



Etat de la végétation riveraine des cours d'eau du bassin versant de l'oued Inaouène (NO du Maroc)

State of riparian vegetation of streams in the watershed of the Inaouène wadi (NW Morocco)

M. Libiad, A. Khabbach, A. Ennabili

INPMA, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, 30 000 Fès, Maroc

Received 10 June 2012, Revised 18 Oct 2014, Accepted 18 Oct 2014

** Corresponding author. E mail: aennabili@gmail.com, (Abdeslam Ennabili)*

Abstract

Integrated management of water resources interfere, directly or indirectly, with the conservation of biodiversity. Surveys conducted along the Inaouène wadi (upstream of the catchment of the Sebou River) allowed us to identify 308 taxa of higher plants, belonging to 181 genera and 55 botanical families. The specific richness per station can exceed 100 species depending on the width of the stream bed and conservation. A correspondence analysis is done from 27 botanical statements, described 75 species, and highlighted four plant communities, especially along the "upstream-downstream of the dam" gradient. The main environmental and anthropogenic factors influencing the habitat quality of the river Inaouène were underlined. These factors are responsible for the "upstream-downstream" and transversal zonation of the river vegetation, and the high rate of therophytes.

Keywords- Riparian vegetation, conservation, Inaouene wadi, North West of Morocco.

Résumé

La gestion intégrée des ressources en eaux interfère, directement ou indirectement, avec la conservation de la biodiversité. Des relevés effectués le long de l'oued Inaouène (amont du bassin versant de l'oued Sebou) nous ont permis d'identifier 308 taxa de plantes supérieures, appartenant à 181 genres et 55 familles botaniques. La richesse spécifique stationnelle peut dépasser les 100 espèces en fonction de la largeur et la conservation de la rive. Une analyse factorielle des correspondances est effectuée à partir d'un tableau constitué de 27 relevés, décrits par 75 espèces, et a permis la mise en évidence de quatre groupements végétaux, en particulier suivant le gradient "amont-aval du barrage". Les principaux facteurs stationnelles et anthropiques, influençant la qualité de l'habitat de l'oued Inaouène, ont été soulignés ; ces facteurs sont responsables des zonations "amont-aval" et transversale de la végétation fluviale et du taux élevé de thérophytes.

Mots clés: végétation riveraine, conservation, oued Inaouène, Nord-ouest du Maroc.

1. Introduction

La flore vasculaire du Maroc est estimée à présent à plus de 4500 espèces et sous-espèces appartenant à 940 genres et 135 familles botaniques [1,2] ; l'état actuel de connaissances permet d'inscrire 1641 taxa sur la liste des plantes rares ou menacées du Maroc, dont 75% sont très rares [2]. La flore endémique stricte est estimée à 951 espèces et sous-espèces, soit 21 % des plantes vasculaires marocaines [3,4].

La flore des zones humides marocaines compte actuellement 1014 espèces et sous-espèces. La flore rare de ces milieux est représentée par une soixantaine d'espèces, et la flore menacée compte plus de 130 espèces et sous-espèces [2].

Par ailleurs, les principaux facteurs pouvant agir mutuellement sur le développement des hygrophytes sont la submersion, la salinité, la charge organique, le mésoclimat et les travaux d'aménagement [5]. D'ailleurs, la diversité spécifique peut être influencée par le degré de la pente des berges, la vitesse d'écoulement des eaux [6-8], et la pression anthropique [5,9,10]. D'autres facteurs sont responsables du zonage de la végétation riveraine, à savoir la tolérance de l'hydromorphie par les plantes, leur résistance aux forces d'arrachement [11], la périodicité des inondations, la profondeur de la nappe souterraine [12], et la nature et la structure du substrat

[11,12]. L'installation temporelle de la végétation riveraine, constituant une succession, est liée principalement aux remaniements périodiques des sédiments, en relation avec l'alternance et à l'intensité des crues [11,13]. Les hygrophytes constituent le bon choix pour évaluer la qualité des eaux [14-20]. Certaines espèces peuvent être considérées comme bioindicatrices des conditions extrêmes de minéralisation et de trophie [14] ; d'autres sont capables d'intégrer les changements environnementaux sur des périodes de plusieurs années, et peuvent ainsi indiquer des effets cumulatifs des perturbations successives [17,18]. De plus, la végétation peut intervenir contre l'érosion hydrique [21,22] et constituer un filtre anti-pollution [23-25].

À l'exception d'une étude générale concernant la végétation supérieure du bassin versant de l'oued Sebou [6], nous n'avons pas trouvé d'études relatives à la végétation hygrophile du bassin versant de l'oued Inaouène. Ce travail vise à dresser un inventaire de la végétation riveraine des cours d'eau du bassin versant de l'oued Inaouène d'une part et à déterminer son état de conservation d'autre part.

2. Méthodologie

2.1. Aire d'étude

Le bassin versant de l'oued Inaouène (Figure 1), dépendant de la région de Taza-Al Hoceima-Taounate [26], est situé entre le Moyen Atlas et le Pré-Rif [27] ; il est caractérisé par un substratum marneux et imperméable, plus au moins armé de bancs gréseux et calcaires [28,29]. Le climat y est de type méditerranéen semi-aride à subhumide [27,30]. Les précipitations montrent une répartition temporelle avec une succession d'années sèches et d'années humides [27]. Le barrage Idriss 1^{er} (34°07'N -04°40'W) a été construit sur l'oued Inaouène, et mis en eau en 1973 [31].

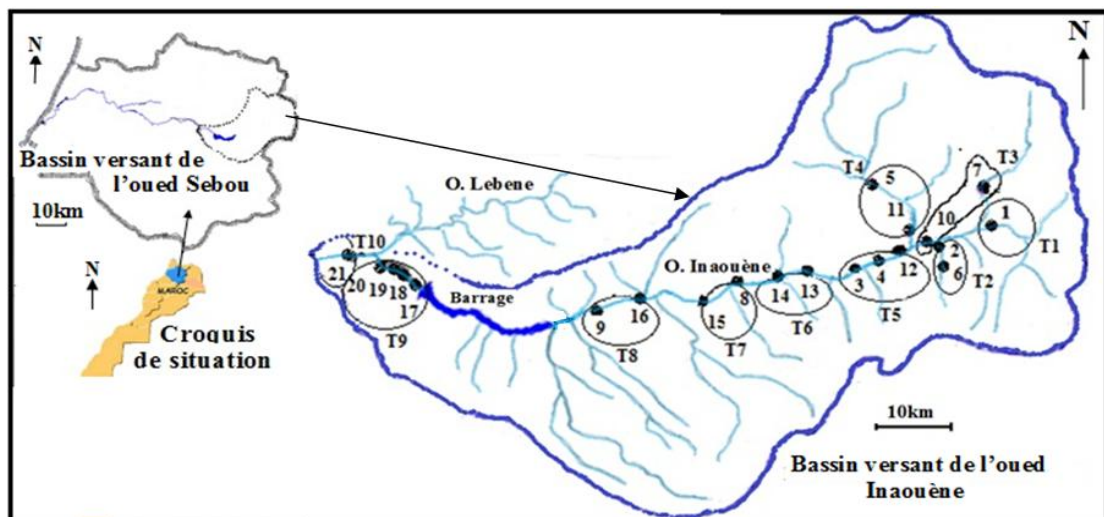


Figure 1: Localisation géographique du bassin versant de l'oued Inaouène montrant les stations prospectées. Source modifiée [28]. T1 (tronçon 1), oued Bin Lajraf (Station 1). T2, oued Dfali (S. 2 et 6). T3, oued Larbaâ (S. 7 et 10). T4, oued Lakhdar (S. 5 et 11). T5, oued Inaouène (S. 3, 4 et 12). T6, oued Inaouène (S. 13 et 14). T7, oued Inaouène (S. 8 et 15). T8, oued Inaouène (S. 9 et 16). T9, oued Inaouène (S. 17, 18, 19 et 20). T10, oued Inaouène/oued Inaouène Lebene (S. 21).

La végétation hygrophile est relativement pauvre en espèces aquatiques. Ceci est en relation directe avec les fortes pentes des berges et l'érosion qui les affecte en empêchant l'installation de groupements végétaux aquatiques et semi-aquatiques [6].

L'oued Inaouène, deuxième affluent principal de l'oued Sebou après l'oued Ouergha, coule suivant une direction est-ouest le long du couloir sud-rifain. L'oued Inaouène reçoit sur ses berges les débits de plusieurs affluents ; parmi lesquels, on peut citer les oueds Larbaâ, Lakhdar, Amlil, Bou Lajraf, Zireg et Bou Hellou [29]. En réponse aux caractéristiques du climat semi-aride, le régime de l'oued Inaouène montre des variations saisonnières avec une période de crues et une période d'étiages. Pendant la période d'étiage, les fortes températures atmosphériques peuvent occasionner une évaporation importante et, par conséquent, un tarissement parfois précoce des lits des affluents de l'oued Inaouène [27].

2.2. Méthodes

La démarche retenue s'inspire de la norme européenne pour l'étude des macrophytes dans les cours d'eau [18]. Les divers relevés sont effectués selon un protocole de terrain amélioré sur base d'autres travaux [5,6,8,10,32-40].

Le découpage transversal de l'oued Inaouène et ses affluents en dix tronçons est basé sur les facteurs anthropiques majeurs qui affectent la qualité morphologique, physicochimique et écologique du cours d'eau (Figure 1).

L'échantillonnage a été réalisé de manière systématique dans 21 stations (en général deux berges par station), durant la période "mai-août", dans les zones présentant des formations macrophytiques primaires et/ou semi-primaires, en relevant des données stationnelles et de végétation (Ptéridophytes et Spermatophytes). De plus, les paramètres anthropiques, concernant surtout la qualité des eaux, la qualité de l'habitat et l'utilisation des parcelles voisines, ont été notés pour chaque station.

Le recouvrement total de la végétation a été estimé en utilisant l'échelle de Margalef (1970) [in 13]. Les relevés de la végétation ont été réalisés selon la méthode de Braun-Blanquet (1932) [41]. La détermination systématique des plantes, dont au moins un échantillon est conservé à l'herbier de l'Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques, Province de Taounate, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès (Maroc), a été effectuée en utilisant les flores disponibles [42-46] d'une part, et la base de données des Plantes à fleurs d'Afrique [47] d'autre part.

3. Résultats et discussion

3.1. Phytodiversité

Le nombre total de taxa identifiés est de 308 espèces, sous-espèces et variétés (6,84% de la phytodiversité nationale), appartenant à 181 genres et 55 familles botaniques. Le nombre des hygrophytes dans l'oued Inaouène et ses affluents égale 81 taxa (8% de la diversité nationale en hygrophytes), avec 42 taxa dans les affluents et 75 dans l'oued Inaouène (54 taxa en amont et 58 taxa en aval du barrage Idriss 1^{er}).

Les familles les plus représentées sont les *Asteraceae* (18%), les *Poaceae* (13%), les *Fabaceae* (9%), les *Brassicaceae* (5%), les *Apiaceae* (4%) et les *Polygonaceae* (4%). Elles correspondent à 53% de l'effectif spécifique global. Les familles les plus riches en hygrophytes sont les *Asteraceae*, les *Poaceae*, les *Polygonaceae*, les *Juncaceae* et les *Cyperaceae*. D'ailleurs, la fréquence des *Asteraceae* est une caractéristique méditerranéenne, représentant 14% des espèces au Maroc [1] et 11% de la diversité floristique pour les biomes méditerranéens [48].

Généralement, les Dicotylédones sont mieux représentées que les Monocotylédones (Tableau 1). Les Monocotylédones ne représentent que 35,8 % des hygrophytes. Toutefois, elles ont une grande affinité aux zones humides, représentant 76,7% des hygrophytes au Maroc méditerranéen [13]. Au niveau du bassin versant de l'oued Inaouène, les perturbations du milieu auraient bien fait régresser les Monocotylédones au profit des Dicotylédones. La diversité infraspécifique est importante (50 sous-espèces et 7 variétés), en relation avec le mode de propagation des espèces et pouvant amplifier la variabilité génétique [13].

Le coefficient générique de Jaccard (1929), défini par le rapport du nombre de genres au nombre d'espèces [13,49] et mettant en évidence la variation des conditions écologiques, est de l'ordre de 59%, similaire à celui obtenu par Ennabili (1999) [13] en étudiant la flore des zones humides du Nord du Maroc ; ce qui laisse présager, selon Jaccard, une assez faible diversité des conditions écologiques au niveau de l'oued Inaouène.

Tableau 1: Importance taxinomique de la flore de l'oued Inaouène et ses affluents.

Taxon	Pteridophyta		Spermatophyta				Total	
			Angiosperme					
	Effectif	%	Monocotylédones		Dicotylédones		Effectif	%
Effectif			%	Effectif	%			
Familles	1	1,81	11	20	43	78,2	55	100
Genres	1	0,55	36	20,3	144	79,1	181	100
Taxa spécifiques et infraspécifiques	1	0,32	67	21,7	240	77,9	308	100
Espèces	1	0,4	59	23,5	191	76,1	251	100
Sous-espèces	0	0	7	14	43	86	50	100
Variétés	0	0	1	14,3	6	85,7	7	100

La phytodiversité stationnelle la plus élevée est observée aux stations 10 et 12 (Figure 1), avec respectivement 111 et 106 taxa. Les stations 16 et 18 (Figure 1) sont les plus riches en hygrophytes, avec 36 taxa chacune. Ces stations sont inaccessibles, assujetties à des dépôts de nutriments pendant la saison humide ou à lit moyen très large.

La richesse spécifique varie longitudinalement de l'amont à l'aval de l'oued Inaouène. Le nombre d'hygrophytes augmente de l'amont à l'aval (Figure 2) ; ce qui concorde avec les résultats présentés par Grasmück (1993) [14]. D'une manière générale, ces variations témoignent de l'amélioration de la qualité physicochimique de l'eau de l'amont à l'aval [50].

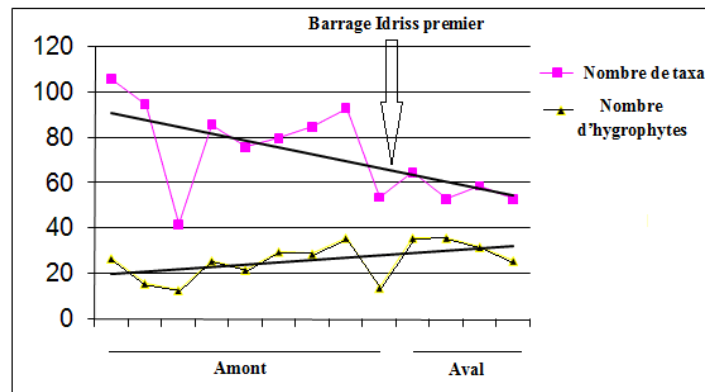


Figure 2: Variation et tendance longitudinale (amont-aval) du nombre de taxa et d'hygrophytes par station.

Les stations amont du barrage sont plus riches en thérophytes, avec un taux qui peut dépasser 83%, alors qu'en aval, le taux de thérophytes ne dépasse plus 45,7%. Plus en aval, à la confluence entre l'oued Inaouène et l'oued Lebene (S. 21, Figure 1), la ré-augmentation du taux de thérophytes (51%) est expliquée par la réapparition des crues originaires de l'oued Lebene, favorisant ainsi l'enrichissement du substrat en nutriments. En été, une grande partie du lit de l'oued Inaouène se trouve émergée, et les thérophytes s'y développent davantage.

D'ailleurs, l'augmentation du taux de thérophytes pourrait résulter de perturbations anthropiques des communautés végétales [17,24], du défaut d'humidité en cas de zones humides méditerranéennes [51], ou de la diminution de la vitesse du courant, et par la création d'un substrat vaseux près des berges [32].

Dans l'oued Inaouène et ses affluents, la ripisylve est constituée d'un nombre limité d'espèces ligneuses (*Eucalyptus* spp., *Nerium oleander*, *Rubus ulmifolius*, *Salix pedicellata*, *Tamarix africana*, *T. gallica* et *Vitex agnus-castus*), avec une largeur relativement faible. En aval du barrage Idriss 1^{er}, nous avons observé que les tamariciaies sont réduites à des pieds isolés, alors qu'elles sont abondantes à son amont. Les aménagements hydrauliques conduisent le plus souvent à une régression des ripisylves, en raison de la modification des conditions d'alimentation de la nappe [24].

S'il est évident aujourd'hui que les ripisylves forment des écosystèmes extrêmement importants du point de vue écologique, cette prise de conscience est malheureusement récente, et bien de travaux d'aménagement les ont profondément dégradées [24]. Le déclin rapide des ripisylves est sous l'influence de perturbations anthropiques incontrôlées : ouvrages hydrauliques, défrichement, drainage, pollution ... [24,36,38]. De plus, les effets des barrages sur la biodiversité sont globalement négatifs, du fait de l'homogénéisation de la végétation [52].

En se référant au catalogue des plantes vasculaires rares, menacées ou endémiques du Maroc [53], beaucoup de taxa rencontrés à l'oued Inaouène et ses affluents peuvent être classés, suivant le degré de menace et/ou de rareté, en :

- taxa rares : *Astragalus geniculatus*, *Polygonum balansae* ssp. *battandieri*, *P. balansae* ssp. *rhizoxylon* et *Rumex palustris* ;
- taxa soupçonnés rares : *Allium margaritaceum*, *Calycotome villosa*, *Centaureum pulchellum* ssp. *tenuiflorum* et *Polygonum hydropiper* ;
- taxa très rares : *Coronopus didymus*, *Crepis vesicaria* ssp. *haenseleri*, *Euphorbia segetalis*, *Hordeum murinum* ssp. *glaucum*, *Dittrichia graveolens*, *Juncus squarrosus*, *Linaria lanigera* et *Plantago major* ssp. *intermedia*.

3.2. Groupements végétaux

Généralement, les différentes communautés végétales ont tendance vers des structures végétales spatialement continues ; ceci s'illustre par le recouvrement total qui dépasse 75% dans 54% des relevés. Alors que dans 14% des relevés, le recouvrement total est moins de 25%. Ces formations sont fortement perturbées par les activités anthropiques, à savoir l'approvisionnement en eau (berge gauche de la S. 19), les rejets solides et les eaux usées (berge gauche de la S. 8), le substrat très instable (berge gauche de la S. 3 ; Figure 1), ...

Les formations végétales sont généralement basses à cause de la coupe de ripisylves (hauteur très faible, moins de 10m), à l'exception des berges droites des stations 3 et 19 (figure 1), où la hauteur est comprise entre (10 et 30m). Le nombre moyen d'arbustes égale 1,7 arbustes/m linéaire dans les berges instables et 4,1 arbustes/m linéaire dans les berges stables. De même, le nombre moyen d'espèces herbacées est légèrement grand dans les berges stables (5,8 espèces/m linéaire), en comparaison avec les berges instables (5,4 espèces/m linéaire). La

largeur de la couverture végétale est très faible dans les berges instables ($38 \pm 36\text{m}$; $n = 14$), et importante dans les berges stables ($95 \pm 83\text{m}$; $n = 12$).

En fonction du degré de tolérance à l'hydromorphie, les phytocénoses observées peuvent être classées en :

- Formations submergées partiellement flottantes, représentées par l'hydrophyte *Potamogeton nodosus*.
- Formations à hélrophytes qui occupent les bords des cours d'eau, et sont représentés par *Arundo donax*, *Juncus articulatus*, *Phragmites australis*, *Polypogon monspeliensis*, *Scirpus littoralis*, *Typha angustifolia*, ...
- Formations à hygrophytes des zones émergées : herbacées à *Juncus acutus*, *J. inflexus*, *J. maritimus*, *Scirpus holoschoenus*, ..., ou ligneuses à *Nerium oleander*, *Rubus ulmifolius*, *Salix pedicellata*, *Tamarix gallica*, *T. africana*, ...

La végétation de l'oued Inaouène montre un gradient amont-aval suivant :

- Les groupements végétaux, en amont du barrage Idriss 1^{er}, à *Tamarix gallica* (S. 3, 4, 12, 13, 15 et 16), à *Nerium oleander* (S. 8 et 9) ou à *Phragmites australis* et *Arundo donax*, (S. 8, 14 et 15 ; Figure 1).
- Les groupements végétaux, en aval du barrage Idriss 1^{er}, à *Typha angustifolia* (S. 17, 18 et 20), à *Cyperus longus* ssp. *eu-longus* (S. 18), à *Tamarix gallica* (S. 19), à *Phragmites australis* (S. 20) ou à *Juncus acutus* (S.21 ; Figure 1).

La zonation écologique longitudinale (amont-aval) des hygrophytes de l'oued Inaouène peut en effet être expliquée par le changement du niveau de la nappe phréatique et la fréquence des immersions [6,11,12], la vitesse du courant et les rejets d'agglomérations urbaines et semi-urbaines [9 ; 14], ou le niveau trophique du cours d'eau [16]. De plus, le gradient longitudinal dépend aussi du gradient géologique [15], de la taille des sédiments [6,12,54], de la stabilité du substrat, et des barrages qui influencent la distribution des nutriments et des particules entre l'amont et l'aval [54].

Des observations réalisées dans le cours d'eau ont permis d'établir deux profils transversaux typiques de la végétation de l'oued Inaouène, le premier en amont et le deuxième en aval (Figures 3 et 4). En amont, on trouve près du chenal d'écoulement les espèces qui tolèrent une longue période de submersion, à savoir *Scirpus littoralis*, les espèces résistantes aux forces d'arrachement par le courant à savoir *Arundo donax*, *Phragmites australis* et *Tamarix gallica*, ou celles qui se développent sur un substrat grossier à savoir *Tamarix gallica*. En s'éloignant vers les berges, on trouve les taxa qui colonisent les limons du lit moyen, à savoir *Cynodon dactylon* et *Cyperus rotundus* ssp. *eu-rotundus*. Vers le haut de la berge, on trouve *Nerium oleander*, un hygrophyte d'eau douce, qui occupe les berges asséchées pendant une longue durée, sur un sol sablo-limoneux, et loin de la nappe d'eau saline (Figure 3).

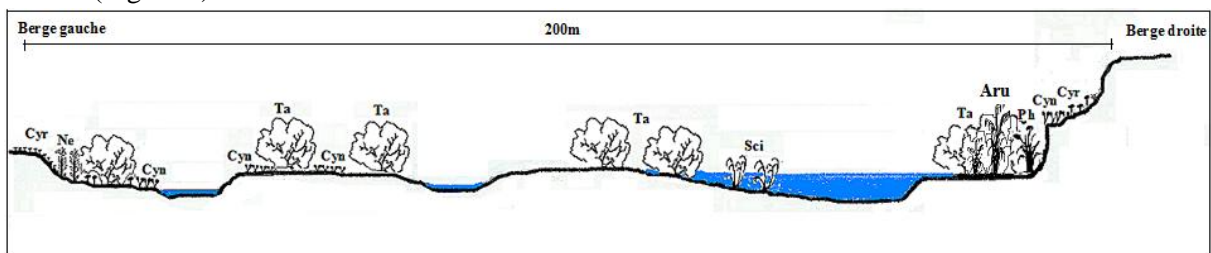


Figure 3: Profil transversal de la végétation de l'oued Inaouène en amont du barrage.

Aru, *Arundo donax* ; Cyn, *Cynodon dactylon* ; Cyr, *Cyperus rotundus* ssp. *eu-rotundus* ; Ne, *Nerium oleander* ; Ph, *Phragmites australis* ; Sci, *Scirpus littoralis* ; Ta, *Tamarix gallica*.

En aval du barrage, on trouve près du chenal d'écoulement les taxa qui tolèrent les variations du niveau de submersion, à savoir *Cynodon dactylon*, *Cyperus longus* ssp. *eu-longus* et *Typha angustifolia*. Vers les berges, il y a apparition d'espèces qui supportent de faibles variations du niveau de submersion à savoir *Equisetum ramosissimum*, *Rubus ulmifolius* et *Juncus acutus* (Figure 4).

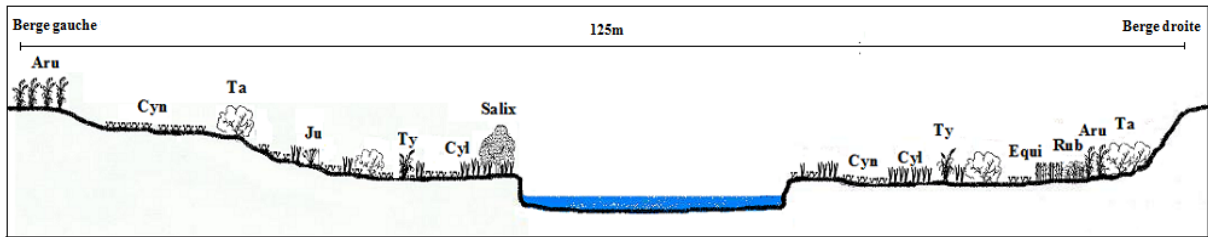


Figure 4: Profil transversal de la végétation de l'oued Inaouène en aval du barrage.

Aru, *Arundo donax* ; Cyn, *Cynodon dactylon* ; Cyl, *Cyperus longus* ssp. *eu-longus* ; Equi, *Equisetum ramosissimum* ; Ju, *Juncus acutus* ; Rub, *Rubus ulmifolius* ; Salix, *Salix pedicellata* ; Ta, *Tamarix gallica* ; Ty, *Typha angustifolia*.

Cette répartition transversale de la végétation est régie surtout par la microtopographie du site, qui définit des sites émergés et immergés, la tolérance des espèces à des états d'immersion temporaire [8,11,36], le changement du niveau de la nappe phréatique, et le substrat [11,12].

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été effectuée à partir d'un tableau constitué de 27 relevés, décrits par 75 taxa (hygrophytes ou semi-hygrophytes). L'examen de la projection du plan factoriel (1, 2) met en évidence l'existence de quatre groupes (G1, G2, G3 et G4) suivant un gradient amont aval (Figure 5). Les deux premiers axes de l'AFC englobent 23,2% de l'inertie totale, avec des contributions partielles respectives de 13,8% et 9,5%.

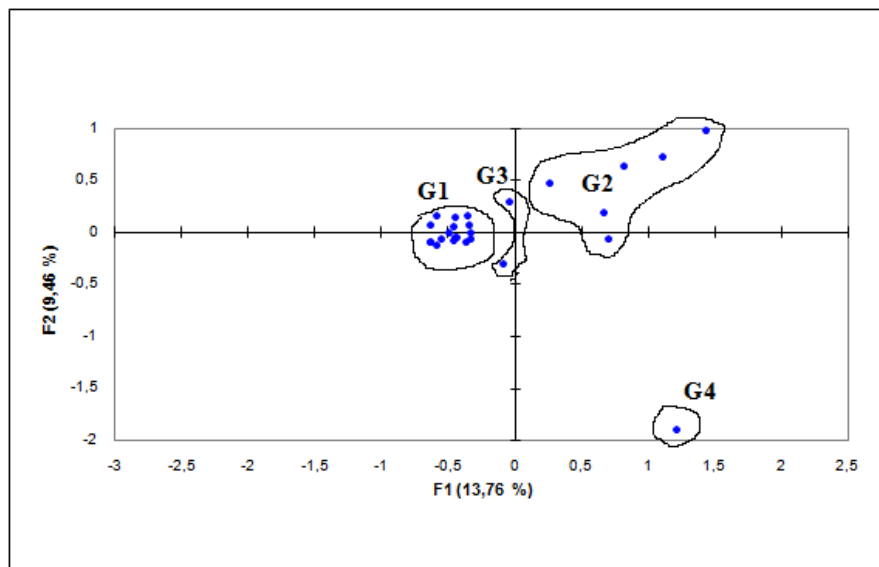


Figure 5: Premier plan de l'AFC "toutes les espèces hygrophytes de l'oued Inaouène".

Le groupe 1 (G1) contient les relevés de l'amont du barrage ; les berges droites et gauches des stations 3, 4, 8, 9, 12, 13, 14, 15 et 16 (Figure 1). Ces relevés forment un groupe compact, témoignant que la végétation est presque homogène. Les taxa caractéristiques de ce groupe sont *Arundo donax*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* ssp. *eu-rotundus*, *Nerium oleander*, *Phragmites australis*, *Tamarix gallica* et *T. gallica* ssp. *leucocharis* (Tableau 2).

Le groupe 2 (G2) contient les relevés de l'aval du barrage (berges droites des S. 19 et 20, berges gauches des S. 17, 18, 19 et 20, Figure 1). Ces groupements sont influencés par la présence du barrage Idriss 1^{er} ; les taxa caractéristiques de ce groupe sont *Arundo donax*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus longus* ssp. *eu-longus*, *Equisetum ramosissimum*, *Phragmites australis*, *Rubus ulmifolius*, *Tamarix gallica* et *Typha angustifolia* (Tableau 3).

Le groupe 3 (G3), intermédiaire entre G1 et G2, et proche de G1, correspond aux berges droites et gauches de la station 21 (Figure 1), en aval de la confluence entre l'oued Inaouène et l'oued Lebene. Il révèle le rétablissement des conditions qui règnent en amont et la disparition de l'effet du barrage. Les espèces caractéristiques de ce groupe sont *Cynodon dactylon* et *Juncus acutus* (Tableau 4).

Le groupe 4 (G4) comporte la berge droite de la station 18 (Figure 1), la plus diversifiée. Cela peut être expliqué par le taux d'ombrage élevé (25 à 50%) et la présence d'une dépression, permettant de garder une humidité édaphique importante. Cette berge se caractérise par *Cynodon dactylon* et *Typha angustifolia* (Tableau 5).

Tableau 2: Le groupe G1 défini par l'AFC.

ar, arboriculture ; b, barrage ; c, culture ; e, extraction de granulats ; g, gravier ; ga, galets ; gab, gabions ; gb, gros blocs ; i, irrigation ; l-a, limon-argile ; pb, petits blocs ; pd, pollution diffuse ; pp, pollution ponctuelle ; s, sables ; v, vases.

Station	3		4		8		9		12
Berge	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite
Date (2010)	08/5	08/5	16/5	16/5	16/6	16/6	16/6	16/6	04/7
Exposition	S	N	SW	NE	W	E	W	E	S
Pente (%)	35	20	10	5	45	5	50	60	5
Sol/Substrat	s,l-a,v	pb,gal,g,s,l-a	s,l-a	pb,gal,g,s,l-a,v	s,l-a,v	pb,gal,g,s	g,s,l-a,v	s,l-a,v	g,s,l-a,v
Recouvrement total	75-100	0-5	75-100	75-100	25-50	0-5	50-75	50-75	75-100
Hauteur maximale(m)	10-30	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
Surface de la station (m*m)	70*50	23*19	70*50	100*155	50*10	64*112	56*9	48*18	110*64
Surface du relevé (m*m)	10*10	16*9	4*4	3*3	3*8	4*5	4*8	6*4	4*6
Activités anthropiques	c,pp,pd	ar,c,pp,pd	c,pp,pd	c,pp,pd	ar,c,i,pd	ar,c,pd	-	c,pd,pp	c,gab,pd,pp
Taxa	abondance-dominance.sociabilité								
<i>Amaranthus angustifolius</i> ssp. <i>polygonoides</i>	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.
<i>Arundo donax</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+2
<i>Cynodon dactylon</i>	.	.	.	.	4.4	3.4	3.4	.	1.4
<i>Cyperus rotundus</i> ssp. <i>eu-rotundus</i>	.	1.1	4.3	4.4	1.3	+1	.	.	1.3
<i>Ditrichia viscosa</i>	.	.	.	.	.	+1	.	.	.
<i>Nerium oleander</i>	3.3	.	.	2.2	.	4.4	5.5	.	.
<i>Phragmites australis</i>	.	1.1	+2	.	2.3	.	1.2	.	+2
<i>Polygonum lapathifolium</i>	+1	.	.	.	1.3	+1	1.1	.	+1
<i>Tamarix gallica</i>	5.5	.	5.5	.	.	+2	.	.	5.5
<i>Tamarix gallica</i> ssp. <i>leucocharis</i>	.	2.2	.	5.4	.	.	.	.	.

Station	12		13		14		15		16	
Berge	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	droite	gauche	
Date (2010)	04/7	06/7	06/7	06/7	06/7	18/7	18/7	16/7	16/7	
Exposition	N	W	E	W	E	W	E	W	E	
Pente (%)	10	10	30	5	5	3	20	10	50	
Sol/Substrat	ga,g,s,l-a,v	pb,ga,g,s,l-a,v	gb,pb,ga,g,s,l-a,v	gb,pb,ga,g,s,l-a,v	gb,pb,ga,g,s,l-a,v	pb,ga,g,s,l-a	s,l-a	ga,g,s,v	ga,g,s,v	
Recouvrement total	25-50	25-50	75-100	75-100	25-50	75-100	75-100	50-75	25-50	
Hauteur maximale(m)	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10	
Surface de la station (m*m)	100*46	42*64	50*16	100*240	100*80	100*74	100*19	150*300	120*140	
Surface du relevé (m*m)	3*8	14*8	4*4	8*10	4*4	4*4	8*4	8*8	4*3	
Activités anthropiques	c,gab,pd,pp	ar,c,pd	ar,c,pd	c,pd	ar,c,pd	ar,c,pd	ar,c,pd	c,e,pd	c,e,pd	
Taxa	abondance-dominance.sociabilité									
<i>Arundo donax</i>	.	1.3	1.2	4.4	+2	5.5	.	+2	.	
<i>Aster squamatus</i>	.	.	.	.	.	.	+1	+1	+1
<i>Asteriscus aquaticus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+1	.
<i>Centaurium pulchellum</i> ssp. <i>eu-pulchellum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+1	+1
<i>Cynanchum acutum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+1	.
<i>Cynodon dactylon</i>	1.4	.	.	.	.	2.3	2.4	4.4	.
<i>Cyperus fuscus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+1
<i>Cyperus rotundus</i> ssp. <i>eu-rotundus</i>	1.4	.	1.3	+3	4.4	+1	+1	4.4	+1	
<i>Ditrichia viscosa</i>	.	.	.	.	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Juncus bufonius</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+1
<i>Lythrum junceum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+1
<i>Mentha pulegium</i>	+2	.	.	.	.	.	.	.	+1
<i>Nerium oleander</i>	.	.	2.2	.	.	2.3	.	.	.	
<i>Phragmites australis</i>	1.2	2.4	3.3	5.4	.	3.3	4.3	+2	1.1	
<i>Plantago major</i> ssp. <i>Intermedia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+1
<i>Polygonum equisetiforme</i>	.	.	.	+1	.	.	.	.	+1
<i>Polygonum lapathifolium</i>	.	.	+1	.	+1	+1	+1	+1	+1	

<i>Polypogon monspeliensis</i>	.	.	.	.	.	+1	.	.	.
<i>Pulicaria arabica</i>	.	+1	.	.	.	.	+1	+1	1.1
<i>Rumex palustris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+1
<i>Rumex pulcher</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+1
<i>Scirpus holoschoenus</i>	.	.	.	.	.	+2	.	.	.
<i>Tamarix gallica</i>	3.5	3.5	5.4	4.4	.	.	1.2	4.4	4.4
<i>Verbena officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+1

D'après l'analyse des groupements végétaux identifiés, la végétation de l'oued Inaouène appartient à l'association *Paspalo distichi-Agrostidetum verticillatae*, alliance du *Paspalo distichi-Agrostion verticillatae*. Ces communautés à *Paspalum* s'observent au bord des grands cours d'eau, où elles occupent des dépôts limoneux émergés en été, très enrichis en matière organique désagrégée. Elles sont dominées par des espèces annuelles nitrophiles et des espèces rudérales. En arrière, se trouvent des formations arbustives. L'habitat est propre aux étages méditerranéen et collinéen de type supraméditerranéen [55].

Tableau 3: Le groupe G2 défini par l'AFC.

ar, arboriculture ; *b*, barrage ; *c*, culture ; *e*, extraction de granulats ; *g*, gravier ; *ga*, galets ; *gab*, gabions ; *gb*, gros blocs ; *i*, irrigation ; *l-a*, limon-argile ; *pb*, petits blocs ; *pd*, pollution diffuse ; *pp*, pollution ponctuelle ; *s*, sables ; *v*, vases.

Stations	17	18	19		20	
Berge	Gauche	gauche	Droite	gauche	droite	gauche
Date (2010)	11-juil	11-juil	11-juil	11-juil	14-juil	14-juil
Exposition	S	S	W	E	W	E
Pente (%)	10	3	10	15	5	10
Sol/Substrat	ga,g,s,l-a	ga,g,s,l-a	ga,g,s,l-a,v	s,l-a,v	ga,g,s,l-a,v	s,l-a
Recouvrement total	50-75	75-100	75-100	5-25%	75-100	75-100
Hauteur maximale (m)	0-10	0-10	10-30 m	0-10	0-10	0-10
Surface de la station (m*m)	100*15	100*80	100*64	100*20	100*50	100*27
Surface du relevé (m*m)	4*3	3*3	8*8	3*3	3*3	6*4
Activités anthropiques	c,b,pd	c,b,pd	ar,c,b,pd	ar,c,b,pd	ar,c,b,pd	c,b,pd
Taxa	abondance-dominance.sociabilité					
<i>Arundo donax</i>	.	.	3.4	.	.	.
<i>Cynanchum acutum</i>	.	.	.	.	1.3	+1
<i>Cynodon dactylon</i>	.	5.4	1.4	+2	1.4	5.4
<i>Cyperus longus</i> ssp. <i>eu-longus</i>	+2	5.4	.	.	.	.
<i>Cyperus rotundus</i> ssp. <i>eu-rotundus</i>	.	.	.	.	+1	1.1
<i>Equisetum ramosissimum</i>	.	.	+2	.	1.2	2.2
<i>Eclipta prostrata</i>	.	.	.	.	.	+1
<i>Dittrichia viscosa</i>	+1	.	.	.	.	.
<i>Juncus</i> spp.	.	1.2	.	+2	.	.
<i>Juncus acutus</i>	+2	.	.	.	.	.
<i>Juncus squarrosus</i>	.	.	.	.	.	+1
<i>Lythrum junceum</i>	.	.	.	.	.	+1
<i>Mentha suaveolens</i>	+1	.	.	.	.	.
<i>Nerium oleander</i>	1.3	.	.	.	.	.
<i>Phragmites australis</i>	+1	.	.	.	3.4	.
<i>Plantago major</i> ssp. <i>eu-major</i>	.	.	.	+1	.	.
<i>Plantago major</i> ssp. <i>intermedia</i>	.	.	.	.	.	+1
<i>Polygonum lapathifolium</i>	.	.	.	.	.	+1
<i>Rubus ulmifolius</i>	.	.	2.3	.	+2	.
<i>Salix pedicellata</i>	.	.	.	+1	.	.
<i>Tamarix gallica</i>	.	.	4.4	.	1.2	.
<i>Typha angustifolia</i>	5.5	.	.	.	.	3.3

Tableau 4: Le groupe G3 défini par l'AFC.

a-d.s, abondance-dominance.sociabilité ; *c*, culture ; *g*, gravier ; *ga*, galets ; *l-a*, limon-argile ; *pd*, pollution diffuse ; *s*, sables.

Station	21	
Berge	droite	Gauche
Date (2010)	14-juil	14-juil
Exposition	S	W
Pente (%)	1	5
Sol/Substrat	ga,g,s	s,l-a
Recouvrement total	5-25%	75-100
Hauteur maximale (m)	0-10	0-10
Surface de la station (m*m)	100*120	100*56
Surface du relevé (m*m)	3*3	4*4
Activités anthropiques	c,pd	c,pd
Taxa	a-d,s	
<i>Amaranthus angustifolius</i> ssp. <i>polygonoides</i>	+1	.
<i>Centaurium pulchellum</i> ssp. <i>eu-pulchellum</i>	.	+1
<i>Centaurium pulchellum</i> ssp. <i>tenuiflorum</i>	.	+1
<i>Cynodon dactylon</i>	4.4	4.4
<i>Cyperus rotundus</i> ssp. <i>eu-rotundus</i>	1.3	.
<i>Dittrichia viscosa</i>	.	+1
<i>Juncus acutus</i>	.	4.2
<i>Juncus maritimus</i>	.	+2
<i>Lythrum junceum</i>	+1	.
<i>Mentha suaveolens</i>	+1	.
<i>Nerium oleander</i>	.	1.3
<i>Plantago major</i> ssp. <i>intermedia</i>	+1	.
<i>Pulicaria arabica</i>	.	+2
<i>Tamarix gallica</i>	.	+1
<i>Verbena officinalis</i>	+1	.

Tableau 5: Le groupe G4 défini par l'AFC.

b, barrage ; *c*, culture ; *g*, gravier ; *l-a*, limon-argile ; *pd*, pollution diffuse ; *s*, sables.

Relevé	18 droite
Date (2010)	11-juil
Exposition	N
Pente (%)	10
Sol/Substrat	g,s,l-a
Recouvrement total	75-100
Hauteur maximale (m)	0-10
Surface de la station (m*m)	100*30
Surface du relevé (m*m)	4*4
Activités anthropiques	c,b,pd
Taxa	a-d, s
<i>Cynodon dactylon</i>	4.4
<i>Cyperus longus</i> ssp. <i>eu-longus</i>	1.4
<i>Equisetum ramosissimum</i>	1.2
<i>Dittrichia viscosa</i>	+1
<i>Juncus acutus</i>	1.3
<i>Lythrum junceum</i>	+1
<i>Panicum repens</i>	1.3
<i>Plantago major</i> ssp. <i>eu-major</i>	+1
<i>Polygonum lapathifolium</i>	+1
<i>Tamarix gallica</i>	+1
<i>Typha angustifolia</i>	5.5

3.3. Phyto-indication

Les activités anthropiques ont profondément modifié les conditions écologiques de l'oued Inaouène. Ainsi, seule la végétation des sites émergés subsiste (*Arundo donax*, *Phragmites australis*, *Tamarix gallica*, ...), alors qu'au niveau de la masse d'eau, il y a presque absence de la végétation supérieure, sauf quelques exceptions, où se développent *Scirpus littoralis* dans les berges gauches des stations 8 et 16 et *Potamogeton nodosus* dans la berge droite de la station 15 (Figure 1). Alvarez-Cobelas *et al.* (2001) [56] ont rapporté que les changements hydrologiques et la pollution de l'eau sont responsables du déclin des hydrophytes et de l'envahissement du milieu par *Phragmites australis* et *Tamarix gallica*.

Dans l'oued Inaouène et ses affluents, plusieurs types écologiques sont rencontrés, à savoir les espèces rudérales comme *Chenopodium* sp., les espèces cosmopolites comme *Datura stramonium*, et les espèces nitrophiles à savoir *Solanum nigrum*, *Chenopodium chenopodioides*, *C. album*, *C. vulvaria*, *Raphanus raphanistrum* et *Ricinus communis*, résultats similaires à ceux rapportés par Ennabili et Ater (1996) [5] ; ce qui marque une très grande pression humaine sur le cours d'eau (rejet des déchets liquides et solides) et la végétation [36]. Les relevés réalisés en amont du barrage sont riches en espèces rudérales et nitrophiles par rapport aux relevés de l'aval ; ce qui témoigne de l'abondance de la matière organique dans le substrat en amont. La présence des agglomérations urbaines et semi-urbaines (villes de Taza et d'Oued Amlil) pourrait être responsable de l'abondance de ces espèces rudérales et nitrophiles en amont du barrage Idriss 1^{er}. Dans le même sens, Wolff (1987) [32] et Hammada (2007) [6] ont mis en évidence l'effet de piétinement sur la végétation fluviale : diminution de la diversité spécifique et augmentation des espèces rudérales, en nombre et en recouvrement en aval du piétinement.

Le développement d'hydrophytes eutrophicants dans la station 15 (Figure 1) indique le niveau trophique élevé des eaux. A cet égard, la végétation aquatique est capable d'intégrer des variations aussi bien morphométriques que chimiques, et d'indiquer les conditions de trophie et/ou de minéralisation [14,16]. D'autre part, le recouvrement total et la richesse en hydrophytes représentent les deux paramètres adéquats capables de mettre en évidence une éventuelle perturbation des étangs dans la Méditerranée par le phosphore d'origine agricole [57]. La présence de *Cynodon dactylon* et *Phragmites australis* dans presque tous les relevés affirme la plasticité écologique de ces deux espèces. Donc, face aux perturbations d'origine anthropique, il se produit une augmentation du nombre d'espèces tolérantes aux variations hydrologiques [17]. Parmi les espèces de stations à submersion périodique, longue ou courte, se trouvent *Cynodon dactylon* et *Phragmites australis* [58]. De plus, cette dernière espèce peut supporter de longues périodes de sécheresse et de grandes charges de nutriments [56]. En fonction de la résistance à la pollution, trois classes de taxa peuvent être distinguées : (i) espèces de sites fortement pollués (*Arundo donax*, *Phragmites australis*, *Polygonum lapathifolium* ...), (ii) taxa de sites moyennement pollués (*Aster squamatus*, *Asteriscus aquaticus*, *Centaurium pulchellum* ssp. *eu-pulchellum*, *Dittrichia viscosa*, *Polypogon monspeliensis*, *Pulicaria arabica* ...), et (iii) taxa de sites faiblement pollués (*Cyperus longus* ssp. *eu-longus*, *Equisetum ramosissimum*, *Panicum repens*, *Rubus ulmifolius* ...).

Conclusion

L'étude de la végétation riveraine de l'oued Inaouène a permis d'identifier 308 taxa, appartenant à 181 genres et 55 familles botaniques. Le nombre d'hydrophytes égale 81 taxa, avec 75 taxa dans l'oued Inaouène et 42 taxa dans ses affluents. Les familles les plus représentées sont au nombre de 6, et correspondent à 53% de l'effectif spécifique global. La végétation de l'oued Inaouène est régie par plusieurs facteurs du milieu et anthropiques, responsables de zonations amont-aval et transversale de la végétation fluviale, et du taux élevé de thérophytes. En fonction du degré de tolérance à l'hydromorphie, les phytocénoses observées peuvent être classées en formations submergées partiellement flottantes, héliophytiques et formations à hydrophytes des zones émergées. La flore rare ou menacée est constituée de 16 taxa. Ces résultats ouvrent des voies de valorisation de la végétation riveraine de l'oued Inaouène particulièrement en bio-indication de la pollution et du niveau trophique de l'eau, en fixation des berges et en épuration des eaux.

Références

1. Fennane M. Atelier national Rabat (2004). www.plantlife.org.uk/international/assets/data-zone/IPAs-morocco-ZIPMaroc.pdf. "accès [Novembre, 2008]".
2. Benzyane M., Aafi A., Sbay H., El Antry S., Yassine, M., Ilmen R., Ghailoule D. Les écosystèmes naturels marocains et les changements climatiques. La résilience écologique à l'épreuve, Edition Centre de Recherche Forestière, Collection Maroc Nature (2010) 88p.
3. Fougrach H., Badri W., Malki M. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie* 29 (2007) 1-10.

4. Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'environnement auprès du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'environnement, Département de l'Environnement, Royaume du Maroc. "Quatrième rapport national sur la biodiversité", Galaxi Com. (2009) 111p.
5. Ennabili A., Ater M. *Acta Bot. Malacit.* 21 (1996) 221.
6. Hammada, S. Thèse de Doctorat d'Etat en sciences, Université Mohammed V-Agdal, Faculté des Sciences, Rabat (2007) 199p.
7. Fadhel M. N. *Raf. J. Sci.* 24/1 (2013) 17.
8. Fawad M., Gul B., Khan H., Khan Z. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 19/4 (2013) 513.
9. Bouxin G. *Rev. Sc. Eau.* 4/2 (1991) 185.
10. Mukhtar K. F., Bhat M. A., Bashir R., Chisti H. *J. Mater. Environ. Sci.* 5/4 (2014) 1178.
11. Agence de l'eau Rhin-Meuse. "Guide de gestion de la végétation des bords de cours d'eau" (2000), <http://www.biotech.ch/205-2000-GuideRM.pdf>. "accès [Juillet, 2012]".
12. Angelier E. "Écologie des eaux courantes", Editions TEC & DOC, France (2000) 199p.
13. Ennabili A. Ph-D Thesis, Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Arlon, Belgique (1999) 253p.
14. Grasmück N., Haury J., Légilize L., Muller S. *Annlis Limnol.* 29/3-4 (1993) 223.
15. Haury J., Jaffré M., Dutartre A., Peltre M.-C., Barbe J., Trémolières M., Guerlesquin M., Muller S. *Annlis Limnol.* 34/2 (1998) 129.
16. Thiébaud G., Muller S. *Annlis Limnol.* 34/2 (1998) 141.
17. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC. Rapport of the Office of Water (2002) 46p. http://water.epa.gov/type/wetlands/upload/2008_12_23_criteria_wetlands_10_Vegetation.pdf "accès [Janvier, 2012]".
18. Känel B., Göggel W., Weber C. "Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau, Macrophytes : Instructions pour le prélèvement d'échantillons", Editions OFEV, Suisse (2009) 60p. http://www.modul-stufenkonzept.ch/download/Makrophyten/INSTRUCTIONS_MACROPHYTES.pdf. "accès [Septembre, 2009]".
19. Aguiar F. C., Feio M. J., Ferreira M. T. *Ecol. Indic.* 11 (2011) 379.
20. Miranda M. G., Galvan A., Romero L. *J. Water Resource Prot.* 6 (2014) 945.
21. Snoussi M., Jouanneau J. M., Latouche C. *J. Afr. Earth Sci.* 11 (1990) 43.
22. Rey F., Ballais J. L., Marre A., Rovéra G. *C. R. Geoscience* 336 (2004) 991.
23. Ennabili A., Ater M., Radoux M. *Acta Bot. Barc.* 46 (2000) 239.
24. Quézel P., Médail F. "Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen", Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS, Paris (2003) 571p.
25. Wei-Jie H., Qiu-Xia L., Yong-Jie X., Jia-Wen L., Xi-Qin X., Yu-Yuan H., Cun-Fu L., Peng-Fei W. 2014. *Guihaia* 5 (2014) 642.
26. Association Goutte d'Eau (2003) http://www.unegouttedeau.com/IMG/pdf/journal_septembre_2003.pdf "accès [Mars, 2009]".
27. El Garouani A., Tribak A. *IAHS Publ.* 308(2006) 436.
28. Bahraoui A., Oved G. "Atlas du bassin versant de Sebou", Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire, Editions Royaume du Maroc (1970).
29. Sibari H., Haidi S., Ait Fora A. *Science et changements planétaires / Sécheresse* 12/3 (2001) 187.
30. Atlas des Ressources Naturelles (2008) http://720plan.ovh.net/~siter/DVOT/IMG/protege/form24/intro_part1.swf. "accès [Juin, 2009]".
31. Madbouhi M. "Barrage Idriss 1er (H11), Centre d'Echange d'Information sur la Biodiversité du Maroc (2006) http://ma.chm-cbd.net/search_html?query=barrage+idriss "accès [Avril, 2012]".
32. Wolff C. *Bull. Soc. Nat. Luxemb.* 87(1987) 1-52.
33. Agence de l'eau Rhin-Meuse. Etude inter-agences, Hors-série (1991) 94p.+ références.
34. Thoen D., Roussel L., Nicolas J. *Ecologie* 27/4 (1996) 223.
35. Sarr A., Thiam A., Tidiane Bâ A. *AJST* 2/1(2001) 89.
36. Ennabili A., Gharnit N. *Acta Bot. Barc.* 48 (2003) 199.
37. Bombino G., Tamburino V. Zimbone S. M. *Ecol. Eng.* 27 (2006) 134.
38. Belouahem-Abed D., Belouahem F., Benslama M., de Bélair G., Muller S. D. *C. R. Biologies* 334 (2011) 61.
39. Dridi L., Majdoub R., Ghorbel F., Ben Hlima M. *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (5) (2014) 1500.
40. Khalik W. M. A. W. M., Abdullah M. P., Amerudin N. A., Padli N. *J. Mater. Environ. Sci.* 4 (4) (2013) 488.
41. Braun-Blanquet J. "Plant Sociology, The Study of Plant Communities", Edition 5th Impression, USA (1932) 439p.
42. Nègre R. "Petite flore des régions arides du Maroc occidental", Editions CNRS, Paris 7 (1961) 2 Tomes.
43. Quézel P., Santa S. "Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales", Editions CNRS, Paris 7 (1962-1963) 1170p.
44. Fennane M., Ibn Tattou M., Matherz J., Ouyahya A., Eloulidi J. "Flore pratique du Maroc, Manuel de détermination des plantes vasculaires", Editions OKAD, Maroc (1999 & 2007) 2 Volumes.
45. Valdés B., Rejdali M., Achha El Kadmiri A., Jury S. L., Montserrat J. M. "Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc, incluant des clés d'identification", Edition CSIC, Espagne (2002) 1007p.

46. Tutin T. G., Burges N. A., Chater A. O., Edmondson J. R., Heywood G. H., Moore D. M., Valentine D. H., Waiters S. M., Webb D. A. "Flora europaea", Cambridge University Press, UK (1990/1993) 5 Volumes.
47. Base de Données des Plantes à fleurs d'Afrique (version 3.1). Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève et South African National Biodiversity Institute, Pretoria, <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/afrique/index.php?langue=fr> "accès [Février, 2012]".
48. Bonnier J., Fossoy G., Gasc D. "Nouvelles des forêts méditerranéennes", Edition Association Internationale Forêts Méditerranéennes (2009) 8p. http://www.aifm.org/sites/default/files/nfm15_fr.pdf. "accès [Août, 2012]".
49. Williams C.B. *Oxford Journals. Ann. Bot.* 13/1 (2012) 53.
50. Peltre M.-C., Leglize L., Salleron J. L. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 331 (1993) 357.
51. Ennabili A., Ater M. *Trav. Inst. Sci. Rabat, mém. Hors-série* (1997) 27.
52. Burel F., Baudry J. "Ecologie du paysage, concepts, méthodes et applications", Editions TEC & DOC, France (1999) 359p.
53. Fennane M., Ibn Tatou M. *Bocconeia* 8 (1998) 243p.
54. Sandercock P. J., Hooke J. M. *J. Arid Environ.* 75 (2011) 239-254.
55. Muséum National d'Histoire Naturelle. *La Documentation Française*, 3(2001) 457p.
56. Alvarez-Cobelas M., Cirujano S., Sánchez-Carrillo S. *Biol. Conserv.* 97 (2001) 89.
57. del Pozo R., Fernández-Aláez C., Fernández-Aláez M. *Aquat. Bot.* 92 (2010) 55.
58. Atbib M. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat* 4 (1979,1980) 99.

(2015) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>