



**ETUDE DIAGNOSTIC ET REDIMENSIONNEMENT DU SYSTEME  
D'IRRIGATION PAR ASPERSION DE LA PEPINIERE FORESTIERE  
D'OUED EL BIR, EL HAOUARIA-TUNISIE**

**DIAGNOSTIC STUDY AND RESIZING OF THE IRRIGATION  
SYSTEM BY SPRINKLING OF THE FOREST NURSERY OF OUED EL  
BIR, EL HAOUARIA-TUNISIA**

*SAIDI A.<sup>1,2</sup>, MIMOUNI A.<sup>2</sup>, AMMARI Y.<sup>1</sup>, DAGHARI H.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Université de Carthage, Institut National de Recherches en Génie Rural,  
Eaux et Forêts (Laboratoire d'Ecologie Forestière).  
B.P 10-2080 Ariana-Tunis, Tunisie

<sup>2</sup> Université de Carthage, Institut National Agronomique de Tunisie.  
43, Avenue Charles Nicolle, Cité Mahrajène, 1082 Tunis, Tunisie

*saidiahmed44@gmail.com*

**RESUME**

Certaines pépinières forestières, qualifiées de modernes, faisaient le siège de plusieurs défaillances se rapportant notamment à la conduite des irrigations ce qui défavorise la production de plants de qualité et par conséquent leur installation en site de plantation et leur aptitude à la surmontée des crises de transplantation. Cette étude consiste en une contribution au programme de réhabilitation de la pépinière forestière d'Oued El Bir relevant de la délégation d'El Haouaria, gouvernorat de Nabeul au Nord Est Tunisien. Dans ce travail, nous avons procédé par une étude diagnostic de l'infrastructure hydraulique existante en plus d'un calcul de redimensionnement du réseau d'irrigation afin de révéler les dysfonctionnements existants et d'en proposer les remèdes possibles. Les résultats du diagnostic ont dévoilé certaines anomalies tout au long du réseau d'irrigation allant du sondage jusqu'aux asperseurs telles que les fuites d'eau au sein de la conduite de refoulement et des canalisations de distribution et l'usure des électrovannes, des asperseurs, des canalisations, des équipements de la station de tête et l'armoire électrique. Le calcul de dimensionnement a montré que le réseau existant est surdimensionné et que la

stratégie d'irrigation adoptée n'est pas strictement appropriée aux caractéristiques du dit réseau.

**Mots clés :** Réseau d'irrigation, Pépinière forestière, Diagnostic, Dimensionnement, Tunisie

## **ABSTRACT**

Some forest nurseries, qualified as modern, were the site of several failures related mainly to irrigation management which disadvantages the production of plants of good quality and consequently their installation and their ability to overcome transplanting crises. This study is a contribution to the program of Oued El Bir forest nursery (which is belonging to the delegation of El Haouaria, Nabeul governorate in the North East of Tunisia) rehabilitation. In this work, we carried out a diagnostic study of the existing hydraulic infrastructure in addition to irrigation network sizing in order to reveal existing dysfunctions and then propose possible remedies. Diagnosis study revealed some anomalies throughout the irrigation network such as water losses and equipments wear (valves, sprinklers, pipes, head station equipment and electrical cabinet). The sizing calculation has shown that existing network is oversized and adopted irrigation strategy is not strictly appropriate to the network characteristics.

**Key words:** Irrigation network, Forest nurseries, Diagnosis, Network sizing, Tunisia

## **INTRODUCTION**

Les forêts acquièrent une importance capitale dans la préservation de l'équilibre écologique à travers leur implication dans la préservation de la biodiversité et la protection contre l'érosion et la désertification. Les forêts acquièrent également une importance économique à travers la valorisation de différents produits tels que le bois, le liège et les produits forestiers non ligneux en assurant environ 1,4% du P.I.B. En plus, ces forêts jouent un rôle social en générant des sources de revenu pour ses habitants qui représentent environ 10% de la population totale et 23% de l'ensemble de la population rurale (Lamhamedi et al., 2006). En fait, les forêts constituent un cadre propice pour les activités de loisir et de tourisme écologique puisqu'elles renferment des catégories végétales et animales très variées et divers parcs et réserves nationaux. Néanmoins, cet espace est sujet à des agressions anthropiques diverses telles que le

défrichage, le pâturage, la déforestation, les incendies et la pollution associées aux récents changements climatiques (Bernard P., 2008 ; Lamhamedi et al., 2000 ; Coyte., 1990). Face à cette situation, le gouvernement a pensé à en remédier via l'instauration, depuis 1991, d'un plan national de reboisement constituant un tournant décisif en matière d'introduction de nouvelles technologies de production de plants et de modernisation des pépinières forestières dont le pilotage de la fertigation en constitue une composante majeure (Lamhamedi et al., 2001 ; Lamhamedi et al., 2006). Toutefois, le taux de réussite de reboisement demeure toujours faible et en dessous des objectifs fixés bien que les efforts déployés et les mesures prises par l'état soient considérables (Lamhamedi et al., 1994) . En outre, prenons le cas d'une installation d'irrigation dont le rôle principal consiste à répartir l'eau d'arrosage avec la meilleure uniformité possible aussi bien à l'échelle spatiale (s'étendre à l'ensemble de la parcelle ou, tout au moins au poste d'arrosage) qu'à l'échelle temporelle (se maintenir pendant toute la vie de l'installation, soit 5 à 10 ans ou davantage), il s'est avéré suite à des visites de prospection qu'il existe certaines anomalies au sein du réseau se manifestant par une mauvaise répartition d'eau et des problèmes de fuites. Alors, un diagnostic des aménagements et des équipements mis en place s'impose afin de faire ressortir les défaillances existantes et par conséquent d'en proposer les remèdes possibles. La présente étude s'inscrit dans ce cadre et consiste en une étude diagnostic des différentes composantes du réseau d'irrigation relevant de la pépinière forestière d'Oued El Bir (Mtar et al. 1996a) conjuguée à un calcul de dimensionnement détaillé qui va aboutir à des solutions techniques appropriées.

## **MATERIELS ET METHODES**

### **Présentation de la zone d'étude**

#### *Localisation géographique et données climatiques*

La pépinière forestière d'Oued El Bir (d'une superficie brute de 0,64 ha) se situe au Nord Est de la Tunisie (Longitude : 36°53'22.20''N ; Latitude : 10°47'57.22''E ; Altitude moyenne : 78 m) et elle fut l'une des trois premières pépinières pilotes aménagées en Tunisie depuis 1996 dans le cadre du deuxième Projet de Développement Forestier (PDF2). Cette pépinière relève du gouvernorat de Nabeul et est rattachée administrativement à la délégation d'El Haouaria. Elle est située à 28 km environ au Sud-Ouest de la ville d'El Haouaria et à 30 km environ à l'Ouest de la ville de Kelibia. La pépinière

d'Oued El Bir est accessible du côté Ouest à partir d'une piste qui prend naissance au niveau de la route C26. La zone d'étude appartient au bioclimat subhumide à saison chaude et sèche se prolongeant au-delà de l'été. Les précipitations annuelles sont faibles et irrégulières (violentes averses de courte durée) et suivent un gradient décroissant en allant vers le Sud soit, une moyenne annuelle de l'ordre de 600 mm/an (Gaâmour, 1999). Les mois les plus pluvieux sont ceux de l'hiver : avec 108,8 mm en décembre et 76,5 mm en janvier. Les côtes tunisiennes sont affectées par des vents du secteur Ouest et Nord-Ouest en toutes saisons. Les vents les plus forts sont fréquents en période hivernale (Ben Messaoud, 2008). La vitesse du vent ne dépasse 13 m/s que dans 4 à 5 % des cas (Gaâmour, 1999). La température moyenne annuelle est relativement peu élevée le long de la façade Nord (de l'ordre de 18°C). Quant à l'évaporation, elle suit un gradient croissant en allant du Nord vers le Sud. La région du Cap Bon est située dans la zone de transition entre les deux bassins de la Méditerranée.

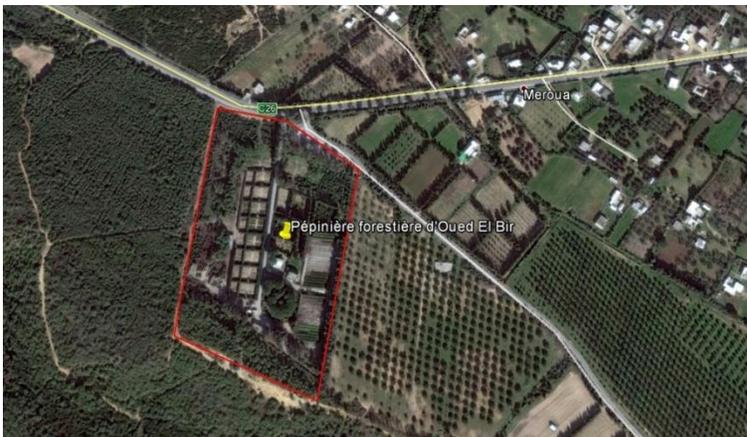
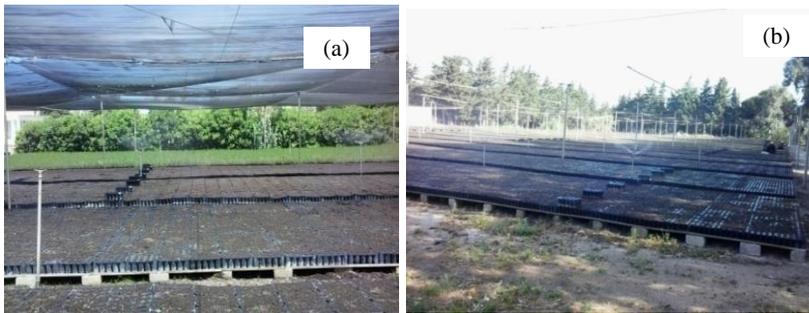


Figure 1 : Plan de localisation de la pépinière forestière d'Oued El Bir

#### *Description des principaux aménagements de la pépinière d'Oued El Bir*

L'installation des infrastructures relatives à la pépinière d'Oued El Bir a nécessité la préparation du terrain initialement accidenté et présentant une dénivellation de plus de 3 m entre les points les plus bas et les plus hauts. Le niveau du terrain à préparer a été fixé à une altitude permettant d'utiliser au maximum comme remblais le déblai dégagé. La surface de culture est ombragée grâce à une toile supportée par une structure comportant des poteaux en acier galvanisé implantés sur le périmètre et à l'intérieur de l'aire de culture en

respectant un espacement équivalent de 7,925 m×7,925 m. La toile utilisée est de type tissée en polyéthylène noir à haute densité traité pour résister aux ultraviolets. La surface destinée aux cultures comporte 40 aires de cultures réparties sur deux zones. La première zone (2 585 m<sup>2</sup>), comportant 20 aires de cultures (3,15 m ×40 m), est aménagée en 1996 et dont chaque 2 aires sont desservies en eau par une ligne d'asperseurs placée au milieu avec un écartement entre les asperseurs de 6,27 m. La deuxième zone (2 585 m<sup>2</sup>), est aménagée en 2000, comportant également 20 aires de cultures (3,15 m ×40 m), et dont chaque 2 aires sont desservies en eau par une ligne d'asperseurs placée au milieu avec un écartement entre les asperseurs de 4,13 m. Les aires de cultures sont équipées par des tables de culture qui sont conçues pour surélever les récipients afin de permettre l'émondage aérien des racines (Moisan et al., 1995). Ces tables sont facilement démontables en cours de livraison assurant un maximum d'accès aux plants qui restent à livrer. Le semis est effectué dans des conteneurs conçus en polyéthylène noir haute densité (PEHD) stabilisé contre la dégradation par les rayons ultraviolets et dimensionnés de façon à en faciliter la manutention (36 cm (longueur) × 22 cm (largeur) × 16 cm (hauteur)), ils sont composés de 15 alvéoles contigües (3×5) de 410 cm<sup>3</sup> chacune (Landis et al., 1989 ; Landis et al., 1990). La pépinière d'Oued El Bir est également dotée d'une aire de compostage pour la production du compost in situ. Elle est également munie de son propre broyeur utilisé pour broyer les branches d'acacia ou tout autre produit d'origine organique et les réduire en particules d'une dimension souhaitable afin d'accélérer le compostage et dispose d'un tamis vibrant destinée à tamiser le compost (ou tout autre intrant nécessitant un tamisage) afin d'en retirer les particules grossières et de l'uniformiser. Le substrat retenu pour la pépinière forestière Oued El Bir est à base de compost de branches d'acacia broyées (50%), de résidus de lièges de 4 à 8mm (20%), de résidus de briques concassées (15%) et sable grossier (15%) (Lamhamedi et al., 1997 ; El Houla et al., 1996). Les principales espèces produites au sein de la pépinière d'Oued El Bir sont le pin pignon, le cyprès, le pin d'Alep, l'eucalyptus et le casuarina. (CRDA, 1996).



**Figure 2 : Ombrière (a) et tables de cultures (b) au sein de la pépinière d'Oued El Bir**

### *Description du réseau d'irrigation relevant de la pépinière d'Oued El Bir*

Le réseau d'irrigation au sein de la pépinière forestière d'Oued El Bir prend sa source dans deux bassins munis de deux électropompes et d'une capacité de 90 m<sup>3</sup> chacun. Ces derniers sont alimentés par le biais d'une pompe (moteur diesel de 20 ch) de capacité nominale de 18m<sup>3</sup>/h refoulant de l'eau à partir d'un sondage situé à environ 4 Km (Profondeur d'immersion : 14 m ; Coordonnées : 36°54'27.28''N et 10°46'19.06''E).



**Figure 3 : Image satellitaire du tracé du réseau d'irrigation de la pépinière Oued El Bir**

La distribution d'eau se fait via un réseau de tuyauterie en polyéthylène (PE) enterré. Une station de tête a été conçue pour assurer le conditionnement (filtration) de l'eau d'irrigation avant qu'elle soit acheminée dans le réseau secondaire et distribuée sur les aires de culture via des asperseurs disposés en carré (7,9×7,9 m) et surélevés d'environ 1 m au-dessus du niveau du sol. Ces

asperseurs débitent environ 18,83 litres/minute soit 1,13 m<sup>3</sup>/heure à une pression de 172 kPa soit 1,72 bar chacun. L'irrigation de chaque aire de culture (environ 50 000 plants) ou secteur d'arrosage peut être déclenchée soit automatiquement moyennant une électrovanne commandée par le module de contrôle électronique soit manuellement en agissant sur une vanne à bille. La station de tête offre également la possibilité de mener une irrigation fertilisante via deux injecteurs de fertilisants installés en parallèle.

## **Démarche de l'étude diagnostic et calcul de dimensionnement du réseau d'irrigation**

### ***Déroulement de l'étude diagnostic du réseau d'irrigation de la pépinière d'Oued El Bir***

Une étude diagnostic est destinée généralement, pour l'évaluation d'un projet qui est devenu problématique. Lors de l'analyse, on doit examiner les données relatives au projet initial (en se référant aux dossiers de l'étude initiale pour se renseigner sur les différentes données relatives au projet déjà exécuté) d'une part et au projet à son état actuel d'autre part (en recourant à des enquêtes, à des observations et également par la consultation des personnes ressources). L'étude diagnostic permet de faire ressortir un certain nombre de problèmes et de potentialités, d'où des propositions de solutions ou d'interventions dont les degrés d'adaptation sont très variables. Dans ce travail, cette étude diagnostic va intéresser le réseau d'irrigation relevant de la pépinière forestière d'Oued El Bir qu'on se propose de l'inspecter depuis le forage jusqu'aux canalisations terminales. On doit alors vérifier si les réseaux d'adduction et de distribution mis en place fonctionnent correctement par l'établissement d'un diagnostic de tous les équipements en amont et en aval de la station de tête. Ainsi, ce diagnostic fournira une appréciation générale de l'état et de la qualité de fonctionnement actuel du système d'irrigation afin d'apporter les solutions nécessaires.

### ***Calcul hydraulique/Dimensionnement d'un réseau d'irrigation***

Le calcul hydraulique d'un projet d'irrigation consiste à déterminer les diamètres des canalisations à mettre en place, en prenant en considération le poste d'arrosage le plus défavorisé, c'est-à-dire celui pour lequel les débits doivent être transportés sur les plus grandes longueurs (Heermann, 1983). L'objectif du calcul hydraulique c'est d'assurer une uniformité spatiale et

temporelle de la répartition de l'eau d'irrigation c'est-à-dire une variation de débit ( $\Delta Q$ ) entre les différents distributeurs ne dépassant pas une certaine valeur fixée par le projeteur. Cet objectif est atteint une fois nous parvenons à déterminer les diamètres, les débits et les pressions en tête de rampe, du porte-rampe, du tuyau d'approche et de la station de pompage. Afin d'obtenir une uniformité acceptable de l'arrosage, Christiansen (1942) propose de tolérer un écart maximal de 10% sur les débits des différents asperseurs mis en jeu. L'écart des pressions de fonctionnement doit donc être limité à environ 20%. Ainsi, le calcul de dimensionnement d'un réseau d'irrigation revient à établir les expressions suivantes :

- Débit ( $Q_r$ ) et charge hydraulique ( $H_r$ ) en tête de rampe
- Débit ( $Q_{pr}$ ) et charge hydraulique ( $H_{pr}$ ) en tête du porte-rampe
- Débit ( $Q_{ta}$ ) et charge hydraulique ( $H_{ta}$ ) en tête du tuyau d'approche
- Débit ( $Q_p$ ) et hauteur manométrique totale ( $H_{mt}$ ) de la pompe ainsi que sa puissance ( $P$ )

En outre, sachant que le débit d'un distributeur (asperseur) est régi par la loi suivante :

$$q = K_d H^x \rightarrow dq = K_d x H^{x-1} . Dh \rightarrow dq/q = x . dH/H ; \text{ Soit, } \Delta q/q = x \Delta H/H \quad (1)$$

Si on prend une valeur de  $x$  de 0,5 alors, la condition de Christiansen nous amène à écrire:

$$\Delta q/q \leq 10\% \rightarrow \Delta H/H \leq 20\% \rightarrow \Delta H = 20\% * H \quad (2)$$

Or, la perte de charge linéaire ( $\Delta H$ ) peut s'écrire comme suit :

$$\Delta H = j . Lf \pm \Delta Z \quad (3)$$

avec:

$\Delta Z$  : Dénivelée du terrain naturel ;  $Lf$  : Longueur fictive (de la rampe ou du porte-rampes)

La longueur fictive d'une conduite ( $Lf$ ) est calculée en recourant à l'expression suivante :

$$Lf = Lr * [((n+1) (2n+1)) / 6n^2] \quad (4)$$

avec:

$Lr$  : Longueur réelle de la conduite (rampe ou porte-rampes) (m) ;  $n$  : Nombre de distributeurs par rampe (s'il s'agit de calculer la longueur fictive de la

rampe) ou bien nombre de rampes par porte-rampes (s'il s'agit de calculer la longueur fictive du porte-rampes).

Ainsi, connaissons le débit transité et les pertes de charge correspondantes on peut déduire le diamètre de la conduite (rampes, porte-rampes et tuyau d'approche) en recourant à l'expression de Scobey:

$$j = 0,478 * D^{-4,75} * Q^{1,75} \quad (5)$$

avec :

j: Perte de charge unitaire (m/m); D: Diamètre de la conduite (mm) ; Q : Débit (l/h)

Toutefois, on devra vérifier la disponibilité des conduites sur le marché. Une fois le choix du diamètre optimal est effectué, on recalcule alors les pertes de charge réelles ( $j_{r\text{réelle}}$ ,  $j_{pr\text{réelle}}$  et  $j_{ta\text{réelle}}$ ) pour établir finalement la charge hydraulique correspondante.

**Tableau 1 : Expressions analytiques de détermination du débit, de la charge hydraulique et de la puissance d'une pompe**

|                  | Débit (l/h)/ (l/s)                  | Charge Hydraulique (mce)                                                 |
|------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Asperseur        | $Q_{asp} ; Q_{asp} = K.H^x$         | $H_{asp}$                                                                |
| Rampe            | $Q_r ; Q_r = n_{asp} * Q_{asp}$     | $H_r = H_{asp} + 1,2 * (j_{r\text{réelle}} * L_{fr}) \pm \Delta Z$       |
| Porte-rampe      | $Q_{pr} ; Q_{pr} = n_r * Q_r$       | $H_{pr} = H_r + 1,2 * (j_{pr\text{réelle}} * L_{fpr}) \pm \Delta Z$      |
| Tuyau d'approche | $Q_{ta} ; Q_{ta} = n_{pr} * Q_{pr}$ | $H_{ta} = H_{pr} + 1,2 * (j_{ta\text{réelle}} * L_{ta}) \pm \Delta Z$    |
| Pompe            | $Q_p ; Q_p = n_{ta} * Q_{ta}$       | $H_{mt} = H_{asp} + 1,2 * (J_r + J_{pr} + J_{ta}) + J_{st} \pm \Delta Z$ |
|                  |                                     | Puissance de la pompe (ch): $P = Q_p * H_{mt} / 75 * \eta$               |

avec :

$H_{asp}$  : Pression de service d'un asperseur (mce);  $Q_{asp}$  : Débit d'un asperseur (l/h);  $n_{asp}$  : Nombre d'asperseurs;  $n_r$  : Nombre de rampes;  $n_{pr}$  : Nombre de porte-rampes (en fonction de la stratégie d'irrigation préconisée);  $n_{ta}$  : Nombre de tuyaux d'approche (en fonction de la stratégie d'irrigation préconisée);  $Q_r$  : Débit de la rampe (l/h);  $Q_{pr}$  : Débit du porte-rampe (l/h);  $Q_{ta}$  : Débit du tuyau d'approche (l/h);  $Q_p$  : Débit de la pompe (l/s);  $L_{fr}$  : Longueur fictive de la rampe (m);  $L_{fpr}$  : Longueur fictive du porte-rampes (m);  $L_{ta}$  : Longueur du tuyau d'approche (m);  $j_{r\text{réelle}}$  : perte de charge unitaire réelle de la rampe (m/m);  $j_{pr\text{réelle}}$  : perte de charge unitaire réelle du porte-rampes (m/m);  $j_{ta\text{réelle}}$  : perte de charge unitaire réelle du tuyau d'approche (m/m);  $J_r$  : Pertes de charge linéaires totales de la rampe (m);  $J_{pr}$  : Pertes de charge linéaires totales du porte-rampes (m);  $J_{ta}$  : Pertes de charge linéaires totales du tuyau d'approche (m);  $J_{st}$  : Pertes

de charge à la station de tête (prise égale à 5 m.c.e);  $\eta$  : Rendement de la pompe (%);  $\Delta Z$  : Dénivelée du terrain naturel (m); Pertes de charge singulières estimées à 20% des pertes de charge linéaires.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Résultats du diagnostic et mesures d'entretien et de contrôle du réseau d'irrigation

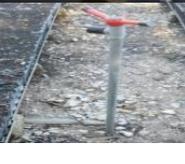
#### *Diagnostic de l'infrastructure hydraulique, des équipements et du réseau d'irrigation existant*

Le diagnostic intéresse tous les équipements impliqués dans le captage et la distribution de l'eau au sein de la pépinière forestière d'Oued El Bir. Lors de ce diagnostic, on a commencé depuis le sondage (source d'eau) jusqu'aux asperseurs. Les résultats du diagnostic figurent dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Résultats du diagnostic de l'infrastructure hydraulique, des équipements et du réseau d'irrigation existant**

| Illustrations des équipements                                                       | Dégâts observés                                                                                                                                                                                                                                                                  | Remèdes possibles                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tête de sondage corrodée.</li> <li>-Aucun entretien permanent n'est perceptible.</li> <li>-Conduite de refoulement datant de 1996 en mauvais état avec localisation de fuites d'eau.</li> </ul>                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Entretien la tête de sondage</li> <li>-Mettre fin aux fuites d'eau au niveau de la conduite de refoulement.</li> </ul>                                                        |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Réservoirs de stockage contaminés par les algues.</li> <li>-Absence d'échelles : difficile accès aux réservoirs (travaux d'entretien difficiles et moins fréquents).</li> </ul>                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Faciliter l'accès aux bassins de stockage d'eau (échelles)</li> <li>-Nettoyage des réservoirs</li> <li>-Mettre les groupes de pompage à l'abri.</li> </ul>                    |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Armoire électrique totalement endommagée et câbles débranchés ce qui constitue un grand risque pour les ouvriers travaillant le soir.</li> <li>Manque d'éclairage bien que récemment il y avait des travaux de réaménagement.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Montage de la nouvelle armoire dans le nouvel abri.</li> <li>-Prévoir de l'éclairage aux alentours des bassins et des secteurs d'irrigation (irrigation nocturne).</li> </ul> |

*Etude diagnostic et redimensionnement du système d'irrigation par aspersion de la pépinière forestière d'Oued El Bir, El Haouaria-Tunisie?*

|                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Pas de fertilisation : matériel abandonné</li> <li>-Réseau qui était initialement automatisé (programmeur (Dialog/Rainbird)) est actuellement, en mode manuel</li> <li>-Mode automatique n'est plus fonctionnel : matériel quasiment abandonné</li> <li>-Fuites d'eau à l'intérieur de l'abri : risques d'usure du matériel existant.</li> </ul>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Veiller à ne plus avoir des fuites d'eau pour ne pas endommager le matériel existant (filtres à sable)</li> <li>-Réintroduction de la fertigation automatique par l'acquisition d'un programmeur approprié en plus d'agitateurs électriques et de pompes doseuses.</li> </ul> |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Electrovannes invisibles et noyées dans l'eau limitant leur fonctionnement d'où le retour au mode manuel moyennant des vannes à bille sièges de fuites d'eau.</li> <li>-Génie civil (en béton armé) de la plupart des regards (chambre de vanne) est moyen à assez dégradé et nécessite un entretien.</li> <li>-Couvercles des chambres de vanne inexistantes</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Entretenir sinon remplacer les regards/chambres de vannes existantes (étanchéité et protection par des couvercles).</li> <li>-Electrovannes endommagées : réparation ou bien remplacement.</li> </ul>                                                                         |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conduites en polyéthylène (PE) conduisant l'eau de la station de tête vers les différents secteurs sièges de fuites d'eau.</li> <li>-Fuites d'eau au niveau de quelques asperseurs.</li> </ul>                                                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>-S'assurer de l'étanchéité des conduites</li> <li>-Changer les asperseurs défectueux.</li> </ul>                                                                                                                                                                               |
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

**Mesures d'entretien et de contrôle du réseau d'irrigation**

Les asperseurs sont sensibles au colmatage. Ce phénomène ne se manifeste pas totalement sur l'ensemble du réseau. En effet, le colmatage est lent, progressif et irrégulier ce qui entraîne : une baisse des débits dont l'importance est fonction des degrés de colmatage des organes de distribution et une mauvaise répartition de l'eau sur la pépinière. Cependant, il faut signaler que la pépinière aménagée en 1996 renferme du matériel fonctionnel depuis environ 20 années, donc il est presque amorti. De ce fait, on doit penser au renouvellement du matériel. Pour assurer la pérennité et la performance d'un réseau d'irrigation et afin d'améliorer l'état du réseau actuel, des mesures d'entretien et de contrôle sont à entreprendre (Rieul et al., 2003)

**Tableau 3 : Mesures d'entretien et de contrôle d'un réseau d'irrigation**

|                     |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | Purge du réseau                   | <p>Lors de la première mise en eau et systématiquement en fin de saison pour évacuer les sédiments qui se sont déposés.</p> <p>En cours de campagne, si nécessaire pour purger les rampes.</p> <p>En début de saison pour éliminer les dépôts qui se sont décollés des parois pendant l'hiver.</p>                                                                                                                                                 |
| Colmatage du réseau | Nettoyage et contrôle des filtres | <p style="text-align: center;"><b>Filtre à sable</b></p> <p>Il est conseillé de changer le sable au moins tous les deux ans (surtout en cas des eaux chargées).</p> <p>Il faut vérifier la qualité du sable (calibre) et le laver avant de l'utiliser.</p> <p style="text-align: center;"><b>Filtre à tamis</b></p> <p>Il est conseillé de vérifier périodiquement l'état du tamis et le changer si les mailles sont colmatées ou détériorées.</p> |
|                     |                                   | <p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Contrôle du réseau</p> <p>Contrôler régulièrement la pression à l'entrée de chaque rampe et porte-rampes.</p> <p>Rinçage périodique du réseau.</p> <p>Contrôle périodique de l'uniformité des débits et leur variation par le biais d'un essai d'uniformité de débit qui permet de se renseigner à propos du réseau à temps, donc une intervention efficace sera possible.</p>    |

### Vérification du dimensionnement du réseau d'irrigation au sein de la pépinière d'Oued El Bir

Pour le dimensionnement du réseau d'irrigation, nous nous sommes basés sur la règle de Christiansen stipulant que la chute de débit ne dépassait pas 10%. Dans nos calculs, nous nous sommes référés à la stratégie d'irrigation préconisée actuellement qui consiste à déclencher l'irrigation de chaque secteur à part, soit une rampe d'asperseurs par secteur. Afin de déduire s'il y avait de dysfonctionnements et d'en proposer les remèdes possibles, on a procédé par :

- Un redimensionnement du réseau d'irrigation tout en respectant la stratégie d'irrigation actuelle
- Une optimisation du fonctionnement du réseau d'irrigation existant
- Un dimensionnement du réseau d'irrigation en condition de couverture intégrale et partielle

Dans le calcul hydraulique ci-dessous, on a considéré des asperseurs débitant 1,13 m<sup>3</sup>/h sous une pression de 1,72 bar.

**Redimensionnement du réseau d'irrigation en respectant la stratégie d'irrigation actuelle**

Pour la vérification des diamètres de canalisations du réseau d'irrigation au sein de la pépinière, nous avons pris en considération les hypothèses suivantes :

- Terrain plat :  $\Delta Z$  est nulle
- Rampe :  $L_r=40$  m ; Nombre d'asperseurs :  $n_{asp}= 9$
- Porte-rampes :  $L_{pr}=80$  m ; Nombre de rampes :  $n_r=1$
- Tuyau d'approche :  $L_{ta}=410$ m

Les résultats de calcul figurent dans le tableau 4.

**Tableau 4 : Tableau comparatif des dimensions existantes et celles calculées**

| Désignation                       | Dimensions existantes | Dimensions calculées |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Diamètre de la rampe (mm)         | <b>50</b>             | <b>40</b>            |
| Diamètre du porte-rampe (mm)      | <b>75</b>             | <b>50</b>            |
| Diamètre du tuyau d'approche (mm) | <b>75</b>             | <b>75</b>            |
| Puissance de la pompe (ch)        | <b>5,1-7,1</b>        | <b>1,9</b>           |

Les résultats figurant au tableau ci-dessus, indiquent que le réseau existant est surdimensionné exception pour le tuyau d'approche.

**Optimisation du fonctionnement du réseau d'irrigation existant**

Le redimensionnement du réseau d'irrigation en considérant la stratégie d'irrigation actuelle, a révélé que ce dernier est surdimensionné (conduites secondaires, tertiaires et pompe). De ce fait, une optimisation du fonctionnement de l'installation existante s'avère indispensable. Tout d'abord, on a commencé par le calcul des pertes de charge occasionnées dans le réseau actuel en vue de déduire la puissance de la pompe nécessaire en amont et de vérifier si cette dernière correspond à la puissance de la pompe actuellement mise en place. Ensuite, nous avons procédé par une optimisation du fonctionnement du réseau à travers la détermination du nombre exact de secteurs à irriguer simultanément tout en respectant la capacité de la pompe existante.

**Calcul hydraulique de l'installation existante**

Ce calcul a été effectué en respectant la stratégie d'irrigation actuelle tout en considérant les diamètres des canalisations existantes. Les hypothèses de calcul prises en considération sont les suivantes :

- Terrain plat :  $\Delta Z$  est nulle
- Rampe :  $L_r=40$  m ; Nombre d'asperseurs :  $n_{asp}=9$
- Porte-rampes :  $L_{pr}=80$  m ; Nombre de rampes :  $n_r=1$
- Tuyau d'approche :  $L_{ta}=410$ m

Les résultats de calcul figurent dans le tableau 5.

**Tableau 5 : Tableau récapitulatif des caractéristiques du réseau existant**

| Désignation                       | Dimensions existantes | Dimensions calculées |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Diamètre de la rampe (mm)         | 50                    | -                    |
| Diamètre du porte-rampe (mm)      | 75                    | -                    |
| Diamètre du tuyau d'approche (mm) | 75                    | -                    |
| Puissance de la pompe (ch)        | 5,1-7,1               | <u>1,66</u>          |

Sous cette stratégie d'irrigation (secteur après secteur), les résultats de calcul indiquent que la puissance de la pompe existante dépasse largement celle qui est nécessaire pour le fonctionnement du réseau. De ce fait, il y a lieu de vérifier s'il est possible d'irriguer plus qu'un seul secteur simultanément.

**Optimisation du fonctionnement du réseau existant**

Dans ce contexte, on a commencé par vérifier si la puissance de la pompe sera suffisante pour faire fonctionner 2 ou 3 secteurs simultanément sans avoir changé les diamètres des canalisations (Tableaux 6 et 7).

**Irrigation de deux secteurs simultanément**

Hypothèses de calcul :

- Terrain plat :  $\Delta Z$  est nulle
- Rampe :  $L_r=40$  m ; Nombre d'asperseurs :  $n_{asp}=9$
- Porte-rampes :  $L_{pr}=80$  m ; Nombre de rampes :  $n_r=2$
- Tuyau d'approche :  $L_{ta}=410$ m

**Tableau 6 : Caractéristiques du réseau d'irrigation muni de deux rampes d'asperseurs**

| Désignation                       | Dimensions existantes | Dimensions calculées |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Diamètre de la rampe (mm)         | 50                    | -                    |
| Diamètre du porte-rampe (mm)      | 75                    | -                    |
| Diamètre du tuyau d'approche (mm) | 75                    | -                    |
| Puissance de la pompe (ch)        | 5,1-7,1               | <u>4,30</u>          |

***Irrigation de trois secteurs simultanément***

Hypothèses de calcul :

- Terrain plat :  $\Delta Z$  est nulle
- Rampe :  $L_r=40$  m ; Nombre d'asperseurs :  $n_{asp}=9$
- Porte-rampes :  $L_{pr}=80$  m ; Nombre de rampes :  $n_r=3$
- Tuyau d'approche :  $L_{ta}=410$ m

**Tableau 7 : Caractéristiques du réseau d'irrigation muni de trois rampes d'asperseurs**

| Désignation                       | Dimensions existantes | Dimensions calculées |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Diamètre de la rampe (mm)         | 50                    | -                    |
| Diamètre du porte-rampe (mm)      | 75                    | -                    |
| Diamètre du tuyau d'approche (mm) | 75                    | -                    |
| Puissance de la pompe (ch)        | 5,1-7,1               | <u>8,58</u>          |

Les résultats figurant au tableau 7, indiquent que la puissance nécessaire pour faire fonctionner trois rampes d'asperseurs simultanément dépasse la puissance nominale de la pompe existante. Cependant, cette pompe s'avère suffisante pour irriguer deux secteurs simultanément (Tableau 6).

**Dimensionnement du réseau d'irrigation en condition de couverture intégrale et partielle**

Lors de notre diagnostic, il s'est avéré que le réseau d'irrigation relevant de la pépinière aménagée en 1996 demeure presque amorti et présente de multiples problèmes. De ce fait, il y a lieu de penser à le réhabiliter ou à son renouvellement. Dans ce contexte, nous avons procédé par un dimensionnement du réseau d'irrigation en adoptant soit une couverture intégrale, soit une

couverture partielle (Tableau 8). Les hypothèses de calcul prises en considération se présentent comme suit :

- Terrain plat :  $\Delta Z$  est nulle
- Rampe :  $L_r=40$  m ; Nombre d'asperseurs :  $n_{asp}=9$
- Porte-rampes :  $L_{pr}=80$  m
- En couverture intégrale : Nombre de rampes :  $n_r=10$
- En couverture partielle : Nombre de rampes :  $n_r=5$
- Tuyau d'approche :  $L_{ta}=410$ m

**Tableau 8 : Caractéristiques du réseau d'irrigation en cas de couverture intégrale et/ou partielle**

| Désignation                       | Couverture intégrale | Couverture partielle |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|
| Diamètre de la rampe (mm)         | 40                   | 40                   |
| Diamètre du porte-rampe (mm)      | 110                  | 75                   |
| Diamètre du tuyau d'approche (mm) | 160                  | 125                  |
| Puissance de la pompe (ch)        | 19,5                 | 10,4                 |

Ainsi, pour une future réhabilitation, il y a lieu d'opter soit, pour une couverture intégrale et dans ce cas de figure il faut intervenir sur les diamètres des porte-rampes et du tuyau d'approche. Cependant, lorsqu'on opte pour une couverture partielle, alors il faut intervenir sur le diamètre du tuyau d'approche uniquement. Dans les deux cas de figures, la puissance de la pompe devrait être ajustée pour subvenir aux besoins de la pépinière (Débit, Puissance, Hmt).

## CONCLUSION

En tant qu'une des trois premières pépinières forestières pilotes, celle d'Oued El Bir est conçue pour la production de plants en hors-sol mettant en œuvre un système automatique de fertigation par aspersion. Cependant, cette pépinière comme la majorité des pépinières forestières, est le siège d'un problème de gestion d'eau par manque d'entretien et de réhabilitation de son réseau d'irrigation. Un diagnostic de l'état actuel de la pépinière et notamment son réseau d'irrigation s'avère par conséquent primordial, d'où l'intérêt de ce travail. Les résultats du diagnostic effectué révèlent que les principaux composants du réseau d'irrigation sont usés et quasiment amortis. La vérification du calcul hydraulique dudit réseau a montré que les canalisations existantes sont surdimensionnées et que la stratégie d'irrigation n'est pas appropriée. Ces résultats viennent confirmer l'obligation de réaménagement du

réseau d'irrigation existant afin d'améliorer ses performances. La réhabilitation du réseau d'irrigation permettra non seulement la bonne gestion des ressources en eau, l'économie de l'eau et la production de plants de qualité, mais, elle permettra aussi la protection des sols contre la contamination par les éléments chimiques lessivés. Ainsi, la durabilité de cette pépinière exige un suivi régulier de la part des autorités techniques concernées (Arrondissement des forêts du CRDA Nabeul, le staff de la pépinière en question...) en veillant à l'entretien périodique des équipements du réseau. Dans le présent travail, nous nous sommes limités à une étude diagnostic. Cependant, une étude ultérieure pourrait porter sur la conduite culturale (croissance et durcissement) et le pilotage de l'irrigation à travers la détermination exacte des paramètres d'irrigation tout en tenant compte des paramètres physico-chimiques du substrat en tant que support des cultures dans les pépinières.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- BEN MESSAOUD R. (2008). Statut des Delphinidés et étude de l'interaction entre dauphins filets de pêche dans la région de Kélibia. PFE Halieutique. INAT, Tunis, 205 pages.
- CHRISTIANSEN J.E. (1942). Irrigation by sprinkling. Université Californie. Agric. Expt. Bull., n° 670, Berkeley.
- COYTE. (1990), cité par Gauthier., J. in AFOCEL. L'émergence de nouveaux potentiels forestiers dans le monde - Colloque AFOCEL, Xe Congrès forestier mondial. - Grenoble, 1991.
- CRDA Nabeul Arrondissement Forêts, Rapport de production 1996 Pépinière pilote d'Oued El Bir. 42 pages.
- EL HOULA S., TOUATI M., FECTEAU B., LAMHAMEDI M.S., POIRIER M. (1996). Rapport annuel de production de plants forestiers. Pépinière pilote de Ouechteta. Exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières forestières en Tunisie. Projet Bird. Direction générale des forêts. Tunisie. 70p.
- GAÂMOUR A. (1999). La sardinelle ronde (*Sardinella aurita valenciennes*, 1847) dans les eaux tunisiennes : Reproduction croissance et pêche dans la région du Cap Bon. Thèse de doctorat de l'université de Bretagne occidentale : 246p.
- HEERMANN D.F., KOHL R.A. (1983). Fluid dynamics of sprinkler systems. Design and operation of farm irrigation systems. ME. Jensen, Ed., ASAE, St Joseph.
- LAMHAMEDI MS., FECTEAU B., GODIN L., GINGRAS C. (2006). Guide pratique de production en hors sol de plants forestiers, pastoraux et ornementaux en Tunisie. 88 pages.

- LAMHAMEDI M.S., AMMARI Y., FECTEAU B., FORTIN J.A., MARGOLIS H. (2000). Problématique des pépinières forestières en Afrique du Nord et stratégie de développement: Synthèse. *Cah Agric* 9: 369-380.
- LAMHAMEDI M.S., LAMBANY G., MARGOLIS H.A., RENAUD M., VEILLEUX L., BERNIER P.Y. (2001). Growth, physiology, and leachate losses in *Picea glauca* seedlings (1+0) grown in air-slit containers under different irrigation regimes. *Can. J. For. Res.* 31: 1968-1980.
- LAMHAMEDI M.S., FORTIN J.A. (1994). La qualité des plants forestiers: critères d'évaluation et performances dans les sites de reboisement. In : Actes de la première journée nationale sur les plants forestiers. Ed. Abourouh M. Centre de Recherche et d'Expérimentation Forestières, Rabat, Maroc., 35-50.
- LAMHAMEDI M.S., ANDRE FORTIN J., AMMARI Y., BEN JELLOUN S., POIRIER M., FECTEAU B., BOUGACHA A., GODIN L. (1997). Evaluation des composts, des substrats et de la qualité des plants élevés en conteneurs, ed. Direction Générale des Forêts et Pampev International Ltée, Canada, Projet Bird N° 3601, Tunis, 121 p.
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P. (1990). Containers and Growing Media. *Agriculture Handbook 674*. Washington DC: United States Department of Agriculture., Forest Service
- LANDIS T.D., TINUS R.W., MCDONALD S.E., BARNETT J.P. (1989). Seedling nutrition and irrigation, Vol 4, *The Container Tree Nursery Manual*. *Agriculture Handbook 674*. Washington DC: United States Department of Agriculture., Forest Service. 119p.
- MOISAN J., BRULOTTE F., FECTEAU B., POIRIER M., LAMHAMEDI M.S. (1995). Cahier de gestion des trois pépinières pilotes. Exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières pilotes en Tunisie. *Projet Bird*. Direction générale des forêts. Tunisie. 43p.
- MTAR S., LASSOUED H., POIRIER M., FECTEAU B., LAMHAMEDI M.S. (1996a). Rapport annuel de production de plants forestiers. Pépinière pilote de Oued El Bir. Exécution des travaux d'aménagement de trois pépinières pilotes et Tunisie. *Projet Bird*. Direction générale des forêts. Tunisie. 43p.
- PEYROT B. (2008). Incidences écologiques, anthropiques et paléoécologiques sur l'évolution des forêts du Gabon, Essai de synthèse. *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 2008, n° 241-242, p. 111-144. *Revue de géographie de Bordeaux*.
- RIEUL L., RUELLE P. (2003). Guide pratique irrigation, 3ème édition. 344 pages.