



Analyse de la phytodiversité de la ripisylve de l'oued Bouhellou (Moyen Atlas Nord – oriental, Maroc)

Analysis of phytodiversity of the riparian vegetation of the wadi Bouhellou (Eastern Middle Atlas, Morocco)

Hamid ACHIBAN^{1&2} & Ali TAOUS¹

Abstract : Wadi Bouhellou is a small stream that drains the northern slope of the Eastern Middle Atlas. Its catchment area (312km²) contains three contrasting lithological and geomorphological domains which are respectively from upstream to downstream: the Paleozoic mountainous massif of Tazekka, the carbonated cause of Tahla and the alluvial plain of the southern Rif corridor. The study of the riparian vegetation of Bouhellou is carried out in these three areas (field campaign of May-August, 2021) in 10 transects, following the method of BRAUN-BLANQUET (1932). The analysis is based on various usual phytosociological indices and on factorial correspondence analysis (AFC). The results obtained show that the riparian vegetation of Bouhellou is composed of 37 plant species divided into 16 families. A significant phytological enrichment is characterized there, following the upstream-downstream gradient. The AFC analysis confirms this gradient and highlights three main plant groups, corresponding to distinct geomorphological domains (mountain, plateau and plain). The upstream-downstream differentiation of the taxa essentially reflects the influence of geomorphological, bioclimatic, hydromorphological conditions of the river environment and anthropogenic influences. The lateral distribution of floristic associations on the banks is mainly determined by the conditions of humidity and flooding along the active channel.

Key words : Wadi Bouhellou, riparian vegetation, phytodiversity, *Eastern Middle Atlas*

Résumé : L'Oued Bouhellou est un petit cours d'eau qui draine le versant septentrional du Moyen Atlas oriental. Son bassin versant (312km²) comporte trois domaines lithologiques et géomorphologiques contrastés qui sont, de l'amont à l'aval : le massif paléozoïque montagneux de Tazekka, le causse carbonaté de Tahla et la plaine alluviale du couloir sud-rifain. L'étude de la ripisylve de Bouhellou est réalisée dans ces trois domaines (campagne de terrain de mai-août, 2021) dans 10 transects, suivant la méthode de BRAUN-BLANQUET (1932). L'analyse est basée sur divers indices phytosociologiques usuels et sur l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Les résultats obtenus montrent que la ripisylve de Bouhellou est composée de 37 espèces végétales, réparties en 16 familles. Un enrichissement phytologique significatif y est caractérisé, suivant le gradient amont - aval. L'analyse AFC, confirme ce gradient et met en évidence trois groupements végétaux principaux, correspondant aux domaines géomorphologiques distincts (montagne, plateau et plaine). La différenciation amont-aval des taxons traduit essentiellement l'influence des conditions géomorphologiques, bioclimatiques, hydromorphologiques et anthropiques. La distribution latérale des associations floristiques sur les berges est déterminée principalement par les conditions d'humidité des biotopes et de submersion le long du chenal actif.

Mots-clés : Oued Bouhellou, ripisylve, phytodiversité, Moyen Atlas oriental.

INTRODUCTION

Les ripisylves sont des formations végétales azonales qui se développent sur les berges des cours d'eau, en adoptant des aspects variables selon les conditions physiques du milieu fluvial. En fait, en plus de l'influence des facteurs bioclimatiques, topographiques, lithologiques et anthropiques, les associations végétales des berges sont sensibles aux fonctionnements hydrodynamiques et morfo-sédimentaires des cours d'eau (MALAVOI & SOUCHON, 1996). Par ailleurs, sur les plans dynamique et géomorphologique, elles assurent des fonctions essentielles dans les hydrosystèmes fluviaux, comme par exemple la stabilité des berges, la régulation de la dynamique des écoulements et des sédiments dans les chenaux, etc. (BRAVARD & PETIT, 2000). D'autre part, du point de vue écologique, les ripisylves constituent des écotones de transition entre le milieu aquatique et le milieu terrestre, tout en jouant un rôle dans le fonctionnement des écosystèmes lotiques ; puisqu'elles assurent l'habitat des espèces floristiques et faunistiques riveraines, la structuration de la biodiversité, la régulation des conditions physico-chimiques naturelles du milieu fluvial et le maintien de la qualité des eaux (PIEGAY *et al.* 2003).

(1) - Département de Géographie, MNADSS, FLSH – Saïs Fès, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc.

(2) - Agence Nationale des Eaux et Forêts - Direction régionale – Fès – Maroc.

Auteur correspondant : ali.taous@usmba.ac.ma

La présente étude concerne le cas de la ripisylve de l'oued Bouhellou qui draine le versant septentrional du Moyen Atlas oriental. Son intérêt réside dans le fait que les travaux scientifiques sur les ripisylves des oueds marocains sont encore relativement peu abondants (DAKKI *et al.*, 1995 ; IBN TATTOU & FENNANE, 1989 ; HAMMADA., 2007 ; TAOUS, 2013 ; LIBIAD *et al.*, 2015). L'objectif est d'évaluer le potentiel de la végétation rivulaire et sa variation amont-aval le long du cours d'eau depuis sa source, dans le massif montagneux de Tazekka, jusqu'à sa confluence avec l'oued Inaouène dans le couloir sud-rifain. L'étude s'est basée sur l'inventaire de terrain par transects (campagne de terrain de mai-août, 2021), selon la méthode de BRAUN-BLANQUET (1932). L'analyse de la phytodiversité et la caractérisation des groupements végétaux sont basées sur divers indices usuels et l'analyse factorielle des correspondances.

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'oued Bouhellou est un petit affluent de rive gauche de l'oued Inaouène (bassin du Sebou). Ce cours d'eau, qui prend sa source dans le massif de Tazekka à plus de 1700m d'altitude, draine le versant septentrional du Moyen Atlas oriental, dans le secteur de Tahla (province de Taza), entre les longitudes 4°25'04'' et 4°08'20'' Ouest et les latitudes 33°54'70'' et 34°09'10'' Nord (fig. 1).

L'oued Bouhellou est un cours d'eau pérenne de 42 km de long, drainant un bassin versant de 312km² de superficie et de 113 km de périmètre et présentant une dénivelée de 1558 m. Après avoir reçu ces deux principaux affluents (le Kawane et l'Azher) l'oued Bouhellou se dirige vers le nord-est pour rejoindre l'oued Inaouène en aval de la commune rurale de Bouhellou, à une altitude de 240 m. L'oued traverse trois domaines géologiques et morfo-structuraux différents (fig. 1 et fig. 2 ; planche photos) :

a)- Le domaine montagneux correspond au massif hercynien de Tazekka, qui se présente en boutonnière orientée NE-SW. Il est formé de terrains paléozoïques métamorphisés et fracturés, avec dominance des schistes, des pélites, des grès et des quartzites (Cambrien, Ordovicien et Viséen). Sur les bordures du massif affleurent les argiles rouges à basaltes du Permo-Trias (HOEPFFNER, 1978). A la sortie du massif, le barrage de Bab Louta fut construit en 1999, au niveau des gorges de l'oued qui traverse les formations de quartzites.

b)- Le causse de Tahla est constitué par les calcaires et les dolomies du Lias moyen et inférieur. Ce plateau karstifié est traversé par l'oued Bouhellou y creusant une vallée profondément encaissée, entre des versants abrupts et dissymétriques (TAOUS *et al.*, 2009).

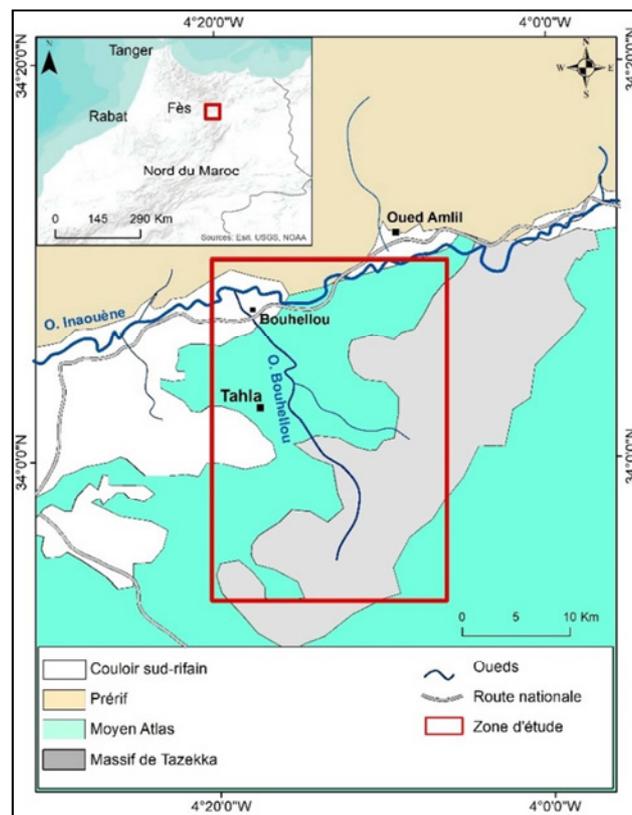


Figure 1 : Situation géographique de l'oued Bouhellou

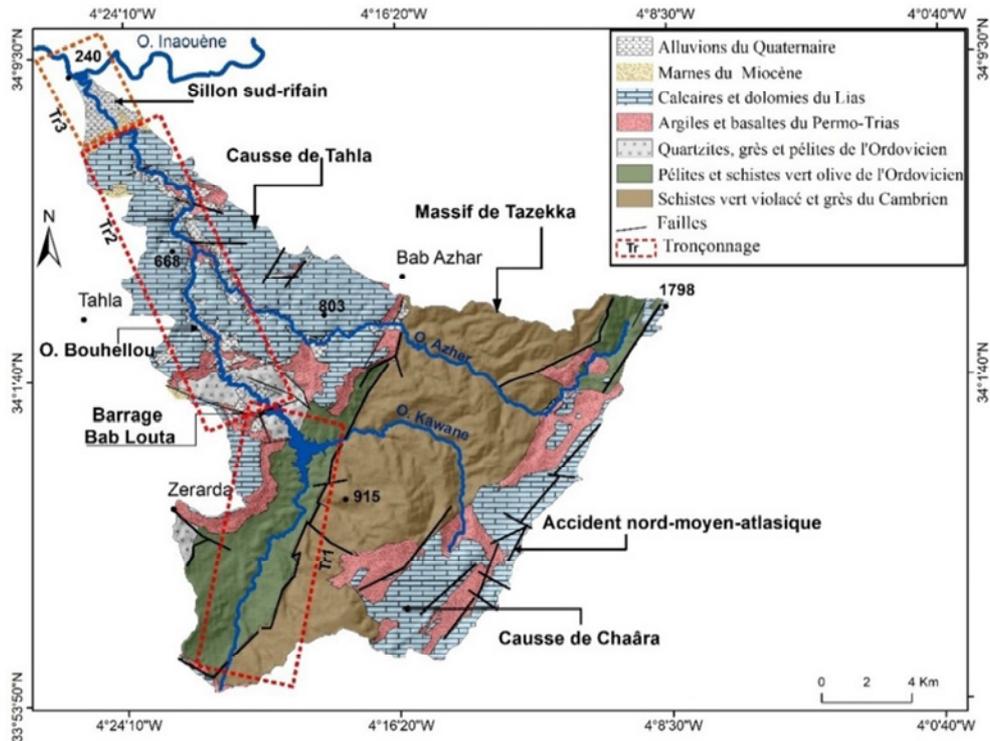


Figure 2 : Géologie du bassin versant de Bouhellou et localisation des tronçons étudiés.
(D'après la carte géologique 1/50000 ; feuille de Tahla)

c)- Le couloir sud-rifain (ou sillon sud-rifain) est formé essentiellement par des marnes sableuses (Miocène supérieur) qui supportent les alluvions quaternaires des terrasses de l'oued Inaouène. L'oued Bouhellou y développe des méandres libres de plaine alluviale.

Du point de vue climatique, le bassin de Bouhellou est soumis au climat méditerranéen à influence atlantique. Il se situe dans des conditions d'étagement bioclimatique altitudinal, allant du semi-aride dans le couloir sud-rifain à l'humide dans le massif de Tazekka. La pluviométrie moyenne annuelle y varie respectivement entre 500mm à plus de 1000mm. Les mois les plus pluvieux sont janvier et mars et la neige tombe au mois de janvier sur le massif de Tazekka. Les mois les plus froids sont janvier et février et les plus chauds sont juillet et août. La moyenne des températures varie respectivement entre 34°C et 28°C pour les maximales, et entre 6°C et -3°C pour les minimales.

Dans ces conditions climatiques, l'écoulement de l'oued Bouhellou est principalement à régime pluvial influencé par la fonte des neiges d'hiver. Les crues torrentielles sont fortes lors des épisodes pluvieux ; tandis qu'en été les écoulements d'étiage sont assurés par plusieurs petites sources. Le cours de l'oued Bouhellou est relativement anthropisé dans ses portions médiane et aval, notamment après la mise en service du barrage de Bab Louta en 1999 (capacité : 37 Mm³). Ce barrage assure les réserves en eau potable pour les villes de Tahla et Taza et les communes des environs. Un faible débit d'eau est relâché pour entretenir la pérennité de l'écoulement de Bouhellou et le développement de sa ripisylve.

Du point de vue biogéographique, le bassin versant de Bouhellou abrite une riche phytodiversité, résultat de conditions climatiques et édaphiques favorables. Le couvert végétal forestier y est bien développé, surtout en amont du bassin versant, dans le massif de Tazekka, où existe une forêt dense principalement de chêne liège (*Quercus suber*) et d'oléastre (*Olea europea*), avec des formations arbustives d'arbousier (*Arbutus unedo*) et de lentisque (*Pistacia lentiscus*). Sur le causse de Tahla, se présentent des formations de Thuya de berberie (*Tetraclinis articulata*), d'oléastre (*Olea europea*) et de lentisque (*Pistacia lentiscus*). Plus à l'aval, la végétation naturelle est très influencée par l'anthropisation (mise en culture des terres et pâturages), même si certaines espèces naturelles d'arbustes y persistent encore, comme le palmier nain (*Chamaerops humilis*), le jujubier sauvage (*Ziziphus lotus*), l'asperge blanche (*Asparagus albus*), etc.

METHODOLOGIE

La méthodologie adoptée s'est basée sur des relevés de la végétation rivulaire, effectués dans trois tronçons différents, choisis le long de l'oued Bouhellou selon les critères géomorphologiques suivants (fig. 2 et fig. 3) :

- Le tronçon 1 (Tr1) s'étend sur environ 10 Km de long dans le massif montagneux paléozoïque de Tazekka, à l'amont du barrage Bab Louta. Quatre transects y sont analysés (P1, P2, P3 et P4).
- Le tronçon 2 (Tr2), d'environ 20 km de long, appartient à la zone médiane du bassin versant, où la vallée de Bouhellou s'encaisse dans le causse de Tahla. Quatre transects sont analysés dans ce tronçon (P5, P6, P7 et P8).
- Le Tronçon 3 (Tr3), d'environ 4,5km de long, se trouve dans la zone aval du bassin versant, au niveau du couloir sud rifain ; ici le cours d'eau de Bouhellou forme un méandre sur les formations alluvionnaires de la plaine alluviale de l'oued Inaouène. Deux transects y sont analysés (P9 et P10).

L'inventaire s'est effectué en mai et août 2021. Il porte sur un total de 10 transects (ou placettes) d'environ 40m de longueur chacun, répartis dans trois tronçons sur les deux berges de l'oued. Dans chaque transect, avant l'analyse phytosociologique, sont précisées la lithologie des terrains, les caractéristiques hydro-morphologiques et géométriques du chenal de Bouhellou, la nature et la hauteur des berges de même que les conditions anthropiques.

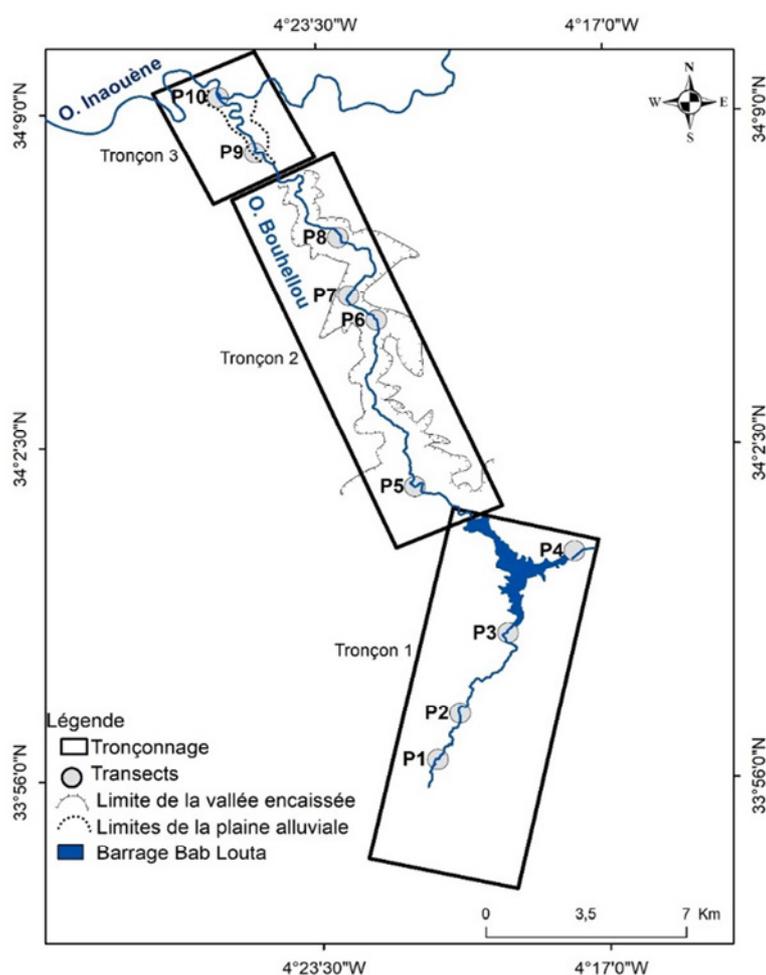


Figure 3 : Distribution des transects le long de l'oued Bouhellou

Dans chacun des transects, les relevés ont été réalisés sur une surface écologiquement homogène, selon la méthode de BRAUN-BLANQUET (1932). Cette méthode associe les concepts d'abondance (densité de l'espèce) et de dominance (recouvrement de l'ensemble des individus de l'espèce). Elle repose sur l'utilisation d'une échelle qui attribue, à chaque espèce végétale du relevé, un indice d'abondance-dominance (A/D) traduisant sa densité et son recouvrement au sein du cortège floristique. Cet indice est estimé visuellement lors de l'inventaire sur le terrain comme le montre le tableau 1.

Dans le but de quantifier la richesse spécifique et la diversité de la flore étudiée dans différents transects, nous avons utilisé d'autres indices phytologiques dérivés de la base des données (abondance/dominance). Ces

indices nous ont permis de comparer les groupements d'espèces des transects et d'exprimer leur relation avec l'habitat et les conditions écologiques de leur milieu. Il s'agit des indices suivants : de présence (Pr), de richesse spécifique (S), de recouvrement (Ri), de Shannon (H'), d'équitabilité de Piélou (E) et de similitude de Jaccard (Ij).

Tableau 1 : Echelle des indices d'abondance-dominance A/D, selon BRAUN-BLANQUET (1932).

Indice A/D	Abondance	Dominance
5	Prédominant	Recouvrement supérieur à 75%
4	Quelconque	Entre 50 et 75 %
3	Quelconque	Entre 25 et 50 %
2	Elevée	Entre 5 et 25%
1	Faible à moyenne	Moins de 5%
i	Rare	Inférieur à 1%

L'indice de présence (Pr) est défini comme étant le nombre de stations où l'espèce i est présente. L'indice de la richesse spécifique (S) exprime le nombre total d'espèces présentes dans chaque groupement (transect). Il est utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement, et également pour distinguer la répartition spatiale des espèces (GALL & COIC, 2006).

L'importance de dominance de chaque espèce dans son milieu est évaluée par l'indice de recouvrement partiel moyen de l'espèce i (Ri), qui résulte de la transformation des coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (GILLET, 2000 ; NDUWIMANA *et al.*, 2015) :

$$Ri = \frac{Rt}{N} \quad (Eq1)$$

Rt est la somme des recouvrements partiels de chaque espèce dans les stations étudiées ; N est le nombre de tous les relevés effectués (transects).

La diversité spécifique d'un peuplement végétal est exprimée par l'indice de Shannon (SHANNON & WEAVER, 1948). Cet indice (H') caractérise les fréquences relatives des différentes espèces dans chaque station et permet d'y quantifier la diversité spécifique de la biodiversité ; il est surtout sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares (PEDEL & FABRI, 2012). H' est exprimé en bits selon l'équation suivante :

$$H' = - \sum pi \cdot \text{Log}_2 (pi) \quad (Eq2)$$

pi est la proportion des individus de l'espèce i par rapport au nombre total d'espèces dans une station (abondance totale) : $pi = qi/Q$, où qi est le nombre des individus de l'espèce i (abondance du taxon i ou Ri) ; Q est la somme des individus de toutes les espèces présentes ; c'est-à-dire l'abondance totale ($Q = \sum qi$, ou Rt).

La fonction logarithmique utilisée est à base 2. Plus la valeur de H' est élevée, plus la diversité du peuplement est forte. La diversité est considérée faible lorsque $H' < 3$ bits, moyenne si $3 \leq H' \leq 4$ bits, élevée quand $H' \geq 4$ bits (DJEGO *et al.* 2015). Afin de bien apprécier l'état de répartition des espèces dans un peuplement, l'indice de Shannon est souvent utilisé conjointement avec l'indice d'équitabilité de Piélou E (PIELOU, 1975). Cet indice est défini comme le rapport de l'indice de diversité à la diversité maximale ($\text{Log}_2(S)$) :

$$E = \frac{H'}{\text{Log}_2(S)} \quad (Eq3)$$

H' est l'indice de diversité de Shannon et S est l'indice de richesse spécifique. Le log utilisé est à base de 2. La valeur de E varie entre 0 et 1 ; elle augmente avec l'équitabilité des espèces dans un peuplement : l'équitabilité est faible lorsque $E < 0,6$, moyenne quand $0,6 \leq E \leq 0,8$ et élevée si $E \geq 0,8$.

Pour quantifier le degré de similitude entre deux transects, compte tenu de leur flore, nous avons utilisé l'indice de similitude de Jaccard (Ij) (MAGURRAN, 1988) :

$$Ij = \frac{J}{(a + b - J)} \quad (Eq4)$$

a et b désignent respectivement le nombre d'espèces dans deux sites (transects) A et B ; J est le nombre de taxons communs aux deux sites : lorsque $Ij > 0,5$, les deux sites sont similaires ; si $Ij < 0,5$, il y a dissimilitude.

En plus des indices précités, nous avons fait recours à l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC). En se basant sur le logiciel PAST-Version 3.20 (HAMMER, 2018), cette analyse statistique nous a permis de mettre en évidence, à partir des données de l'inventaire phytosociologique, les associations possibles entre les espèces végétales et les transects étudiés.

Finalement, en se basant sur l'inventaire de terrain, sont présentés des exemples de profils transversaux qui montrent les distributions spatiales des espèces végétales rivulaires dans les trois tronçons étudiés.

RESULTATS ET DISCUSSION

Les conditions hydro-morphologiques des tronçons

Le tronçonnage adopté (fig. 3) est basé essentiellement sur des critères géomorphologiques et d'hydro-morphologie fluviale. En fait, en plus de leurs situations altitudinales différentes, les trois tronçons étudiés évoluent dans des conditions hydrodynamiques et morpho-sédimentaires distinctes (tab. 2). Celles-ci influencent le corridor biologique et donc la phytodiversité de l'oued de l'amont à l'aval :

Le tronçon 1 (Tr1) est situé dans le massif montagneux de Tazekka, en amont du barrage Bab Louta. Le cours d'eau y est intermittent et s'active seulement aux moments des pluies et de la fonte des neiges d'hiver. Le lit de l'oued ne montre pas de berges nettes, car est imprimé directement dans les schistes paléozoïques de Tazekka (photo 1). Il y adopte un style morphologique sub-rectiligne, sinueux ou en bande active à chenaux en tresse, selon la largeur du lit, qui peut atteindre 80m. Les pentes fortes du lit de l'oued (4,3% à 6,2%) et la grossièreté des alluvions témoignent d'apports torrentiels de forte énergie lors des crues. Il en résulte un milieu fluvial de forte instabilité.

Le tronçon 2 (Tr2) appartient à un cours d'eau sinueux, évoluant dans une profonde vallée, encaissée dans le causse de Tahla formé de calcaires et dolomies liasiques, surmontant les argiles et basaltes permo-triasiques. Ce tronçon présente un écoulement pérenne (photo 2). Sa morphologie fluviale est marquée par de fréquentes ruptures de pentes (*knickpoints*) induites par des failles (ACHIBAN *et al.*, 2020) ; ce qui engendre la variation de vitesse du courant. Selon les mesures effectuées en période d'étiage, la vitesse est forte (2,3 m/s) au niveau des chutes et elle est très faible (0,09m/s) au niveau des fosses de dissipation d'énergie. Ce tronçon se caractérise ainsi par une forte variabilité hydrodynamique et morpho-sédimentaire et donc par une hétérogénéité du milieu fluvial.

Le Tronçon 3 (Tr3), l'oued Bouhellou adopte une morphologie de méandres libres sapant dans la plaine alluviale de l'oued Inaouène (photo 3). Il montre des lits majeur, moyen et mineur à sédimentation préférentiellement grossières (petits galets, graviers, sable-limoneux). L'écoulement y est permanent, générant des faciès hydrodynamiques et morpho-sédimentaires de faible énergie. Le paysage fluvial montre des mouilles bien développées, séparées par des seuils. Le chenal actuel a une faible pente (0,005%), impliquant un courant d'étiage de faible vitesse (0,065m/s). De plus, ce tronçon est fortement influencé par l'action de l'homme qui exploite les sols alluviaux fertiles de la plaine alluviale de Bouhellou et d'Inaouène (céréaliculture, arboriculture). Ce tronçon est marqué par une certaine stabilité du milieu fluvial.

Composition phytosociologique de la ripisylve

Globalement, l'inventaire phytosociologique de la ripisylve de l'oued Bouhellou dans les trois tronçons a permis l'identification de 37 espèces (28 dicotylédones, 8 monocotylédones et 1 ptéridophyte). Ces espèces représentent environ 5% de la végétation rivulaire nationale (IBN TATTOU & FENNANE, 1989). Elles sont réparties en 26 familles ; les plus représentées correspondent à 37% de la totalité des inventoriées. Ce sont : les Asteraceae (16%), les Lamiaceae (9%), les Cypéraceae (6%) et les Salicaceae (6%). Cette dernière famille est caractéristique de la flore méditerranéenne et représente 13% des espèces au Maroc (LIBIAD *et al.*, 2015).

Par ailleurs, parmi ce cortège floristique, 29,7% des espèces sont ligneuses ; elles sont représentées par les 11 taxa suivants : *Nerium oleander*, *Tamarix gallica*, *Populus alba*, *Rubus ulmifolius*, *Salix pedicellata*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Fraxinus angustifolia*, *Ricinus communis*, *Celtis australis*, *Ziziphus lotus*, *Ceratonia siliqua*. Cependant, les plantes herbacées annuelles (thérophytes) sont relativement plus abondantes dans le tronçon 3, où elles sont représentées par 6 espèces : *Xanthium spinosum*, *Conyza canadensis*, *Dittrichia graveolens*, *Dittrichia viscosa*, *Chenopodium album*, *Emex spinosa*. L'abondance des herbacées dans ce tronçon peut être mise en relation avec la perturbation anthropique des communautés végétales dans la zone aval, où la plaine alluviale est exploitée par les cultures saisonnières (céréaliculture et arboriculture).

Les valeurs de recouvrement total dans les dix stations analysées (Rt) varient largement selon les espèces, entre 27 pour *Nerium oleander* observée abondamment dans toutes les stations et 0,5 pour *Drimia maritima*, observée seulement dans le transect P9 du tronçon 3. Ainsi, parmi les 37 espèces relevées, on trouve (tab. 3) : *i*) 5 espèces, soit 13, 5 % des espèces recensées, ont un indice de recouvrement partiel (Ri) élevé, supérieur à 1. Ce

sont les taxa suivants : *Nerium oleander*, *Tamarix gallica* ; *Rubus ulmifolius*, *Salix pedicellata* ; *Fraxinus angustifolia* ; **ii**) 11 espèces (soit 29,7 % du total) ont un indice Ri moyen, compris entre 0,5 et 1 ; ce sont :

Tableau 2 : Les caractéristiques hydromorphologiques des tronçons et transects étudiés

	Tr.1						Tr.2				Tr.3	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10		
Placette												
Coordonnées	X	597232	598006	599683	602003	59646	594116	593748	590848	589559		
	Y	371402	373068	375963	378939	381252	388132	390217	393257	395260		
Altitude (m)	675	597	558	556	485	400	354	325	245	240		
Lithologie substrat	Schistes						Quartzites	Carbonates	Basaltes	Alluvions		
Style morphologique	- Rectiligne de montagne - Torrentiel						- Sinueux, encaissé de plateau - Chute-baignoire			- Méandres de plaine - Mouille		
Profondeur – eau	-	-	-	-	0,15	0,25	0,3	0,2	0,8	1,2		
Vitesse (m/s)	-	-	-	-	0,09	0,1	0,12	0,15	0,066	0,065		
Pente %	6,2	5,1	2,4	4,3	0,5	3,1	4,1	4,2	0,005	0,005		
Sédiments dominants du lit	Galets, graviers et sables						Blocs, galets et graviers			Galets, graviers, sables et silts		
Nature et hauteur de la berge (m)	Schistes						Alluvions	Alluvions ou colluvions			Alluvions Limons	
	-	-	-	-	1	1,4	1,5	0,5 à 2	2	2,5		

Tableau 3. Composition phytosociologique de la ripisylve des 10 transects étudiés.
Rt : indice de recouvrement total ; Ri : indice de recouvrement partiel moyen ; Pr : indice de présence
(i est estimé égale à 0,5 dans les calculs).

Taxons	Abrégé	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Rt	Ri	Pr
<i>Nerium oleander</i>	NO	3	3	2	4	3	3	3	2	2	2	27	2,7	10
<i>Tamarix gallica</i>	TG	i	2	4	0	3	i	1	2	3	4	20	2	9
<i>Rubus ulmifolius</i>	RU	3	1	1	0	2	2	1	2	1	2	15	1,5	9
<i>Salix pedicellata</i>	SP	0	0	2	2	1	1	1	1	1	2	11	1,1	8
<i>Fraxinus angustifolia</i>	FA	i	1	0	0	i	3	2	2	1	1	11	1,1	8
<i>Cyperus badius</i>	CB	0	1	0	0	2	1	2	2	i	1	9,5	0,95	7
<i>Typha latifolia</i>	TL	0	0	i	0	1	1	1	1	2	2	8,5	0,85	7
<i>Arundo donax</i>	AD	0	1	0	0	1	2	1	1	1	1	8	0,8	7
<i>Juncus effusus</i>	JE	i	i	1	1	1	i	0	i	1	2	8	0,8	9
<i>Dittrichia viscosa</i>	DV	i	i	0	2	1	i	i	i	i	2	8	0,8	9
<i>Carex paniculata</i>	CP	0	0	0	i	1	1	2	1	0	2	7,5	0,75	6
<i>Mentha pulegium</i>	MP	0	1	0	1	1	i	i	i	1	1	6,5	0,65	8
<i>Emex spinosa</i>	ES	0	1	1	1	1	0	i	i	i	1	6,5	0,65	8
<i>Lonicera periclymenum L</i>	LP	i	0	0	0	1	2	2	i	i	0	6,5	0,65	6
<i>Mentha suaveolens</i>	MS	i	0	0	1	1	i	i	i	1	1	6	0,6	8
<i>Capparis spinosa</i>	ASP	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	5	0,5	3
<i>Phragmites australis</i>	Pas	0	0	0	0	0	0	1	i	1	2	4,5	0,45	4
<i>Cynodon dactylon</i>	CD	0	0	0	0	0	0	0	i	2	2	4,5	0,45	3
<i>Ceratonia siliqua</i>	CS	1	0	0	0	0	1	1	1	i	0	4,5	0,45	5
<i>Potamogeton nodosus</i>	PN	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	4	0,4	3
<i>Ricinus communis</i>	RC	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4	0,4	2
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	EC	0	0	0	0	0	0	i	0	1	2	3,5	0,35	3
<i>Adiantum capillus-veneris</i>	ACV	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	0,3	3
<i>Celtis australis</i>	CAU	0	0	0	0	0	i	1	1	0	0	2,5	0,25	3
<i>Dittrichia graveolens</i>	DG	0	0	0	i	0	0	0	0	1	1	2,5	0,25	3
<i>Chenopodium album</i>	CA	0	0	i	i	0	0	0	0	i	1	2,5	0,25	4
<i>Chamaemelum nobile</i>	CN	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0,2	2
<i>Chamaerops humilis</i>	CH	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0,2	1
<i>Xanthium spinosum</i>	XS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0,2	2
<i>Ceratophyllum demersum</i>	CDm	0	0	0	0	0	0	0	i	i	1	2	0,2	3
<i>Populus alba</i>	PA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0,2	2
<i>Marrubium vulgare</i>	MV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0,2	2
<i>Ficus carica</i>	FC	0	0	0	0	0	i	i	i	0	0	1,5	0,15	3
<i>Asparagus albus</i>	AA	0	0	0	0	0	0	0	0	1	i	1,5	0,15	2
<i>Ziziphus lotus</i>	ZL	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,1	1
<i>Conyza canadensis</i>	CC	0	0	0	0	0	0	0	0	i	1	1	0,1	2
<i>Drimia maritima</i>	DM	0	0	0	0	0	0	0	0	i	0	0,5	0,05	1

Cyperus badius, *Typha latifolia*, *Arundo donax*, *Juncus effusus*, *Dittrichia viscosa*, *Carex paniculata*, *Mentha pulegium*, *Lonicera periclymenum L*, *Mentha suaveolens*, *Emex spinosa* et *Capparis spinosa*. **iii**) 23 autres espèces (soit 56,8 % du total) ont un indice de recouvrement partiel faible, inférieur à 4,5 (tab.3).

En outre, l'indice de présence (Pr) indique que 41% des espèces ont une large amplitude ($6 \leq Pr \leq 10$). Il s'agit principalement des 15 taxa suivants : *Nerium oleander* (10), *Juncus effusus* (9), *Tamarix gallica* (9), *Dittrichia viscosa* (9), *Rubus ulmifolius* (9), *Fraxinus angustifolia* (8), *Mentha pulegium* (8), *Mentha suaveolens* (8), *Emex spinosa* (7), *Typha angustifolia* (7), *Salix pedicellata* (7), *Cyperus badius* (7), *Arundo donax* (7), *Carex paniculata* (6), *Lonicera periclymenum L* (6). Les espèces ayant des indices moyens ($3 \leq Pr \leq 5$) représentent 30 %, celles qui ont des indices faibles (inférieurs à 3) représentent 29 % (tab. 3).

Variation amont – aval de la phytodiversité

La comparaison des structures phytologiques des différents transects indique une variation de la richesse spécifique (S) de la ripisylve de l'amont à l'aval de la vallée (tab.4 et fig. 4) : les transects P1, P2, P3 et P4 (Tr1), présentent une diversité limitée, qui est respectivement de 9, 10, 8 et 10 taxa. Dans le tronçon médian (Tr2), les transects P5, P6, P7 et P8 se caractérisent par des nombres de taxa intermédiaires (entre 16 et 24). La phytodiversité la plus élevée est observée au niveau des stations de l'aval P9 et P10 (respectivement 31 et 28 taxa).

Cette tendance à l'accroissement de la phytodiversité, s'accompagne de l'augmentation de la diversité spécifique et de l'équitabilité des peuplements. Elle est bien confirmée par la comparaison des indices de Shannon (H') (Eq2) et de Pielou E (Eq3) dans différents transects (tab. 4). En général, pour les deux indices, les valeurs sont moyennement faibles pour le tronçon montagneux schisteux, élevées dans le tronçon médian carbonaté et plus élevées dans le tronçon aval de la plaine alluviale. Le transect P10 enregistre les valeurs les plus élevées (S=31 ; H'=4,65 ; E=0,97).

Tableau 4. Variation amont-aval du nombre des taxons et des valeurs des indices de diversité (H') et d'équitabilité E le long de l'oued Bouhellou.

Tronçons	Tr1				Tr2				Tr3	
Transects	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Nombre d'espèces (S)	9	10	8	10	16	19	20	24	31	28
Indice H'	2,6	3,11	2,67	2,98	3,82	4,14	4,11	4,36	4,49	4,65
Indice E	0,58	0,67	0,68	0,65	0,83	0,9	0,89	0,95	0,91	0,97

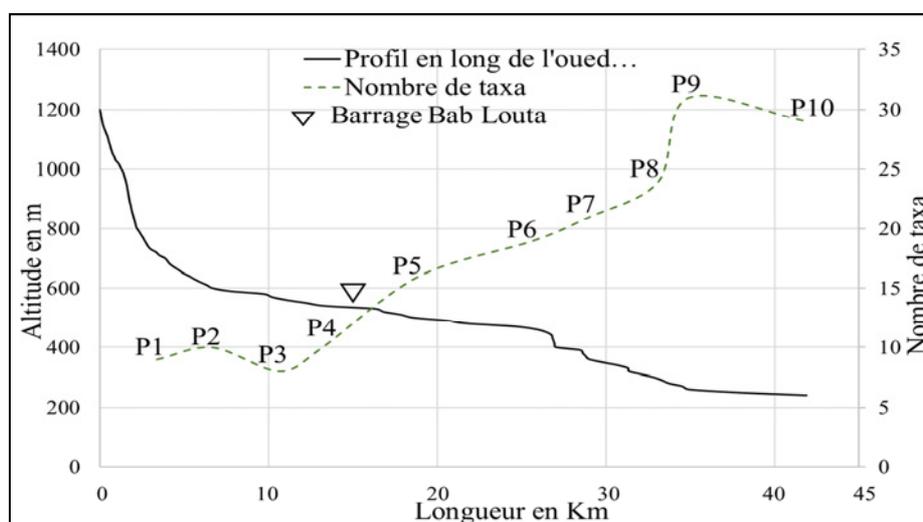


Figure 4. Variation du nombre des taxons (S) le long du profil longitudinal de l'oued Bouhellou

Les indices de diversité de Shannon (H') et d'équitabilité de Pielou (E) ont mis en évidence un gradient de valeurs croissantes, allant de la zone montagneuse amont, moins diversifiée et moins équitable, à la zone aval de plaine alluviale, plus diversifiée et dont la régularité de distribution des espèces est plus équitable. L'explication de cette différenciation amont-aval de la phytodiversité, réside dans la variation des conditions stationnelles qui favorisent de plus en plus l'hétérogénéité des biotopes fluviaux. Des études similaires réalisées sur d'autres cours d'eau ont montré d'ailleurs, qu'à une échelle locale, l'hétérogénéité du milieu est généralement corrélée à la variation de la richesse spécifique (MARIDET, 1994 ; BURNETT *et al.*, 1998 ; DUFOUR *et al.*, 2006 ; NDUWIMANA *et al.*, 2015).

Dans le cas de Bouhellou, le fonctionnement hydro-sédimentaire et la variabilité des caractéristiques des unités hydromorphologiques du cours d'eau, influencent largement la diversité et les répartitions longitudinale et latérale des communautés végétales. C'est ainsi que, dans le tronçon montagneux amont, la forte pente, le régime intermittent de l'oued et la dynamique torrentielle des écoulements lors des crues, ainsi que les processus d'érosion qui affectent les berges sont tous des facteurs défavorables à la diversification de la flore rivulaire. Les espèces de ce tronçon sont rares (5 taxa) et les plus présentes sont arbustives, résistantes au flux d'écoulement et présentant moins d'exigences aux conditions édaphiques (cas de *Nerium oleander*, *Salix pedicellata*...).

La zone médiane carbonatée du causse est une zone de transition qui offre plus d'hétérogénéité stationnelle aux habitats, en raison de la permanence de l'écoulement, des fréquentes ruptures de pentes du lit et des variations longitudinales des faciès d'écoulement et sédimentaires. Ces conditions sont favorables à une végétation rivulaire diversifiée. En plus des espèces arbustives résistantes de *Nerium oleander*, *Salix pedicellata*, *Tamarix gallica*, ..., d'autres espèces exigeantes en humidité apparaissent dans ce domaine, comme par exemple *Carex paniculata* préférant l'habitat aquatique, ou *Cyperus badius* qui est une plante de milieux marécageux de bords des rivières, ou *Rubus ulmifolius* qui est une plante annuelle, buissonnante et épineuse aimant l'exposition ensoleillée. De plus, les escarpements rocheux et humides le long de la vallée, ont permis l'installation d'autres espèces de falaises *Capparis spinosa*, plante épineuse robuste poussant sur sols pauvres caillouteux de rochers bien ensoleillés, ou encore *Adiantum capillus-veneris*, une fougère de parois rocheuses ombrées et humides.

Le barrage de Bab Louta, construit à l'amont du causse, en assurant un débit réservé relativement régulier toute l'année, semble favoriser plus de richesse floristique riveraine en aval ; il s'agit en particulier des plantes héliophytes (*Cyperus badius*, *Typha latifolia*, etc.). On note aussi l'apparition de l'espèce *Arundo donax*, plante considérée comme envahissante. L'impact de barrages sur la ripisylve a été également observé dans le cas d'autres oueds marocains moyen-atlasiques, comme par exemple en aval du barrage Allal El Fassi sur l'oued Sebou (FAKHAOUI *et al.*, 2017).

Dans la zone aval, les méandres libres de l'oued Bouhellou, avec un écoulement permanent alimentant une alternance de mouilles bien développées, constituent des conditions favorables au développement d'un cortège floristique beaucoup plus diversifié qu'à l'amont. En plus des espèces relevées, on note dans cette zone le développement de groupements d'espèces hydrophytes (cas de : *Potamogeton nodosus*, *Ceratophyllum demersum*, *Cynodon dactylon*, *Juncus effusus*, *Populus alba*, etc.). Par ailleurs, on remarque l'abondance relative de certains taxons considérés comme envahissants (*Typha latifolia*, *Tamarix gallica*, *Ricinus communis*, etc.). Tandis que sur les talus des anciennes terrasses abandonnées par le chenal, sont installés quelques pieds d'espèces supportant la sécheresse, comme le jujubier sauvage (*Ziziphus lotus*) et le palmier nain (*Chamaerops humilis*). On observe également dans ce tronçon certaines plantes considérées comme indicatrices d'anthropisation (cultures) ; il s'agit essentiellement de *Chenopodium album*, *Dittrichia viscosa*, *Phragmites australis*, etc.

Similitude et équitabilité des associations floristiques

Afin de comparer le niveau de ressemblance des associations végétales dans les trois tronçons étudiés, l'indice de similitude de Jaccard (Ij) est calculé deux à deux pour différents transects (Eq4). Les résultats obtenus (tab. 5) montrent que la valeur de cet indice varie selon les tronçons : elle est faible à moyenne ($0,27 \leq Ij \leq 0,46$) dans le tronçon amont (Tr), dépasse 0,5 ($0,58 \leq Ij \leq 0,82$) dans le tronçon médian (Tr2) et plus élevée ($Ij=0,79$) dans le tronçon aval (Tr3). Cette tendance implique que de façon globale, la similitude intra-tronçons des peuplements devient de plus en plus grande au fur et à mesure qu'on descend la vallée de Bouhellou.

Aussi, en comparant les transects de tronçons différents, la valeur de l'indice de Jaccard varie comme suit : $0,29 \leq Ij \leq 0,63$ pour Tr1 et Tr2 ; $0,38 \leq Ij \leq 0,49$ pour Tr2 et Tr3 et $0,23 \leq Ij \leq 0,36$ pour Tr3 et Tr1. Ces valeurs traduisent donc une tendance de ressemblance décroissante dans les associations des taxons dans le sens amont-aval. La dissimilitude la plus forte est enregistrée entre les tronçons aval (Tr3) et amont (Tr1).

Tableau 5. Indice de similitude de Jaccard Ij, calculé deux à deux pour différents transects.

Tronçons/ Transects		Tr1				Tr2				Tr3	
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Tr1	P1	1									
	P2	0,46	1								
	P3	0,31	0,38	1							
	P4	0,27	0,33	0,38	1						
Tr2	P5	0,47	0,63	0,41	0,44	1					
	P6	0,47	0,45	0,29	0,32	0,67	1				
	P7	0,36	0,41	0,26	0,29	0,61	0,82	1			
	P8	0,38	0,42	0,28	0,31	0,58	0,79	0,80	1		
Tr3	P9	0,29	0,32	0,26	0,28	0,42	0,39	0,44	0,49	1	
	P10	0,23	0,36	0,29	0,36	0,48	0,38	0,44	0,53	0,79	1

Comparaison intra – tronçons

Comparaison entre- tronçons

Enseignements de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

La méthode d'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) est utilisée pour décrire et hiérarchiser les relations statistiques pouvant exister entre les espèces (individus) et les transects étudiés (variables Pi), présentés dans le tableau des données (tab. 3). L'analyse est effectuée par application du logiciel PAST-Version 3.20, dédié à l'analyse biostatistique (HAMMER, 2018). Cette application donne une bonne distribution des individus (espèces) et des variables (transects) sur le plan factoriel, avec un taux d'inertie assez important d'environ 60,96% (axe 1 : 38,80% et axe 2 : 22,16%).

Les résultats de l'analyse AFC mettent bien en exergue trois groupes d'espèces végétales (G1, G2, G3), exprimant le gradient amont-aval des conditions environnementales le long de l'oued Bouhellou (fig. 5). Sur l'axe 1 (38,80% de l'inertie), ils opposent les espèces du groupe G2, inventoriées dans la vallée encaissée du causse de Tahla, aux espèces du groupe G3 de la plaine alluviale. L'axe 2 (22,16% de l'inertie) oppose les espèces de ces deux groupes (G2 et G3), aux espèces du groupe G1 qui présentent des affinités avec les conditions environnementales des transects de montagne.

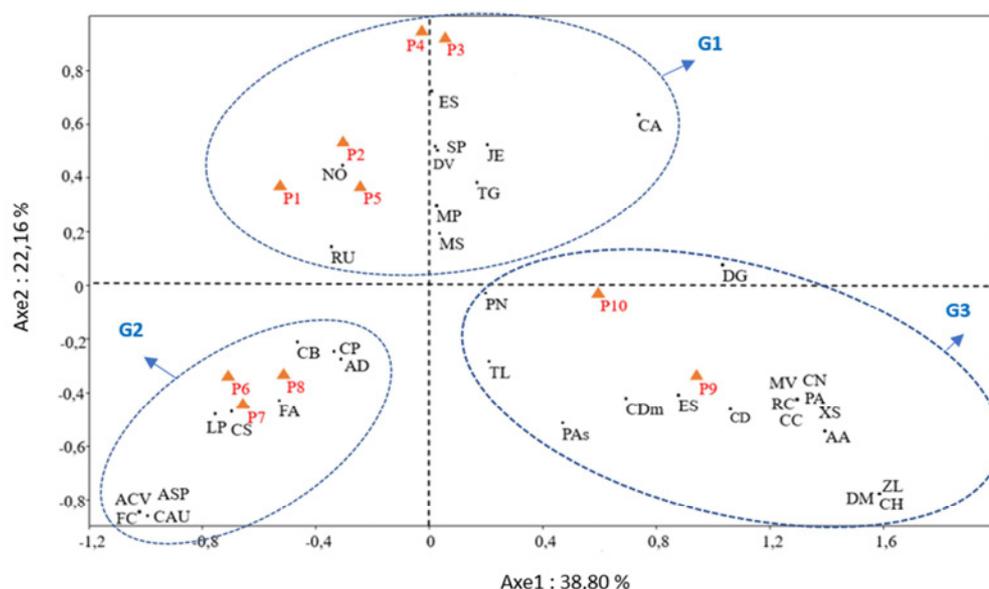


Figure 5 : Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) entre les espèces de la végétation rivulaire et les transects de détermination le long de l'oued Bouhellou.

Le groupe G1 concerne des espèces ayant une large amplitude. Ses espèces ont été relevées, principalement au niveau des transects P1, P2, P3 et P4 du tronçon montagneux (Tr1), et aussi dans le transect P5, situé juste à l'entrée du causse, à l'aval immédiat du barrage. Ce groupe est composé de 10 espèces : *Nerium Oleander* (NO), *Salix pedicellata* (SP), *Mentha suaveolens* (MS), *Rubus ulmifolius* (RU), *Dittrichia viscosa* (DV), *Mentha pulegium* (MP), *Emex spinosa* (ES), *Juncus effusus* (JE), *Tamarix gallica* (TG) et *Chenopodium album* (CA).

Le groupe G2 représente les transects P6, P7 et P8 du tronçon étudié dans le causse de Tahla (Tr2). Il est composé de 10 espèces : *Celtis australis* (CAU), *Capparis spinosa* (ASP), *Lonicera Periclymenum* L (LP), *Arundo donax* (AD), *Ceratonia siliqua* (CS), *Fraxinus angustifolia* (FA), *Cyperus badius* (CB), *Carex paniculata* (CP), *Ficus carica* (FC) et *Adiantum capillus-veneris* (ACV).

Le groupe G3 correspond aux relevés des transects P9 et P10 du tronçon aval de plaine alluviale. Il regroupe 17 espèces : *Xanthium spinosum* (XS), *Populus alba* (PA), *Dittrichia graveolens* (DG), *Potamogeton nodosus* (PN), *Chamaemelum nobile* (CN), *Drimia maritima* (DM), *Ziziphus lotus* (ZL), *Marrubium vulgare* (MV), *Conyza canadensis* (CC), *Ricinus communis* (RC), *Chamaerops humilis* (CH), *Emex spinosa* (ES), *Asparagus albus* (AA), *Phragmites australis* (PAs), *Ceratophyllum demersum* (CDm), *Cynodon dactylon* (CD) et *Typha latifolia* (TL).

Répartition des taxons sur les profils transversaux

Sur le terrain, nous avons déterminé la répartition transversale des espèces de la ripisylve, en fonction du type d'habitat et du degré de submersion (fig. 6, planche photos). Selon ces profils, les phytocénoses observées peuvent être classées en quatre types :

- Les hydrophytes, plantes herbacées submergées et partiellement flottantes, sont représentées par *Potamogeton nodosus* (Rt =4) et *Ceratophyllum demersum* (Rt = 2) ; ces taxons sont surtout présents dans les mouilles des méandres du tronçon aval et les fosses du tronçon médian.
- Les héliophytes, plantes hygrophiles, occupent les bords du cours d'eau et dont les bases de tiges sont le plus souvent émergées ; la majorité de ces espèces apparaissent partout le long de l'oued ; elles sont représentées par : *Cyperus badius* (Rt=9,5), *Arundo donax* (Rt=8), *Juncus effusus* (Rt=8), *Typha latifolia* (Rt=8,5), *Mentha suaveolens* (Rt=6), *Mentha pulegium* (Rt=6), *Phragmites australis* (Rt=4,5), *Cynodon dactylon* (Rt=4,5), *Ricinus communis* (Rt=4), *Adiantum capillus-veneris* (Rt=3), *Marrubium vulgare* (Rt=2).
- Les hygrophytes des zones émergées colonisent les berges de l'oued et le talus du lit moyen en émergence ; elles sont représentées par les espèces ligneuses qui ont un recouvrement élevé le long de l'oued ; ce sont, par ordre d'importance : *Nerium oleander* (Rt=27), *Tamarix gallica* (Rt=20), *Rubus ulmifolius* (Rt=15), *Salix pedicellata* (Rt= 11). Les espèces herbacées sont : *Rubus ulmifolius* (Rt=15), *Juncus effusus* (Rt=8), *Dittrichia viscosa* (Rt=8), *Lonicera periclymenum* (Rt=6,5) ; *Emex spinosa* (Rt=6,5), *Dittrichia graveolens* (Rt=2,5), *Chenopodium album* (Rt=2,5), *Chamaemelum nobile* (Rt=2), *Conyza canadensis* (Rt=1).
- Les espèces terrestres, occupent des habitats émergés créés par le cours d'eau, notamment les surfaces de la plaine et des terrasses alluviales, comme par exemple : *Chamaerops humilis* (Rt=2), *Drimia maritima* (Rt=0,5), *Ziziphus lotus* (Rt=1), *Ceratonia siliqua* (4,5), *Ficus carica* (Rt=1,5), *Celtis australis* (Rt=2,5). Certaines espèces de falaises rocheuses de versants abrupts sont observées dans la vallée encaissée du causse, comme *Capparis spinosa* (Rt = 5).

Cependant, il importe de signaler que les limites des aires de répartition des groupements végétaux définis ci-dessus changent sous l'effet combiné des perturbations hydrologiques, à l'échelle de l'année, du pâturage et des coupes fréquentes, qui affectent certaines plantes, surtout le jonc (*Juncus effusus*). Les perturbations anthropiques sont de plus en plus forte surtout en aval ; elles risquent d'aboutir à la perte de certains habitats et de groupements végétaux.

Signification des abrégés de la figure 6 :

Nerium Oleander (NO), *Salix pedicellata* (SP), *Mentha suaveolens* (MS), *Rubus ulmifolius* (RU), *Dittrichia viscosa* (DV), *Mentha pulegium* (MP), *Emex spinosa* (ES), *Juncus effusus* (JE), *Typha latifolia* (TL), *Tamarix gallica* (TG), *Chenopodium album* (CA), *Celtis australis* (CAU), *Capparis spinosa* (ASP), *Lonicera Periclymenum* L (LP), *Arundo donax* (AD), *Ceratonia siliqua* (CS), *Fraxinus angustifolia* (FA), *Cyperus badius* (CB), *Carex paniculata* (CP), *Ficus carica* (FC), *Adiantum capillus-veneris* (ACV), *Xanthium spinosum* (XS), *Populus alba* (PA), *Dittrichia graveolens* (DG), *Potamogeton nodosus* (PN), *Chamaemelum nobile* (CN), *Drimia maritima* (DM), *Ziziphus lotus* (ZL), *Marrubium vulgare* (MV), *Conyza canadensis* (CC), *Ricinus communis* (RC), *Chamaerops humilis* (CH), *Emex spinosa* (ES), *Asparagus albus* (AA), *Phragmites australis* (PAs), *Ceratophyllum demersum* (CDm), *Cynodon dactylon* (CD).

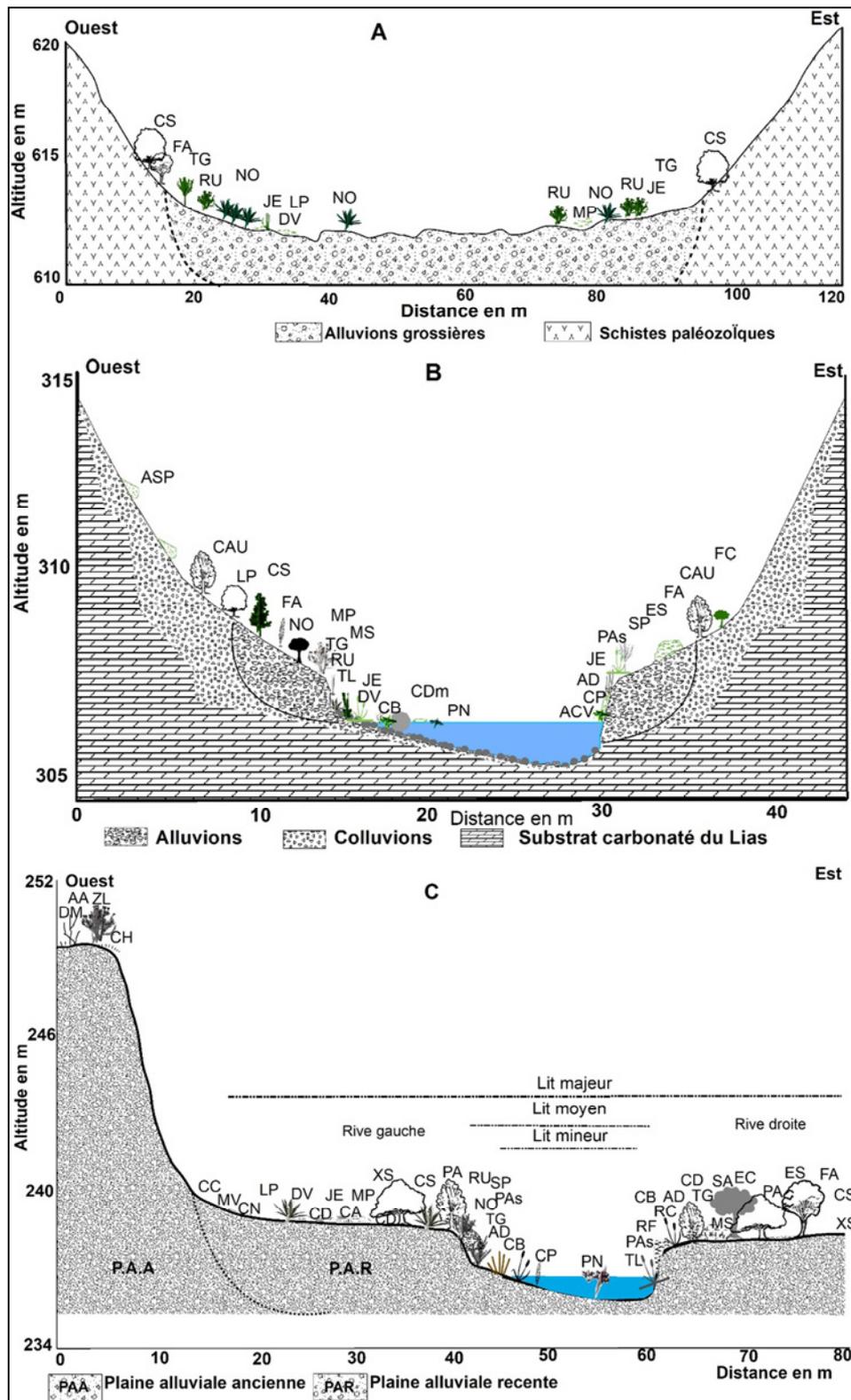


Figure 6. Distribution synthétique des espèces rivulaires sur les profils transversaux de l’oued Bouhellou. A : tronçon Tr1 (zone de montagne), B : tronçon Tr2 (zone du causse) et C : tronçon Tr3 (zone de plaine alluviale)

Tronçon Tr1 : Montagne, massif de Tazekka

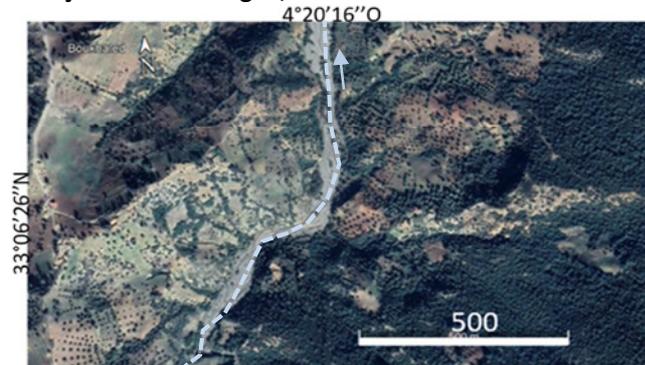


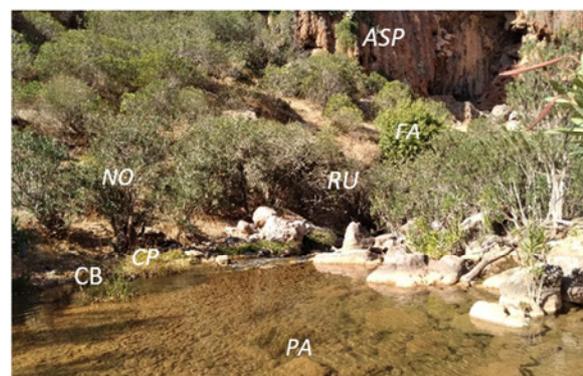
Photo 1 : prise dans le tronçon Tr1 – transect P2



Tronçon Tr2 : Causse de Tahla



Photo2 : prise dans le tronçon Tr2 – transect P8



Tronçon Tr3 : Plaine du couloir sud-rifain



Photo 3 : prise dans le tronçon Tr3 – transect P10



Planche photos : Images satellitaires des tronçons étudiés, montrant le tracé de l'oued Bouhellou (*Google Earth*, 2021) et photos de la flore- ripisylve, en montagne, dans le causse et dans la plaine du couloir sud-rifain (photos prises en été 2021). Sur les photos sont indiquées les espèces fréquentes :

Nerium oleander (NO), *Salix pedicellata* (SP), *Rubus ulmifolius* (RU), *Juncus effusus* (JE), *Typha latifolia* (TL), *Tamarix gallica* (TG), *Capparis spinosa* (ASP), *Arundo donax* (AD), *Fraxinus angustifolia* (FA), *Cyperus badius* (CB), *Carex paniculata* (CP) *Populus alba* (PA), *Potamogeton nodosus* (PN), *Cynodon dactylon* (CD).

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette contribution apportent des informations préliminaires sur la phytodiversité de la ripisylve d'un petit oued moyen-atlasiques au Maroc. L'inventaire phytosociologique de la flore riveraine y a déterminé 37 espèces (réparties en 26 familles). Les indices phytologiques usuels (de richesse et diversité spécifiques, d'équitabilité et de similitude) nous ont permis de bien mettre en évidence le gradient amont-aval de présence des taxons. La projection factorielle des correspondances (AFC), a permis de synthétiser les résultats de l'inventaire effectué et de bien différencier les trois groupements végétaux le long de l'oued Bouhellou, respectivement dans la montagne, le causse de Tahla et la plaine alluviale du couloir sud-rifain. En plus des influences des contextes physiques (lithologiques, géomorphologiques, bioclimatiques...), les phénomènes hydrodynamiques régissant la morphologie et les sédiments de l'oued Bouhellou ont permis la différenciation amont-aval des biotopes et peuplements végétaux de la ripisylve. L'impact de l'homme sur la ripisylve est perceptible dès le site du barrage, mais elle s'est révélée nettement surtout dans la zone de plaine, qui subit aujourd'hui des pressions anthropiques croissantes.

La présente contribution apporte des informations utiles, pouvant servir pour la bonne gestion morpho-écologique du cours d'eau étudié. Elle ouvre de nouvelles perspectives de recherches à élargir sur les ripisylves dans d'autres petits bassins versants moyen-atlasiques, pour lesquels les études de la phytodiversité, entreprises jusqu'à ce jour, sont encore très fragmentaires.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHIBAN, H., ACHIBAN, H., & TAOUS, A., 2020. Influence de la lithologie et de la tectonique sur les profils longitudinaux de l'oued Bouhellou et de ses affluents (Moyen Atlas septentrional, Maroc). *Geo-Eco-Trop.*, 44, 4 : 571-583.
- ATBIB, M., 1979. Etude phytoécologique de la réserve biologique de Mehdiâ : la végétation hygrophile de la Merja Sidi bou-Ghaba. *Bull. Inst. Sci., Rabat.*, 4 : 99-188
- BRAUN-BLANQUET, J., 1932. Plant sociology ; The study of plant communities. (Translated by G.D. Fuller and H.S. Conard.), McGraw-Hill, New York and London, 439 p.
- BURNETT, M. R., AUGUST, P. V., BROWN, J. H., & KILLINGBECK, K. T., 1998. The Influence of Geomorphological Heterogeneity on Biodiversity. *Conservation Biology.*, 12 (2) : 363-370.
- DAKKI M. EL AGBANI B. & EL FELLAH B. (1995). Méthodologie préliminaire MedWet d'inventaire des zones humides méditerranéennes : étude pilote au Maroc. Rapport inédit, Wet. Int., 54p, 20 fiches.
- DJEGO, J., GIBIGAYE, M., TENTE, B & SINSIN, B., 2012. Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaoudji au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6 (2) : 705-713,
- DUFOUR, A., GADALLAH, F., WAGNER, H. H., GUIGAN, A., & BUTTLER, A., 2006. Plant species richness and environmental heterogeneity in a mountain landscape : Effects of variability and spatial configuration. *Ecography.*, 29 (4) : 573-584.
- ENNABILI, A., & ATER, M., 2005. Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais Smir. *Trav. Insti. Sci. Rabat.*, 4 : 17-25.
- FAKHAOUI, M., YAHYAOU, A., HIMMI, O., IBEN TATOU, M., & CHAHLAOU, 2017. Débit écologique dans le Sebou (Cas du barrage Allal El Fassi). Rapport Agence du Bassin Hydraulique du Sebou (ABHS), 83p.
- FENNANE, M., & IBN TATTOU, M., 1998. Catalogue des plantes vasculaires rares, menacées ou endémiques du Maroc. – *Bocconea.*, 8 : 5-243.
- GILLET, F., 2000. La phytosociologie synusiale intégrée : guide méthodologique. Documents du Laboratoire d'écologie végétale. Université de Neuchâtel, 68 p.
- GRALL, J., & COIC, N., 2006. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier préliminaire. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT, 90p.
- HAMMADA, S., 2007. Etudes sur la végétation des zones humides du Maroc. Catalogue et Analyse de la Biodiversité Floristique et Identification des principaux Groupements Végétaux. Thèse doctorat d'état, Faculté des Sciences, Univ. Mohammed V. Rabat, 187p.
- HAMMER, O., 2018. Past - Paleontological statistics, version 3.20. Reference manuel, Natural History Museum, University of Oslo. 262p.

- HOEPPFNER, C., 1978. Le massif paléozoïque de Tazekka (Maroc) : analyse des déformations liées à un linéament tectonique. *Sciences Géologiques, Bulletins et Mémoires.*, 31(1) : 33-44.
- IBN TATTOU, M., & FENNANE M., 1989. Flore Vasculaire du Maroc. *In* Aperçu historique et état actuel des connaissances sur la flore vasculaire du Maroc, *Bull. Inst. Sci. Rabat.*, 13 : 85-94.
- LIBIAD, M., KHABBACH, A., & ENNABILI, A., 2015. Etat de la végétation riveraine des cours d'eau du bassin versant de l'oued Inaouène (NO du Maroc). *Journal of Materials and Environmental Science.*, 6 (1) : 34-45.
- MAGURRAN. E. A., 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, N.J., 179 p.
- MALAVOI, J. R., & SOUCHON, Y., 1996. Dynamique fluviale et dynamique écologique. *Houille Blanche.*, 51(6-7) : 98-107. <https://doi.org/10.1051/lhb/1996076>.
- MARIDET, L., 1994. La végétation rivulaire, facteur de contrôle du fonctionnement écologique des cours d'eau : influence sur les communautés benthiques et hyporhéiques et sur les peuplements de poissons dans trois cours d'eau du Massif Central. Thèse doctorat, Université Claude Bernard, Lyon I, 109 p.
- NAIMAN R.J., & DECAMPS H., 1997. The ecology of interfaces : riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28 : 621-658.
- NDUWIMANA, A., RIERA, B., & BIZURU, E., 2015. Influence des facteurs écologiques sur la composition et la diversité des unités de végétation du paysage de la Malagarazi (Burundi). *Revue d'écologie.*, 70(3) : 213-230.
- PEDEL, L., & FABRI, M. C., 2012. Etat de l'art sur les indices de l'état écologique des habitats benthiques profonds. Convention MEDDTL – Ifremer pour la DCSMM – BEE, 76 p.
- PIEGAY, H., PAUTAU, G., & RUFFINONI C. 2003. Les forêts riveraines des cours d'eau : Ecologie, fonctions et gestion. CNPF-IDF, 463p.
- PIELOU, E.C., 1967. The use of information theory in the study of the diversity of biological populations. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 4 : Biology and Problems of Health* : 163-177.
- SHANNON, C.E., & WEAVER, W., 1948. *The Theory of Mathematical Communication*. International Business, 131 p. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2383164_3/component/file_2383163/contentz
- TAOUS, A., TRIBAK, A., OBDA, K., BAENA, R., LOPEZ LARA, E. & MIRANDA BONILLA, J., 2009. Karst et ressources en eau au Moyen Atlas nord-oriental. *Geomaghreb.*, 5 : 41-59.
- TAOUS A., 2013. Cours d'eau et paysages fluviaux du Maroc : un patrimoine naturel fragile à protéger. Ouvrage collectif : Ressources patrimoniales et développement local au Maroc et en Andalousie. Pub. FLSH Sais -Fès, 26. pp. 125 -151.