Les principales caractéristiques de l'utilisation de l'eau sont les suivantes :

- En saison froide, de novembre en mars (souvent avril), la société utilise 50l/s d'eaux chaudes à 66°C pour assurer le chauffage des serres. A la sortie des serres la quasi-totalité de ces eaux refroidies (26 à 28°C) est disponible pour une autre activité. Seule une fraction est utilisée (de l'ordre de 10 l/s) pour l'arrosage « localisé » après passage dans les bassins tampon et reprise par pompage. L'eau traverse un filtre à sable nettoyé 1 fois/semaine et des filtres à tamis. Les eaux de retour de serres sont renvoyées vers l'oasis (45l/s). Toutefois, il est prévu dans la nouvelle extension de serres d'utiliser l'eau de retour (18l/s) pour arroser des cultures de plein champ. Le principe de circulation de l'eau est semblable à celui du projet Charprim, présenté ci-dessus.
- En saison chaude (avril et mai, août et septembre – pas d'activité en juin et juillet), 1/3 du volume des bassins tampons est utilisé par jour pour satisfaire les besoins d'irrigation des serres. L'apport d'eau du forage est discontinu (25l/s) pour assurer l'alimentation des bassins. Une partie des eaux traversent préalablement des «refroidisseurs » (10l/s) constitués de tuyaux suspendus dans l'air et vaporisés d'eaux. Le temps de séjour de l'eau dans le bassin (perte de calories durant la nuit) et le mélange d'eau refroidie permettent de maintenir l'eau d'irrigation des cultures de tomate au-dessous de 34°C (cf. figure 3).

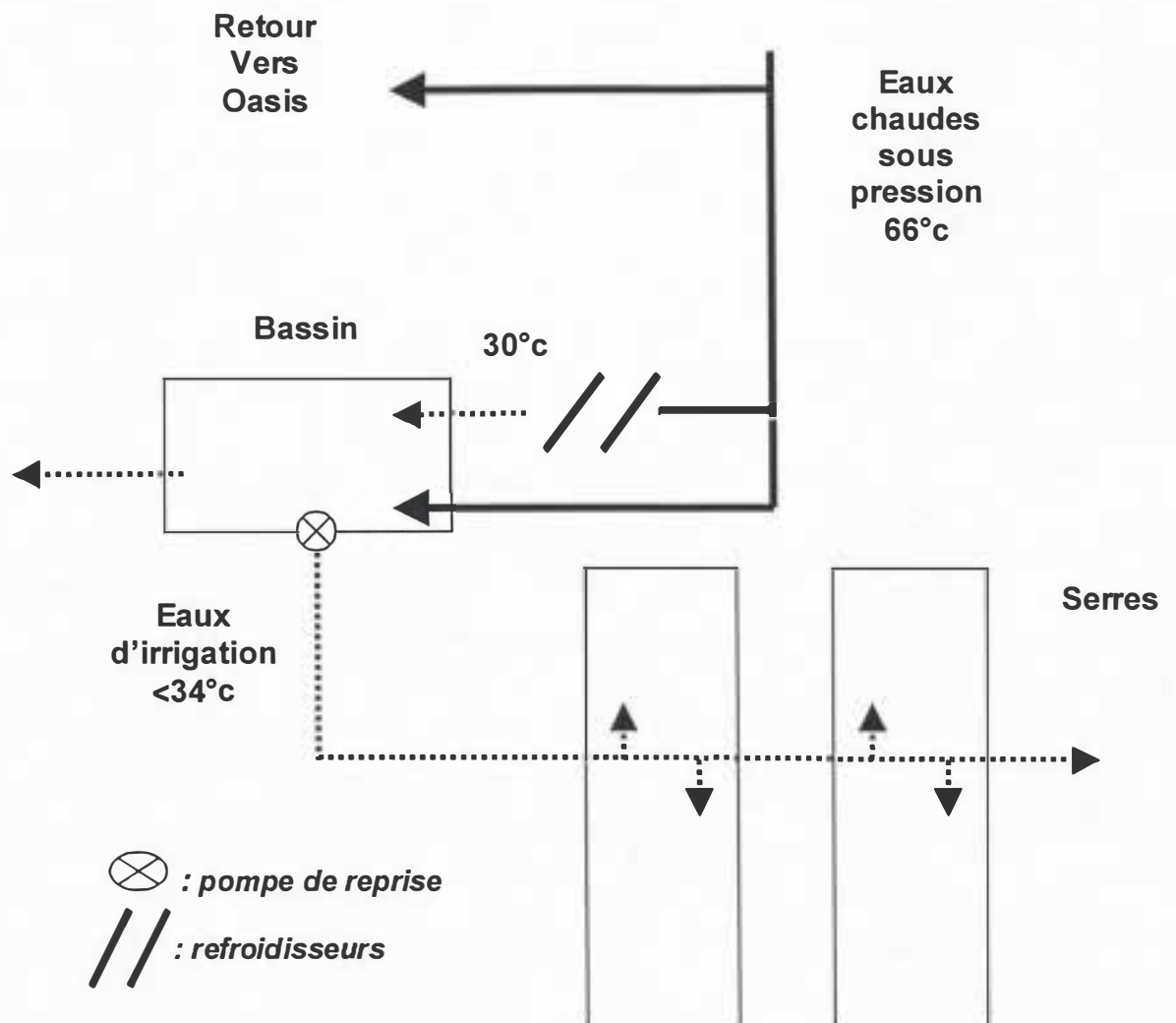


Figure 3 : Circuits d'eau en saison chaude du projet de la « 5<sup>ième</sup> saison »

Pour l'instant, la société pratique exclusivement la culture de tomates (Annexe 2). Les rendements sont en moyenne de 14 kg/m<sup>2</sup>, 20 kg/m<sup>2</sup> sur les meilleures serres. Au moins, 70% de la production doit être exportée pour bénéficier des avantages octroyés à ce type de sociétés par le gouvernement.

Ce projet existe depuis 4 ans. La direction générale se trouve à Tunis. Le groupe dirige aussi une autre société, « Maghreb Agro système », qui distribue du matériel d'irrigation. La société « 5<sup>ième</sup> saison » recherche des activités à haute valeur marchande, mais dans l'immédiat sa montée en puissance mobilise toutes ses ressources humaines. Son directeur technique, rencontré lors des visites, se montre plutôt sceptique sur les possibilités de développer une activité piscicole. Cependant

la société serait prête à accueillir un partenaire, et, après étude, lui mettre à disposition le terrain, des parts d'eau pour une activité d'exportation de poissons (?).

### 1.1.3.3 Projet de la société Gaprim-Samec

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Superficie totale                | 80 ha                                    |
| Surface des serres de maraîchage | 8 ha                                     |
| Gestion de l'eau                 | Individuelle                             |
| Origine de l'eau                 | Pompage                                  |
| Quantité d'eau utilisée en SF    | 80l/s à 53°C                             |
| Quantité d'eau utilisée en SC    | < 1/10 des eaux de chauffage             |
| Capacité des bassins tampons     |  |
| - bâche plastique                | 1 de 1000 m <sup>3</sup>                 |
| - béton                          | 1 de 3000 m <sup>3</sup>                 |
| - cimenté                        | 1 de 2000 m <sup>3</sup> à reprendre (*) |
| Surface irriguée en plein champ  | Melons, fourrage...                      |

(\*) coût 7000 Dinars, il y a 10 ans : 50 x 20 x 2m

Tableau 6 : Principales caractéristiques du projet Gaprim-Samec

La caractéristique de ce site est de disposer de son propre forage. Le forage est situé dans la partie la plus élevée de la propriété, offrant ainsi des possibilités d'écoulement gravitaire de l'eau.

La circulation de l'eau n'est pas différente de celle des autres projets (figure 4). En saison chaude, l'eau d'arrosage des cultures est refroidie naturellement en augmentant son temps de séjour dans les bassins, qui sont alimentés de façon discontinue. Dans certains cas, les circuits de chauffage existant sont utilisés comme « refroidisseurs ». Notons que les eaux ont une température de 13°C inférieure aux deux projets précédents, ce qui facilite leur refroidissement en période chaude.

Le promoteur est intéressé par la pisciculture. Il est prêt à accueillir un pilote et à apporter « en nature » sa contribution : terrain, eau, suivi quotidien. Il n'exclut pas l'utilisation piscicole des bassins tampons, en particulier celui de 3000 m<sup>3</sup> construit en béton. Le bassin de 2000 m<sup>3</sup> présente aussi des possibilités d'utilisation, sous réserve d'une remise en état.

L'enrichissement de l'eau et l'augmentation de la turbidité de l'eau du bassin provoqués par la mise en élevage de poissons est perçu plus comme un avantage (apport de P et N), qu'une contrainte (colmatage accru des filtres).

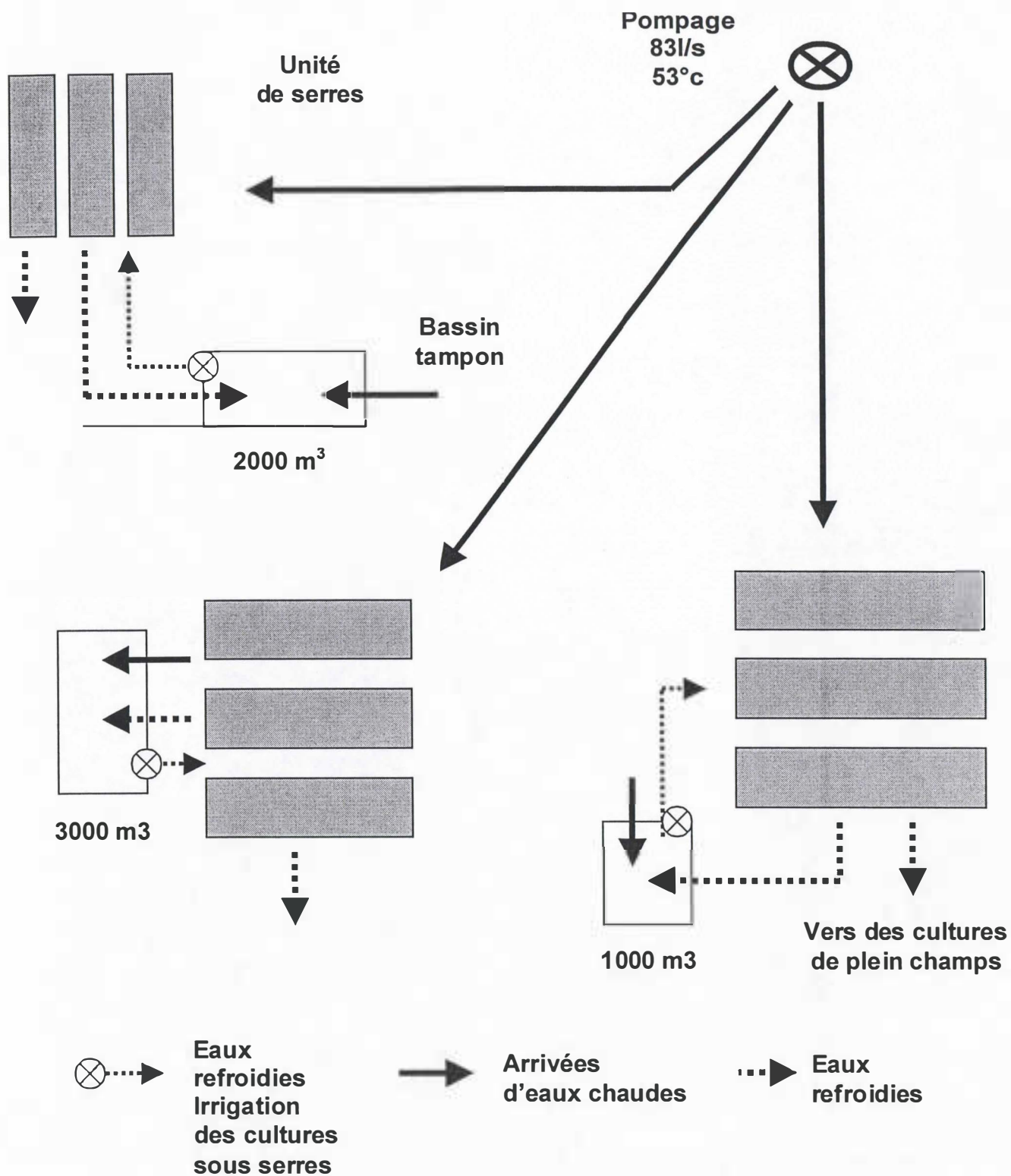


Figure 4 : Plan de la masse et circuits d'eaux du projet Gaprim-Samec

#### 1.1.3.4 Projet de la société S.A.G.E.

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| Superficie totale                  | 18 ha  |
| Surface des serres de maraîchage   | 5 ha   |
| Gestion de l'eau                   | AIC  |
| Origine de l'eau                   | Pompage  |
| Quantité d'eau attribuée           | 70l/s à 42°C                                     |
| Capacité du bassin tampon en béton | 3000 m <sup>3</sup> (circulaire, propriété CRDA) |
| Autre usage de l'eau en projet     | Projet pisciculture, spiruline                   |

Tableau 7 : Principales caractéristiques du projet SAGE

La société exploite en commun avec l'AIC le forage de Chenchou 9. Le site est loué à l'Etat. Ce projet doit réaliser cette année sa première campagne. Les serres étaient en cours de montage lors de la mission.

A partir du bassin tampon circulaire (figure 5), l'eau d'irrigation est distribuée par canal à ciel ouvert vers les parcelles de l'AIC et par des canalisations sous pression pour les cultures sous serres de la société. Le bassin, comme tous les bassins tampons, est surélevé par rapport au niveau des serres.

La spécificité du forage est de disposer d'une eau relativement peu chaude (42°C). Il est difficile de déterminer aujourd'hui, la température de l'eau de retour après chauffage des serres. En saison chaude, par contre, leur refroidissement devrait se faire, sans grande difficulté dans le bassin tampon. Les promoteurs ont imaginé des dispositifs pour améliorer le refroidissement de l'eau, qui intègre la forme circulaire du bassin.

Bien que la serriculture représente la spéculation principale, la société a prévu dès sa création deux activités de diversification dans le domaine de l'aquaculture : la pisciculture et la culture d'algues (spirulines). L'un des responsables du projet possède des compétences dans ce domaine.

A terme, la principale contrainte de ce site est de devoir gérer l'eau en commun avec l'AIC. Le périmètre irrigué de Chenchou s'étend sur 200ha, dont les 18 ha du projet SAGE.

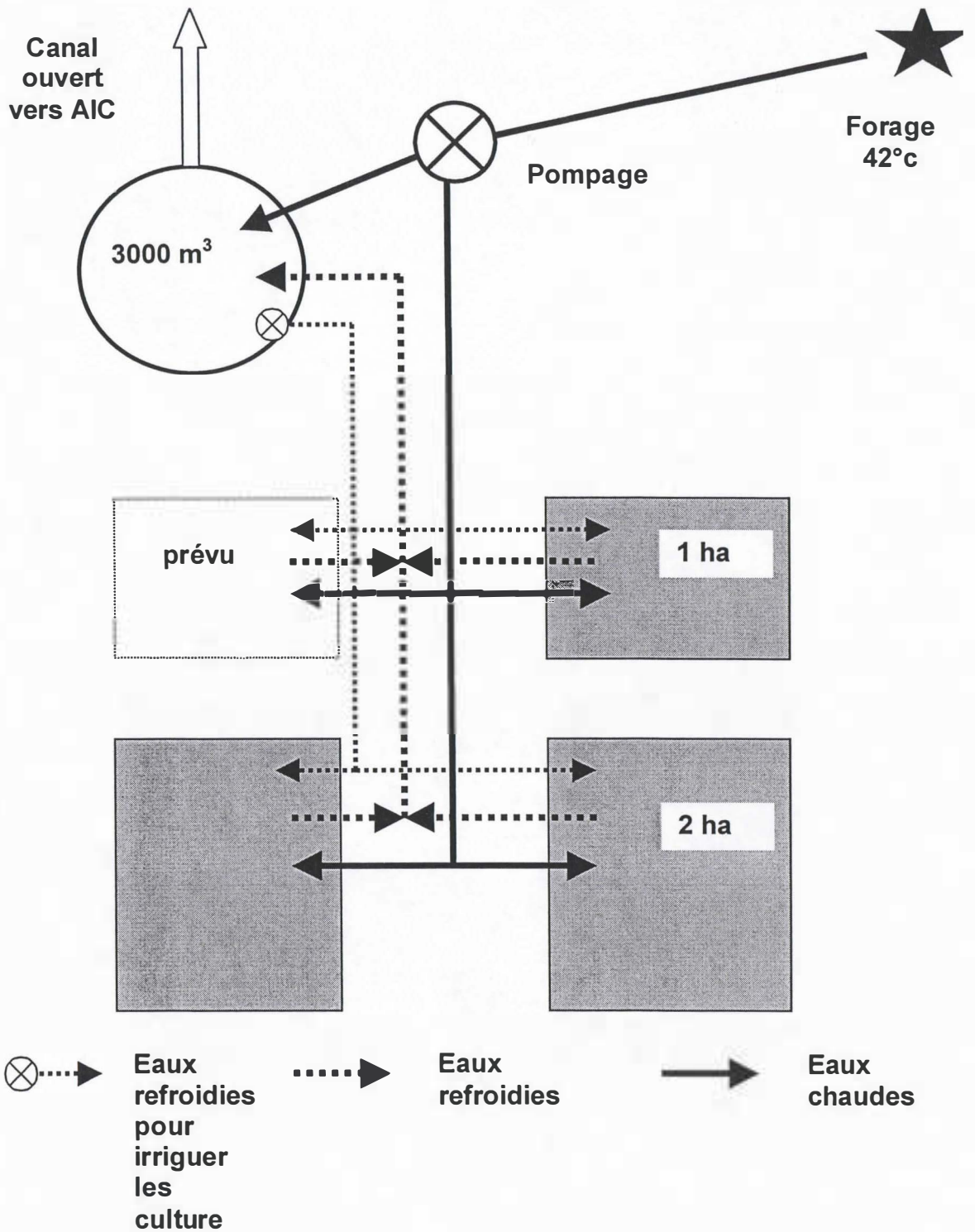


Figure 5 : Plan de masse et circuits d'eaux du projet SAGE

### 1.1.3.5 Les autres projets de sericulture

Ces projets n'ont pas fait l'objet de visites, ils sont de taille moyenne par rapport ceux décrits ci-dessus. Ils sont moins favorables à la mise en œuvre de pilotes, mais n'excluent pas des possibilités de pisciculture lorsque le promoteur possède du terrain disponible.

#### Fermes CAPRICE et FARID

Les deux exploitants gèrent en commun le pompage de Chenchou 1 : débit 30 l/s à 51°C, géré par AIC

|                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| <b>CAPRICE</b>                   |                    |
| Surface des serres de maraîchage | 2 ha               |
| Capacité du bassin tampon        | 800 m <sup>3</sup> |
| <b>FARID</b>                     |                    |
| Surface des serres de maraîchage | 1 ha               |
| Capacité du bassin tampon        | 400 m <sup>3</sup> |

Tableau 8 : Principales caractéristiques des fermes CAPRICE et FARID

Notons que les fermes ne disposent pas de terrain disponible hors des serres.

#### Projet SODAS et exploitation SOUID

Gestion commune du forage Hamma Sud (AIC), mais pompage privé : 50 l/s à 57°C

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| <b>SODAS</b>                     |                     |
| Surface totale                   | 20 ha               |
| Surface des serres de maraîchage | 3 ha                |
| Capacité du bassin tampon        | 1000 m <sup>3</sup> |
| <b>Souid</b>                     |                     |
| Surface totale                   | 20 ha               |
| Surface des serres de maraîchage | 3 ha                |
| Capacité du bassin tampon        | 700 m <sup>3</sup>  |

Tableau 9 : Principales caractéristiques du Projet SODAS et de l'exploitation SOUID

### Projet HEDIFAROUA

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Superficie totale                | 20 ha   |
| Surface des serres de maraîchage | 1,5 ha  |
| Gestion de l'eau                 | AIC   |
| Origine de l'eau                 | 2 forages artésiens 120l/s à 66°C<br>tours de refroidissement |
| Quantité d'eau attribuée         | (*)   |
| Capacité du bassin tampon        |   |

(\*) eau gravitaire dans des canaux à ciel ouvert

Tableau 10 : Principales caractéristiques du projet HEDIFAROUA

#### 1.1.3.6 Refroidisseur et oasis de BECHIMA II

L'oasis de l'Association d'Intérêt Collectif (AIC) de Béchima 2 est alimentée en eaux par les forages CF 3bis et CF11. La visite a été réalisée chez le président de l'AIC.

L'eau de forage est transportée jusqu'à un refroidisseur à ventilation forcée, installé sur le sommet d'une colline, puis distribué par gravité jusqu'au périmètre hydro-agricole. L'AIC, pour des raisons de coût, ne fait pas fonctionner la ventilation du refroidisseur ce qui ne permet pas d'atteindre le rabattement de température prévu par le constructeur.

Ainsi, et tout particulièrement les jours sans vent, les cultures maraîchères des parcelles les plus proches sont « brûlées » par la température trop élevée de l'eau d'arrosage.

Le débit d'irrigation de l'Oasis est 60l/s (CF 3bis), réparti en quatre canaux secondaires de 15l/s qui assurent l'arrosage des parcelles (figure 6). La parcelle du président est de 3 ha, mais en règle générale leur taille est comprise entre ¼ ha et 1 ha.

Le tour d'arrosage en été est de 40 jours. Suite à cette situation, certains exploitants ont construit des bassins de stockage d'eau (10 x 10 x 2m) pour pouvoir arroser plus fréquemment les plantes fragiles.

Une exploitation oasienne comprend « 3 étages » de culture : les cultures maraîchères et fourragères (luzerne), les arbres fruitiers (figuiers, grenadiers) et le dattier. Les familles élèvent aussi quelques ovins et caprins.

L'usage de ces bassins à des fins de pisciculture familiale serait envisageable, en saison chaude ( mais ne sont-ils pas trop éloignés de la source géothermale ?), sous réserve d'une meilleure connaissance du régime thermique (période favorable) et de la mise au point d'un système d'élevage compatible avec les contraintes d'irrigation et les attentes des exploitants.



Rappelons la station de recherche piscicole de l'INSTM est alimentée en eau par une dérivation en provenance du même forage. L'eau utilisée est rejetée plus en aval dans le canal principal. La station offre une situation très favorable pour mettre au point un modèle de grossissement de poissons (figure 6).

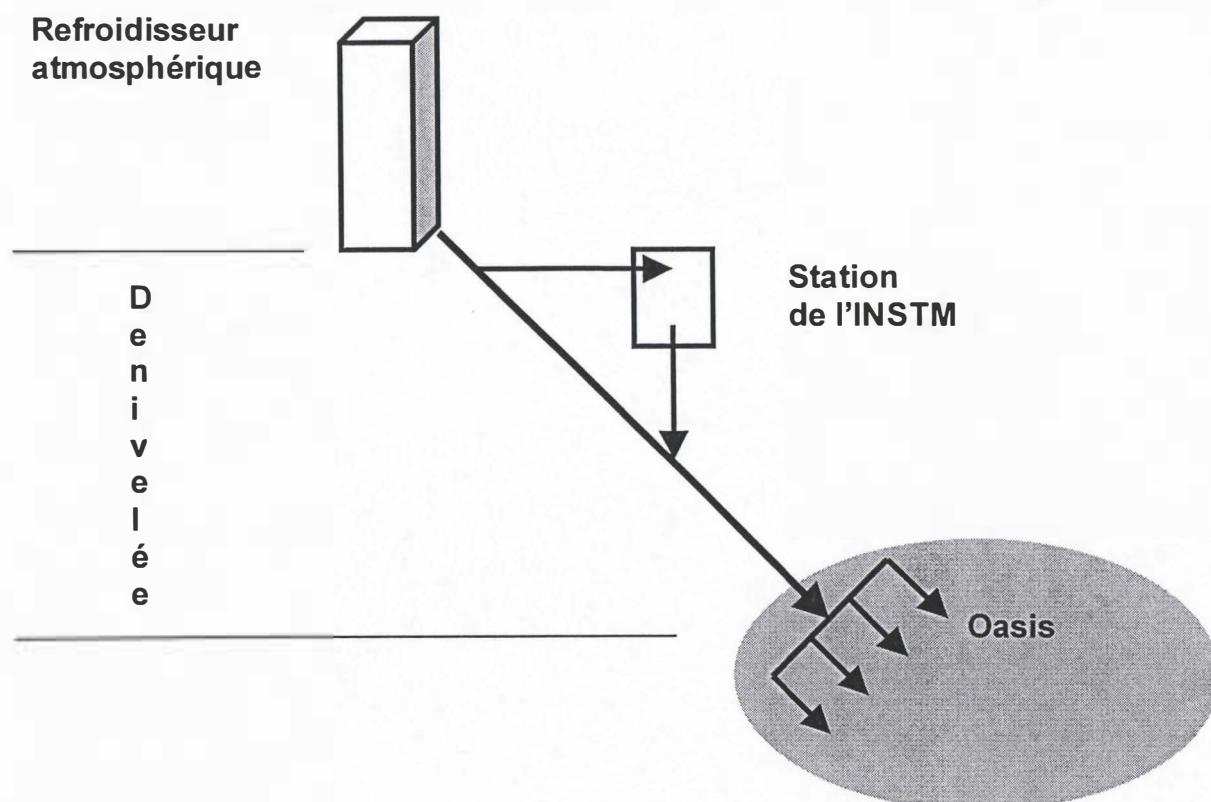


Figure 6 : Plan de masse AIC Béchima

#### 1.1.4 Ressources et sites en eaux géothermales du Gouvernorat de Kébili

| Caractéristique des eaux de la nappe | Continental intercalaire | Complexe terminal      |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| Débit exploité /an                   | 1288 l/s                 | 7410 l/s ? surexploité |
| Nombre de forages                    | 32 dont 7 avec pompe     | 213 + nbrx illicites   |
| Profondeur                           | 1200 à 2800 m            | 100 à 600 m            |
| Température                          | 46 à 72,5°C              | 23 à 32°C              |
| Salinité                             | 2,3 à 5,5 g/l            | 3 à 4 g/l              |

Tableau 11 : ressources géothermales du Gouvernorat de Kébili

A la différence des projets du Gouvernorat de Gabes, le CI est valorisé principalement par de petits projets de cultures en serres, ce qui constitue un choix

de développement très social. Toutefois, au vu des résultats, et à la demande des bénéficiaires, le nombre de serres par exploitant est passé de 2 à 3 pour les nouveaux projets. Soulignons que c'est le gouvernorat qui dispose de la plus importante ressource en eau en provenance du CI.

Un seul promoteur de grande taille valorise les eaux du CI (site de Ras Elaine de M. Montassere). Son bassin tampon a même été empoissonné en tilapia, il y a quelques années.

Une dizaine de refroidisseurs à ventilation forcée équipe les forages et semble donner satisfaction aux AIC et au CRDA (cf. Annexe 1). Un seul autre type de refroidisseurs, dénommé à bassins multiples, équipe les forages de Mansoura (CI 3 et CI 13).

Comme dans le Gouvernorat de Gabes, des visites portant sur le CT n'ont pas été retenues, en raison du pompage généralisé de ses eaux et de leurs basses températures.

#### *1.1.4.1 Refroidisseurs et Irrigation des oasis*

Il s'agit des oasis alimentées en eaux de forage après refroidissement, et où n'existe pas de projet de serriculture. Les forages sont réalisés sur une colline (ou au niveau de la cote la plus élevée) afin de permettre une irrigation de type gravitaire.

Les forages de Mansoura CI3 et CI13 approvisionnent en eau les oasis de Djidida et Mansoura dont les surface respectives sont de 200ha. Le refroidisseur à bassins multiples reçoit 30l/s à 52°C du forage CI3 et 70l/s à 62°C du forage CI13, auquel s'ajoute une petite arrivée d'eau froide. La température de l'eau, à la sortie du refroidisseur s'élève à 40°C. L'eau termine de se refroidir au cours de son parcours dans le réseau d'irrigation des Oasis.

Le forage de Z. Chorfa CI14 alimente en eau l'Oasis Bouabdellah. Le débit d'exploitation est 65l/s et la température de l'eau de 70°C à l'entrée du refroidisseur à ventilation forcée. Quand le refroidisseur fonctionne normalement, la température en sortie est de l'ordre de 35°C. Un bassin d' « accumulation » a été construit entre la tour de refroidissement et l'Oasis (figure 7).

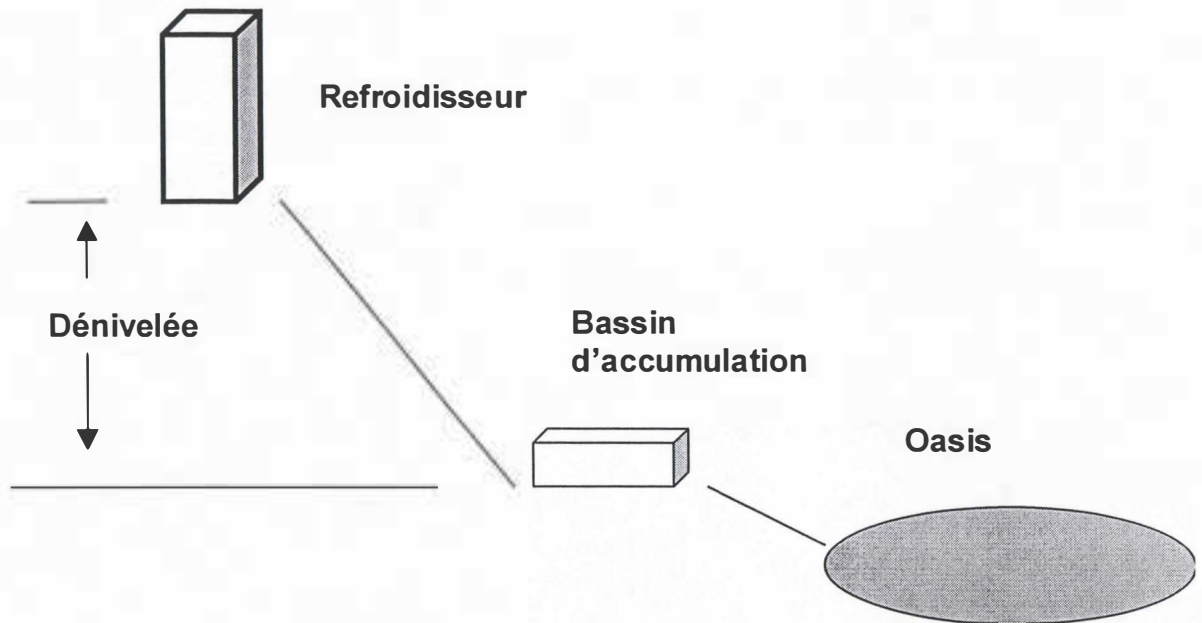


Figure 7 : Plan de masse de l' AIC de l'Oasis de Bouabdellah

Ce bassin est utilisé pour stocker l'eau et la redistribuer à l'Oasis durant les heures « de pointe » ou le KW est cher. La ventilation forcée peut être alors arrêtée. Les AIC n'exploitent pas cette possibilité, laissant sans usage le bassin. Actuellement sans eau, celui ci, revêtu d'une bâche en géomembrane, (il en existe un autre à Zouaia C15) a une capacité de plusieurs milliers de m<sup>3</sup>. Son utilisation pour des essais de grossissement de tilapia est sur le plan technique envisageable.

#### 1.1.4.2 *Projet de serriculture de Débabcha*

Le projet a été réalisé en 1999. Il est composé de 45 serres, chaque exploitant disposant de 3 serres (figure 8).

Le bassin commun de stockage des eaux excédentaires offre la possibilité de mettre en place d'éventuels essais de grossissement, sans nouveau coût d'investissement important. Il est constitué d'une bâche de type géomembrane.

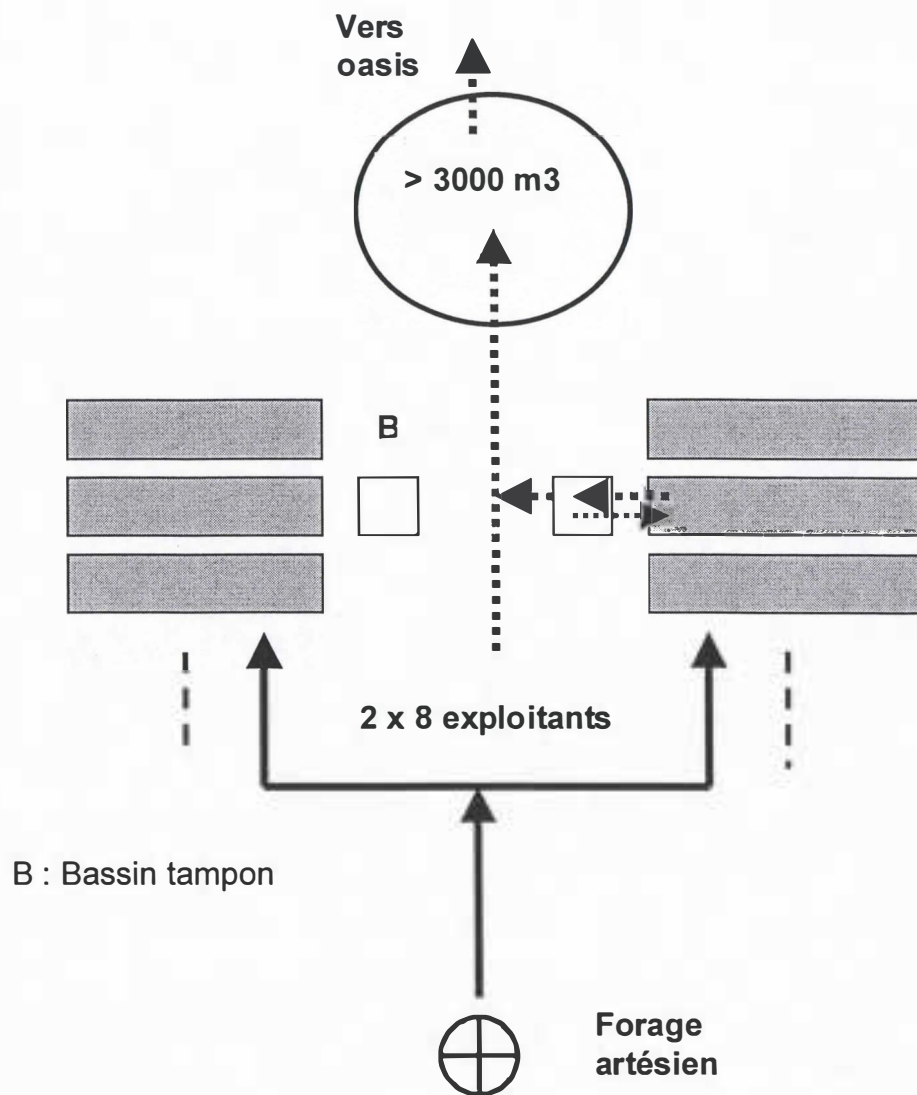


Figure 8 : plan de masse du projet de Débabcha

#### 1.1.4.3 *Projet de serriculture Steftimi*

Le projet (figure 9) est alimenté en eaux chaudes par le forage Steftimi CI7 construit en 1987. L'eau à la sortie du forage a une température 72,5°C et 2,7g/l de salinité (résidu sec). Le débit d'exploitation alloué au projet est de 52l/s. Le forage est équipé d'une tour de refroidissement de type atmosphérique à air forcé. Les paysans lors de notre passage (août 1999) utilisaient des bâches plastiques pour construire des bassins dans le but de refroidir l'eau chaude et d'arroser leurs cultures. La taille des bassins est réduite, de l'ordre de 10m x 5m x 0,5m. La durée de vie des bâches (type serre) est de 3 ans à l'air et plus dans l'eau. Sur le principe, l'intégration de la pisciculture dans la circulation de l'eau est envisageable. Cette idée a attiré l'attention des paysans présents. Notons qu'à la différence des autres projets, aucune oasis n'existe en aval. L'administration envisage toutefois de déplacer le projet en raison de l'importance du parasitisme (nématodes) présent dans le sol.

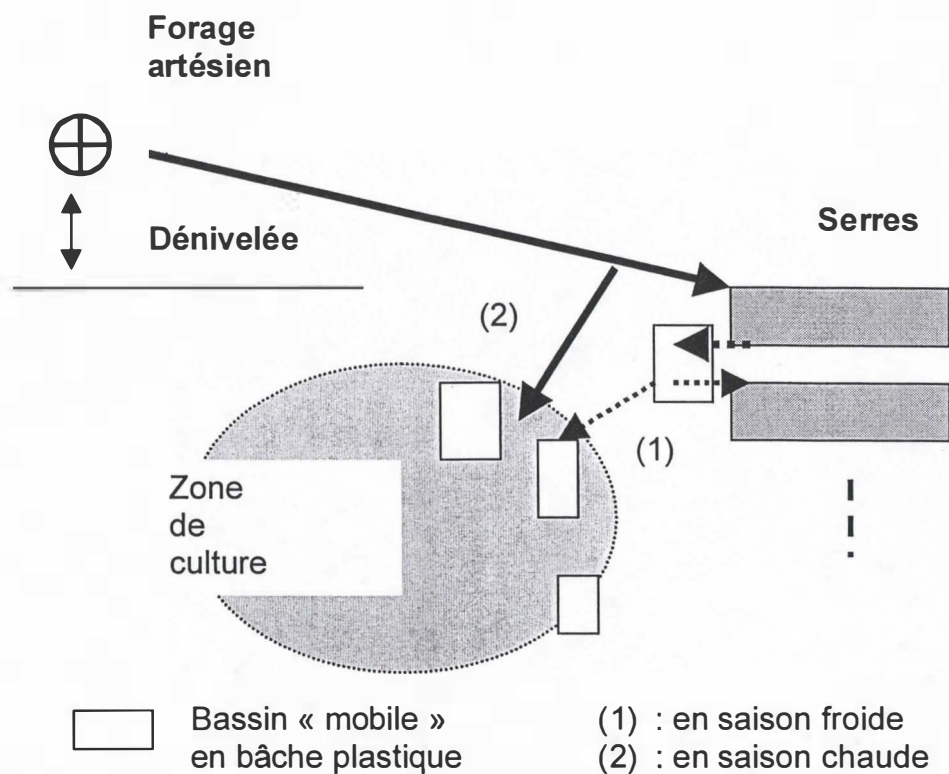


Figure 9 : Plan de masse du projet de Steftimi

#### 1.1.4.4 Projet de serriculture Saïdan

Le projet comprend l'installation de serres et la création d'une oasis de 30 ha. Chaque exploitant est doté de 2 serres et d'1 parcelle de 1ha dans l'oasis. Un bassin tampon (8m x 4 m x 2m ) est prévu pour 6 serres. L'eau est transportée par des canalisations enterrées qui se prolongent par des canaux ouverts au niveau des parcelles. Ce schéma d'aménagement est le plus fréquent (figure 10).

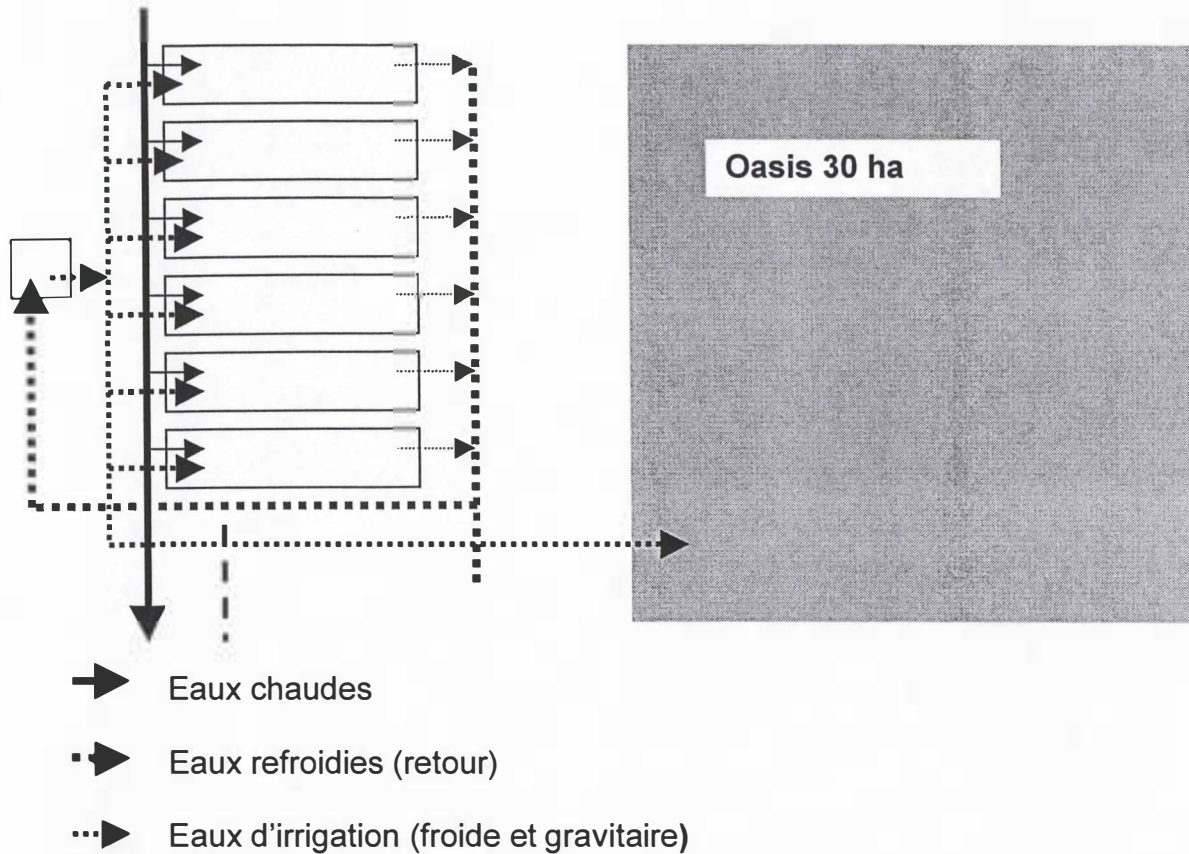


Figure 10 : Plan de masse d'une unité de 2 exploitants du projet de Saïdan

#### 1.1.4.5 *Projet de serriculture de Ras Elaine*

Ce projet, de grande dimension, a un seul promoteur, Monsieur de Montassere. Sur le principe, rien ne le distingue des autres projets de serres, ce n'est que l'exploitant a introduit des tilapias dans un bassin tampon construit en béton. Ces derniers sont morts lors de la précédente saison chaude, probablement en raison des hautes températures ( $> 40^{\circ}\text{C}$ ) associé à un déficit en oxygène (?). Toutefois en l'absence de suivi, il est difficile d'apporter une réponse sûre.

#### 1.1.4.6 *Autres projets de serriculture et autres ressources en eaux*

Les autres projets visités sont sur le modèle de 1 à 2 serres par exploitant avec rejet des eaux de retour excédentaires vers une oasis : Oum el Farth, Temna, Limaguisse 1 et 2.

Les sources naturelles visitées n'offrent qu'un intérêt touristique comme celle de Noueil (présence de tilapias et de gambusies) ou très limités pour la pisciculture comme celles proches de Saïdan.

### 1.1.5 Ressources et sites en eaux géothermales du Gouvernorat de Tozeur

| Caractéristique des eaux de la nappe | Continentale intercalaire | Complexe terminal |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Débit exploité/an                    | 211 l/s                   | n.c.              |
| Nombre de forages                    | 11                        | 190               |
| Profondeur                           | 80 à 2800 m               | 300 à 600 m       |
| Température                          | 68 à 72,5°C               | 23 à 32°C         |
| Salinité                             | 2,3 à 5,5 g/l             | 3 à 4 g/l         |

Tableau 12 : Ressources géothermales du Gouvernorat de Tozeur

Les forages du CI et CT du Gouvernorat de Tozeur ont perdu pour la majeure partie d'entre eux leur caractère artésien. Le niveau statique des pompages du CT est compris entre – 20 m et – 80 m.

Les tours de refroidissement sont abandonnées au profit de système mixte qui associe chutes et serpentins (cf. annexe 1) comme celui déjà construit à El Hamma. Deux autres du même type sont en projet.

Les projets de serriculture au nombre de 5 (3 à El Hamma, 1 à Tozeur et 1 Dégache) sont pour la plupart intégrés aux nombreuses oasis existantes, ou pour certains associés à la création de vergers attenants. Le nombre de serre par exploitant est au minimum de 5. La surface de serres installées est de 20 ha pour 16 ha en cours d'exploitation. Il est prévu 4 à 5 nouveaux projets dont un projet présidentiel intégré à une oasis existante et un projet à la frontière algérienne, qui associera un périmètre irrigué.

Le CT irrigue la plus grande part des 48 oasis. Une visite a été consacrée à un site desservi par le CT, en raison d'un environnement technique, économique et social qui paraissait aux techniciens du CRDA, très favorable à la mise en œuvre d'un projet pilote.

#### 1.1.5.1 *Projet de El Hamma, site I (CI)*

Quatre forages sont exploités à El Hamma. Les débits d'exploitation sont compris entre 26 et 35 l/s pour des températures de 71 à 73°C.

Le site 1 (CI 1bis) est alloué à 5 exploitants (création 1988) qui disposent chacun d'une allocation d'eau de 4l/s (20h/24h), de 5 serres (500 m<sup>2</sup> x 5), d'un bassin tampon de 500 m<sup>3</sup> et d'un verger de dattiers.

La plupart des projets de serriculture est établi sur ce modèle (figure 11). L'eau est toujours recyclée dans un verger de dattier ou une oasis existante (exemple du site IV sur forage CI 4)

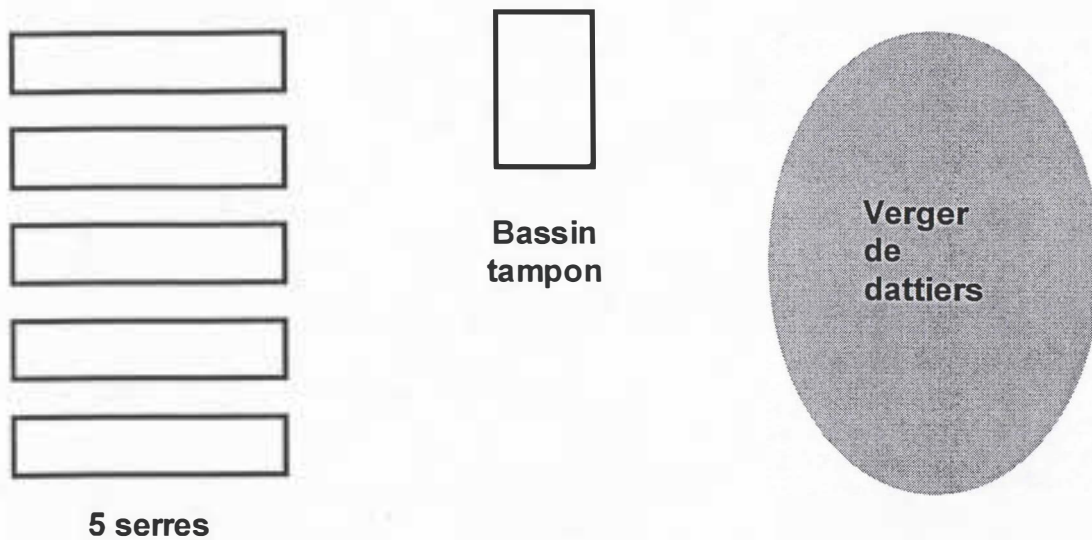


Figure 11 : Plan de masse du projet de El Hamma (dispositif d'un exploitant),  
*les circuits d'eaux ne sont pas figurés*

#### 1.1.5.2 Le site d'El Menechi (propriété El Had Mansour) (CT)

Cette exploitation de 20 ha (figure 12) est alimentée par le Complexe Terminal (CT) à partir de deux forages, l'un géré par l'AIC et l'autre privé. Du premier, l'exploitant dispose de 40l/s tous les jours (10h/jour). Le deuxième fonctionne en permanence (débit ?) La température de l'eau avoisine 28°C. L'eau est accumulée dans trois bassins qui servent à l'irrigation de cultures maraîchères de plein champ ou sous tunnel et d'une vaste Oasis. A ces deux activités s'ajoute un élevage de poulet conduit par le fils du propriétaire (cf. annexe 2).



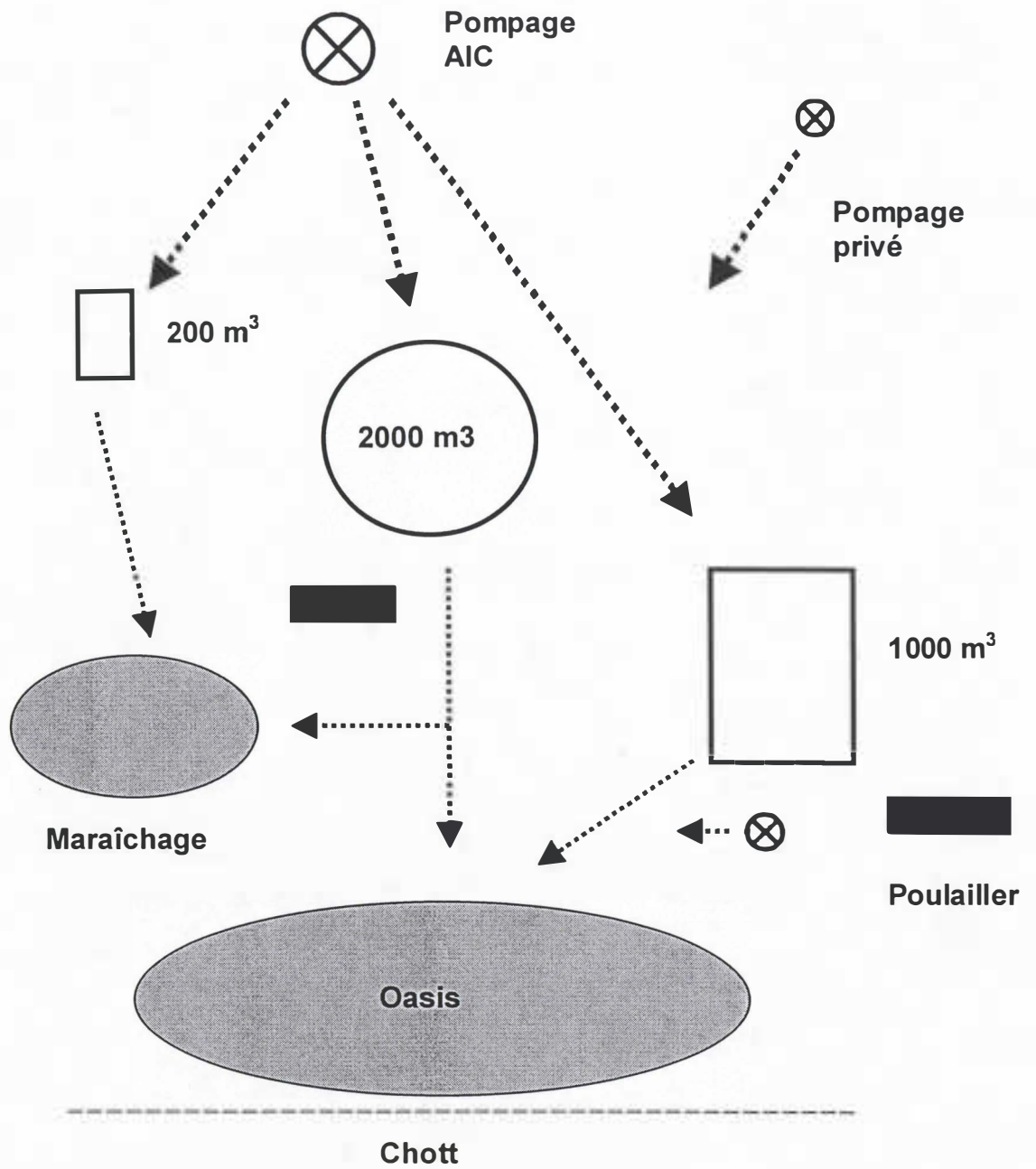


Figure 12 : Plan de masse de la ferme de El Menechi

### 1.1.6 Typologie des sites favorables à la production de tilapia en eaux géothermales

En fonction de l'aquifère et du mode de gestion de l'eau, on peut distinguer les trois types de sites suivants :

Deux sur le CI,

Le premier type de sites localisé entre le refroidisseur et l'oasis ou autres cultures de plein champs ;

Le deuxième site correspondant aux projets de serriculture,

et un sur le CT,

Le troisième type de sites représenté par la ferme de El Ménéchi sur le CT.

#### 1.1.6.1 Sites de production de tilapia intégrés à l'irrigation des oasis sur le CI

Les sites de Béchima (Gvt. de Gabes), de Djidida et Mansoura (Gvt. de Kébili) et de Bouabdellah (Gvt. de Kébili) appartiennent à ce premier type.

Ces sites présentent l'avantage de disposer d'un dénivelé important entre le refroidisseur et l'oasis (figure 13). Cette situation autorise l'implantation de bassins en dérivation du canal d'irrigation principal sur le modèle de la station INSTM de Béchima ou du bassin d'accumulation de l'oasis de Bouabdellah. Dans le cas des oasis de Djidida et Mansoura, le facteur limitant à une implantation de bassins serait la disponibilité en terrain.

Le choix d'implantation et la question d'approvisionnement en eaux étant résolus, la contrainte technique majeure est celle de la maîtrise de la température de l'eau. Le maintien d'une température favorable à la croissance du tilapia ne pouvant être totalement garanti par les systèmes de refroidissement (cf. Annexe 1), les sites piscicoles devront être équipés en amont d'un bassin d'accumulation. La taille du bassin sera dimensionnée de façon que le temps de séjour de l'eau soit d'au moins 24h afin de pouvoir bénéficier d'un refroidissement pendant les heures fraîches de la nuit.

L'existence d'un bassin d'accumulation offre aussi l'avantage de pouvoir envisager un recyclage partiel de l'eau des bassins d'élevage, qui peut contribuer à faciliter le contrôle de la température ou de disposer d'une certaine autonomie en cas d'un arrêt momentané de l'alimentation en eau (réparation d'une canalisation, etc....).

Enfin, dans tous les cas, la perméabilité des sols contraint d'envisager la construction des bassins en béton ou en bache synthétique.

L'avantage de tous ces sites est d'être accessible et en règle générale de pouvoir disposer d'une alimentation électrique.

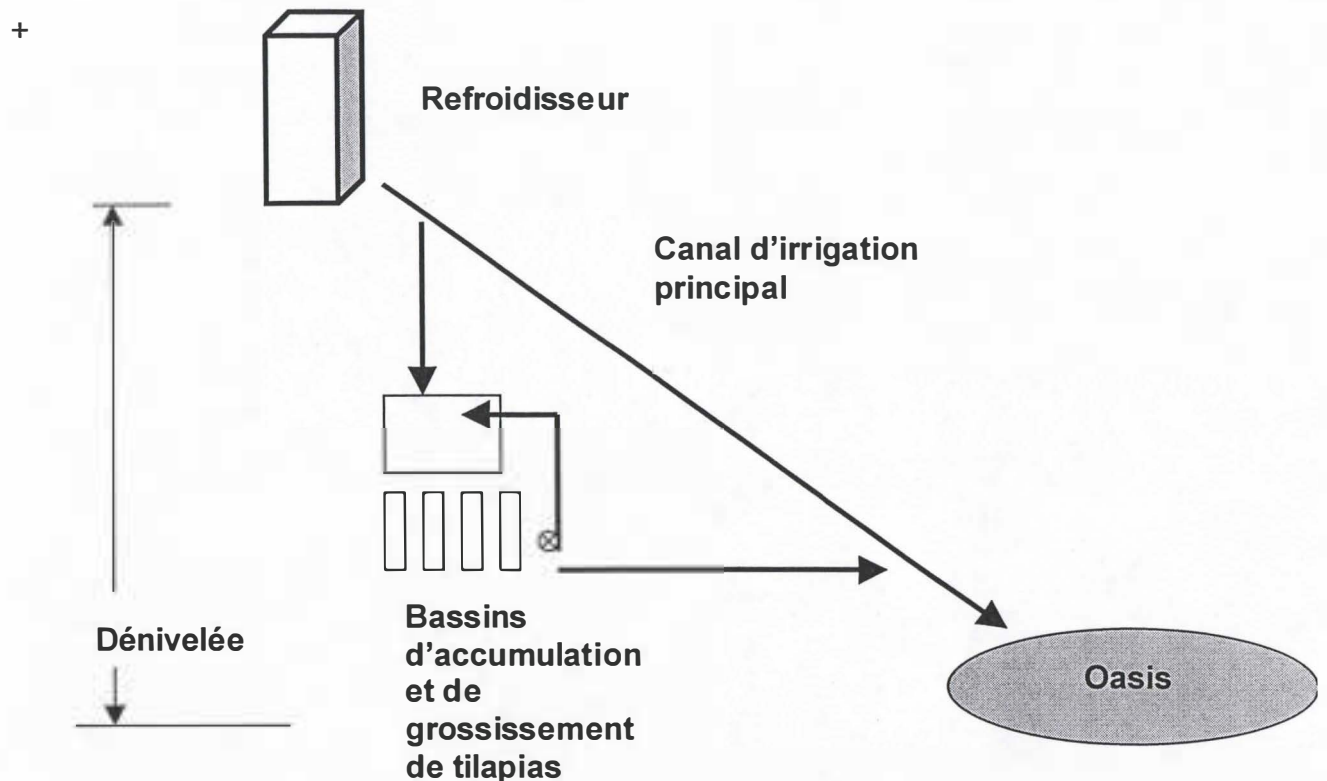


Figure 13 : Schéma d'une unité de grossissement de tilapia

Les eaux géothermales, tant au niveau des teneurs en gaz que des éléments chimiques, offre, à priori, une qualité acceptable pour les poissons, comme les premiers résultats de la station de Béchima semblent le prouver. Cependant la recherche d'éventuels métaux lourds n'est pas à exclure comme cela a été envisagé par l'INSTM.

Parmi ces trois sites, celui de Béchima offre la situation la plus favorable. La station de l'INSTM offre la possibilité de tester un modèle de grossissement pour ce type de sites, sans gros investissement supplémentaire et qui bénéficiera d'un suivi rapproché. Il serait aussi intéressant d'étudier de façon plus approfondie, les possibilités d'utiliser les deux bassins d'accumulation existant dans le Gouvernorat de Kébili (Bouabdellah et Zouaïa) au vu des principes avancés ci-dessus.

A priori il existe autant de sites que de refroidisseurs sous réserve de disposer de terrains disponibles et d'un dénivelé suffisant entre le système de refroidissement et l'oasis.

**Mais aussi rapidement que possible, des mesures régulières de températures (thermomètres enregistreurs ou minima/maxima) devraient être réalisées par les CRDA à la sortie des refroidisseurs et dans le canal au niveau des emplacements favorables à l'implantation de l'unité piscicole. L'expertise nationale pourrait se charger d'effectuer un levé topographique de tous les**

**sites favorables (Bouabdellah et Zouaïa en particulier) et de mettre en place les campagnes de mesures thermiques.**

A ce stade, l'exploitation piscicole de bassins créés à des fins d'irrigation au sein même des parcelles oasiennes n'a pas été retenue au vu des contraintes suivantes :

- Petite taille des parcelles (1/4 à 1/2 ha en moyenne),
- Faible capacité des bassins d'irrigation,
- Temps écoulé entre les « tours d'eau » souvent très long (15 jours, mais parfois beaucoup plus),
- Température de l'eau des bassins soumise au climat, pas de contrôle possible.

A ces facteurs techniques s'ajouteront inévitablement les contraintes de nature socio-économique liées au développement d'un nouveau système d'élevage de type intensif (voir ci-après) : disponibilités en aliments et écoulement des produits par exemple. Ces difficultés seront analogues à celles initialement rencontrées dans le développement de la serriculture du Gouvernorat de Kébili (1 serre/1 exploitant), mais aggravées par les contraintes techniques évoquées plus haut.

*1.1.6.2 Sites de production de tilapia intégrés aux projets de serriculture*

Le principe retenu est d'utiliser à des fins piscicoles les eaux refroidies issues du chauffage des serres et disponible de novembre à avril (ou mai), soit durant 6 à 7 mois de l'année. Le reste de l'année, un approvisionnement supplémentaire sera nécessaire en provenance directe du forage (usage spécifique) ou dans quelques cas, les plus favorables, à partir d'une dérivation du canal d'irrigation principal des oasis (par exemple « 5<sup>ième</sup> saison »). Cependant les eaux issues de la pisciculture pourront toujours être raccordées aux systèmes d'irrigation de plein champ existant.

Si l'on admet que la température de l'eau est contrôlable et que sa qualité est acceptable, sur le plan technique, la pisciculture peut être intégrée à tout projet de serriculture soit en utilisant les bassins tampons existants soit en créant des structures d'élevage spécifiques.

Cependant, à la suite des visites, une première distinction s'opère naturellement entre les projets de grande taille mis en œuvre par des sociétés et ceux de petite taille réalisés par les services agricoles au profit de petits exploitants (tableau 13).

| Projets                 | Nombre d'exploitants | Surface des serres Par exploitant | Gestion de l'eau de retour |             |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------|
|                         |                      |                                   | Individuelle               | collective  |
| Projets de sociétés     |                      |                                   |                            |             |
| Charprim                | 1                    | 2 ha                              | oui                        | non         |
| 5 <sup>ème</sup> saison | 1                    | 13 ha                             | en projet                  | oui, oasis  |
| Gaprim-Samec            | 1                    | 8 ha                              | oui                        | non         |
| SAGE                    | 1                    | 5 ha                              | en projet                  | oui, divers |
| Projets paysans         |                      |                                   |                            |             |
| Debabcha                | 16                   | 1500 m <sup>2</sup> (3 serres)    | non                        | oui, oasis  |
| Steftimi                | ?                    | 500 m <sup>2</sup> (1 serre) ?    | oui                        | non         |
| Saïdan                  | 30 ?                 | 1500 m <sup>2</sup> (2 serres)    | non                        | oui         |
| El Hamma site I         | 5                    | 2000 m <sup>2</sup> (5 serres)    | oui : dattiers             | non         |

Tableau 13 : Classement des projets en fonction de la taille et nature de la gestion de l'eau de retour

### Les projets paysans

En pratique, pour tous les projets paysans, l'usage des bassins tampons à des fins de pisciculture est exclu en raison de leur faible capacité (Steftimi, Debabcha) et bien souvent de leur usage collectif (Saïdan).

Seule chez les exploitants du projet d'El Hamma site I qui gèrent à titre individuel un bassin d'une taille significative (500 m<sup>3</sup>), une production familiale de poisson pourrait être envisagée. Mais pour plus de souplesse et de sécurité, il est préférable d'intercaler les structures d'élevage entre le bassin tampon et le verger de dattier. La gestion totalement individuelle de l'eau qu'elle soit de chauffage ou d'irrigation offre la situation la plus favorable pour mettre en œuvre une pisciculture de type familial (figure 14).

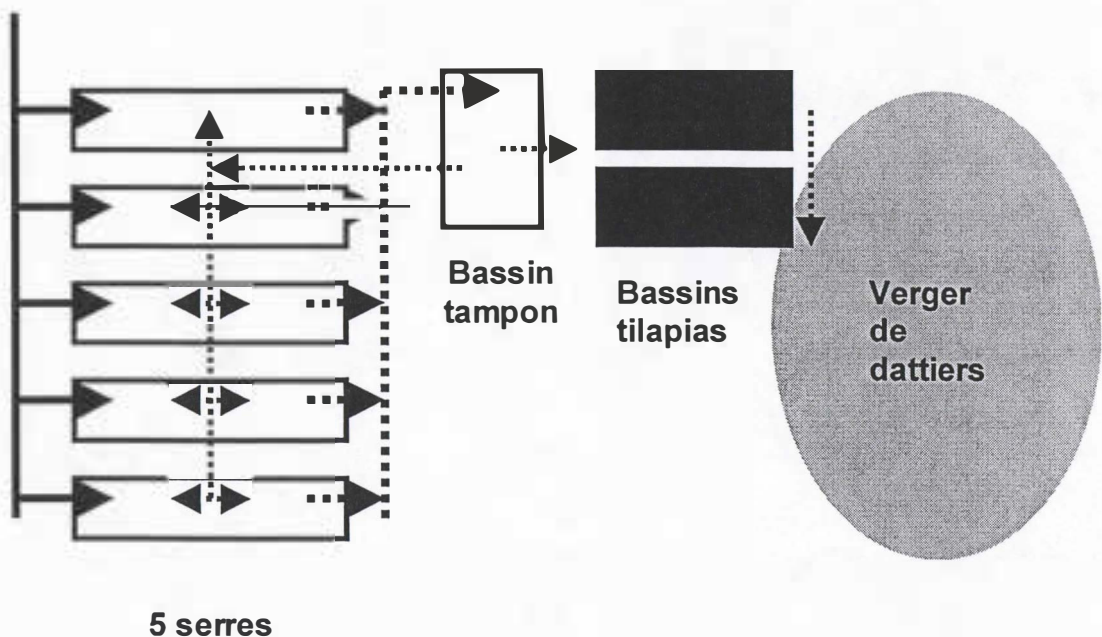


Figure 14 : Intégration de bassins de grossissement de tilapia au sein du projet El Hamma, site 1.

Enfin, certaines conceptions de projets parmi les plus récentes (Débabcha, projet du Président de Tozeur) ont prévu un grand bassin circulaire de plusieurs milliers de m<sup>3</sup> pour collecter toutes les eaux en provenance des serres avant de les renvoyer sur l'oasis. Ces grands bassins peuvent, au même titre que ceux d'accumulation, alimenter des bassins de pisciculture (figure 15).

Parmi les sites paysans visités, ceux de Débabcha (Gvt. Kébili) et El Hamma 1 (Gvt. Tozeur) présentent les conditions les plus favorables à l'intégration de bassins de grossissement de tilapias. Il est nécessaire de disposer de relevés topographiques sur ces 2 sites et de suivi des températures au niveau des bassins tampons de El Hamma 1 et du bassin circulaire de Debabcha. De façon plus générale, il serait intéressant lors de la conception (voir réalisation) des nouveaux projets (4 à 5 pour le Gvt. De Tozeur) « d'intégrer » (dans la réflexion) d'ores et déjà l'éventualité de la pisciculture (place libre, par exemple).

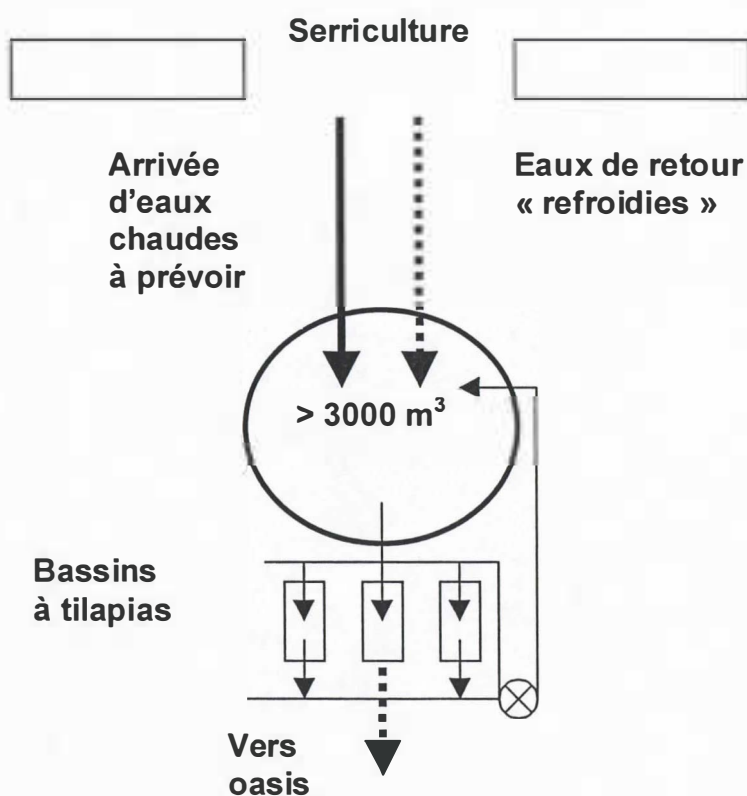


Figure 15 : Intégration de bassins de grossissement de tilapias au bassin circulaire du projet de Débabcha

### Les projets des sociétés

Les 4 grandes sociétés visitées présentent sur le plan technique des conditions favorables à la mise en œuvre d'une production de tilapias. Deux d'entre-elles ont manifesté clairement leur intérêt pour la pisciculture. La société SAGE a même inscrit

dans son projet deux activités de nature aquacole, la pisciculture et la culture de spiruline. Pour le cas de Gaprim-Samec, la société est intéressée sous réserve, bien entendu, de s'assurer de la faisabilité technique et économique du système d'élevage qui sera proposé. Par contre la « 5<sup>ième</sup> saison » ne souhaite pas se lancer dans une telle spéculation et l'exploitant de Charprim n'a pas pu être rencontré au cours de la mission.

Toutes les sociétés se trouvent à proximité de la station de l'INSTM de Béchima. Au vu de leur compétence technique et de leurs moyens financiers, un véritable partenariat peut se développer avec l'INSTM. En particulier, elles possèdent un savoir-faire en matière de refroidissement et de gestion des eaux chaude. Elles assurent un suivi rigoureux de la température et la qualité de leurs eaux.

Les caractéristiques des 2 sociétés favorables à la pisciculture sont résumées dans le tableau 14.

| Caractéristiques                                    | Gaprim-Samec                        | S.A.G.E.                         |
|---|-------------------------------------|----------------------------------|
| Foncier   | Disponible                          | Disponible                       |
| Topographie   | Dénivelé                            | Pas de dénivelé                  |
| Sol   | Perméable                           | Perméable                        |
| Gestion de l'eau                                    | Individuel                          | Partagé avec AIC                 |
| Nature du forage                                    | pompage                             | pompage                          |
| Température de l'eau à la sortie du forage          | 53°C                                | 42°C                             |
| Débit alloué (chauffage des serres)                 | 80 l/s                              | 70 l/s                           |
| T°C des eaux refroidies (de novembre en avril/mai)  | +/- 30°C                            | inconnue                         |
| Possibilités de refroidissement en saison chaude    | Bassins et système de chauffage (*) | Bassin et aménagement spécifique |
| Utilisation des bassins à des fins piscicoles       | Envisagé                            | Non envisagé                     |
| Recyclage des eaux de pisciculture dans les bassins | Envisageable                        | Non envisageable ?               |
| Réutilisation des eaux en surplus                   | Partiel et projet                   | AIC et projets                   |

(\*) possibilité intéressante qui n'a été évoqué que par cette société.

? par crainte de colmater les filtres et de modifier la qualité de l'eau d'arrosage des cultures en serres, cependant l'enrichissement de l'eau par les effluents piscicoles (N et P) est perçu comme un avantage par la société Gaprim-Samec

Tableau 14 : Caractéristiques des sites de Gaprim-Samec et SAGE.

Pour les sociétés, le principe d'implantation des bassins de grossissement ne diffère pas des projets paysans de serriculture à gestion individuelle de l'eau ou de l'utilisation de bassins d'accumulation.

Gaprim-Samec réunit un atout important, l'existence d'un pompage à gestion totalement privée qui est situé dans la partie la plus élevée d'un terrain en pente. L'avantage de SAGE est bénéficier en quantité d'une eau dont la température n'est pas très haute.

### *1.1.6.3 Sites de production de tilapia intégrés à l'irrigation des oasis par le CT*

Un seul site du CT, celui de El Ménéchi a été visité au cours de la mission. Il est possible que l'intérêt d'une utilisation piscicole des ressources du CT ait été sous-évalué. Toutefois, l'importance de cette ressource n'est apparue ni dans les rapports consultés (Anon., 1997 ; Dorgham, 1996), ni dans nos entretiens avec les techniciens du CRDA.

L'exploitation de Monsieur El Had Mansour d'El Ménéchi présente sur le plan de l'environnement social, économique technique une situation très favorable pour valider les potentialités piscicoles du CT : une association dynamique entre le père et le fils, une volonté manifeste de diversification des activités, des compétences en matière d'élevage intensif de poulets (cf. Annexe 2).

La faisabilité d'une production piscicole sur ce site suppose de vérifier la température à la sortie des deux forages, et le débit du forage privé. Sur cette base, il est envisageable de réaliser des tests de grossissement dans les bassins existants, sans investissements supplémentaires.

Si le test s'avère concluant (maintien de températures favorables), l'implantation de bassins piscicoles sera facilitée par la topographie du terrain.

### **1.1.7 Impact des principales contraintes sur le système d'élevage**

La perméabilité des sols exclut la construction de bassins en terre. Les bassins seront réalisés à des coûts plus importants en béton ou à l'aide de bâches synthétiques (géomembrane, pvc, polyuréthane etc.). L'expérience déjà acquise par les différents promoteurs publics ou privés devra être analysée en termes de résistance, de facilité d'usage et de coût des matériaux.

Les fortes températures de l'air en période estivale et la température élevée des eaux géothermales imposent l'utilisation de bassins tampons (ou d'accumulation) dimensionnés de façon que le temps de séjour de l'eau soit supérieur à 24 heures pour bénéficier des heures fraîches de la nuit. Les bassins tampons ou d'élevage s'ils sont construits en béton seront enterrés ou entourés de terre rapportée afin d'augmenter l'inertie thermique.

Par contre, en saison froide, les abondants débits d'eaux chaudes devraient compenser les pertes calorifiques. En cas d'insuffisance des apports caloriques (débit d'eau limité ou température des eaux trop basse), la couverture des bassins par des serres tunnels peut s'avérer indispensable.

La maîtrise des températures est le principal défi à relever.

D'autres contraintes comme les sursaturations gazeuses ont été évoquées (Hussenot, 1998). Cependant aucun trouble (maladie de bulles) n'a été constaté sur les poissons élevés dans la station de l'INSTM (Dorgham, 1999 : communication personnelle).



Le coût élevé des bassins conduit à choisir un système d'élevage intensif à hyper-intensif (cf. Annexe 3).

## **1.2 POSSIBILITE D'UNE PRODUCTION DE TILAPIA EN CAGES FLOTTANTES DANS LE LAC DE BARRAGE DE SIDI SAAD**

Deux des trois barrages situés le plus au sud et susceptibles de satisfaire aux exigences bioécologique du tilapia, ont été visités. Il s'agit des barrages de Sidi Saad et de Nebhena, le troisième étant asséché. La faisabilité d'une production de tilapia ne sera discutée que pour le plan d'eau de Sidi Saad dans la mesure où aucune donnée n'a pu être recueillie pour celui de Nebhena au cours de la mission. A priori, mais cela devra être vérifié, la retenue de Sidi Saad présente au vu de sa situation géographique les conditions thermiques les « moins défavorables » pour la mise en œuvre d'un élevage de tilapia. Les données sur la morphométrie du plan d'eau et sur la qualité de l'eau ont été fournies par le service d'exploitation du barrage.

### **1.2.1 Caractéristiques du barrage**

Le plan d'eau s'étend sur une surface de 22 km<sup>2</sup> et sur une longueur de 18 km. Il reçoit les eaux de pluies d'un bassin versant qui couvre une superficie de 8572 km<sup>2</sup>

La capacité normale du barrage est de 209 millions de m<sup>3</sup> (cote 270 m). En amont de l'ouvrage d'évacuation des crues, la profondeur maximale atteint 35 m, pour une profondeur moyenne proche de 10 m.

Les prélèvements agricoles sont seulement de 2,5 à 3,0 millions de m<sup>3</sup> par mois d'irrigation. Les autres pertes sont dues à l'évaporation estimée à 1,7 m/an (1712,76 mm en 97/98). Sur 13 ans d'observations, les précipitations annuelles varient entre 85 mm et 415,2 (330 mm en 97/98).

Dans ces conditions, le marnage annuel relevé durant une quinzaine d'années d'observations fluctue entre 1m (97/98) et 3 m (96/97).

Les berges accidentées rendent difficile l'accès au plan d'eau, qui se limite à deux pistes carrossables, l'une en rive droite, l'autre en rive gauche. Ces deux pistes conduisent aux deux principaux débarcadères fréquentés par les pêcheurs.

La morphodynamique du lac de Sidi Saad est très favorable à l'installation de cages d'élevage. Ces premiers éléments devraient être complétés par des informations sur les vents (forces et direction), les périodes de crue et la bathymétrie afin de déterminer avec précision le lieu d'implantation des cages flottantes.

## 1.2.2 Les paramètres du milieu

Les températures sont relevées tous les jours à 7 heures du matin en surface ( ?) par le service d'exploitation depuis 13 ans.

L'examen rapide des minima et maxima journaliers de chaque mois durant les 13 années montre qu'il existe 6 mois, de mai en octobre, favorables à la croissance des tilapias (figure 16)

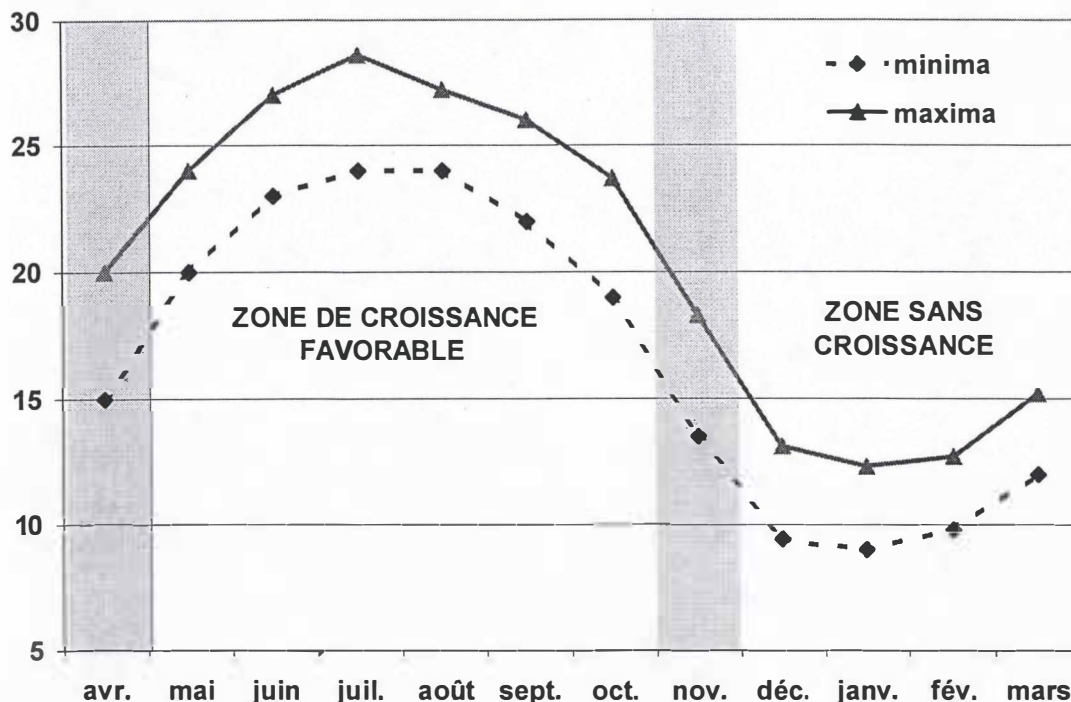


Figure 16 : Zones thermiques de croissance du tilapia

Sur la base de ces informations, il est effectivement possible de réaliser un cycle de grossissement de 60g à plus de 300 g, entre mai en octobre, dès que les températures minima du lac dépassent 20°C., sous réserve de disposer d'un aliment de qualité.

Les autres paramètres physico-chimiques ne présentent aucun inconvénient pour l'élevage du tilapia (tableau 15). A la date de la visite, les eaux étaient vertes et présentaient une excellente transparence. Cependant, des données sur l'évolution de la turbidité au cours de l'année sont à recueillir, et particulièrement aux périodes de fortes précipitations.

| Date                 | R.sec g/l | pH      | Ca <sup>2+</sup> mg/l | Mg <sup>2+</sup> mg/l | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l | Cl <sup>-</sup> mg/l |
|----------------------|-----------|---------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|----------------------|
| Moyenne 1997-1998    | 2,7       | 7,9-8,0 | 290,4                 | 61,5                  | 1199,5                             | 694,8                |
| Moy. Mini sur 11 ans | 2,2       | 7,0     | 279,4                 | 56,4                  | 921,3                              | 606,7                |
| Moy. Maxi sur 11 ans | 4,2       | 8,5     | 774,0                 | 143,3                 | 1718,4                             | 1446,9               |

Tableau 15 : Principaux paramètres physico-chimiques des eaux du lac de Sidi Saad

Il serait intéressant de mettre en place avec les services d'exploitation un réseau de thermomètres mini-maxi, pour vérifier que les minima de l'eau sont proches de ceux relevés à 7h du matin. Par ailleurs le traitement et l'analyse des données physico-chimique existantes permettraient de mieux caractériser le lac. Les relevés et mesures réalisés au quotidien par le laboratoire du service d'exploitation concernent : date, cote en eau du barrage, T°C, évaporation, résidu sec (mg/l), conductivité, pluie, pH, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>3-</sup> (mais des résultats peu fiables pour ce dernier élément). Il manque cependant des relevés d'oxygène (et de température) à différentes profondeurs du lac.

### 1.3 CONCLUSIONS

La mise en œuvre d'une production de tilapia dans les gouvernorats de Gabes, Kébili et Tozeur demande non seulement un transfert et une adaptation des techniques existantes, mais un travail spécifique lié aux eaux géothermales et portant particulièrement sur la gestion de la température de l'eau.

Dans ce dernier domaine, la pisciculture bénéficiera de l'expérience acquise par les techniciens des CRDA et les promoteurs de projets de serriculture. L'implication de ces derniers serait un atout considérable.

Le choix d'une implantation des pilotes ne devrait pas poser de difficultés à partir des sites décrits dans le présent rapport. Dans tous les cas, la station de Béchima constitue un site favorable non seulement pour accueillir l'écloserie, mais aussi pour mettre en œuvre un pilote de grossissement représentatif d'un type de site. Par ailleurs, la conduite d'un ou deux pilotes de grossissement de tilapia par les sociétés de serriculture favoriserait la création d'un échange dynamique entre les promoteurs privés et les chercheurs de l'INSTM. La totalité des sites se situe aux environs de El Hamma (Gouvernorat de Gabes).

Sur la base des informations consultées, le lac de Sidi Saad ne présente que du mois de mai à octobre des conditions favorables à l'élevage du tilapia. En quelque sorte, il s'agirait d'organiser annuellement une transhumance de poissons des plaines de Gabes aux collines de Sidi-Saad.

Les systèmes d'élevage possibles en eaux géothermales ou dans le lac de Sidi Saad seront inévitablement de type intensif à hyper-intensif (annexe3). Différentes simulations restent à faire, au regard des investissements initiaux, de la gestion de l'eau et de l'ensemble des facteurs de production pour définir avec précision le niveau d'intensification.

En amont, il faut donc se pencher, très tôt, sur la fabrication en Tunisie d'un aliment tilapia de qualité (rapport prix / performances biotechniques). Ce travail doit être fait avec le concours des nutritionnistes et des fabricants à partir des exigences connues

du tilapia, des procédés de fabrication et des ingrédients utilisés pour les autres filières animales. Des propositions pourront être faites dans ce sens.

En aval, le marché reste la grande inconnue et le grand défi. Quel produit, à quel prix et pour qui ? Les choix initiaux conditionneront l'avenir de la filière.

## **2 ECLOSERIE DE L'INSTM (BECHIMA, GOUVERNORAT DE GABES) BILAN DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS EXISTANTES**

### **2.1 INTRODUCTION**

L'écloserie de Béchima constitue la première réalisation d'un projet de développement de la pisciculture dans le Sud-Tunisien initié par l'INSTM dans le cadre du programme « Aquaculture 2001 ». Ce projet vise à insérer une pisciculture d'«eaux chaudes» dans les activités agricoles oasiennes et la serriculture utilisatrices des ressources en eaux géothermales du Sud-Tunisien.

Les installations ont été conçues pour produire les alevins nécessaires à la mise en place d'une filière de production de tilapia. La proposition initiale (Dorgham, 1996) prévoyait de construire, dans une première phase, une écloserie capable de produire 600 000 à 700 000 alevins de 1g grâce à l'installation de 2 serres aquacoles.

Les travaux de la station de l'INSTM ont été terminés au début de l'année 1999. Une seule serre a pu être réalisée. Les premiers géniteurs de tilapias ont été réceptionnés en février 1999.

Le présent diagnostic a été réalisé dans la perspective que l'écloserie de Béchima puisse satisfaire les besoins en poissons de pilotes de grossissement et disposer des moyens nécessaires pour assurer les suivis d'élevage (qualité du milieu et performances biotechniques).

La proposition faite ci-après d'hypothèses de production présente l'avantage de pouvoir évaluer sur une base concrète les installations existantes de la station. Elle a été réalisée, à titre indicatif, sur la base d'une production d'une seule espèce ou souche de tilapia.

L'ensemble du personnel de la station a été rencontré et plusieurs visites du site ont été réalisées au cours du séjour.

### **2.2 HYPOTHESES DE PRODUCTION ET ESTIMATION DES DEBITS D'EAUX**

#### **2.2.1 Hypothèses de production**

Afin de justifier les améliorations de la station, il a paru utile de mettre en relation des hypothèses de production avec les besoins en eau (débit et température). Cette simulation permettra aussi d'évaluer la capacité des structures d'élevage existantes.

Nous avons estimé les besoins théoriques en équivalent de fingerlings mâles de tilapia de 25g de 50000 à 100000/an (tableau 1) en vue de permettre de mettre en charge en l'an 2000, 4 à 5 sites de grossissement pilote.

| Besoins annuels en poissons de 25g  | Volume en m3   | densité | Nombre           |
|-------------------------------------|----------------|---------|------------------|
| pilote de grossissement en cages    | 80 à 160       | 100     | 8 000 à 16 000   |
| pilotes de grossissement en bassins | 6 000 à 12 000 | 7       | 42 000 à 84 000  |
|                                     |                | total   | 50 000 à 100.000 |

Tableau 1 : Estimation des besoins en poissons pour les pilotes de grossissement

L'itinéraire technique (tableau 2) repose sur la production de poissons de poids moyen de 5g dans la serre aquacole de l'écloserie de Béchima, et leur transfert dans les structures d'élevage des sites pilotes. Dans ce scénario, les poissons sont ensuite élevés en plusieurs étapes jusqu'à la taille marchande de 300g et plus. En lac, il est probable que la mise en charge des cages sera effectuée à un poids moyen égal ou supérieur à 25g (voir rapport sur l'identification des sites).

|                 | 25-300g<br>p. march. | 5-25g<br>fingerlings | 1g-5g<br>alevins | 10mg-1g<br>Alevins | éclosion<br>larves | récolte<br>œufs (*)      |
|-----------------|----------------------|----------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|
| Taux de survie  | 90%                  | 85%                  | 85%              | 60%                | 75%                | 6 ind/m <sup>2</sup> (♂) |
| Nombre total/an | 57 059               | 63 399               | 74 588           | 87 750             | 146 250            | 195 000                  |
| Durée d'élevage | 120 j                | 60 j                 | 45 j             | 28 j               | 7 à 9 j            | Tous les 10j             |

(\*) 30 femelles produisant 260 œufs et larves par récolte

Tableau 2 : Proposition d'un itinéraire technique de référence

L'élevage en monosex mâle demande de doubler le nombre de fingerlings de 25g si l'on réalise un sexage manuel et élimination des femelles. Dans le cas où l'on masculiniserait par inversion hormonale (ou par la température ?) les larves, cela ne serait pas nécessaire.

## 2.2.2 Evaluation des débits

Les débits nécessaires à une production de près de 75000 à 150000 alevins de 1g dans la serre sont estimés à partir des besoins en oxygène du stock présent. La consommation d'oxygène (tableau 3) est évaluée à partir de l'équation établie par Mélard (1986).

| T°C 30-32          | : Cons. Ox = 3,196 P <sup>0,387</sup> (*) |      |      |     |      |      |      |      |      |  |
|--------------------|---|------|------|-----|------|------|------|------|------|--|
| Poids moyen en g   | 1   | 3    | 5    | 10  | 25   | 50   | 100  | 150  | 200  |  |
| mg/h               | 3,2                                       | 4,9  | 6,0  | 7,8 | 11,1 | 14,5 | 19,0 | 22,2 | 24,8 |  |
| mg/kg de poisson.h | 3196                                      | 1630 | 1192 | 779 | 444  | 290  | 190  | 148  | 124  |  |

(\*) : ration procurant la croissance optimale

Tableau 3 : Evaluation des consommation d'oxygène de poissons en période d'alimentation

Les débits suffisants (tableau 4) sans apport d'oxygène supplémentaire sont compris entre 15 et 30 m<sup>3</sup>/h pour une température moyenne de 30°C et pour des animaux en cours de nourrissage. Les besoins sont réduits de moitié lorsque les poissons sont à jeun. L'utilisation de diffuseurs dans les bacs permettrait de diviser par deux les apports en eaux.

|   |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|
| <b>Débits nécessaires en m<sup>3</sup>/h</b>      | <b>10,8</b> | <b>16,2</b> | <b>32,0</b> |
| Débits nécessaires en l/s                         | 3,0         | 4,5         | 8,9         |
| Température moyenne en °C                         | 30          | 30          | 30          |
| Saturation en oxygène en mg/l (altitude : 100m ?) | 7,53        | 7,53        | 7,53        |
| 90% de saturation d'oxygène en mg/l               | 6,78        | 6,78        | 6,78        |
| Oxygène en sortie des bassins en mg/l             | 3,00        | 3,00        | 3,00        |
| Oxygène disponible en g/h                         | 40,79       | 61,19       | 121,02      |
|   |             |             |             |
| Stock de géniteur de poids moyen 200 g en kg      | 12          | 12          | 24          |
| Nombre de géniteurs mâles et femelles (*)         | 60          | 60          | 120         |
| Consommation d'oxygène en g/kg/h                  | 0,124       | 0,124       | 0,124       |
| Consommation d'oxygène en g/h                     | 1,490       | 1,490       | 2,980       |
|   |             |             |             |
| Stock de poisson de poids moyen de 3 g en kg      | 36          | 36          | 72          |
| Stock de poisson en nombre                        | 12000       | 12000       | 24000       |
| Consommation d'oxygène en g/kg/h                  | 1,630       | 1,630       | 1,630       |
| Consommation d'oxygène en g/h                     | 58,672      | 58,672      | 117,345     |
|   |             |             |             |
| Consommation totale en oxygène g/h                | 60,163      | 60,163      | 120,325     |
| Bilan en oxygène en g/h                           | -19,371     | 1,025       | 0,690       |

(\*) le stock de géniteur a été multiplié par 2

Tableau 4 : Bilan en oxygène et détermination des débits

## 2.3 BILAN DIAGNOSTIC

### 2.3.1 Un site favorable

Le site est d'un accès facile par une route secondaire bitumée. Il est distant de 8 km de la ville de El Hamma (35 000 habitants) et de 40 km de la ville de Gabes, chef lieu du Gouvernorat (Dorham, 1996).

Le terrain s'étend sur une superficie d'un hectare qui présente une topographie très favorable qui autorise une alimentation et une vidange gravitaires des bacs d'élevage qui équipent la serre. La pente du terrain est de 3%, soit un dénivelé de 3 m entre la sortie du refroidisseur et la séguia (canal d'irrigation ouvert) dans laquelle les eaux « fertilisées » issues de la serre sont restituées.

Cependant la perméabilité du sol nécessite l'installation de bassins en polyester, béton ou en bâche plastique (géomembrane, polyéthylène ou PVC).

Les installations actuelles sont composées d'une prise d'eau située à la sortie du refroidisseur, d'un bassin tampon de 60 m<sup>3</sup>, d'un répartiteur d'eau, d'une serre équipée de bacs d'élevage et d'un dispositif d'évacuation des eaux vers la séguia. A ces équipements s'ajoute un magasin de 30 m<sup>2</sup>.

Un branchement électrique au réseau existe et celui du téléphone est en cours d'installation. Mais le magasin et la serre ne sont pas encore dotés d'une installation électrique. La serre doit être équipée d'un réseau en 24 volts et de toutes les sécurités nécessaires à un hall d'aquaculture.

## **2.3.2 Un contrôle insuffisant du débit et de la température**

### *2.3.2.1 La situation actuelle*

L'eau pour approvisionner la station de l'INSTM provient d'un refroidisseur atmosphérique à ventilation aspirante alimenté par un puits artésien (CF3 bis, continentale intercalaire). La température de l'eau chaude est de 66°C à l'entrée du refroidisseur. L'AIC n'utilisant plus la ventilation pour supprimer les consommations électriques, le fonctionnement actuel ne permet plus d'assurer un refroidissement de l'eau conforme aux spécifications techniques du constructeur (écart de réfrigération 36°C).

Actuellement la température de l'eau en sortie du refroidisseur est le plus souvent comprise entre 40 et 50°C (suivi réalisé par l'INSTM) quelle que soit la saison. Elle peut dépasser les jours sans vent les 50°C ou descendre autour de 35°C lorsque le vent souffle du Nord Est ou Nord Ouest. Par ailleurs, les fluctuations de température sont très rapides, de l'ordre de l'heure, en fonction des changements de direction et d'intensité du vent.

A la sortie du refroidisseur, un piquage d'eau est réalisé sur le canal principal d'irrigation de l'Oasis de Béchima. A partir de ce piquage, l'eau dont le débit est modulable, traverse un bassin de 60m<sup>3</sup> avant d'approvisionner les bacs d'élevage.

Ce bassin tampon de 60 m<sup>3</sup> a été construit dans le but d'une part de refroidir l'eau au contact de l'air en diminuant le débit pour augmenter son temps de séjour, et d'autre part de réduire les fluctuations thermiques. Cependant sa faible capacité ne permet pas durant les mois chauds de fournir à la serre un débit d'eau refroidi supérieur à 0,3 l/s. En effet, en été, le temps de séjour doit être égal ou supérieur à 24 heures afin de bénéficier des températures plus fraîches de la nuit.

Le contrôle du débit est effectué par l'inclinaison d'un tuyau PVC fixé en sortie du piquage sur le canal d'irrigation. Or, le niveau supérieur de la revanche du bassin étant au-dessous du niveau du canal, un débit d'entrée supérieur au débit de sortie



entraîne le débordement du bassin. Le plus simple serait de rehausser les parois du bassin et, lorsque celui est à son niveau de remplissage maximal, de régler les débits au niveau du dispositif aval qui conduit les eaux vers les installations d'élevage.

### 2.3.2.2 Les améliorations indispensables

La solution du bassin tampon, retenue par l'INSTM, apparaît la meilleure tant sur le plan financier (pas de coût de fonctionnement) que sur le plan technique (souplesse d'utilisation et efficacité). Mais l'agrandissement de l'ouvrage existant ou un deuxième bassin tampon est indispensable pour que **la station devienne opérationnelle**. La capacité du bassin à construire doit être au moins de 450 m<sup>3</sup> (en béton ou en bâche synthétique) pour garantir un débit de 15m<sup>3</sup>/h, mais il serait préférable d'envisager un ouvrage de 800 m<sup>3</sup> (débit 25 m<sup>3</sup>/h) afin d'améliorer le pouvoir tampon et de permettre une plus grande souplesse de fonctionnement de l'écloserie. Rappelons que c'est la solution adoptée par tous les utilisateurs des ressources en eaux géothermales du Sud-Tunisien.

Le dénivelé existant entre la prise d'eau et l'alimentation des bacs de la serre devrait permettre de construire un bassin enterré de l'ordre de 2 m de profondeur. L'avant projet sommaire de l'écloserie (Dorgham, 1996) prévoyait déjà la construction d'un bassin de 450 m<sup>3</sup> de 15 m de long, 15 m de large et 2 m de profondeur. Bien entendu, le niveau de la revanche du bassin doit être légèrement au-dessus du niveau de la séguia en sortie du refroidisseur afin d'éviter tout risque de débordement.

Le bassin sera toujours alimenté en eau par un piquage sur le canal en sortie du refroidisseur, qui devrait être équipé d'une vanne réglable. Celle-ci sera dimensionnée pour permettre le passage du débit maximal (10l/s). Cette vanne d'entrée sera totalement ouverte quand le bassin fonctionnera à pleine capacité. La régulation du débit ou du temps de séjour se fera alors uniquement par le dispositif aval, d'alimentation en eau des installations d'élevage. La vanne sera partiellement fermée si l'on souhaite à la fois réduire le débit et raccourcir le temps de séjour de l'eau en baissant le niveau du bassin grâce au dispositif aval. Cette disposition permet d'ajuster à la fois le débit et le temps de séjour de l'eau, et donc de disposer d'une eau thermiquement régulée toute l'année.

Le dispositif aval de régulation des niveaux et des débits devrait être couplé avec un système simple de contrôle du débit (Hussenot, 1998). A terme, un modèle prédictif de la température de l'eau pourrait être établi en fonction d'une part des conditions atmosphériques (T°C et vent), et d'autre part des débits et des temps de séjour de l'eau dans le bassin.

Dans tous les cas, ces propositions doivent être revues et améliorées par un spécialiste en hydraulique et génie civil.

L'autre solution consisterait à remettre en fonctionnement le système de ventilation aspirante du refroidisseur. Le coût de remise en marche sera moins élevé que la

construction d'un bassin, mais ce choix entraîne des frais d'électricité. Les coûts mensuels seraient l'ordre de 300 DT/mois en prévision d'un fonctionnement continu qui nous paraît indispensable. Par ailleurs, cette solution n'offre pas de sécurité en cas de coupure du courant électrique, et ne permet pas un contrôle fin de la température.

### 2.3.3 Une qualité physico-chimique de l'eau compatible avec les exigences du tilapia

Les analyses (tableau 5) sont caractéristiques d'eau sulfato-sodique qui ne présente pas d'éléments chimiques défavorables à la biologie des tilapias, et particulièrement aux deux espèces du genre *Oreochromis* candidates à l'élevage.

Ces deux espèces *O. niloticus* et *O. aureus* se reproduisent et se développent (Chervinski, 1982) normalement dans des eaux 6g/l de salinité. Les performances de croissance d'*O. aureus* en eaux saumâtres (6 à 10 g/l) ne sont pas différentes de celles observées dans une eaux douce (Chervinski 1982.).

| Date                          |          | sept-96 | n.c. | mars-97 |
|-------------------------------|----------|---------|------|---------|
| Température                   | °C       | 45      | n.c. | 33      |
| PH                            |          | 7,69    | 7,69 |         |
| Conductivité à 25°C           | mmhos/cm | 3,62    |      | 3,4     |
| Résidu sec                    | mg/l     | 2820    |      | 2600    |
| Ca <sup>2+</sup>              | mg/l     | 200     | 335  |         |
| Mg <sup>2+</sup>              | mg/l     | 194     | 60   |         |
| Na <sup>+</sup>               | mg/l     | 335     | 497  |         |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | mg/l     | 1056    | 952  |         |
| Cl <sup>-</sup>               | mg/l     | 710     | 671  |         |
| K <sup>+</sup>                | mg/l     | 18      | 39   |         |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | mg/l     | 103     | 113  |         |
| Fer total Fe                  | mg/l     | 0 ?     |      | 0,22    |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  | mg/l     |         |      | 0,015   |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | mg/l     |         |      | 0,25    |

n.c. : non communiqué. Sources : Dorgham, 1996 ; Anon. 1997 ; Hussenot, 1998.

Tableau 5 : Analyses d'eau du forage de Béchima

La température doit être régulée pour se maintenir dans les gammes les plus favorables comprises entre 28°C et 32°C pour la croissance et la reproduction. Elle ne doit jamais dépasser 36 à 38°C et ne pas présenter de fluctuations brutales. Cette régulation de la température est conditionnée par la mise en place d'un bassin tampon de taille suffisante.

Le fait de disposer d'eaux chaudes gratuites ouvre des perspectives intéressantes en matière de recherches, et en particulier sur les possibilités de produire des populations monosexes mâles par inversion thermique du sexe (Baroiller, 1996).

Des sursaturations gazeuses (tableau 6) en azote ont été relevées à la sortie du refroidisseur (Hussenot, 1998) à des seuils susceptibles d'entraîner des mortalités. A ce jour, les chercheurs de l'INSTM n'ont constaté sur les lots de poissons d'élevage

aucune mortalité anormale ou symptôme de la « maladie des bulles » provoquée par des sursaturations en azote. Rappelons que la tour de refroidissement présente toutes les caractéristiques d'une colonne de dégazage de l'azote et de saturation en oxygène. Cette action est probablement complétée par le passage de l'eau dans le bassin tampon. En effet des valeurs d'oxygène proches de la saturation sont obtenues à la sortie du bassin (Dorgham, 1999 : communication personnelle).

|      | Seuils (*) | PGT      | Sat. N <sub>2</sub> et Arg | Sat. O <sub>2</sub> |
|------|------------|----------|----------------------------|---------------------|
| 1997 | 102-106%   | 104%     | 110%                       | 80%                 |
| 1998 | 102-106%   | 108-113% | 115-121%                   | 80%                 |

(\*) proposé par Saeed et al, 1997 cité par Hussenot 1998.

Source : Hussenot, 1998

Tableau 6 : Mesures des saturations gazeuses à la sortie du refroidisseur de Béchima

La teneur en oxygène est proche de la saturation à la sortie du bassin tampon existant. Les débits proposés sont suffisants pour garantir une teneur de 3 mg/l favorable à la croissance et la reproduction du tilapia.

L'évaluation du risque concernant la présence de substances toxiques (mercure, fluor, etc.) pour les poissons ou pour la consommation humaine de ceux-ci (bioaccumulation) devrait être réalisée avec les services de contrôle de la qualité des eaux potables de la SONEDE ou tout autre service compétent. Une recherche de métaux lourds dans les eaux du forage de Béchima et dans la chair des poissons devrait être effectuée et analysée avec les services compétents. Si un risque existe, un protocole de suivi doit être envisagé.

### 2.3.4 Des structures d'élevage à compléter pour fournir en juvéniles de tilapia les pilotes de grossissement

L'unique serre aquacole est équipée de 6 bacs de 1 m<sup>3</sup> (2,0 x 1,0 x 0,5), 6 de 0,6 m<sup>3</sup> (1,2 x 1,0 x 0,6) et 6 de 4 m<sup>3</sup> (7,7 x 1,5 x 0,5) totalisant un volume total de 33,6 m<sup>3</sup>. L'équipement actuel peut-être complétée par 2 bacs de 1 m<sup>3</sup>, 2 de 0,6 m<sup>3</sup> 4 de 4 m<sup>3</sup> disponibles sur le site.

La serre disposera ainsi d'un nombre de bacs et d'un volume en eau de 52,8 m<sup>3</sup> largement suffisant pour répondre aux besoins des lots de poissons tels qu'ils ont été définis ci-dessus. Le surplus de bac permettra éventuellement de conserver plusieurs espèces ou souches de tilapia et de produire les alevins de chacune d'entre elles.

La construction de 4 bassins extérieurs de 600 m<sup>3</sup> (par exemple : 20 x 30 x 0,8 m utile, avec une revanche de 0,20 m, et une pente de 1,5%) est conseillée pour disposer de structures d'attente avant le transport des poissons vers les pilotes de grossissement et surtout pour réaliser sur le site même un prégrossissement jusqu'à 25g ou un grossissement jusqu'à la taille marchande .

**L'implantation et les dimensions des bassins seront définis avec précision par l'expert national en hydraulique et génie civile afin d'exploiter au mieux le déclivité naturelle du terrain. Les bassins seront enterrés et recouvert d'une bâche.**

Ces bassins seraient alimentés par les eaux de la serre, complétées en saison froide, si nécessaire par de l'eau chaude issue directement du bassin tampon. Les eaux de vidanges seront évacuées dans la séguia.

La station de Béchima associera ainsi, à moindre coût, l'écloserie et un site de grossissement en bassins.

### **2.3.5 Un bloc laboratoire – bureau(x) - sanitaire à construire**

Le seul bâtiment existant peut-être qualifié de magasin de stockage, mais ne peut pas accueillir dans l'état actuel le matériel scientifique et les ingénieurs de recherche. Il est important que ceux-ci puissent travailler au sein même de la station de recherche dans des locaux adaptés.

Dans le même ordre d'idée un local de gardiennage paraît indispensable, une chambre de passage pour assurer les nuits de garde, et des sanitaires (douche/toilette).

L'alternative est de construire de nouveaux bâtiments ou, à court terme d'aménager en bureau-laboratoire le magasin existant. Il est en tout cas indispensable que le matériel de laboratoire et de bureau soient séparés du stockage de matériaux divers, à l'abri de la poussière et climatisé.

### **2.3.6 Du matériel de laboratoire et des consommables à acquérir**

Le matériel de la station comprend : 1 oxythermomètre, 1 pHmètre, 1 conductivimètre/salinomètre, 1 spectrophotomètre DREL 2000 (et les consommables ?), une balance électronique de 0,1g et 1 thermomètre.

Les acquisitions à faire sont nombreuses (\$\$\$ : indispensable, \$\$ : très utile, \$ : utile) :

- Groupe électrogène ? \$\$\$ si bassin tampon n'est pas construit, \$ sinon ;
- Fax, modem, micro-ordinateur, imprimante etc. (vu l'isolement) \$\$ ;
- Réfrigérateur/congélateur pour la conservation de produits ou d'échantillons, \$\$\$ ;
- Balance de précision (0,001), balance ordinaire (précision 50g), \$\$\$ ;
- Thermomètres mini/maxi \$\$\$ ;
- Thermomètres enregistreurs (2) \$\$\$ ;
- Saturomètre (mesure des sursaturations gazeuses) \$\$ ;
- Epuisettes diverses, senne, \$\$\$ ;
- Bouteilles d'incubation \$\$\$ ;

- Distributeurs d'aliments, \$\$ ;
- Matériel d'aquarium : bulleurs et leur équipements, filtres \$\$\$ ;
- Trousses à dissection, seringues, etc. \$\$\$ ;
- Verrerie diverses, \$\$\$ ;
- Loupe de sexage, loupe binoculaire et microscope ? \$\$ ;
- Produits de traitement, de désinfection etc. \$\$\$ ;
- Alcool, liquide de bouin, eau distillée etc. \$\$\$ ;
- Bouteille d'oxygène et détendeur, \$\$\$ ;
- Poches plastique pour le transport des poissons, \$\$\$ ;
- Etc. en fonction des objectifs de recherche assignés à la station.

**L'aliment** (\$\$\$) doit être de qualité et importé pour les premiers essais, afin de disposer d'un référentiel biotechnique « optimal », et ainsi de pouvoir évaluer les effets de la qualité des eaux et des autres facteurs de production. Un aliment local doit être formulé et testé parallèlement ou ultérieurement en associant les fabricants locaux identifiés (Métouia, Sfax) et les nutritionnistes de l'INSTM (Sfax). Le personnel de la station n'a au vu des autres priorités ni les moyens, ni la spécialisation, ni la vocation de fabriquer son propre aliment ou celui de la filière naissante.

Un véhicule utilitaire «double cabine» pour les visites de suivi des pilotes et le transport de poissons semble indispensable.

### **2.3.7 Le personnel et la gestion de la station**

L'équipe de la station est constituée de 3 ingénieurs de recherche en poste à Béchima et d'un coordonnateur de projet résidant à Tunis.

A ces cadres de recherche s'ajoute un gardien de jour, il pourrait s'avérer nécessaire de disposer d'un gardiennage de nuit.

Au cours des entretiens, et des visites, il est apparu important d'envisager de structurer l'équipe en désignant parmi les trois ingénieurs un responsable vis à vis de l'extérieur et des autres cadres de recherche.

Enfin, il sera important de doter la station d'une certaine autonomie (petite caisse ?) pour régler les inévitables menues dépenses nécessaires au fonctionnement quotidien. Dans la phase pilote, une implication des promoteurs privés dans le fonctionnement de la station est peut-être envisageable.

### **2.3.8 Des premiers résultats techniques encourageants, mais encore modestes**

La station a reçu le 3/2/99 un lot de géniteurs d'*Oreochromis niloticus* en provenance de Libye constitué seulement de 8 femelles et 2 mâles.

Les animaux ont été répartis en deux lots de reproduction dans deux bacs.

La première ponte d'une femelle (900 œufs et larves) a été obtenue le 22/02/99. Puis, probablement suite à des difficultés de gestion des géniteurs (4 femelles sont mortes), aucune ponte n'a été obtenue jusqu'au 1/5/99. A cette date, deux pontes tout à fait normales sont obtenues (1000 et 1325 individus respectivement par femelle de 375g et 500g). Durant cette période la température a été maintenue entre 26°C et 30°C.

Depuis, aucune nouvelle ponte n'a été obtenue. Après le 1<sup>er</sup> mai 1999, les températures élevées (30-35°C, associées à de petits débit) sont avancées comme l'une des causes par le responsable.

Les alevins issus de la première reproduction (quelques centaines ?) ont un poids moyen de l'ordre de 25g pour une durée d'élevage de 6 mois, et ceux de la deuxième (quelques centaines ?) de l'ordre de quelques g. Leur poids traduit une faible croissance en relation avec la qualité et la quantité d'aliments distribués. Les poissons se nourrissent presque exclusivement des algues périphytiques qui se développent sur les parois du bac ou de plantes aquatiques séchés récoltés dans un oued voisin.

De plus, faute de matériel, les pesées ne sont pas réalisées régulièrement.

Ces premiers résultats confirment que la qualité de l'eau est favorable à l'élevage du tilapia.

Cependant, l'acquisition d'un «savoir-faire » et la mise œuvre de suivis rigoureux d'élevage ne pourra se faire que si les cadres de recherches disposent d'un environnement de travail minimal.

## **2.4 CONCLUSION**

La station de L'INSTM, malgré des premiers résultats acquis dans un environnement difficile, ne dispose pas des équipements et matériels suffisant pour démarrer un pilote de production de juvéniles et satisfaire les besoins de pilotes de grossissement, même de tailles modestes.

Sur le plan des investissements, l'agrandissement du bassin tampon existant et les améliorations proposées du fonctionnement hydraulique sont prioritaires et indispensables pour rendre la station de Béchima opérationnelle. Il en est de même de la mise en place des bacs inutilisés dans la serre. La construction d'une deuxième serre ne paraît pas prioritaire au regard des investissements précédents.

L'aménagement du magasin actuel en laboratoire-bureau est indispensable pour créer un environnement minimal favorable aux ingénieurs de recherche. La construction de bâtiments supplémentaires est à envisager dans les meilleurs délais. En particulier, il est impossible d'envisager un fonctionnement sécuritaire des installations sans assurer un gardiennage permanent.

La station doit être dotée du matériel et des consommables qualifiés d'indispensables (\$\$\$), et en particulier elle doit disposer d'un stock d'aliments de qualité. Dans

l'attente de la mise au point d'un aliment local, le projet doit envisager l'importation de cet aliment.

La construction de bassins extérieurs de grossissement apparaît comme la solution la moins onéreuse pour établir un référentiel technique pour ce type de site en eaux géothermales (voir rapport sur l'identification des sites).

Enfin, il est important de veiller à une bonne répartition des responsabilités et des tâches des trois chercheurs et de leur permettre de rompre leur isolement scientifique vis à vis de l'extérieur (téléphone, boîte électronique ?).

Dans le contexte actuel (août 1999), la venue d'un expert ou d'un technicien pour lancer la production n'est pas envisageable.

## REFERENCES CITEES

ANON. 1997, Ressources en eau géothermique dans le Sud Tunisien. Ministère de l'agriculture/DGPA. PNUD. Centre National d'Etudes Agricoles. Rapport 18 p.

BAROILLER, J.F., A. FOSTIER, C. CAUTY, X.ROGNON and B. JALABERT.1996. Effects of high rearing temperatures on the sex ratio of progeny frim sex reverserd males of *Oreochromis niloticus*, p.246-256. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon Kothias and D. Pauly (eds.) The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf.Proc.41,575 p.

DORGHAM A. 1996, Potentialités de développement de l'aquaculture en eau douce et en eau saumâtre dans le Sud Tunisien. Rapport 18 p.

CHERVINSKI J. 1982, Environmental Physiology of Tilapias. In The Biology and Culture of Tilapias. Edited by R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-Mc Connell. ICLARM. P. 119-128

HUSSENOT J. 1998. Valorisation des eaux géothermales du Sud Tunisien par l'aquaculture du tilapia : la station expérimentale Instm de Béchima. Programme « aquaculture 2001 » INSTM. IFREMER. Rapport 23 p.

MELARD Ch. 1986. Recherches sur la biologie d'*Oreochromis (Tilapia) niloticus* L. (Pisces Cichlidae) en élevage expérimental : reproduction, croissance, bioé,énergétique. Université de Liège, Thèse de doctorat, p. 224

MOULDI B. M. 1997. Agricultural geothermal utilization in Kébili region, Tunisia. The United Nations University, Reports 1997 Number 2. 56 p.



## ANNEXE 1 : LES REFROIDISSEURS

- Refroidisseur atmosphérique à air croisé avec ventilation forcée. Il consomme des KW, mais est très efficace. Un refroidisseur coûte 300 000 DT. Le coût de l'entretien réalisé par le CRDA s'élève à 10 000 Dan. L'AIC prend en charge le KW, soit un montant mensuel de 300 DT en fonctionnement continu pour une puissance installée de 15 KW. La puissance installée est fonction du débit du forage, soit 30 KW pour 100l/s, 22 KW pour 90l/s et 5 KW pour 80l/s. En fonctionnement normal des écarts thermiques de 40°C entre l'entrée et la sortie de l'eau sont assurés. Leur fonctionnement est considéré comme satisfaisant par les services du CRDA de Kébili, mais trop coûteux pour ceux des CRDA de Gabès et Tozeur. D'autres systèmes de refroidissement sont recherchés.
- Idem, mais ventilation uniquement naturelle, demande une mise en contact plus grande de l'eau avec l'air.
- Refroidisseur « serpentín » en béton, moins efficace, utilisé seulement pour les petits débits. L'abattement de température est inférieur à 10 °c dans celui de Chenchou.
- Refroidisseur avec « cascades » (type atmosphérique naturel) et serpentín de Tozeur (El Hamma). Ils remplacent les refroidisseurs atmosphériques à ventilation forcée.

## ANNEXE 2 : DONNEES AGRICOLES

### ➤ *Eléments sur la culture de tomate en sericulture*

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Rendement                       |   |
| - Minima                        | 7,8 kg/m <sup>2</sup>   |
| - Maxima                        | 22 kg/m <sup>2</sup> (« la 5 <sup>e</sup> saison » sur une partie des serres)   |
| - Moyen                         | 12 – 13 kg/m <sup>2</sup> (14 kg/m <sup>2</sup> (« la 5 <sup>e</sup> saison »)) |
| Investissement serre tunnel     | 5 Dinars/m <sup>2</sup>   |
| Investissement serre « tomate » | 20 à 50 Dinars/m <sup>2</sup>   |
| Prix de revient 1kg de tomate   | < ou = ½ Dinars   |
| Prix départ ferme /kg           | 1,5 Dinars, 4 Dinars pour les tomates cerises                                   |
| Prix de vente Europe /kg        | 2 à 4 Dinars  |
| Coût du transport               | 500 millimes  |

La pépinière est mise en place durant le mois d'août, la production s'étale de début novembre en mai (7 mois).

Une serre de 500 m<sup>2</sup> a besoin de 0,3l/s d'eau pour le chauffage et 1/3 pour l'irrigation (données CRDA Tozeur).

Les nématodes sont les principaux parasites.

### ➤ *Données sur les aliments du bétail*

|   |   |
|---|---|
| - son de blé  | 100 millimes/kg                                 |
| - aliment poulet  | 290 à 310 Dinars/t selon la formule alimentaire |
| Formules alimentaires                                       | Dinars/tonne (*)                                |
| Soja 32%/Maïs 64%/CMV 4%, Poussin                           | 305/310   |
| Soja 26%/Maïs 64%/CMV 4%/carbonate de Ca 6% Poule pondeuse  | 290   |
| Soja 33%/Maïs 10%/Orge 36,5/Son Blé 20 /sel 0,5% Vache lait | 270   |

*Nota : le Tourteau de Soja contient 43 à 47% de protéines, (\*) livré*

- Les sociétés d'aliment du bétail de Gabes vont s'approvisionner à Sfax. Le Soja et le Maïs sont importés. L'orge et le son de blé sont des produits nationaux, peu disponibles à certaines saisons.
- Les 2 sociétés Metouia disposent d'un matériel semblable : broyeurs (1 à 2 d'une capacité de 2 à 3 t/h), mélangeurs (3 d'une capacité utile de 1000l), ensachage semi-manuel, élévateur à vis, balance. Leur capacité avoisine 20 t/j. La distribution d'aliment est effectuée jusqu'à Tozeur, Gafsa, El Hamma....
- Deux autres unités de fabrication existent dans le Gouvernorat de Gabes, l'une d'entre elles appartient à l'ONEP.

Tous les 6 mois un contrôle de qualité est réalisé par les service compétents.

➤ *Éléments sur l'élevage de poulet de chair de M. El HAD MANSOUR de Tozeur.*

- Aliment acheté à SFAX (Société Alemas Sifat ? ) par l'exploitant aux prix de 16,250 DT/50kg. Il contient de la farine de poisson, du tourteau de Soja et du Maïs.
- Deux bandes de poulet, respectivement de 1500 et 2000 individus sont élevés en 45 jours jusqu'au poids moyen de 2 kg. Il faut 5 kg d'aliment. La marge par poulet est de 600 à 700 millimes.
- En été, les poulaillers (2) sont climatisés.

➤ *Prix indicatifs de quelques produits animaux*

| Produit                  | Prix de gros<br>Dinars/kg | Prix de détail<br>Dinars/kg |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Viande                   |                           | 7                           |
| Poulet                   |                           | 1,7                         |
| Sardine                  |                           | 1                           |
| Muges                    |                           | 6-7                         |
| Loup                     |                           | 10                          |
| Tilapia à Rungis (Paris) | 3,8 à 4,75                |                             |
| Filet de dorade          | 5,5 (*)                   |                             |

(\*) offre faite par la Société d'Elevage de Monastir à l'hôtel de l'Oasis de Gabes

La ville de Kébili importe environ 150 t/an de poissons de mer, et ces quantités sont probablement supérieures dans le cas de la ville de Tozeur.

➤ *Autres éléments de coût*

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Terrassement pelle à godet | 25 Dinars/h                                       |
| Bâche géomembrane          | 12 Dinars/m <sup>2</sup>                          |
| Bassin en béton            | Environ 100 Dinars/m <sup>3</sup>                 |
| KWH tarif agricole         | Coupure en période de pointe en hiver (17h à 22h) |
| - jour                     | 47 millimes                                       |
| - nuit                     | 30 millimes                                       |
| Eau pompée                 | 20 –25 millimes/m <sup>3</sup>                    |
| Main d'œuvre               | 6 Dinars/jour                                     |

➤ *Aides de l'Etat*

- L'Etat peut octroyer une subvention équivalente à 20 à 25% du montant global du projet agricole. Le promoteur doit apporter un autofinancement 10%, et contracter auprès des banques un prêt dont les intérêt avoisine 8-10%. Le montant de la subvention est fonction de l'importance du montant financier du projet : <40000 D (A), 40000 D – 150000 D (B) et > 150 000 (C).
- L'état subventionne à 60% les investissements entraînant des économies d'eaux.
- L'Etat prend en charge les infrastructures et forages à usage collectif.

➤ Les périmètres irrigués du Gouvernorat de GABES (entretien M. KACEM MANSOUR)

Les périmètres irrigués couvrent près de 8000 ha. Ils sont gérés par 60 Associations d'Intérêt Collectif (AIC) avec assistance du CRDA.

Les parcelles sont de petites tailles, de l'ordre de 0,25 ha. Les exploitants cultivent des plantes fourragères (luzerne), des plantes maraîchères (oignon...) et arbres fruitiers (grenadier,...). Ils pratiquent en général l'élevage de vaches laitières (4/5 unités, total : 4000 unités répartis à Teboulou, Mareth et El Hamma) ou ovins/caprins (140 000 unités, surtout dans la zone de Menzel Habib). Notons que le foin et la paille sont importés du Nord.

Pour irriguer sa parcelle, l'exploitant dispose de 25 à 30 l/s durant 5 heures (parfois 10 heures) tous les 15 jours en règle générale (13j, 20j, 30j).

Il existe un intérêt pour une production familiale de poissons, mais à but spéculatif de la part de certains exploitants. Il s'agirait de construire un bassin qui servirait à la fois de réservoir d'eau et de lieu d'élevage.

Du point de vue de l'irrigation, un bassin de 540 m<sup>2</sup> x 1 m /ha serait suffisant pour stocker l'eau d'un tour d'eau de 5 heures. Mais cela augmenterait les pertes d'eau de 8% uniquement par évaporation.

### ANNEXE 3 : DIFFERENTS NIVEAUX D'INTENSIFICATION DES SYSTEMES D'ELEVAGE PISCICOLE

| Densité de poissons à la mise en charge           | < 1 m <sup>-2</sup> | 1 à 5 m <sup>-2</sup> |  | 5 à 10 m <sup>-2</sup>  | 10 à 100 m <sup>-2</sup>   |
|---|---------------------|-----------------------|--|---|--|
| Structure d'élevage dominante                     | Etang               |                       |  | Etang/Bassin  | Bassin/cage  |
| Rendement (t.ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> ) | 0 – 1               | 1 – 5                 | 5 – 15   | 15 – 50   | 50 et plus jusqu'à 100 kg.m <sup>-3</sup>  |
| Intrants  | Pas d'intrants      | Macrophytes<br>Fumure | Fumure<br>Aliment simple ou composé<br>Tourteaux<br>Issus céréales | Aliment composé qualité « acceptable » en granulés fabrication artisanale < 10% farine de poisson | Aliment composé de qualité en granulés fabrication industrielle conseillée > 10% de farine poisson |
| Taux de renouvellement de l'eau en %/jour         |                     | < 5                   | 5 à 10   | 10 à 30<br>aération<br>recirculation de l'eau possible  | >30<br>aération/oxygénation<br>recirculation de l'eau possible                                     |
| Niveau d'intensification                          | Extensif            | semi-intensif         |  | Intensif<br>Niveau de risque modéré   | Super intensif<br>Niveau de risque plus élevé  |