

TABLE DES MATIERES

Partie bibliographique

	Dédicaces	
	Remerciements	
	Liste des figures	
	Résumé	
I-	Introduction	1
II-	La qualité écologique des eaux de surface	2
	II.1- les paramètres physico-chimiques	2
	II.2- Les indicateurs écologiques (ou biologiques)	3
III-	Définition Biologie et écophysiologie des macrophytes	8
	III.1- Définition et différents types de macrophytes	5
	III.2- Biologie des macrophytes	7
	III.2.1- Reproduction sexuée	7
	III.2.2- La multiplication végétative.....	8
	III.2.3- Réponse écophysiologique des macrophytes aux variations du niveau trophique	8
IV-	La bioindication et les indices macrophytiques, outils d'évaluation et de diagnostic de la qualité des cours d'eau	11
	IV.1- Les macrophytes et la bio-indication en France.....	11
	IV.2- La démarche phytosociologique	12
	IV.3- La démarche phyto-écologique	13
	IV.4- Les approches fonctionnelles	14
	IV.5 Les phytocénoses de référence.....	14
V-	L'IBMR, indice biologique macrophytique en rivières	15
	V.1- L'historique de l'IBMR	16
	V.2- La méthode.....	17
	V.3- La station et le relevé	18
	V.4- L'indice	19

V.5- L'étude de la qualité écologique des eaux au Maroc	21
Objectif du travail	23

Partie pratique

Matériel et méthodes

I. Etude bibliographique préliminaire et valorisation informatique	24
I.1- Synthèse bibliographique sur la biologie et l'écologie des macrophytes et sur l'IBMR	24
I.2- Etablissement de la liste des macrophytes marocaines d'après la littérature scientifique	24
I.3- Création d'un SGBD des macrophytes marocaines permettant une détermination botanique à base photographique	24
II. Préparation des sorties de terrain.....	25
II.1- Etablissement d'une fiche de sortie de terrain	25
II.2- Matériel nécessaire aux sorties	25
I.3- Identification des itinéraires sur les cartes géographique et routière	27
III. Travaux de terrain.....	27
III.1- Sorties de terrain	27
III.2- Prise de photographies des stations visitées et des macrophytes observées	27
III.3- Description des stations	28
III.4- Prélèvement et conditionnement d'échantillons de macrophytes	28
IV. Exploitation au laboratoire des résultats des sorties et analyse des données	29
IV.1- Préservation en vie des échantillons végétaux récoltés	29
IV.2- Observation et détermination botanique des macrophytes récoltées et établissement de la liste de référence	29
IV.3- Implémentation de la base de donnée préétablie par des données relatives à des macrophytes observées et non rapportées par la littérature.....	30
IV.4- Etude typologique des macrophytes recensées sur la base d'observations directes et de données bibliographiques	31
IV.5- Etude statistique et représentation graphique des résultats	31

Résultats et discussion

I. Etude descriptive des stations étudiée	32
I.1- Liste des stations étudiées	32
I.2- Description des stations	35
II. Réalisation de la base de données	46
II.1- Description de la base	46
II.2- Captures d'écrans.....	46
III. Etude floristique du bassin hydraulique de Sebou	49
IV. Calcul de l'indice biologique macrophytique des rivières	53
Conclusion et perspectives	54
Bibliographie	

Objectif du travail

Ce travail d'initiation à la recherche scientifique s'inscrit dans le cadre des nombreuses études réalisées sur la végétation marocaine par ou sous la direction du Prof. Benamar au LBPVF de l'Ecole Normale Supérieure de Fès depuis une vingtaine d'années. L'objectif spécifique du travail est de contribuer à l'initiation de l'utilisation de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR) pour l'évaluation de la qualité écologique des eaux des cours d'eau marocains et en particulier ceux du bassin hydraulique de Sebou (BHS).

Dans la pratique, le travail s'est articulé sur plusieurs composantes :

- Un travail de terrain, au niveau de nombreuses stations hydrologiques, assez bien distribuées sur le BHS, relatif à l'étude descriptive des stations et à l'inventaire exhaustif de leur flore macrophytique ;
- Un travail de laboratoire permettant la détermination botanique des macrophytes recensées et l'établissement de la liste floristique de référence, nécessaire au calcul de l'IBMR, et son utilisation pour la création d'un SGBD des macrophytes du BHS, les caractérisant par de nombreux descripteurs, dont des photos, prises sur le terrain pour la plupart, et qui représentent une aide à la détermination botanique.

Matériel et méthodes

L'étude menée au LBPVF de l'ENS de Fès, en guise d'initiation à la recherche dans le domaine de l'évaluation de la qualité biologique des rivières par l'indice macrophytique, a nécessité des travaux de diverses natures : bibliographique, informatique, de laboratoire et de terrain.

V. Etude bibliographique préliminaire et valorisation informatique

Avant d'aborder la partie pratique de ce mémoire, nous avons commencé par une étude bibliographique sur la flore aquatique, à la fois locale, régionale ou internationale, et son potentiel bioindicateur en consultant les différentes sources d'information disponibles (articles scientifiques, mémoires, sites internet...).

I.1- Synthèse bibliographique sur la biologie et l'écologie des macrophytes et sur l'IBMR

Puisque la végétation aquatique est une composante fondamentale de notre recherche, il fallait en approfondir la connaissance dans les aspects relatifs à la fois à la biologie, y compris les modes de reproduction, et à l'écologie, notamment les milieux de vie et les interactions avec ces milieux.

L'autre volet important de l'étude se rapporte à l'IBMR, dont il fallait cerner l'évolution du concept et des méthodes de détermination, mais aussi connaître les limites.

I.2- Etablissement de la liste des macrophytes du bassin hydraulique de Sebou d'après la littérature scientifique

Une liste floristique, aussi exhaustive que possible, comprenant les espèces végétales aquatiques, semi-aquatiques ou rivulaires a été établie sur la base des diverses sources d'information scientifique disponibles, en particulier celles traitant de la végétation du Sebou et des zones humides marocaines. C'est le cas par exemple de la liste floristique dressée par Mme HAMMADA dans son rapport de thèse sur la végétation des zones humides (2007).

I.3- Création d'un SGBD des macrophytes du bassin hydraulique de Sebou permettant une détermination botanique à base photographique

En vue d'une meilleure exploitation de la liste floristique, précédemment établie, en tant qu'outil de détermination taxonomique des macrophytes, elle a été valorisée par son intégration dans un système de gestion de base de données (SGBD) créé à cet effet. La programmation informatique du SGBD, à l'aide des programmes SQL et Visual basic, a été réalisée par un spécialiste du domaine selon le cahier des charges que nous lui avons proposé. Une fois la conception de la base achevée, il nous revenait d'introduire l'information relative aux différents champs créés. Chaque espèce macrophyte est affectée à un enregistrement, comprenant ses principaux descripteurs biologiques et systématiques et une à trois illustration(s) photographique(s). En effet, cette base de données renferme une centaine de photos que nous avons prises au LBPVF ou bien téléchargées à partir de sites internet à accès publique.

VI. Préparation des sorties de terrain

Les sorties nécessitent une préparation préalable facilitant la réalisation du travail de terrain. Parmi les tâches nécessaires il y a :

- l'identification des sites à visiter et des itinéraires adéquats pour y arriver ;
- l'établissement d'une fiche standard fixant les types d'observations requises et facilitant leur inscription sur le terrain ;
- l'établissement d'une liste de moyens matériels nécessaires pour les travaux de terrain (prélèvement, conditionnement, prise de mesures, prise de photos...), puis rassemblement et rangement du matériel.

II.1- Identification des itinéraires sur les cartes géographique et routière

Avant chaque sortie, les sites à visiter sont définis et l'itinéraire routier adéquat est précisé. Au cours de la campagne de sorties effectuée à l'intérieur du bassin hydraulique du Sebou, un grand nombre de stations ont été visitées (*cf.* chapitre Résultats et Discussion) ce qui a nécessité le parcours d'une distance importante de plus de 3500 km, sur des routes nationales, secondaires et tertiaires et même des pistes non goudronnées.

La figure 3 illustre d'une manière approximative l'itinéraire global (schématisé en noir) de la campagne de sorties.

II.2- Etablissement d'une fiche de sortie de terrain

Au cours des sorties, le nombre d'observations peut être considérable ; ainsi, il faut fixer préalablement les informations jugées importantes et indispensables à l'analyse et à l'interprétation des données de terrain. Ainsi, nous avons établi une fiche standard, comprenant les rubriques nécessaires à la description des stations visitées et de la nature du travail qui y a été accompli. Les principales informations retenues sont d'ordre géographique, hydrologique, pédologique, floristique, environnemental (Fig. 4).



Figure 3- Un i
petite
estim

dre de ce travail, vu les
t pas et elles ont été

<i>Fiche descriptive de la station</i>	
Date :	
Localisation :	
Source de pollution :	
Profondeur moyenne :	
Largeur moyenne :	
Substrat dominant :	
Eclairement :	
Formations végétales :	
Accessibilité :	
Anthropisation :	
Prélèvement réalisé :	
Prise de Photographie :	
Autre :	

Figure 4- Fiche de terrain pour la collecte d'informations descriptives de la station étudiée.

II.3- Matériel nécessaire aux sorties

La première étape dans la procédure de l'élaboration de la liste floristique est d'abord la collecte ou le prélèvement des échantillons des macrophytes de différents groupes, qu'elles soient des algues, des plantes herbacées ou ligneuses. Pour cela, il est indispensable de se munir du matériel suivant :

- Un filet et les manches qui le portent ;
- Des boîtes alimentaires pour y mettre les échantillons aquatiques qui doivent être maintenus dans l'eau d'où ils ont été prélevés ;
- Un sécateur pour prendre des parties dures des plantes ligneuse ou des parties épineuses de certaines plantes herbacées ayant des organes épineux ;
- Un marqueur permanent pour noter sur les bouteilles ou les boîtes toute sorte d'informations jugées nécessaires ;
- Des sachets en plastique de différents calibres ;
- Un appareil photo de haute résolution pour prendre des photos des échantillons dans leur contexte naturel et des photos des différents cours d'eau visités ;
- Un bloc note pour inscrire tout détail supposé utile.

VII. Travaux de terrain

III.1- Sorties de terrain

Plusieurs types de sorties de terrain ont été réalisées ; soit individuelles (par les moyens de transport public), soit en compagnie du Prof Benamar (par sa voiture personnelle), soit en compagnie du Prof. Chillasse, de la Faculté des Sciences de Méknès, et d'agents de l'Agence du Bassin Hydraulique du Sebou (ABHS), dans le cadre des campagnes de l'Agence pour la détermination des stations de prélèvement, effectuées en partenariat avec le WWF -Projet EcolSebou - (moyens de transport de l'ABHS).

Dans chaque station, divers travaux de terrain ont été réalisés le long d'un transect de 100 m en moyenne.

III.2- Prise de photographies des stations visitées et des macrophytes observées

La prise de photographies était l'une des tâches importantes au cours du travail de terrain. Cela avait pour objectif l'obtention d'une illustration photographique complétant la description des stations et l'élaboration de la base de données des espèces macrophytiques.

On disposait d'un matériel convenable pour accomplir cette tâche.

III.3- Description des stations

L'utilisation de l'IBMR exige l'étude de la flore aquatique, non seulement en termes de listes floristiques ou de végétation dominante, mais également en termes de conditions hydrogéologiques de leurs milieux de vie.

Ainsi, nous avons pris en considération les caractéristiques des cours d'eau comme la profondeur, la largeur, le type de substrat, en complément des autres informations indiquées dans la fiche descriptive des stations (Fig. 4).

III.4- Inventaire, prélèvement et conditionnement des macrophytes

Lors des sorties, les espèces de macrophytes qui ne posent pas de problème d'identification sont déterminées sur place. Par contre, les espèces non identifiables sur le terrain, du fait par exemple de la nécessité d'observation des caractères morphoanatomiques à la loupe binoculaire, ont été récoltées.

La méthode de prélèvement des échantillons macrophytique diffère selon la nature de l'espèce en question (aquatique stricte ou bien rivulaire), la classe botanique (spermaphytes, bryophytes ou

bien
algue) et
la nature
du
milieu
d'étude
(taille et



Figure 5- Photographies d'espèces macrophytiques récoltées manuellement sur la rive d'un cours d'eau. A) *Elodea canadensis*; B) *Solanum sp.*; C) *Acorus sp.*

Dans la plupart des cas, le prélèvement est effectué manuellement. Pour les espèces de grandes tailles, on prend juste des parties de la plante qui sont jugées utiles pour la détermination taxonomique (Fleurs, feuilles ou partie souterraine éventuellement). Dans le cas d'espèces de petite taille, l'espèce est complètement déterrée du sol. L'utilisation de sécateur se montre une nécessité lorsqu'il s'agit d'espèces épineuses.

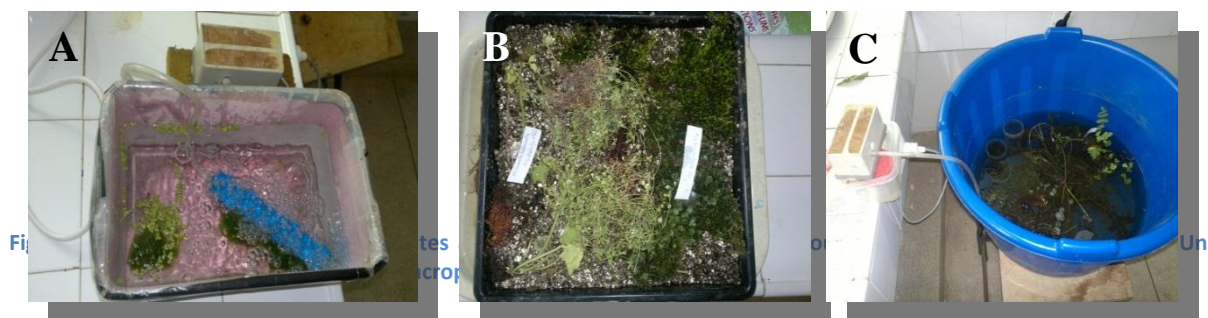
Les espèces prélevées sont directement placées dans des sacs en plastique ou bien dans des boîtes remplies de l'eau du cours d'eau, sur lesquels sont portées les indications nécessaires (Nom de la station de récolte, date de récolte...). Par la suite, les espèces sont amenées au laboratoire pour être déterminées.

VIII. Exploitation au laboratoire des résultats des sorties et analyse des données

Puisque le nombre des échantillons récoltés est assez important et que parfois la détermination peut prendre un certain temps, il fallait éviter que les échantillons végétaux ne se dessèchent, ce qui peut compliquer le processus de détermination botanique, en les maintenant à l'état frais ou même en vie si nécessaire.

IV.1- Préservation en vie des échantillons végétaux récoltés

Une fois au laboratoire, les échantillons macrophytiques sont immédiatement placés, soit dans des boîtes, pour les petits échantillons, soit dans des conteneurs remplis d'eau et aérés par une pompe à air. Pour les mousses, elles ont été placées dans des cuvettes remplis de vermiculite imbibée d'eau (Fig. 6).



IV.2- Observation et détermination botanique des macrophytes récoltées et établissement de la liste de référence

IV.2.1- L'observation

Pour les macro-échantillons, l'observation se fait à l'œil nu, dans des conditions d'éclairage naturel. Pour les micro-échantillons, ou bien des échantillons dont la distinction des différents organes est relativement difficile, et aussi pour éviter toute sorte d'ambiguïté, l'observation se fait sous la loupe (Fig. 7).



Figure 7- Observation des échantillons macrophytiques, A) Loupe binoculaire utilisée ; B) Echantillon de mousse prêt à être observé.

IV.2.2- Identification des espèces

L'étape d'identification est une étape importante qui est effectuée avec minutie et rigueur.

L'identification des échantillons a généralement été effectuée à l'espèce, mais dans certains cas on s'est arrêté au genre ou même à la famille.

En absence de flore spécifique des macrophytes marocaines, on a eu recours à l'utilisation du SGBD que nous avons élaboré (cf. I.1.3, ce Chapitre) et de la documentation disponible au LBPVF:

- Atlas des plantes de la France (Maclef, 1987)
- Mémoire ENS : inventaire illustré des arbres de Fès (Benamar *et al.*, 1994)
- Mémoire ENS : inventaire illustré des herbacées de Fès (Benamar *et al.*, 1995)
- Les fleurs sauvages, Edition France loisirs (Jones, 1980)
- Flowers of the British countryside (Gordon, 1988)

IV.3- Enrichissement du SGBD par des données relatives à des macrophytes observées et non rapportées par la littérature

Notre travail de terrain nous a permis d'observer dans certaines stations visitées dans le bassin hydraulique du Sebou, plusieurs espèces de macrophytes qui n'ont pas été rapportées par la littérature scientifique, à vocation exhaustive, sur le sujet.

Cela nous a permis d'élargir la liste des macrophytes dressée à partir de la littérature en la complétant avec ces espèces répertoriées, ce qui offrira à terme une flore informatisée des plantes aquatiques du Sebou.

IV.4- Etude typologique des macrophytes recensées sur la base d'observations directes et de données bibliographiques

A partir de la liste floristique établie, nous avons procédé à une étude typologique des macrophytes recensées, en s'intéressant à plusieurs critères : monocotylédone, dicotylédone, herbacée, ligneuse, aquatique stricte, rivulaire, commune, rare, exotique, autochtone, envahissante, endémique.

Cela a permis de dresser une caractérisation botanique et phytosociologique de la flore macrophyte du bassin hydraulique du Sebou.

IV.5- Etude statistique et représentation graphique des résultats

Les informations apportées par notre étude ont été analysées et représentées par des graphes établis dans le tableur Excel. La représentation statistique s'est limitée au calcul des pourcentages.

Résultats et Discussion

Les résultats obtenus lors de notre travail de recherche au sein du LBPVF de l'ENS de Fès, dans le cadre de notre stage de Master « Conservation de la Biodiversité » de la FST de Fès, sur « *l'utilisation des macrophytes pour l'évaluation de la qualité écologique des eaux du bassin hydraulique du Sebou (BHS)* », sont présentés et discutés dans ce chapitre. Ils sont articulés sur quatre parties relatives à la description des stations hydrologiques étudiées, la présentation sommaire de la base de données « macrophytes du BHS » établie, l'analyse de l'étude floristique réalisée et les observations préliminaires sur l'utilisation de l'IBMR dans le contexte du BHS.

1. Répartition géographique et étude descriptive des stations hydrologiques étudiées

Dans le cadre de notre travail de terrain, nous avons parcouru une distance de plus de 3500 km afin d'inventorier les macrophytes du bassin hydraulique du Sebou. L'étude des stations hydrologiques a été effectuée en période printanière, étalée entre mi-avril et fin-mai, à raison d'une sortie par semaine en moyenne (Tab. 1). C'est une période appropriée pour l'étude des macrophytes car elle correspond généralement à la période de végétation et de floraison d'une forte proportion d'entre elles.

I.1. Liste et répartition géographique des stations

L'étude a porté sur 27 stations hydrologiques assez bien distribuées à l'intérieur du bassin hydraulique de Sebou. Le tableau 1 présente la liste des stations étudiées classées d'abord par date de sortie, et puis pour une sortie donnée, successivement suivant leur localisation le long du cours d'eau étudié, dans le sens de l'écoulement hydrologique. Dans certains cas et pour des raisons de difficultés d'accès ou des contraintes climatiques, les prélèvements de macrophytes n'ont pas pu être réalisés, nous nous sommes alors contentés de faire des observations sommaires sur la station et ses formations végétales dominantes.

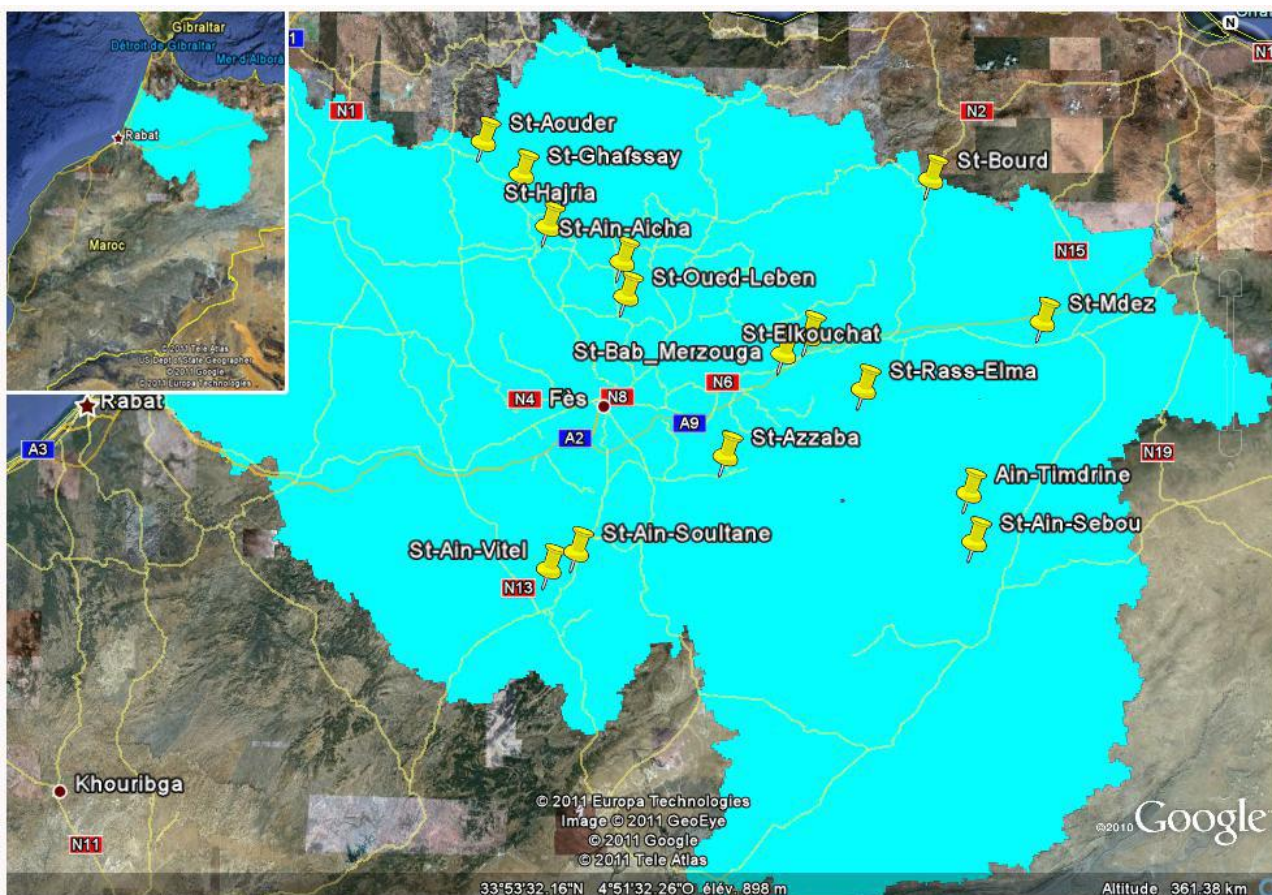


Figure 8 carte du bassin hydraulique de Sebou (vert) illustrant les stations étudiées par LBPVF durant la campagne des sorties, mais on a représenté que quelques-unes parce qu'elles se chevauchent sur la carte du fait que certaines stations sont proches les unes des autres

Date	Nom de la station	Oued ou cours d'eau	Commentaires
16/04/2011	Ain Chkaf	Ain Chkaf	Etude et prélèvement
27/04/2001	Azzaba	Oued Inaouen	Observation
	Bab Merzouga		Etude et prélèvement
	El kouchet		Etude et prélèvement
	Aval barrage Sidi Chahed	Oued. Mkès	Observation
	Amont de Thar Souk	Oued Mengou (affluent de Ras Ouerrha)	Observation
28/04/2001	Cours d'eau Ras el Ma (Parc national de Tazeka)	Oued Bou Lajraf	Observation
	Amont de Tissa	Oued Leben	Etude et prélèvement
	Bab Ouender	Oued Assfalou	Observation
	Station Bourde	-----	Observation
29/04/2011	Ghefsai	Oued Aoulay	Observation
	Hajria	Oued Ouerrha	Observation

	Ain Aicha	Oued Leben	Etude et prélèvement
	Pont oued Leben	Oued Leben	Etude et prélèvement
	Aouder	Oued Aouder	Etude et prélèvement
04/05/2011	Parc d'Ifrane	Cours d'eau Ain Vitel	Etude et prélèvement
14/05/2011	Ain Chkaf	Ain Chquaf	Etude et prélèvement
06/05/2011	Ain Timedrine	Source	Etude et prélèvement
	Confluence Ain Sebou et l'oued Sebou	Oued Sebou	Etude et prélèvement
	Confluence Ain Timedrine et L'oued Sebou		Etude et prélèvement
	Aval Sefrou	Oued lihoudi	Etude et prélèvement
	Pont de Mdez	Oued Mdez	Observation
22/05/2011	Pont station de carburant Labyad	Oued Fès	Etude et prélèvement
23/05/2011	Parc d'Ifrane	Cours d'eau Ain Vitel	Etude et prélèvement
	Ain Soltane	Cours d'eau Ain Soltane	Etude et prélèvement
27/05/2011	Oueljat Sultane (Pont sur oued Baht)	Oued Baht	Observation
	Pt RP1, pont sur oued Boufekrane	Oued Boufekrane	Observation

I.2 Description des stations

Les observations géographiques, hydrologiques, floristiques et lithologiques ont permis de réaliser une description pour chaque station visitée :

Station Ain Chkaf

- **Localisation** : Oued Ain Chkaf
- **Source de pollution** : Amont
- **Largeur moyenne** : 2 m
- **Profondeur moyenne** : 60 cm
- **Le substrat dominant** : Boue, petites rochers
- **Eclairement** : Moyen en raison de la présence de reboisements
- **Formations végétales** : *Acorus sp*, *Phragmites australis*, *Rubus sp*
- **Accessibilité** : Oui (Route qui mène vers Ain Chkaf en provenance de Ben souda)
- **Anthropisation** : Oui
- **Prélèvement réalisé** : Oui

- Prise de Photographie : Oui



Figure 9-Photographies de la station Ain ChKaf.A) et B) Paysage général, C) *Rosa canina*

Station Azzaba

- Localisation : Oued Inaouen
- Source de pollution : éloignée
- Largeur moyenne : 10m
- Profondeur moyenne : 1,5 cm
- Le substrat dominant : Sable, rochers
- Eclaircissement : total en absence de ripisylve
- Formations végétales : *Phragmites australis*
- Accessibilité : Non (Route National vers Taza en provenance de Fès)
- Anthropisation : Oui
- Prélèvement réalisé : Non
- Prise de Photographie : Oui



- Localisation : Oued Inaouen

Figure 10- Photographies de la station Azzaba.A) et B) Paysage général

- Profondeur moyenne : 1,5 m
- Largeur moyenne : 15 m
- Substrat dominant : de la vase, du sable, des galets et quelques roches de part et d'autre des deux rives.
- Eclaircissement : total en absence de ripisylve.
- Formations végétales : *Nerium oleander*, *Tamarix sp.* et *Phragmites australis*

- Anthropisation : Oui
- Accessibilité : Oui
- Prélèvement réalisé : Oui
- Prise de Photographie : Oui

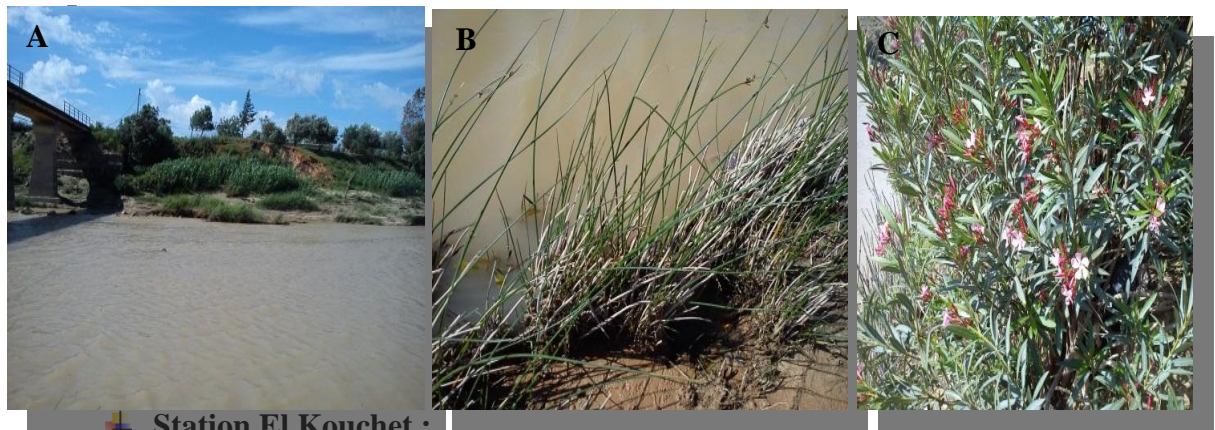


Figure 11- Photographies de la station Bab Merzouga, A) Paysage général; B) *Scirpus sp*, C) *Nerium oleander*

- Source de pollution : Amont
- Profondeur moyenne : 2m
- Largeurs moyenne : 20 m
- Substrat dominant : sable et roches de taille moyenne.
- Eclaircement : total en absence de ripisylve.
- Formations végétales : *Nerium oleander*
- Accessibilité : Oui (route principale de Taza)
- Anthropisation : Oui
- prélèvement réalisé : Oui
- Prise de Photographie : Oui

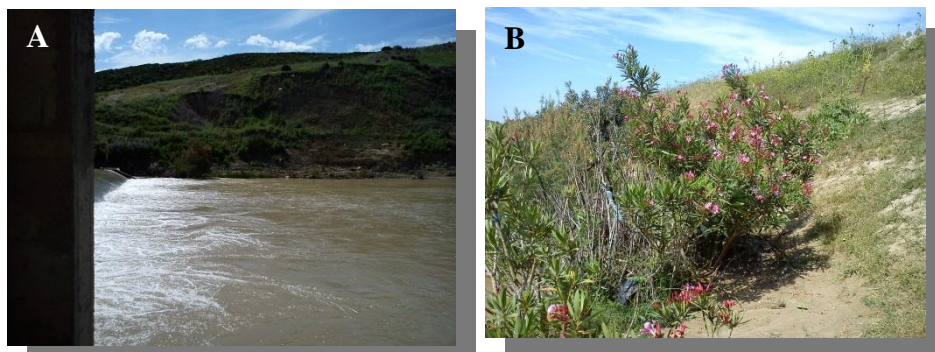
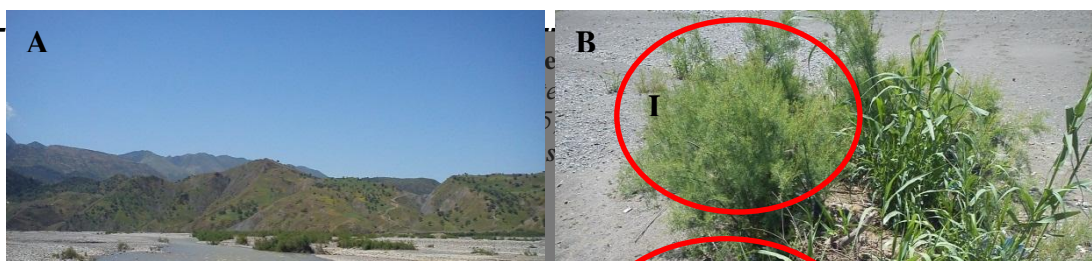


Figure 12- Photographies de la station El Kouchet. A) Paysage général; B) *Nerium oleander*

- Localisation : Quai Ouarcha
- Largeur moyenne : 18 m
- Profondeur moyenne : 1,5 cm
- Substrat dominant : Sables, galets
- Eclaircement : total en absence de ripisylve
- Formations végétales : *Nerium oleander*, *Tamarix canariensis*
- Accessibilité : Oui
- Anthropisation : Oui
- Prélèvement réalisé : Non
- Prise de Photographie : Non



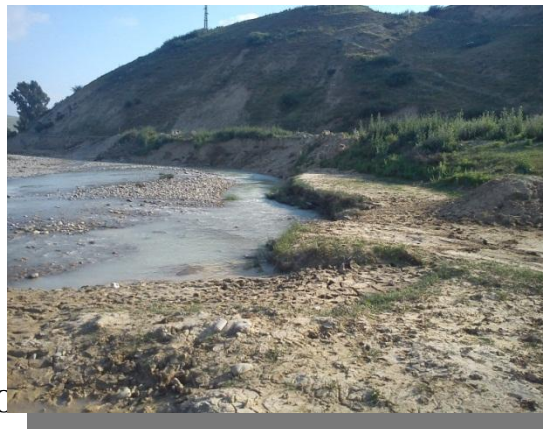
- ✚ **Station Ras el Ma** (Parc national de Tazeka)
- **Localisation** : Oued Bou Lajraf
 - **Source de pollution** : Amont
 - **Largeur moyenne** : 2 m
 - **Profondeur moyenne** : 40 cm
 - **substrat dominant** : galets, roches
 - **Eclairement** : moyen en raison de la présence de reboisements
 - **Formation végétal** : Présence de reboisements de différentes espèces
 - **Accessibilité** : Oui
 - **Anthropisation** : Oui
 - **Prélèvement réalisé** : Oui
 - **Prise de Photographie** : Oui



- **Source de pollution** : Amont

Figure 14- Photographies de la station Ras El Ma A) Paysage général de La forêt de Tazekka-B) paysage général

- **Substrat dominant** : Sable, galets
- **Eclairement** : total en absence de ripisylve
- **Formations végétales** : végétation rare, quelques herbacées sur les des deux rives.
- **Accessibilité** : Oui
- **Anthropisation** : Oui
- **Prélèvement réalisé** : Oui
- **Prise de Photographie** : Oui



✚ Station Bab C

- **Localisation** : Figure 15- Photographie du paysage général de la station en Amont de Tissa
- **Source de pol**
- **Largeur moyenne** : 9 m
- **Profondeur moyenne** : 80 cm
- **Substrat dominant** : Sables, galets
- **Eclairement** : total en absence de ripisylve
- **Formation végétal** : *Tamarix canariensis*
- **Accessibilité** : Oui
- **Anthropisation** : Non
- **Prélèvement réalisé** : Non
- **Prise de Photographie** : Non

✚ Station Bourde

- **Localisation** : Oued Asfalou
- **Source de pollution** : Aval
- **Largeur moyenne** : 10 m

- **Profondeur moyenne** : 80 cm
 - **Substrat dominant** : Sables, galets
 - **Eclairement** : total en absence de ripisylve
 - **Formations végétales** : *Nerium oleander*, *Tamarix Canariensis*
 - **Accessibilité** : Oui
 - **Anthropisation** : Non
 - **prélèvement réalisé** : Non
 - **Prise de Photographie** : Non
- 📍 **Station Ghefsay**
- **Localisation** : Oued Aoulay
 - **Source de pollution** : Aval
 - **Largeur moyenne** : 12 m
 - **Profondeur moyenne** : 1,5 m
 - **Substrat dominant** : Sable, galets
 - **Eclairement** : total en absence de ripisylve.
 - **Formations végétales** : *Tamarix canariensis*, *Phragmites australis*
 - **Accessibilité** : Non (route régionale de Ghefsay)
 - **Anthropisation** : Oui
 - **Prélèvement réalisé** : Non
 - **Prise de Photographie** : Oui



Figure 16 - Photographies de la station de Ghefsay. A) et B) Paysage général.

- **Largeur moyenne** : 7 m
- **Profondeur moyenne** : 1,5 m
- **Substrat dominant** : Sable, galets
- **Eclairement** : total en absence de ripisylve
- **Formations végétales** : A *Nerium oleander*, *Tamarix canariensis*
- **Accessibilité** : Non (Route régionale Ourtzagh-Ain Aicha)
- **Anthropisation** : Oui
- **Prélèvement réalisé** : Non
- **Prise de Photographie** : Non

📍 **Station pont Ain Aicha**

- **Situation géographique** : Oued Ouergha
- **Source de pollution** : Aval
- **Largeur moyenne** : 15 m
- **Profondeur moyenne** : 0,9 m
- **Substrat dominant** : Galets



- **Eclairement** : total en absence de ripisylve.
- **Formations végétales** : quelques pieds de *Tamarix canariensis* disséminés le long du cours d'eau
- **Accessibilité** : Oui (Route nationale N°8)
- **Anthropisation** : Oui
- **Prélèvement réalisé** : Oui
- **Prise de Photographie** : Oui

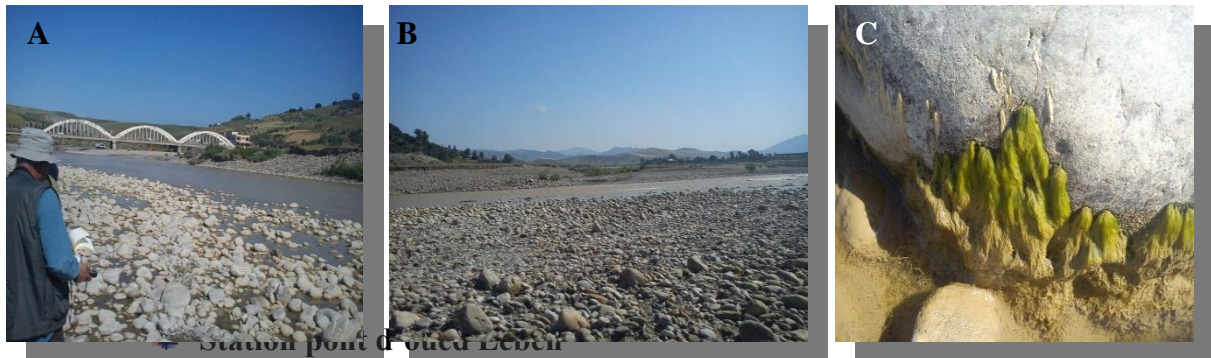


Figure 17- Photographies de la station pont Ain Aicha. A) et B) Paysage général ; C) *Spirogira sp.*,

- **Largeur moyenne** : 7 m
- **Profondeur moyenne** : 1 m
- **Substrat dominant** : Sable, galets
- **Eclairement** : total en absence de ripisylve.
- **Formations végétales** : *Tamarix canariensis*
- **Accessibilité** : Oui
- **Anthropisation** : Oui
- **prélèvement réalisé** : Oui
- **Prise de Photographie** : Oui



Figure 18-Photographies de la station pont oued Leben. A) et B) paysage général ; C) *Alopecurus pratensis*

- **Largeur moyenne** : 20 m
- **Profondeur moyenne** : 1,5 m
- **Substrat dominant** : Sables, galets
- **Eclairement** : total en absence de ripisylve
- **Formations végétales** : *Nerium oleander*, *Phragmites australis*, *Tamarix canariensis*
- **Accessibilité** : Oui (Route régionale de Bab Berred en provenance de Ghefsay)
- **Anthropisation** : Non
- **Prélèvement réalisé** : Non
- **Prise de photographie** : Non
- ✚ **Station Ain Vitel (Ifrane)**
- **Localisation** : Cours d'eau Ain Vitel
- **Source de pollution** : Amont
- **Largeur moyenne** : 2,5 m
- **Profondeur moyenne** : 1 m
- **substrat dominant** : boue, petits rochers
- **Eclairement** : faible en raison de présence de ripisylve
- **Formations végétales** : diverses espèces ligneuses
- **Accessibilité** : Oui (Route vers Ain Vitel)
- **Anthropisation** : Oui
- **Prélèvement réalisé** : Oui
- **Prise de Photographie** : Oui

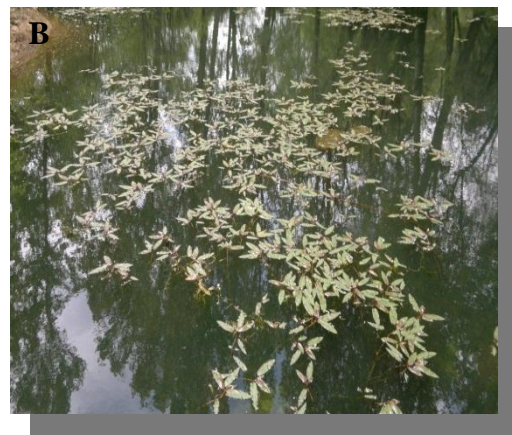


Figure 19- Photographies de la station Ain Vitel (Ifrane).A) Paysage général, B) *Potamogeton sp*

- Source de pollution : Amont
- Largeur moyenne : 3 m
- Profondeur moyenne : 30 m
- Le substrat dominant : Cailloux, petits rochers
- Eclaircement : faible en raison de présence intense de reboisements
- Formations végétales : espèces ligneuses (*Populus sp*, *Salix babylonica*, *Ficus carica*)
- Accessibilité : Oui (Route nationale Ifrane-Immouzer)
- Anthropisation : Oui
- Prélèvement réalisé : Oui
- Prise de Photographie : Oui

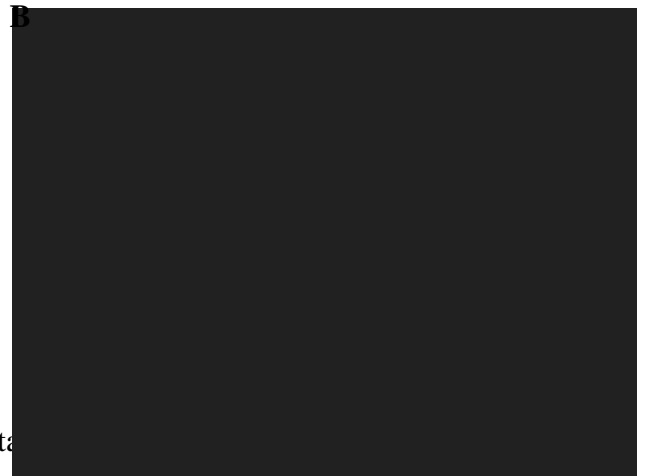


Figure 20- Photographies de la station ain Seltane.A) Paysage général, B) *Elodea sp*

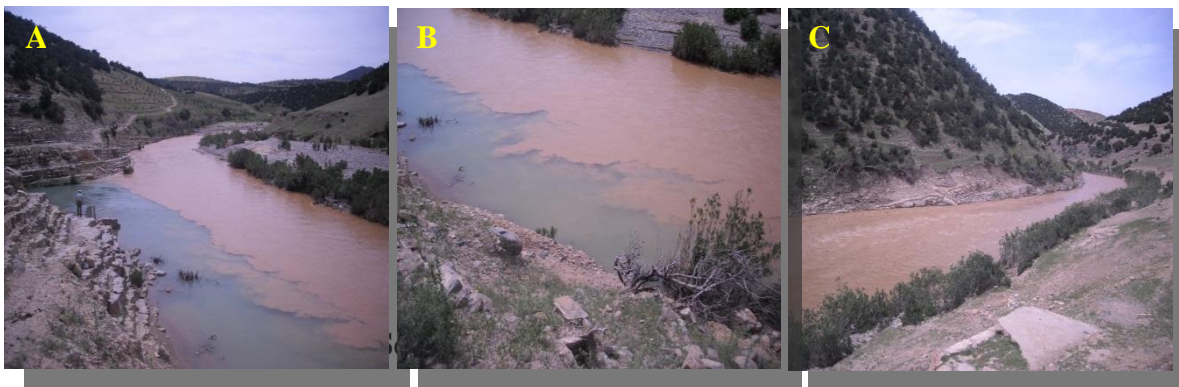
- Profondeur moyenne : 30 cm
- Substrat dominant : Sables, rochers, roches
- Eclaircement : total en absence de ripisylve
- Formations végétales : *Scirpus sp*
- Accessibilité : Oui
- Anthropisation : Oui
- Prélèvement réalisé : Oui
- Prise de Photographie : Oui

A



Station Ain Sebou

- Localisation : Source d'oued Sebou
- Source de pollution : éloignée
- Largeur moyenne : 17 m
- Profondeur moyenne : 3,5 m
- Substrat dominant : Sables, rochers, roches
- Eclaircement : total en absence de ripisylve
- Formations végétales : *Nerium oleander*
- Accessibilité : Oui
- Anthropisation : Non
- Prélèvement réalisé : Oui
- Prise de Photographie : Oui



▪ Localisation : Oued Lihoudi
 Figure 22- Photographies de la station Ain Sebou. A), B), C) Paysage général

- Largeur moyenne : 6 m
- Profondeur moyenne : 50 cm
- Substrat dominant : Boue
- Eclaircement : moyenne en raison de présence de ripisylve
- Formations végétales : *Phragmites australis*
- Accessibilité : Oui (Route nationale Fes-Sefrou)
- Anthropisation : Oui
- Prélèvement réalisé : Oui
- Prise de Photographie : Oui



Figure 23- Photographies de la station amont Sefrou. A) et B) Paysage général

Station pont oued Mdez

- Localisation : Oued Mdez
- Source de pollution : Aval
- Largeur moyenne : 16 m
- Profondeur moyenne : 1,2m
- Substrat dominant : Sables, rochers, roches
- Eclairement : total en absence de ripisylve
- Formations végétales : *Phragmites australis*
- Accessibilité : Oui
- Anthropisation : Oui
- Prélèvement réalisé : Non
- Prise de Photographie : Oui



Figure 24- Photographies de la station pont oued Mdez.A) et B) Paysage général

✚ **Station pont Oued Fès** (près de la station de carburant Labyad)

- **Localisation** : Oued Fès
- **Source de pollution** : Amont
- **Largeur moyenne** : 11 m
- **Profondeur moyenne** : 2 m
- **Substrat dominant** : Boue, sables
- **Eclairement** : total en absence de ripisylve
- **Formations végétales** : *Acorus sp*
- **Accessibilité** : Oui
- **Anthropisation** : Oui
- **Prélèvement réalisé** : Oui
- **Prise de Photographie** : Oui



Figure 25- Photographies de la station pont oued Fès. A) Paysage général, B) *Scirpus sp*, *Lemna minor*, C) *Lemna minor*

2. DESCRIPTION DE LA VEGETATION MACROPHYTISUE DU BHS

II.1- Groupements végétaux

Dans les différentes stations visitées, la végétation, lorsqu'elle est présente, est organisée essentiellement autour de 3 groupements :

- Le groupement à *Nasturtium officinale* : il se développe sur les rives d'oueds à courant lent et qui sont régulièrement submergées.
- Le groupement à *Nerium oleander* : il peuple les berges et les lits d'oueds asséchés pendant une longue durée. Ce groupement est réparti le long des cours d'eau, généralement sur des sols sableux à sablo-limoneux.
- Le groupement à *Phragmites australis* : il occupe les bords d'oueds à écoulement temporaire, généralement sur des sols sablo-limoneux à sableux.

II.2- Réalisation de la base de données

Dans le langage courant, le terme base de données est utilisé pour désigner toute source importante de données telle qu'une encyclopédie. Les bases de données sont classées en fonction de leur contenu : bibliographique, texte, numérique, et images. Le logiciel qui manipule les bases de données est appelé système de gestion de base de données (SGBD). Il permet d'organiser, de contrôler, de consulter et de modifier la base de données. Les opérations sont parfois formulées dans un langage de requête tel que SQL (c'est le même langage qui a été adopté pour la construction de notre base de données) le plus connu et employé pour les modèles relationnels.

II.2.1- Objectif

L'objectif de cette base de données photographique est de servir comme outil de détermination des différentes espèces végétales échantillonnées. L'avantage de cette application est de faciliter la détermination pour les non spécialistes en botanique.

II.2.2- Description de la base

En vue d'une meilleure exploitation de la liste floristique, précédemment établie, elle a été valorisée par son intégration dans un système de gestion de base de données (SGBD) pour en faire un outil de détermination taxonomique des macrophytes.

Chaque espèce macrophyte est affectée à un enregistrement comprenant ses principaux descripteurs biologiques et systématiques et une à trois illustration(s) photographique(s). En effet,

cette base de données renferme une centaine de photos que nous avons prises au LBPVF ou bien téléchargées à partir de sites internet à accès publique.

La base de données renferme plusieurs informations (la systématique, type biologique, photographies des différentes espèces) sur les macrophytes du bassin hydraulique de Sebou que nous avons recensées ou qui sont rapportées dans la littérature scientifique. Ces informations sont présentées sous forme de rubriques (Fig. 26).

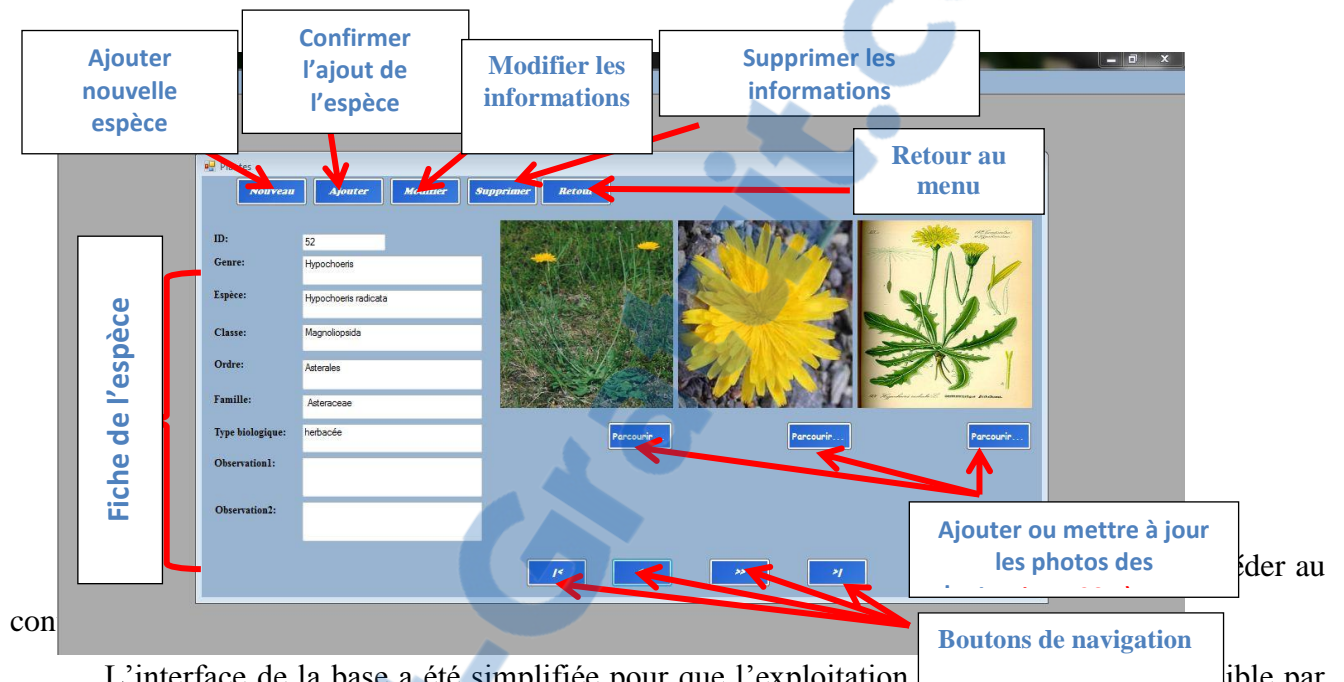


Figure 26- Interface de la base de données où toutes les rubriques sont présentées avec toute l'information qu'elles renferment

d'un nombre limité d'application : accéder à la base, quitter la base et éventuellement une application de tri. .

3. Etude floristique du bassin hydraulique de Sebou

Un préalable incontournable à l'utilisation de l'IBMR est la détermination de la liste floristique de référence pour le Bassin hydraulique étudié. C'est une tâche que nous nous sommes fixées au cours de ce travail. La prospection entreprise dans un grand nombre de stations représentatives, de l'état variable de qualité, et assez bien distribuées sur l'étendue du BHS, nous a permis de dresser un inventaire floristique des macrophytes du bassin. Ainsi, notre inventaire peut prétendre à l'exhaustivité, puisqu'aucune macrophyte n'a été négligée au cours de nos prélèvements et que notre liste s'est révélée plus riche en espèces que celles disponibles dans la littérature.

128 recensées. Les plantes non identifiées ont été déterminées au niveau genre ou même famille.

Une étude typologique des espèces recensées a été réalisée afin de mieux cerner les traits principaux de cette végétation macrophytique du BHS. Les informations apportées sur les espèces concernent leur répartition : par classe, famille et genre botaniques ; par niveau de rareté ; en ligneuses et herbacées ; en aquatiques strictes ou rivulaires.

- **Répartition des macrophytes du BHS par classes botaniques**

L'inventaire floristique des espèces récoltées ont montré l'existence de quatre familles majeure dont la plus représentée est la famille des magnoliopsida (Dicotylédones) avec un pourcentage de 75% (Fig.27).

La détermination botanique des plantes a abouti à l'identification de 117 espèces macrophytiques de différentes classes (dicotylédone, monocotylédone, bryophytes et algues).

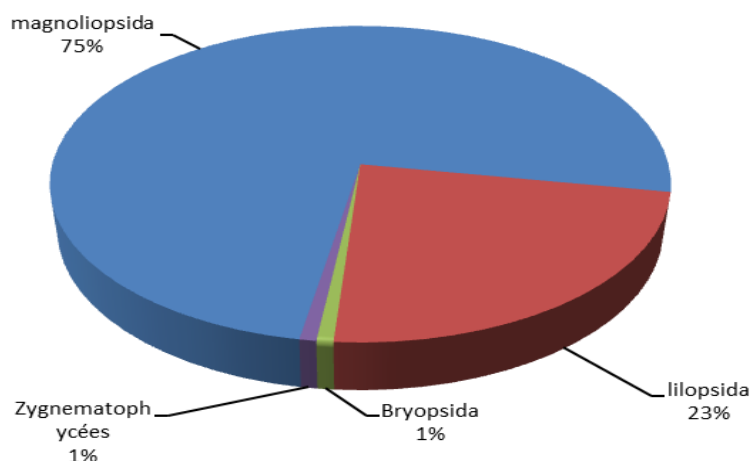
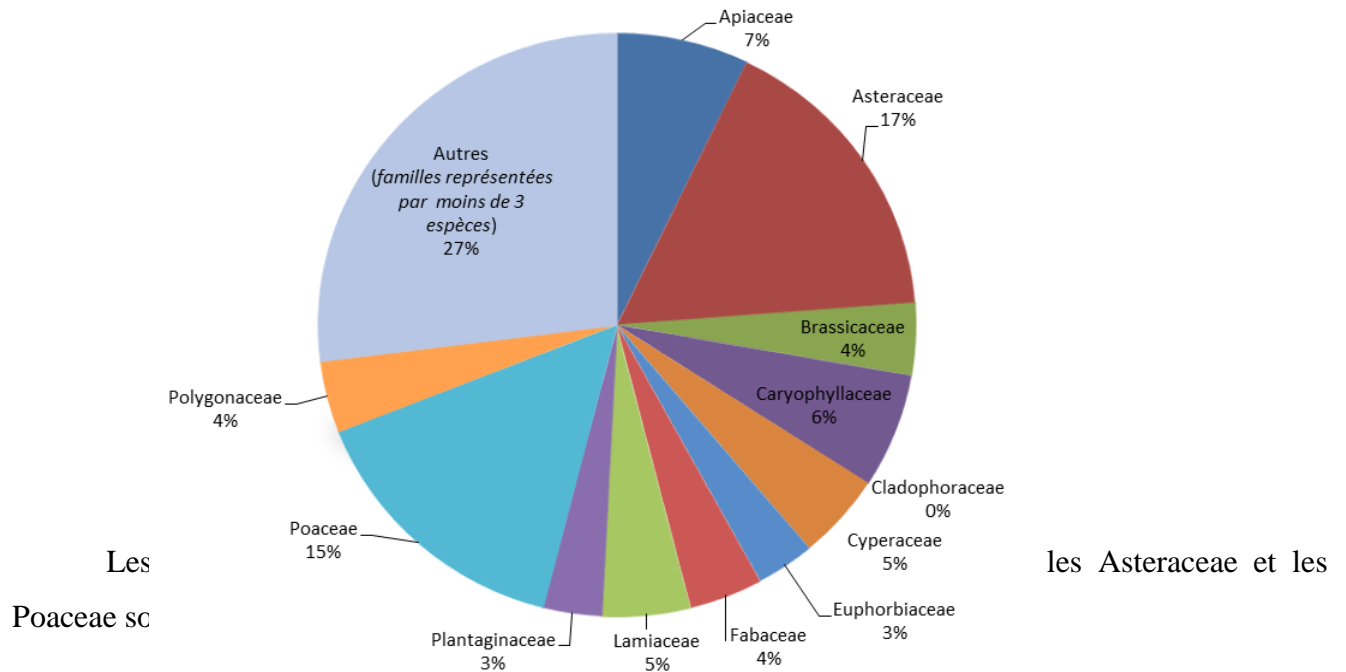


Figure 27- Répartition par classes botaniques des espèces macrophytes répertoriées durant les sorties effectuées dans les différentes régions du bassin hydraulique de Sebou.

- Répartition des macrophytes du BHS par familles botaniques



- Répartition des macrophytes du BHS par genres botaniques

Figure 28- Répartition par familles botaniques des espèces macrophytes répertoriées durant les sorties effectuées dans les différentes régions du bassin hydraulique de Sebou.

D'après la liste floristique établie, on note la présence de 98 genres dont 75 sont représentés par une seule espèce et 23 sont représentés par au moins deux espèces (Fig.29).

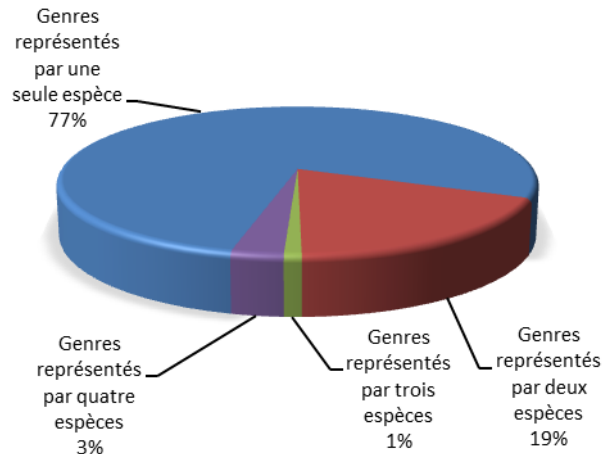
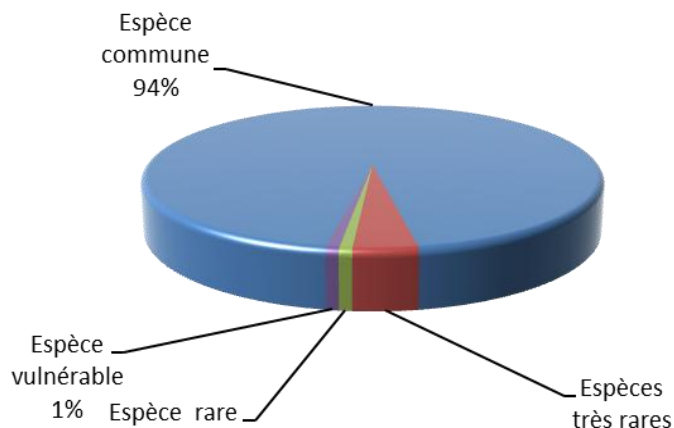


Figure 29- Répartition par genres botaniques des espèces macrophytes répertoriées durant les sorties effectuées dans les différentes régions du bassin hydraulique de Sebou.

- **Abondance des espèces macrophytiques du BHS**

La confrontation de la liste floristique établie avec le catalogue de la flore des zones humides (Hammada, 2007), a montré que parmi les 128 espèces inventoriées, 2 sont très rares (*Paspalum vaginatum*, *Elodea canadensis*), deux sont rares (*Spartina maritima* et *Rumex palustris*), et une est soupçonnée être rare (*Persicaria maculosa*) (Fig.30).

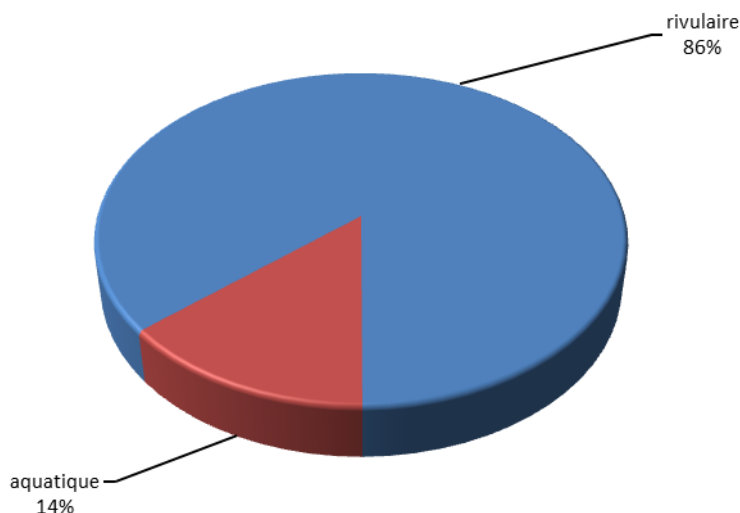


- **Répartition des macrophytes du BHS selon leur habitat**

Figure 30- Répartition selon leur niveau d'abondance des espèces macrophytes répertoriées durant les sorties effectuées dans les différentes régions du bassin hydraulique de Sebou.

peut

distinguer les espèces aquatiques et celles terrestres. La figure 31 montre qu'au niveau du BGS la majorité (86 %) des macrophytes des rivières sont des plantes rivulaires. Les espèces strictement aquatiques sont relativement peu abondantes (14 %).



- **Ré**

gique

Figure 31- Répartition selon leur habitat des espèces macrophytes répertoriées durant les sorties effectuées dans les différentes régions du bassin hydraulique de Sebou.

3HS est

majoritairement (92 %) herbacée. Donc la prépondérance déjà constatée des plantes rivulaires, par rapport aux aquatiques, n'est pas liée à la présence d'une ripisylve abondante. En fait, les ligneux observés correspondent le plus souvent à des plantations d'arbres fruitiers le long des rives de certains cours d'eau.

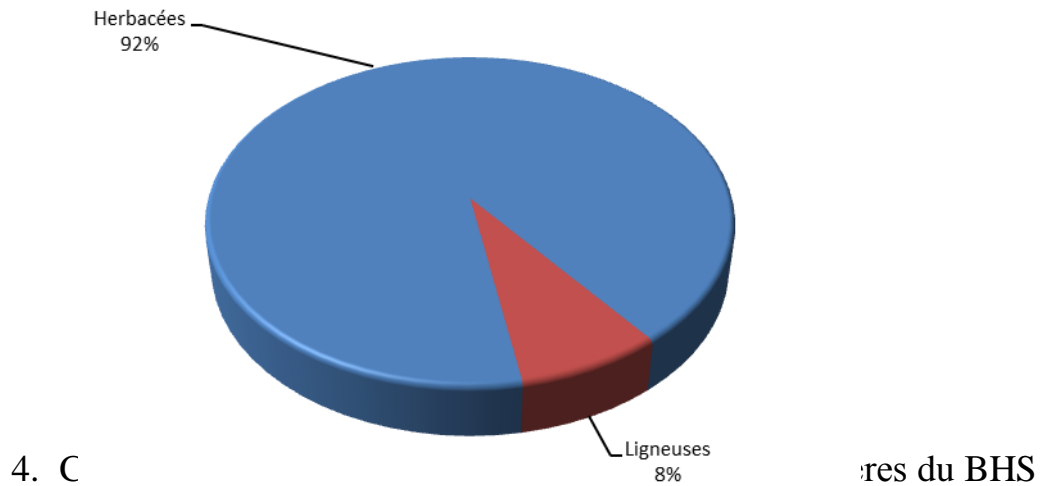


Figure 32- Répartition selon leur type biologique des espèces macrophytes répertoriées durant les sorties effectuées dans les différentes régions du bassin hydraulique de Sebou.

mac une
 étape cruciale a été franchie dans le processus d'initiation de l'utilisation de l'IBMR pour l'évaluation de la qualité écologique des eaux des cours d'eau du BHS.

Cependant, certaines difficultés, inhérentes à la nature du BHS ou à l'état actuel des données disponibles, rendent le calcul de l'IBMR sans signification :

- Faible présence des macrophytes dans la plupart des cours d'eau du BHS et en particulier celles qui sont des aquatiques strictes et qui renseignent le mieux sur la qualité des eaux.
- Dégradation sous l'action d'origine anthropique de la majorité des stations du BHS, ce qui rend la détermination du cours d'eau de référence très fastidieuse.
- Limites temporelles et matérielles spécifiques à la courte durée de notre travail de recherche de Master, qui n'ont pas permis de compléter l'étude de la végétation macrophytique par la détermination d'autres critères nécessaires tels que le recouvrement et la dominance...

Conclusion et perspectives

La prospection, et l'observation des cours d'eau du BHS a permis de fournir une description de ses stations et des macrophytes qu'elles présentent.

Il est important de signaler que les stations étudiées sont caractérisées par une flore relativement pauvre en espèces aquatiques. Ceci est en relation avec les fortes pentes des berges et l'érosion qui les affecte, et aussi le taux élevé de la pollution dans certaines stations, empêchant l'installation des groupements végétaux aquatiques et amphibies. Sur le cours inférieur, les groupements végétaux palustres et estuariens sont relativement bien représentés, cependant ils sont menacés par la propagation des terrains de culture, ces derniers menacent également les groupements végétaux de bordure du cours supérieur de l'oued Sebou. De ce fait une attention particulière devrait être dédiée aux points suivants :

- Contrôler le surpâturage et les coupes fréquentes principalement dans les roselières ;
- Essayer de stabiliser les bords des rivières par des ripisylves ;
- Contrôler les transformations d'habitats naturels humides en faveur de l'agriculture.



Bien que notre étude ait abouti à l'établissement de la liste floristique indispensable au calcul de l'IBMR, ce calcul s'est opposé à des contraintes relatives d'une part, à l'abondance insuffisante des espèces aquatiques bioindicatrices, et d'autre part, à la petite taille de certains cours d'eau, pratiquement inadéquate à l'application de la méthode de l'indice macrophytique,. Mais, l'obstacle majeur reste l'absence d'un cours d'eau de référence sur lequel on doit appliquer la méthode IBMR est ressortir des résultats qui serviraient à la détermination de la qualité écologique des eaux des cours d'eau selon des normes adaptée au contexte du BHS.

Pour assurer l'utilisation de l'IBMR en tant que indice fiable pour la détermination de la qualité des eaux, il faut en outre :

- Enrichir la base de données photographique des macrophytes de BHS que nous avons établie, en ajoutant aux descripteurs utilisés, les exigences écologiques et la faculté bioindicatrice.
- Etablir une clé de détermination des macrophytes de BHS, et éventuellement des macrophytes marocaines
- Détermination des cours d'eaux de référence

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

 212 (35) 60 80 14 – 212 (35) 60 96 35  212 (35) 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma