

BIODIVERSITÉ ET ÉCOLOGIE DES MARES TEMPORAIRES DE LA NUMIDIE ORIENTALE, NORD-EST ALGÉRIEN : CAS DU COMPLEXE DES MARES GAUTHIER

ZOUAIDIA Hanene^{1*}, DE BELAIR Gérard² et SAMRAOUI Boudjemaa²

1. Ecole Supérieure des Sciences de l'Aliment et des Industries Agro-alimentaire, BeauLieu, El Harrach Alger, Algérie

2. Laboratoire de Recherche des Zones Humides. Département de Biologie. Université BADJI Mokhtar, Annaba.

Reçu le 27/01/2021, Révisé le 07/05/2021, Accepté le 18/05/2021

Résumé

Description du sujet : Les mares temporaires méditerranéennes sont encore mal connues tant sur le plan de la végétation que sur celui de la faune. L'industrialisation, l'altération du fonctionnement hydrologique délicat, l'utilisation rationnelle de leurs ressources sur le pourtour méditerranéen sont autant de facteurs menaçants.

Objectifs : Notre travail est une contribution à l'étude écologique d'un complexe de 9 mares temporaires « Mares Gauthier » situé dans la Numidie orientale (Nord- Est de l'Algérie) dont le but est de caractériser ces milieux aussi complexes en fonction des paramètres abiotiques et biotiques, en vue de protéger leur biodiversité faunistique et floristique.

Méthodes : Des prélèvements de la végétation et de la faune aquatique, ainsi que des paramètres abiotiques ont été effectués in-situ. Une analyse de la richesse et de la diversité ainsi que celle multivariée (A.C.P., co-inertie) ont été appliquées sur les données obtenues durant deux années d'études (1999-2002).

Résultats : Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence l'existence d'un gradient faunistique et floristique dû à l'action des facteurs biotiques (prédation par les poissons) et des facteurs abiotiques (nature du substrat, conductivité, hydropériode, turbidité) et à l'interaction entre les deux. Un effet saisonnier marqué par les espèces présentes dans les stations et caractérisant les différentes saisons. Ceci montre l'importance de la phénologie et l'organisation de la couverture végétale en fonction du temps, depuis que la mare se met en eau jusqu'à son assèchement.

Conclusion : Les mares temporaires sont des écosystèmes très diversifiés. Leurs caractéristiques écologiques essentielles : l'alternance de phases inondées et exondées, la nature éphémère de leur phase de submersion présentent un intérêt biologique majeur. Pour préserver et gérer ces milieux, il faut connaître la valeur de leur biodiversité, de leur fonctionnement et prendre largement conscience de leurs fonctions sociales en tant qu'écosystèmes humides.

Mots clés : Zones humides, mares temporaires, Numidie Orientale, *Gambusia holbrooki*, végétation.

BIODIVERSITY AND ECOLOGY OF TEMPORARY POOLS OF NORTHEAST ALGERIAN, EASTERN NUMIDIA: CASE OF THE MARES GAUTHIER COMPLEX

Abstract

Subject description: The Mediterranean temporary ponds are still poorly understood, both in terms of vegetation and fauna. Industrialization, the alteration of the delicate hydrological functioning, the rational use of their resources around the Mediterranean are all threatening factors.

Objectives: Our work is a contribution to the ecological study of a complex of 9 temporary ponds "Gauthier ponds" located in eastern Numidia (North-East of Algeria) whose goal is to characterize these environments according to abiotic and biotic parameters, with a view to protecting their fauna and flora.

Methods: Samples of vegetation and aquatic fauna, as well as abiotic parameters were carried out in situ. A richness and diversity analysis as well as multivariate analysis (A.C.P., co-inertia) were applied to the data obtained during two years of studies (1999-2002).

Results: The results obtained highlight the existence of a faunistic and floristic gradient due to the action of biotic factors (predation by fish) and abiotic factors (nature of the substrate, conductivity, hydroperiod, turbidity) and to the interaction between the two. A seasonal effect marked by the species present in the stations and characterizing the different seasons. This shows the importance of the phenology and the organization of the plant cover as a function of time, from the time when the pond is filled with water until it dries up.

Conclusion Temporary ponds are very diverse ecosystems. their essential ecological characteristics: the alternation of flooded and exposed phases, the ephemeral nature of their submersion phase are of major biological interest. To preserve and manage these environments, it is necessary to know the value of their biodiversity, of their functioning and to become widely aware of their social functions as wet ecosystems.

Key Word: wetlands, temporary ponds, Eastern Numidia, *Gambusia holbrooki*, plants.

*Auteur correspondant: ZOUAIDIA Hanene, E-mail: hanene_ra@yahoo.fr

INTRODUCTION

Les zones humides se situent à l'interface des milieux aquatiques et des milieux terrestres. Le rôle multifonctionnel (fonction écologique, d'alimentation, de reproduction, d'abri, de refuge) de ces zones conduit à leur conférer un statut d'infrastructure naturelle [1]. Ces milieux forment avec les forêts tropicales et les récifs coralliens, les milieux les plus riches de notre planète. Elles abritent en effet une faune et une flore uniques, mais remplissent également un rôle écologique fondamental dont les effets vont bien au-delà de leur simple délimitation géographique [2]. Les mares temporaires constituent un type de milieu très singulier, la saisonnalité très irrégulière de leur cycle hydrologique leur conférant une dynamique qui a toujours attiré les scientifiques [3]. Dans le bassin méditerranéen, leur intérêt et leur originalité biogéographique ne sont plus à démontrer, mais leur valeur écologique commence juste à être reconnue par les politiques et les décideurs ; elles sont souvent l'objet d'indifférence et de mépris, et sont confrontées à diverses menaces, en plus d'être mal appréciées de tous les temps. Pour préserver, gérer et mieux comprendre ces milieux complexes, et dans le but de connaître leur fonctionnement et leur diversité, nous avons réalisé ce travail qui s'inscrit dans le cadre des recherches menées par le Laboratoire de Recherche des Zones Humides (LRZH). L'objectif envisagé de cette étude était de : (i) réaliser l'inventaire faunistique d'un complexe de mares temporaires, (ii) Décrire la structure de ces mares à l'aide de analyse multivariée (A.C.P., Co-Inertie) sur des données cumulées durant deux années (1999 et 2002), (iii) Identifier les facteurs importants régissant la structure et le fonctionnement de ces mares pour assurer une approche intégrée de leur gestion d'une part et d'autre part trouver des solutions aux problèmes de leur conservation, (iv) Comparer les résultats obtenus à ceux obtenus précédemment pour affiner les études et confirmer les résultats précédents.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Zone d'étude

La Numidie renferme un grand nombre de sites humides exceptionnels au Maghreb par leurs dimensions et notamment par leur diversité (profondeur, salinité) [4]. Cette richesse se traduit par une grande diversité floristique et faunistique.

Une autre particularité de la Numidie est la présence d'espèces d'origines biogéographiques diverses [5, 6 et 7]) et l'existence d'espèces reliques d'origine afro tropicale [8 ; 9].

La Numidie orientale abrite un ensemble de zones humides qui a pour limite septentrionale la méditerranée et pour limite méridionale et orientale les collines de l'Atlas tellien, coïncidant à l'Est avec la frontière Algéro-Tunisienne (Fig. 1). La Numidie orientale correspond à la limite morphologique définie par Marre [10], comme l'extrémité du Tell [1]. La limite occidentale de cet ensemble est marquée par l'oued Seybouse. La position géographique de l'Algérie, sa configuration physique et la diversité de son climat lui confèrent d'importantes zones humides [11]. Le Nord-Est Algérien et plus particulièrement la région d'El-Kala, possède un ensemble de zones humides uniques au Maghreb par sa dimension et sa diversité : lacs, étangs, mares, aulnaies, etc., formant une mosaïque de biotopes remarquables où l'on peut voir se côtoyer des espèces endémiques, boréales et tropicales dans un secteur qui rassemble plus que la moitié de la faune et de la flore aquatique du pays [1].

Le relief est constitué de collines et de basses montagnes dont le point culminant est le Djebel Ghora à 1202 m, ainsi que des petits bassins intramontagnards que les oueds empruntent et des dépressions occupées par des formations palustres en lacustres [10]. Le réseau hydrographique se caractérise par une grande complexité, le relief différentiel et la tectonique récente ont perturbé l'évolution du réseau hydrologique, décomposé en plusieurs unités [1]. Les stations étudiées sont incluses au sein du Parc National d'El Kala, elles se situent le long de la piste d'El Frine à El Kala, entre Lac Tonga et Lac Oubeïra (Fig. 2). Les quatre premières mares sont voisines, les autres sont dispersées irrégulièrement.

2. Technique d'échantillonnage

Le complexe des neuf mares a été sélectionné sur la base de plusieurs critères : (i) Les neuf mares se situent dans la même région (Numidie orientale), elles sont donc soumises aux mêmes conditions climatiques, (ii) Elles partagent le même substrat bien que des différences à ce niveau existent, (iii) Ces sites sélectionnés sont facilement accessibles et proches les uns des autres, (iv) Il existe un gradient concernant la présence de poissons (*Gambusia holbrooki*).

Pour la faune aquatique, huit prélèvements ont été effectués durant l'année au niveau de chaque mare. L'objectif était de récolter le maximum de macro-invertébrés. La méthode consiste à agiter, soulever, frotter ou gratter le substrat avec les doigts, sans le prélever, dans le but d'entraîner les individus vers une épuisette de 1mm de maille. Les individus récoltés sont récupérés directement dans des boîtes contenant du formol-aldéhyde dilué à 4% et préalablement étiquetées avec date et lieu de récolte.

Le dépouillement et le dénombrement des spécimens faunistiques récoltés de chaque station ainsi que leur identification ont été réalisés au laboratoire. L'identification de la faune a été faite par Pr Samraoui. Des relevés de la végétation aquatique présente ont été effectués pour chaque station. Les espèces végétales sont identifiées par Gérard De Belair en évaluant leurs degrés de dominance selon une échelle de cinq coefficients. Pour les variables abiotiques, les mesures de la conductivité, la turbidité, l'oxygène dissous et la température ont été prises au moment de l'échantillonnage.



Figure 1: Situation géographique de La Numidie orientale (Nord-Est algérien)

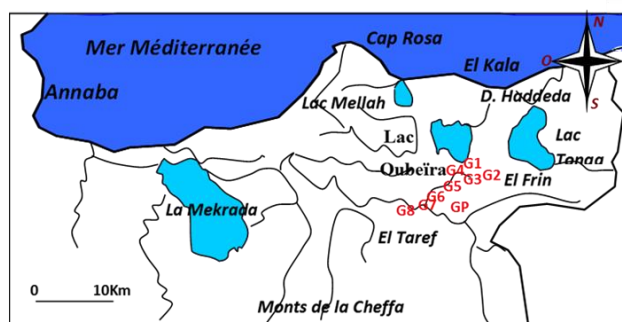


Figure 2 : Situation géographique des mares Gauthier (G1 → G8)

3. Analyse des données

Deux principales analyses ont été appliquées sur les données collectées : L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P) et l'Analyse de la co-inertie à l'aide du logiciel statistique ADE4 [12]. La première est une méthode d'ordination des relevés ou de description des structures inter-variables, utilisée dès que les variables sont quantitatives et transcrites dans des unités très diversifiées. Nos données sont donc cumulées dans un tableau pour les deux années et pour chaque station d'étude.

Les relevés sont représentés par des colonnes et les espèces par ligne et chaque intersection relevé-espèce indique la présence ou l'absence de l'espèce. Le nuage de point représenté soit par les relevés, soit par les espèces dont l'espace multidimensionnel est caractérisé par des directions d'allongement privilégiées. Il s'agit par la suite d'axes factoriels qui contiennent une certaine proportion de l'information totale des données, et sur ces axes pris deux à deux sont réalisées des projections de points relevés ou points espèces.

Les valeurs propres et le taux d'inertie qui quantifient la part de l'information expliquée par les différents axes, permettent de décider du nombre d'axes à retenir [13]. En ce qui concerne la co-inertie, c'est une analyse dont l'objectif principal est de décrire la structure d'une matrice de données (végétation-variables) portant sur les mêmes unités statistiques. Les deux systèmes de coordonnées deviennent superposables. Chaque flèche représente chaque station par les variables du milieu (origine) et par la végétation qu'on y trouve (extrémité).

RÉSULTATS

1. Influence des facteurs abiotiques sur la biodiversité des mares «Gauthier»

Les mesures des variables écologiques notamment la température de l'eau, la conductivité et l'oxygène dissous, ont montré que ces paramètres diffèrent d'une station à l'autre et influencent par conséquent la présence ou l'absence des espèces végétales et animales dans chaque mare ainsi que leur développement puisque de tels paramètres conditionnent la respiration et l'activité photosynthétique des essences. Par ailleurs, l'assèchement et l'hydropériode des plans d'eau, jouent également un rôle très important dans le maintien et la richesse des espèces. Des études sur les mares temporaires ont souligné la rudesse apparente de l'environnement qu'elles fournissent particulièrement par les phases de mise en eau et l'assèchement [14]. Face à l'alternance de périodes sèches et d'inondation, les animaux ont développé des réponses adaptatives tels que les Anostracés qui sont capables de s'enkyster pour traverser la période sèche prenant une forme de vie ralentie.

Aussi l'estivation des adultes à la vie terrestre comme les Odonates [15, 16, 17, 18] et les Diptères constituent une réponse adaptative à l'assèchement [3].

2. Analyse de la faune aquatique

Au cours de notre période d'échantillonnage, nous avons recensé 51 taxa faunistiques sur l'ensemble des neufs stations. Les populations de ce complexe sont composées essentiellement d'invertébrés représentant 94% et les vertébrés avec 5,3% de l'ensemble des taxes échantillonnées. Les invertébrés sont dominés par les arthropodes qui représentent 98,92% qui sont eux-mêmes dominés par la classe des insectes. La population des vertébrés est constituée par des poissons qui représentent 26,84%, mais en grande partie par les amphibiens qui représentent 73,14% de l'ensemble de cet embranchement.

2.1. Analyse en composantes principales

L'A.C.P a été appliquée sur une matrice de 9 stations x 44 espèces faunistiques. Les trois premiers axes factoriels contiennent respectivement 60,4%, 14,53% et 11,55% de l'inertie globale. L'axe 1 sépare les stations Gauthier en fonction de l'hydropériode et de la nature du substrat en deux étages : L'étage supérieur G₁ - G₄ et l'étage inférieur G₅ - G₈. À travers la faune aussi un couple tandem G₁/G₄ est séparé de G₂/G₃. L'axe 2 sépare les stations G₅ et G₆ des Gauthier inférieurs de G₈, G₇ en fonction de la proximité. L'axe 3 sépare G₇ - G₈ de G₅ - G₆ et permet de percevoir aussi clairement la distinction complète des deux groupes différents. Le plan factoriel 1x3 de l'A.C.P. de la faune représente une projection très claire des relevés (Fig. 3a et b).

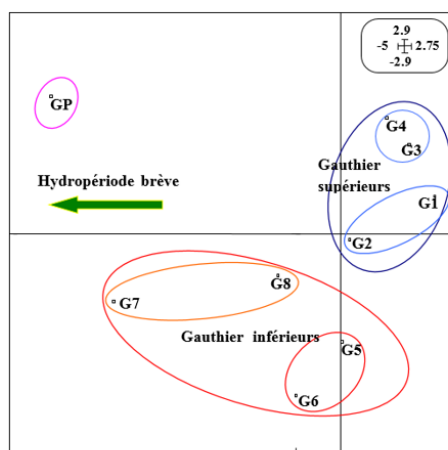


Figure 3a: Plan 1×3 de l'A.C.P. de la faune (relevés)

Les Gauthier supérieurs (G₁ - G₄).

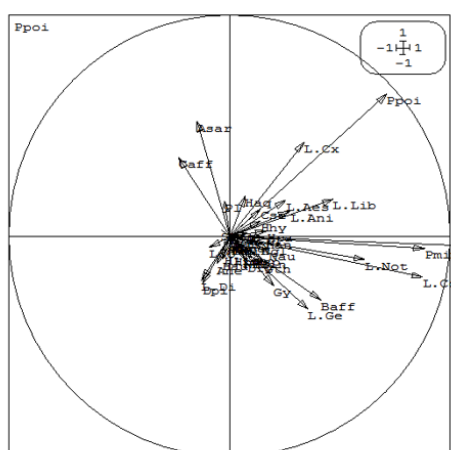


Figure 3b : Plan factoriel 1x3 de l'A.C.P. de la faune (espèces)

-G₅, G₆, qui sont les plus proches, G₇ et G₈, G_{nuit}

Cet axe confirme également l'effet combiné : Substrat- Prédation de poissons dans la séparation des deux étages. L'analyse de la faune isole sur cet axe les stations les plus turbides G₇ et G₈. Ces axes montrent clairement sur les plans factoriels 1×2, 1×3 et 2×3 (Figs 4, 5, 6) l'influence des variables abiotiques

(substrat, hydropériode, turbidité, conductivité et proximité), les variables biotiques (impact de la prédation par *Gambusia holbrooki* et *Pseudophoxinus callensis*) et parfois l'interaction entre les deux sur la séparation des mares du complexe «Gauthier».

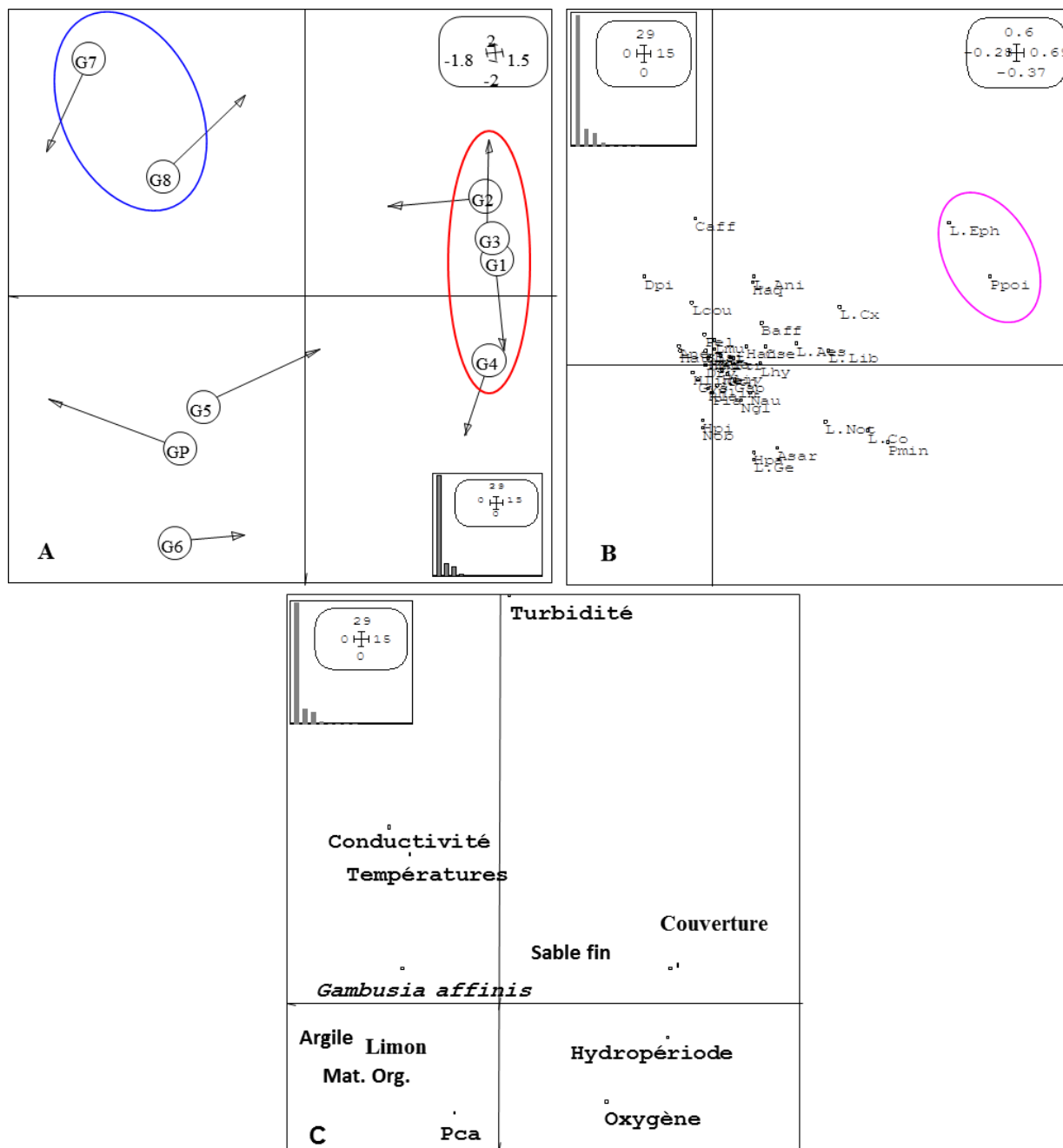


Figure 5: Plan 1×3 de la co-inertie de la faune (49 espèces faunistiques × 9 stations × 13 variables)

A: Stations, B: Espèces, C: Variables

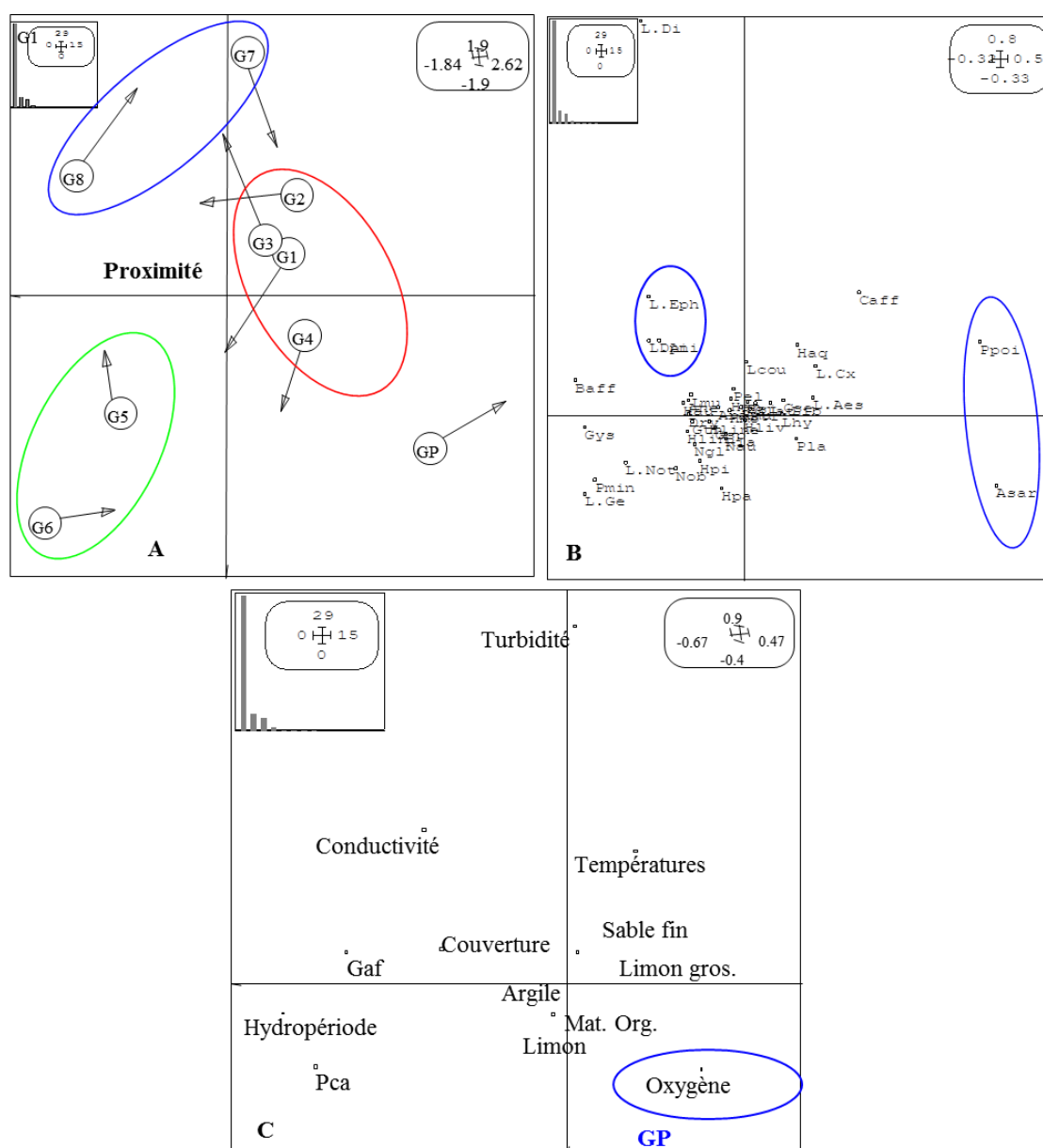


Figure 6 : Plan 2×3 de la co-inertie de la faune (49 espèces faunistiques × 9 stations × 13 variables)
A: Stations, B: Espèces, C: Variables

3. Analyse de la végétation

3.1. Inventaire et identification

La mare offre comme d'autres milieux aquatiques une végétation multi-strates caractérisée par des plantes aux exigences écologiques différentes où la stratification thermique trouve son influence sur le milieu sachant que la température de l'eau trouve généralement au niveau de la température de l'air puisque le sol stocke la chaleur du soleil et la transmet plus tard à l'eau [20]. Le complexe des mares Gauthier est pourvu d'une flore très diversifiée. Cette diversité des communautés végétales offre à de multiples espèces (aquatiques, amphibies et parfois terrestres une niche écologique d'une part ; et d'autre part, par leur interactions avec les communautés animales, elle assure à l'ensemble des mares,

ces écosystèmes bien délimités, leur fonctionnement puisqu'elles se situent à l'extrémité de la chaîne alimentaire aquatique. Les stations Gauthier ne possèdent pas toutes la même composition floristique ; la végétation aquatique étant très sensible aux variations du milieu. Plusieurs facteurs tels que la profondeur, la nature du substrat, le pH des eaux, la luminosité, etc., permettent de comprendre la distribution de ces formations végétales et d'interpréter les différences de composition floristique d'une mare à l'autre. Il en résulte une structuration de la végétation.

-*Structure verticale*, sur le plan vertical, la végétation se répartit en formant des strates. Cette stratification peut être consécutive d'une compétition inter- spécifique pour la lumière et pour l'eau.

Au sein de chaque mare plusieurs ceintures de végétation se succèdent de la zone littorale où se limite le domaine d'implantation des mésophytes jusqu'à la zone profonde caractérisée par l'absence de végétaux fixés. La surface de l'eau est occupée par des plantes à feuilles et à fleurs flottantes.

-*Structure horizontale*, l'existence d'un gradient provoqué par l'augmentation de l'humidité du sol dans la partie exondée puis par l'augmentation de l'épaisseur de la nappe aquatique inondée, entraîne une distribution horizontale des espèces et des groupements selon une disposition zonée [21] qui lorsqu'elle est régulièrement développée, constitue des ceintures de végétation.

La largeur et la composition floristique de ces ceintures dépendent d'un grand nombre de facteurs édaphiques, abiotiques et biotiques. Parmi les premiers, on peut citer : le profil topographique, les variations saisonnières de niveau, les facteurs climatiques, et parmi les seconds, les actions humaines et animales. D'une manière générale, on peut reconnaître : (i) une végétation terrestre située sur la zone supra-littorale,

normalement exondée et qui comporte des espèces liées à la présence d'une nappe phréatique dont les fluctuations varient avec celles de la surface de l'eau. Elle est occupée par une végétation dite hygrophile telles que *Lythrum junceum* et *Paspalum distichum*, (ii) une végétation aquatique : qui occupe la zone infra-littorale. Elle est constituée par des espèces hydrophytes telles que *Callitriche obtusangula* et *Ranunculus baudotii* qui ne se développent que dans les milieux inondés mais qui subissent souvent une exondation temporaire en période estivale, (iii) une végétation amphibie, qui trouve sa place sur la zone littorale soumise au balancement des eaux, au contact de la végétation terrestre et de la végétation aquatique, elle présente souvent des adaptations particulières leur permettant de traverser les périodes alternantes d'émersion et de submersion (ex: *Glyceria fluitans*, *Juncus bulbosus*, *Juncus heterophyllus*.) (Tableau 1), (iv) une végétation qui occupe la zone littorale proprement dite qui appartient au milieu environnant et non au domaine d'inondation, comprend des espèces mésophytes : *Ranunculus macrophyllus*, *Asphodelus aestivus*.

Tableau 1 : Index des espèces végétales des neufs stations et leur origines biogéographiques

Espèce	B	R
Hydrophytes		
<i>Callitriche obtusangula</i>	3	4
<i>Callitriche truncata</i>	2	1
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	5	2
<i>Ranunculus peltatus subsp. baudotii</i>	9	-
Amphiphytes		
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	7	1
<i>Alopecurus bulbosus</i>	2	1
<i>Helosciadium crassipes</i>	3	4
<i>Bellis repens</i>	1	4
<i>Cotula coronopifolia</i>	9	2
<i>Baldellia ranunculoides</i>	7	1
<i>Eleocharis palustris</i>	9	-
<i>Galium palustre</i>	3	-
<i>Glyceria fluitans</i>	9	-
<i>Hypericum humifusum</i>	5	2
<i>Linaria reflexa</i>	2	1
Légende		
B : Dispersion biogéographique		R: Rareté
1. Endémique	1. Assez commune	
2. Méditerranéen	2. Rare	
3. Eur- Euras	3. Assez rare	
4. Atlantico- méditerranéen	4. Très rare	
5. Euro- méditerranéen	5. Rarissime	
6. Paléotempéré		
7. Boréal / Holarctique		
8. Tropical		
9. Cosmopolite		
10. Autres		
- manque d'informations.		

3.2. Analyse en composantes principales

L'inventaire des neuf stations étudiées et la réalisation de 67 relevés a permis d'identifier 74 espèces floristiques qui ont été d'abord soumis à une analyse d'A.C.P. puis à une analyse inter-classe. Pour l'ACP, la majorité de l'information était contenue dans les quatre premiers axes qui contribuent à expliquer 23%, 15%, 9% et 7% de l'inertie totale. Concernant l'analyse discriminante inter-classe (Between analysis), elle nous a permis de voir la distribution des espèces en fonction des stations et des relevés (aspect temporel) et la distribution des stations en fonction des espèces (aspect spatial). Pour la typologie des stations, nous avons retenu les trois premiers axes dont les valeurs d'inertie sont respectivement : 43%, 22%, 15%. Pour la séparation des dates, les valeurs sont les suivantes: 53%, 17% et 10% de l'inertie globale.

-Aspect temporel (Fig. 7), sur l'axe 1 *Callitriche obtusangula* apparaît en hiver pendant toute la période d'inondation et commence à disparaître

vers la fin du printemps. *Panicum repens* est présente en automne dès que la mare se met en eau et persiste jusqu'au printemps. *Ranunculus baudotii* occupe la mare pendant toute la période de mise en eau (hiver). *Helosciadium crassipes* et *Cotula coronopifolia* apparaissent abondamment aux mois de Janvier et Février. *Baldellia ranunculoïdes* révèle sa présence pendant tout l'hiver jusqu'à la fin du printemps. *Elatine brochoni* est une espèce automnale. *Juncus maritimus* est présent surtout aux mois de mars et d'avril. L'axe 2 désigne deux espèces printanières : *Lythrum borysthenicum* et *Myriophyllum alterniflorum* dont la floraison débute au mois de mars et peut aller jusqu'au mois de mai (été). *Poa annua* est présente à partir de novembre jusqu'au mois d'avril. La Fig. 7 montre une projection de la carte factorielle (1×2) qui permet d'apercevoir nettement la structure temporelle de l'analyse. Cette parfaite organisation des dates en fonction des espèces peut être expliquée par la succession saisonnière.

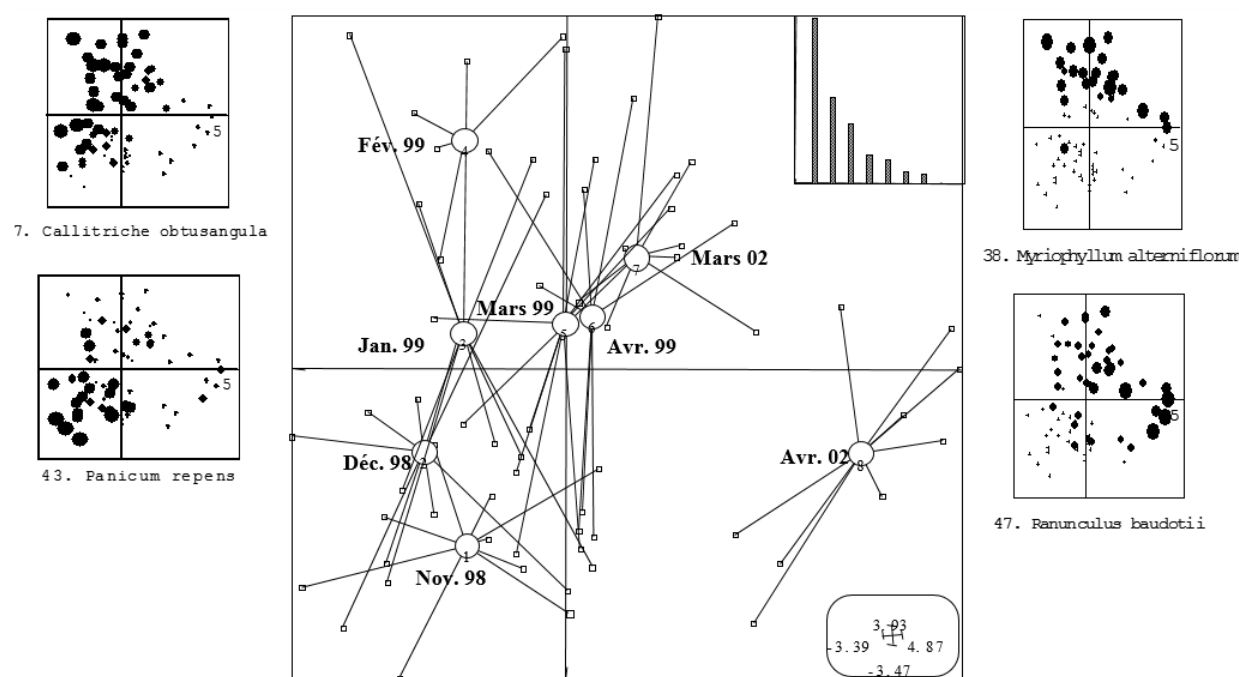


Figure 7 : Analyse Discriminante (base A.C.P.). Carte factorielle 1×2 sur 8 dates × 9 stations × 74 espèces végétales

-Aspect spatial (Fig. 8), sur l'axe 1 sépare les stations en deux groupes des mares Gauthier: Le premier groupe constitué par les mares G₁, G₂, G₃, G₄ qui sont marqués par une population abondante en *Myriophyllum alterniflorum* et *Isoetes velata*. Le deuxième groupe constitué par les mares G₅, G₆, G₇, G₈ est déterminé par la présence surtout de *Panicum repens*, *Juncus subulatus* et *Baldellia ranunculoïdes*.

Cet axe permet également d'apercevoir la continuité d'un véritable gradient entre les stations allant de G₁ jusqu'à G₈. Les espèces : *Glyceria fluitans* et *Myriophyllum alterniflorum* sont normalement absentes dans les Gauthier inférieurs et le puits. Le plan factoriel 1×2 (Fig. 8) met en évidence la présence d'un gradient floristique selon lequel les stations se suivent (G₁- G₈); G_p étant particulier.

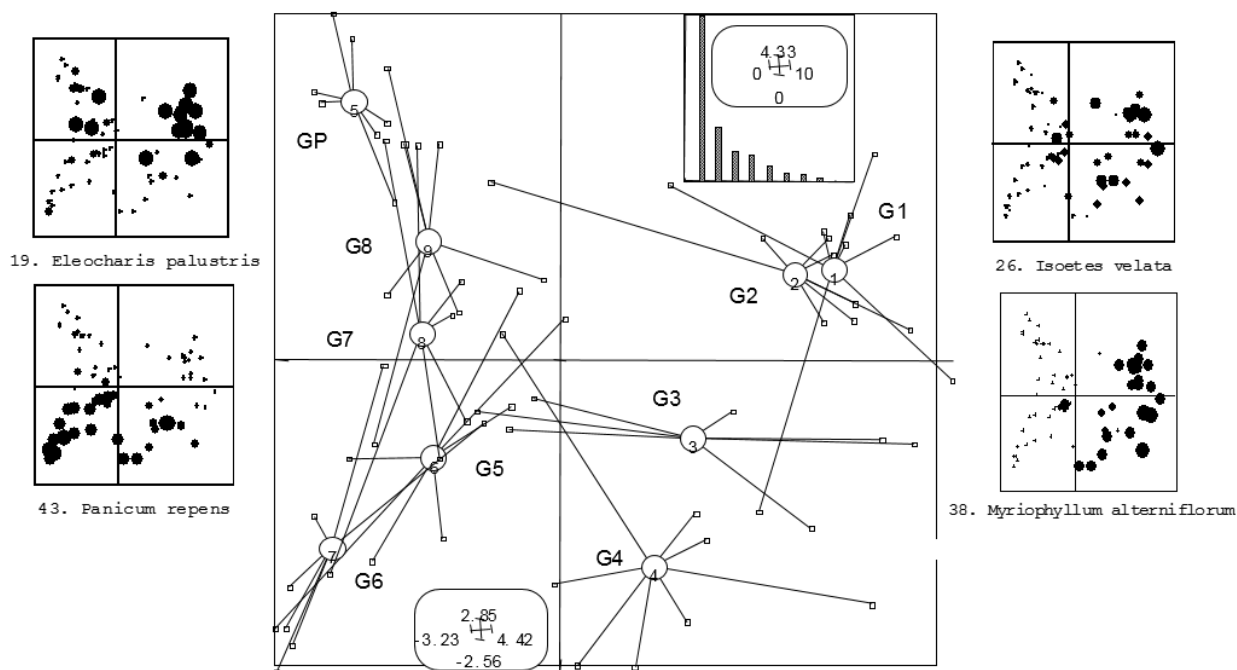


Figure 8 : Analyse Discriminante. Carte factorielle 1×2 sur 9 stations × 8 dates × 74 espèces végétales

3.3. Analyse de la Co-inertie

Cette analyse a été réalisée en utilisant deux types de matrices, la première (9 stations × 74 espèces floristiques) sur laquelle nous avons effectué une analyse d'A.C.P. (matrice de corrélations) et dont les trois premiers axes factoriels contribuent à 69%, 13% et 10%. La seconde, représentant les variables abiotiques (9 stations × 11 variables) à partir de laquelle nous

avons réalisé une analyse d'A.C.P. (matrice de covariances) où nous avons gardé les quatre premiers axes qui contiennent respectivement 53%, 18%, 10%, 8% de l'inertie globale. Pour l'analyse de co-inertie nous avons retenus les deux premiers axes factoriels qui contiennent la majorité de l'information et qui contribuent à 74% et 3% de l'inertie globale (Fig. 9).

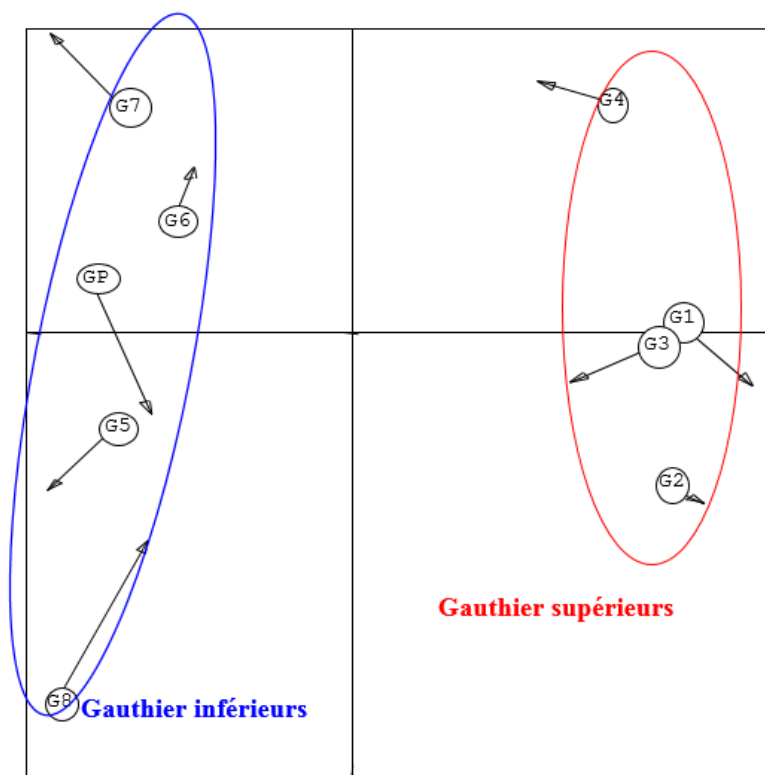


Figure 9 : Plan factoriel 1×2 de la co-inertie (11 variables × 74 espèces floristiques)

DISCUSSION

Les zones humides méditerranéennes qui comptent parmi les milieux les plus productifs de notre planète subissent des pressions sans cesse croissantes. Elles ont été de tout temps négligées et mal gérées malgré leur multifonctionnalité et leur diversité biologique. Ce n'est que depuis quelques années que l'attitude vis-à-vis des zones humides a changé, des efforts ont été accomplis vers une véritable reconnaissance des fonctions et valeurs de ces écosystèmes dans le monde [11], grâce à de nombreuses recherches et études pionnières [22, 23], basées sur le contrôle de leur abondance et de leurs richesses floristiques et faunistiques en vue de comprendre leur distribution [24], de mieux les faire connaître et de contribuer à promouvoir la mise en œuvre des mesures de protection efficaces pour ces écosystèmes. Une question fondamentale en écologie est de comprendre la distribution et l'abondance des espèces. D'autre part nous sommes limités à un modèle qui consiste à étudier un complexe de mares temporaires et surtout à comprendre la distribution et l'abondance de la flore aquatique présente dans ces milieux. Nos résultats montrent que notre complexe de mares est organisé selon un schéma précis. Cette organisation implique l'existence de facteurs structurant la faune et la flore aquatiques. Parmi ces variables environnementales importantes régissant l'organisation des mares temporaires, notre étude identifie :

(i) Le rôle du substrat qui montre une séparation : Gauthier supérieurs (G_1 - G_4) à substrat sablo-gréseux (*Gambusia holbrooki* n'affecte pas l'étage supérieur), Gauthier inférieurs (G_5 - G_8) à substrat sablonneux qui favorise la présence des espèces préférant ce substrat (*Gambusia holbrooki*, *Corixa affinis*, *Hyphydrus aubei*) et la mare G_p à substrat argilo-limoneux.

(ii) Les sites à Hydropériode courte: G_7 et G_p qui sont caractérisées par une faible profondeur et par une couverture végétale moins dense et donc la majorité des espèces présentes sont des insectes adultes (*Corixa affinis*, *Berosus affinis*, *Notonecta glauca*, etc.) tandis que les espèces à reproduction tardive telles que *Hyla meridionalis*, *Anisops sardea* et les larves (larves de Corixidae, larves de Notonectes) colonisent les stations plus ou moins profondes et à hydropériode plus longue : Gauthier supérieurs, G_5 . (iii) La forte turbidité des stations G_7 et G_8 favorise la présence des espèces prédatrices généralement tolérantes à la

turbidité telles que: *Notonecta obliqua*, *Notonecta glauca*, *Hydrochus angustatus*, *Corixa affinis*, *Discoglossus pictus* mais dans certains cas il est possible de rencontrer en leur compagnie des espèces qui normalement ne présentant pas ces caractères mais ayant acquises une certaine adaptation au milieu.

(iv) Un effet de proximité séparant : G_1/G_4 ; G_2/G_3 ; G_5/G_6 ; G_7/G_8 . La singularité de la station G_{puit} : pauvre en taxa, couverture végétale peu dense. (v) La prédation de poissons par *Gambusia affinis* et *Pseudophoxinus callensis* qui affecte l'étage inférieur. Ceci explique la rareté et parfois l'absence complète des espèces vulnérables à la prédation (*Anisops sardea*, *Plea minutissima*, *Laccophilus hyalinus*, *Hyla meridionalis*, larves de Diptères, larves d'Aeshnidae, *Ranatra linearis*). Par contre certaines espèces abondent en présence de *Gambusia holbrooki*: *Agabus nebulosus*, *Bufo mauritanicus*, *Hesperocorixa linnaei*, *Naucoris maculatus*, certains coléoptères. Ce résultat confirme plusieurs travaux de [14, 25, 26, 27 et 19]. Concernant la vulnérabilité de certains macro-invertébrés et amphibiens vis-à-vis des poissons et particulièrement *Gambusia holbrooki*, nos résultats confirment de nombreux travaux [14, 28 - 33].

(v) La présence d'un gradient floristique mis en évidence par les espèces et qui est dû à la nature du substrat et à la conductivité.

(vi) Un effet saisonnier marqué par les espèces présentes dans les stations et caractérisant les différentes saisons. Donc ceci montre l'importance de la phénologie et l'organisation de la couverture végétale en fonction du temps, depuis que la mare se met en eau jusqu'à son assèchement.

CONCLUSION

Notre travail est une contribution à l'étude typologique d'un complexe de mares temporaires (Mares Gauthier) situé dans la Numidie orientale, au Nord Est algérien. C'est une étude basée sur une recherche à la fois comparative (comparaison inter annuelle) et confirmative et dont les résultats acquis permettent de noter que : Ce complexe écosystémique est riche d'une faune et d'une flore très diversifiées. Ceci est confirmé par l'inventaire floristique et faunistique de chaque station du complexe. Les calculs de la richesse spécifique ainsi que de divers indices de diversité confirment également ce résultat et montrent une grande variabilité inter-stationnaire.

L'analyse multivariée (A.C.P., Co-inertie) effectuée sur l'inventaire de la faune et la flore de ce complexe met en évidence : La présence d'un gradient sur lequel les stations sont séparées en deux groupes (Gauthier supérieurs et Gauthier inférieurs), ce gradient est déterminé par les facteurs biotiques (présence de poison : *Gambusia holbrooki* et *Pseudophoxinus callensis*) et aussi abiotiques (Conductivité, la nature du substrat, la turbidité et l'hydropériode). L'impact de la prédation par *Gambusia holbrooki* sur la faune aquatique des mares G5-G8 marque une forte réduction de l'abondance des espèces vulnérables. La comparaison inter annuelle (entre les deux années : 1999-2002) indique que plusieurs espèces rares ont disparues (*Mesovilia vittigira*, *Eretes sticticus*, *Asellus sp.*, *Ormenis paraecox*, *Lotus decumbens*). Ceci nous a permis de formuler l'hypothèse suivante : cette disparition est probablement la conséquence de la sécheresse exceptionnelle de l'année. La mare temporaire reste une zone humide spécifique où la petitesse de l'objet ne doit pas masquer la complexité du fonctionnement. Son importance n'est pas proportionnelle à sa taille. Pour préserver et gérer ces milieux, il faut connaître la valeur de leur biodiversité, de leur fonctionnement et prendre conscience de leurs fonctions sociales en tant qu'écosystèmes humides. De telles connaissances doivent servir à guider les choix des gestionnaires et des protecteurs de la nature. Ces travaux doivent faire l'objet d'une future concertation et des études plus approfondies sur la biologie et l'écologie des espèces liées à ces milieux qui doivent être poursuivies en vue de leur protection car conserver la nature équivaut à préserver les bases de la vie de l'homme autant que de toutes les créatures de la planète. Sans diversité, l'avenir de la terre devient précaire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Samraoui, B. et Belair, G. (de) (1998). Les zones humides de la Numidie Orientale : Bilan des connaissances et perspectives de gestion. *Synthèse*, (Numéro spécial) 4: 1-90.
- [2]. Mulhauser, B. M., et Monnier, G. (1995). *Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe*. Delachaux et Niestlé. 355pages.
- [3]. Grillas, P. et Roché, J. (1997). *Végétation des marais temporaires: Ecologie et Gestion*. SKINNER et CRIVELLI, A.J. 86 pages.
- [4]. Van Dijk, G., et Ledant, M.J.P. (1980). *Rapport d'observation sur les oiseaux dans la région d'Annaba*. Rap. Dactyl.
- [5]. Samraoui, B., Belair, G. (de) et Benyacoub, S. (1992). A much threatend lake: Lac des Oiseaux in Northern Algeria. *Environmental Conservation*. 19: 264 -267, 276.
- [6]. Belair, G. (de), et Samraoui, B. (1994). Death of a lake: Lac Noir in Northeastern Algeria. *Environmental Conservation*, 21: 169-172.
- [7]. Samraoui, B. (1998). Status and seasonal patterns of adult rhopalocera (Lepidoptera) in North-Eastern Algeria. *Nachr. Entomol. Ver. Apollo*, N.F. 19 (3/4): 285-298.
- [8]. Samraoui, B. et Belair, G. (de) (1997). The Guerbes–Senhadja wetlands (N.E. Algeria) Part I : An Overview. *Ecologie*, 28: 233-250.
- [9]. Samraoui, B., Benyagoub, S., Mecibah, S. et Dumont, H.J. (1993). Afrotropical libellulids (insecta, odonata) in the lake district El-Kala, NE Algeria with a rediscovery of *Urothemis eedwardsi* (Selys) and *Acisoma panorpoides ascalaphoides* (Rambur) (Anisoptera: Libellulidae). *Odonatologica*, 22: 365-372.
- [10]. Marre, A. (1992). *Le tell oriental algérien. De Collo à la frontière tunisienne*. Etude géomorphologique. Vol 1 et 2. Office des publications universitaires.
- [11]. Direction générale des forêts (2001). *Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale*. Imp. Anep.
- [12]. Chessel, D. et Doledec, S. (1992). ADE Software. *Multivariate analysis and graphical display for environmental data (version 4)*. Université de Lyon.
- [13]. Chessel, D. et Bournaud, M. (1987). *Progrès récent en analyse des données écologiques. Communication au 4eme colloque de l'AFIE*. « La gestion des systèmes écologiques ».
- [14]. Metallaoui, S. (1999). Etude écologique des mares endoréiques et temporaires. Thèse de magister. Université d'Annaba.
- [15]. Boulahbal, R. (1992). Contribution à l'étude de la diapause estivale des genres Aeshna et Sympetrum dans le N.E Algérien. Mémoire de D.E.S. Université d'Annaba.
- [16]. Bouzid, S. (1994). Etude de la diapause estivale chez les odonates du N.E. algérien. Thèse de Magister, Université d'Annaba.
- [17]. Samraoui, B., Segers, H., Maas, S., Baribwegure, D. et Dumont, H.J. (1998). Rotifera, Cladocera, Copepoda and Ostracoda from coastal wetlands of Northeast Algeria. *Hydrobiologia*, 386: 183-193.
- [18]. Boubir, N. (1999). Contribution à l'étude de l'écologie saisonnière des odonates de la Numidie Orientale. Mémoire d'Ingéniorat, Université d'Annaba.
- [19]. Sebti, S. (2001). Contribution à une étude typologique des mares temporaires de la Numidie orientale. Mémoire d'ingéniorat. Université d'Annaba.
- [20]. Beignet, A. et Dommanget L. (1997). *Le courrier de la nature : Spécial mares*. La Société Nationale de Protection de la Nature (France).
- [21]. Mekki, M. (1998). Etude comparative de l'écologie de quatre dépressions dunaires du Nord- Est Algérien. Mémoire d'ingéniorat. Université d'Annaba.
- [22]. Krebs, J. C. (1985). *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. 2nd. édition. Harper and Row. New-York.
- [23]. Collins, N.H., Biggs, J., Corfield, A., Hodson, M.J., Walker, D., Whitfield, M. et Williams, P.J. (1995). Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrates communities. *Biological conservation*, 74: 125-33.
- [24]. Quezel, P. et Santa, S. (1962-1963). *Nouvelle flore de l'Algérie*. C.N.R.S. Paris. Tomes I et II.

- [25]. **Layachi, N. (1997).** Etude comparative de deux étangs dunaires : G. Estah et G. Dakhla (Nord est algérien). Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- [26]. **Redaounia, A. (1999).** Etude d'un gradient florofaunistique et environnemental sur un échantillon de neufs mares (Mares Gauthier). Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- [27]. **Benslimane, N. (2001).** Contribution à l'étude écologique des zones humides de la Numidie : Cas des mares de la Numidie orientale et des zones de Guerbes. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- [28]. **Hulbert, S.H. et Mulla, M.S. (1987).** Impact of mosquitofish (*Gambusia affinis*). Predation on plankton communities. *Hydrobiologia*, 83: 125-151.
- [29]. **Bounaceur, F. (1997).** Contribution à l'étude écologique de *Gambusia affinis* (Baird et Girard, 1853) dans 3 sites humides du Parc National d'El Kala. Thèse de magister, Ecole Nationale d'Agronomie.
- [30]. **Hecnar, S.J. et M'Closkey, R. T. (1997).** The effects of predatory fish on amphibian species richness and distribution. *Biological conservation*, 79:125-131.
- [31]. **Hammouda, S. (2000).** Impact de *Gambusia affinis* sur les milieux aquatiques. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.
- [32]. **Haiahem, D., Touati, L., Baaziz, N., Samraoui, F., Alfarhan, A.H. et Samraoui, B. (2017).** Impact of eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, on temporary ponds: insights on how predation may structure zooplankton communities. *Zoology and Ecology*, 27: 124-132.
- [33]. **Benslimane N., Chakri K., Haiahem, D., Guelmami, A., Samraoui, F. et Samraoui, B. (2019).** Anthropogenic stressors are driving a steep decline of hemipteran diversity in dune ponds in north-eastern Algeria. *Journal of Insect Conservation*, 23: 475-488.