

# THESE EN COTUTELLE

Présentée à

**L'UNIVERSITE HASSAN II CASABLANCA**

UFR DOCTORALE « BIOLOGIE ET SANTE »

et à

**L'UNIVERSITE MONTPELLIER II**

ECOLE DOCTORALE « SYSTEMES INTEGRES EN BIOLOGIE,  
AGRONOMIE, GEOSCIENCES, HYDROSCIENCES ET ENVIRONNEMENT »

pour obtenir le grade de Docteur en Biologie  
de l'Université Hassan II Casablanca  
et de l'Université de Montpellier II

Spécialité : Eaux continentales et société

## **Usage et conservation des mares temporaires méditerranéennes : cas des mares temporaires de la région de Benslimane (Maroc occidental)**

Thèse présentée publiquement par

**Siham BOUAHIM**

Le 29 novembre 2010

### **Jury :**

**Mohammed Loutfi**, Professeur, Université Hassan II Casablanca

**Didier Galop**, Chargé de recherches CNRS, Université de Toulouse le Mirail

**Gabrielle Thiébaud**, Professeur, Université de Rennes 1

**Rachid Tellal**, Professeur, Université Chouaib Doukkali

**Abdellatif Khattabi**, Professeur, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé

**Raphaël Mathevet**, Chargé de recherches CNRS, Université Montpellier II

**Serge D. Muller**, Maître de Conférences, Université Montpellier II

**Laïla Rhazi**, Professeur, Université Hassan II Casablanca

Président/Examineur

Rapporteur

Rapporteur

Rapporteur

Rapporteur

Examineur

Directeur de thèse

Directrice de thèse

## Dédicaces

A mon père : j'espère que tu es fier de moi

A ma mère qui a su comment effacer les moments difficiles de cette thèse par son sourire et ses prières j'espère que j'ai pu faire de ton rêve une réalité

A ma grand-mère qui m'a fait profiter de son amour

A mes sœurs Amal et Hasnaa : je vous aime trop

A mon frère Nabil qui a parié sur ma réussite

A tous les membres de ma grande famille

## Remerciements

La réalisation de cette thèse fut pour moi une merveilleuse opportunité de rencontrer et d'échanger plein de choses avec de nombreuses personnes. Je ne saurais pas les citer toutes sans dépasser le nombre de pages raisonnablement admis dans ce genre de travail. Je reconnais que chacune d'elles a apporté une contribution positive à la réalisation et/ou à la finalisation de cette thèse.

Je me dois en premier lieu de remercier les structures qui m'ont accueilli pendant ces années de thèse : la Faculté des Sciences de l'Université Hassan II Casablanca (Laboratoire d'Ecologie Aquatique et Environnement), l'Institut des Sciences de l'Evolution de l'Université Montpellier II, et la Station Biologique de la Tour du Valat.

Mes remerciements vont principalement à ma directrice de thèse **Laila Rhazi**, qui a dirigé cette thèse sur l'ensemble de sa durée. Elle a su orienter mes recherches aux bons moments en me faisant découvrir l'écologie et les mares temporaires au travers de son regard d'écologiste. Je la remercie pour la sollicitude, la compréhension et l'extrême patience dont elle a fait preuve à mon égard. Je salue aussi sa disponibilité, son ouverture d'esprit et sa bonne humeur qui ont su me laisser une large marge de liberté pour mener à bien ce travail de recherche. Merci est insuffisante pour exprimer ma gratitude à ma chère encadrante.

Mes remerciements les plus vifs et les plus sincères sont pour mon directeur **Serge D. Muller**, pour son bon encadrement, ses conseils judicieux, ses critiques constructives, son support, ses encouragements et sa participation active au bon déroulement du projet, pour m'avoir accepté au sein de son équipe, ainsi que pour son aide précieuse lors des étapes d'inscription au sein de l'Université de Montpellier.

Je tiens également à témoigner ma reconnaissance à **Patrick Grillas**, qui a proposé le sujet de thèse. Je le remercie pour les échanges productifs que nous avons pu avoir sur la problématique de ma thèse, ainsi que pour sa patience, son écoute, ses conseils avisés, et pour son accueil très chaleureux au sein de la Tour du Valat. Il m'a toujours fait bénéficier de sa documentation et de ses larges connaissances dans le domaine de l'écologie et des statistiques. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Egalement mes vifs remerciements sont pour **Raphaël Mathevet**, qui m'a fait découvrir le monde merveilleux de la socio-économie et qui malgré ses nombreuses préoccupations, a toujours été disponible pour d'intenses et rationnelles discussions. Je le remercie profondément pour le temps passé sur les corrections, aussi bien de l'article socio-économie que de certaines autres parties de ma thèse.

J'exprime mes profonds remerciements à **Lisa Ernoul** pour m'avoir fait profiter de ses connaissances dans le domaine de la gestion intégrée des zones humides, pour sa joie, sa confiance, son soutien émotionnel et son influence positive sur mon chemin de jeune chercheur.

Mes vifs remerciements sont pour **François Mesleard** pour le temps qu'il m'accorde, l'échange d'idées, la documentation et le partage de son expérience dans le domaine du pâturage en zones humides.

J'adresse toute ma gratitude à **Loïc Willm** qui a guidé mes premiers pas dans l'apprentissage de fonctionnement du GPS.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à **Er-Riyahi Saber** pour son aide précieuse dans l'élaboration des cartes.

Je remercie vivement **Mouhssine Rhazi** pour son aide au niveau des traitements statistiques.

Je remercie les rapporteurs de cette thèse : **Abdellatif Khattabi, Didier Galop, Gabrielle Thiebaut et Rachid Tellal** pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail. Merci également aux autres membres du jury qui ont accepté de juger et d'examiner ce travail.

Je réserve un remerciement chaleureux à **Rachid Cheddadi et Mohammed Louffi** pour l'aide apportée dans les difficultés administratives d'inscription en thèse.

**La population de la province de Benslimane** a aussi grandement participé à la réalisation de ce projet, je pense notamment à la population des communes d'Ain Tizgha, Mwaline Ghaba et Sidi Yahia, qui nous ont ouvert leurs portes et leurs cœurs durant le présent projet.

J'exprime aussi ma gratitude aux ingénieurs des Eaux et Forêts, de la Direction Provinciale de l'Agriculture, du Service de Vulgarisation de la Direction du Centre de Travaux et de Perfectionnement agricole N°10.08 de Benslimane, pour le temps qu'ils m'ont consacré lors de la réalisation des enquêtes.

Mes vifs remerciements sont pour les caïds et les responsables de la préfecture de Benslimane, qui m'ont facilité la tâche durant la réalisation des enquêtes avec la population.

Mes sincères remerciements sont pour **Eric Imbert, Semia Ben Saad-Limam, Amina Daoud-Bouattour, Zeineb Ghrabi-Gammar, Paul Roiron et Ingeborg Soulié-Märsche** pour avoir accepté de donner leur avis sur ce travail lors des réunions des comités de thèse, et pour leurs conseils et critiques constructives.

Je remercie vivement **Florence Daubigny** pour son aide dans la soumission de mon premier article, pour ses encouragements et pour son soutien logistique continu durant mes séjours à la Tour du Valat. Je remercie également **Aline Waterkeyn** pour son aide dans les analyses statistiques avancées et pour les discussions enrichissantes qu'on a eu sur les mares temporaires. Egalement mes vifs remerciements à **Jacqueline Ferrier** pour son accueil chaleureux durant mon passage à l'ISE-M et à **Asaad** pour son aide inestimable et ses encouragements sans limite durant le déroulement de la thèse.

Je n'oublierai pas les aides permanentes reçues du personnel administratif de la Tour du Valat, **Jean Jalbert, Jacqueline Crivelli, Nicole Yaverkovski, Marie-Antoinette Diaz, Mireille, Damien Cohez**...pour leur accueil chaleureux et leurs encouragements qui n'ont jamais fait défaut.

Si on avait le droit d'écrire deux noms sur la page de garde de cette thèse, sans hésitation ça serait ton nom **Btissam Amami**. Durant ces quatorze ans, on a construit une relation au-delà de l'amitié, dans laquelle on a partagé des tristesses mais aussi

beaucoup de joie. Je te remercie, ma sœur, pour ton aide, tes encouragements, ton soutien, ta disponibilité, et j'espère que notre amitié durera longtemps.

Pour leurs encouragements et leur assistance aussi bien matérielle que morale qui m'ont permis de faire cette thèse dans de bonnes conditions, je remercie chaudement, mes parents, ma grand-mère, mes sœurs, mes frères, mon beau-frère Tarik, mon oncle Mehdi et sa famille, mes tantes et leurs familles, ainsi que les familles Dekkar, Zairi, Dilaali, Magueri, Marakkechi, Benfaida et Ouarrak.

Mes sincères remerciements à mes oncles et mes tantes, Abdelkader, Zahra, Bouchra qui ont transformé mes courtes périodes de vacances en moments inoubliables. Sans oublier Chams, à qui je dois bien des moments de joie et qui m'a fait profiter de beaux moments en sa compagnie et m'a fait connaître la civilisation de son magique pays l'Italie. D'autres personnes m'ont encouragé par des gestes d'amitié dont je suis reconnaissante. A titre d'exemple, je citerai Mme Radia Mazini pour ses prières et ses encouragements, Abdelaziz Amami pour son soutien dans plusieurs missions sur le terrain. Egalement mes vifs remerciements à Ikram, Oussama, Amine et la petite Bassouma.

Enfin, une pensée émue pour tous les jeunes gens que j'ai eu le plaisir de côtoyer durant ces quelques années et avec qui j'ai partagé des sourires, une salle, un tea time, de la bibliographie, des courses au marché d'Arles, des excursions dans les Pyrénées, les calanques, les Baux de Provence, etc. : Nargis, Abdennour, Fatiha, Mohamed, Javier, Maria, Di, Joselan, Magui...

Je souhaite enfin remercier mes amis, en particulier Majda Elfennouni, Meryam Gam, Rachid Daoud et Ismail Elmeniani pour leurs encouragements et leur sympathie, et leur souhaite beaucoup de bien.

**« Et voilà, ce qui commence bien finit bien,  
et vive les mares temporaires de mon beau pays : le Maroc ».**

## AVANT-PROPOS

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une convention de cotutelle entre l'Université Hassan II Casablanca (Maroc) et l'Université de Montpellier II (France). Elle a été financée par une bourse d'excellence de recherche CNRST-Maroc (N°C01/012) et a bénéficié de l'appui financier du programme franco-marocain Egide-Volubilis (PHC MA/07-172) et de l'Université Hassan II Casablanca. Elle a été réalisée dans le cadre d'une collaboration entre le Laboratoire d'Ecologie Aquatique et Environnement (Casablanca), le Département Paléoenvironnements et Paléoclimats de l'Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier (ISE-M, UMR 5554), la Tour du Valat (Centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes) et le Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive de Montpellier (CEFE - UMR 5175).

*« Cette thèse représente pour moi une grande aventure dans laquelle je me suis lancée avec un grand vertige, un peu inconsciente des défis qu'elle représentait. À plusieurs reprises, je me sentis confuse devant l'ampleur de la tâche, envahie par le doute, parfois paralysée par la complexité et l'interdisciplinarité de la thèse. J'ai eu d'innombrables nuits d'insomnie et j'ai aussi dû « camper à la périphérie des mares temporaires » pendant plusieurs mois avant d'arriver au centre. Pourtant, ce parcours s'inscrivait directement dans ma trajectoire personnelle, à la rencontre interdisciplinaire de l'écologie et de la sociologie et de la géographie humaine. En tant que biologiste, j'ai toujours gardé une fascination pour l'ampleur avec laquelle l'Homme a influencé les milieux naturels. Aussi, est-ce avec beaucoup d'humilité que j'ai abordé le questionnement de recherche de cette thèse sous un angle socio-écologique.*

*Cette thèse m'a offert l'opportunité d'accompagner la population de la province de Benslimane dans les premières étapes de l'initiation de la gestion intégrée des mares temporaires. En effet, j'ai compris rapidement que la complexité de la problématique des écosystèmes naturels tels que les mares temporaires ne pouvait être abordée que par une approche multidisciplinaire. Cette interdisciplinarité a été un atout qui a permis de rassembler les réflexions de scientifiques de différentes spécialités afin d'assurer une réponse multiscalaire et intersectorielle aux problèmes de ces milieux naturels et garantir leur développement durable, mais elle a été aussi en même temps une source de problèmes en raison des difficultés à lier les deux approches, trouver un vocabulaire commun entre ces deux disciplines et construire un terrain d'entente. La rareté des ressources bibliographiques et la méfiance de la population de la région de Benslimane lors des enquêtes ont constitué un obstacle lors de la réalisation de cette thèse. Toutefois, cette thèse m'a permis d'élargir mes connaissances en écologie, sociologie, géographie humaine et gestion intégrée des zones humides tout en gagnant une maturité d'esprit et une confiance en moi ».*



# Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>5</b>
CONTEXTE HISTORIQUE DE LA CONSERVATION DE LA NATURE .....	7
LES ZONES HUMIDES MEDITERRANEENNES .....	10
CAS D'ETUDE : LES MARES TEMPORAIRES DU MAROC .....	11
1- Les enjeux du développement durable au Maroc .....	11
2- Les mares temporaires .....	13
OBJECTIFS ET STRUCTURATION DE LA THESE .....	15
<b>I. CADRE PHYSIQUE ET HUMAIN DE LA REGION D'ETUDE .....</b>	<b>17</b>
LOCALISATION GEOGRAPHIQUE .....	19
GEOLOGIE .....	19
GEOMORPHOLOGIE .....	21
PEDOLOGIE .....	21
ORIGINE DES MARES .....	22
CLIMAT .....	23
1- Précipitations .....	23
2- Températures.....	25
RESEAU HYDROGRAPHIQUE ET POTENTIALITES HYDROLOGIQUES.....	25
POPULATION ET CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE .....	26
1- Du semi-nomadisme à la sédentarisation de la population de Benslimane .....	26
2- Population de la province de Benslimane .....	27
3- Domaines d'activités de la population .....	27
SECTEUR D'ETUDE .....	28
<b>II. BIODIVERSITE ET ENJEUX DE CONSERVATION DES MARES TEMPORAIRES DE LA REGION DE BENSLIMANE (MAROC OCCIDENTAL).....</b>	<b>31</b>
RESUME .....	33
INTRODUCTION .....	34
MATERIEL ET METHODES .....	36
1- Etude de la végétation.....	36
2- Analyses du sol.....	37
3- Densité des mares .....	37
4- Vulnérabilité des mares aux usages .....	38
5- Analyse des données.....	38
RESULTATS .....	39
1- Effet des facteurs locaux, régionaux et de la vulnérabilité sur la composition de la végétation.....	40
2- Influence de la Vulnérabilité aux usages sur la richesse et l'abondance des espèces .....	41
3- Influence des usages anthropiques sur le cortège des espèces Préférentielles de mares.....	43
DISCUSSION .....	46
1- Facteurs régulant la composition de la végétation des mares .....	46
2- Influence de la Vulnérabilité aux usages sur la richesse des mares .....	48
CONCLUSIONS.....	50
<b>III. IMPACT DU PATURAGE SUR LA RICHESSE ET LA STRUCTURE DES COMMUNAUTES VEGETALES DANS LES MARES TEMPORAIRES DU MAROC OCCIDENTAL .....</b>	<b>51</b>
RESUME .....	53
INTRODUCTION .....	54
MATERIEL ET METHODES .....	55
1- Etude régionale .....	55
2- Etude locale.....	57
3- Mesure de la biomasse .....	58
4- Analyse du sol .....	58
5- Analyses des données .....	58
RESULTATS .....	59
1- Caractéristiques générales des mares.....	60
2- Etude régionale .....	60
3- Etude locale.....	61

4- Biomasse .....	64
DISCUSSION .....	65
1- Effet du pâturage sur les mares au niveau régional.....	65
2- Effet du pâturage à l'échelle locale (intra-communauté).....	67
CONCLUSIONS.....	68
<b>IV. PERCEPTIONS ET MENACES SUR LES MARES TEMPORAIRES DU MAROC OCCIDENTAL</b> .....	<b>69</b>
RESUME .....	71
INTRODUCTION .....	72
OBJECTIFS DE L'ETUDE .....	73
MATERIEL ET METHODES .....	74
1- Enquête Socio-économique .....	74
2- Vulnérabilité, pression et menaces sur les mares temporaires .....	75
RESULTATS .....	77
1- Population locale .....	77
2- Les autorités locales.....	80
3- Evaluation de la vulnérabilité, de la pression et des menaces sur les mares.....	81
DISCUSSION .....	86
1- Perception par la population locale.....	86
2- La Perception des mares temporaires par les autorités locales.....	87
3- La gestion des mares temporaires.....	88
4- Evaluation des menaces .....	89
CONCLUSIONS.....	90
<b>DISCUSSION GENERALE .....</b>	<b>91</b>
L'IMPACT DES USAGES SUR LA COMPOSITION DE LA VEGETATION .....	94
LES PERCEPTIONS DES MARES PAR LA POPULATION ET L'ADMINISTRATION LOCALE .....	96
EVALUATION DES MENACES : OUTILS POUR LA GESTION DES MARES TEMPORAIRES.....	99
VERS UNE GESTION INTEGREE DES MARES TEMPORAIRES DU MAROC ? .....	99
PERSPECTIVES DE L'ETUDE ET RECOMMANDATIONS DE GESTION .....	100
<b>BIBLIOGRAPHIE GENERALE.....</b>	<b>103</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>119</b>

## **Introduction générale**

« Aujourd'hui est une transition entre hier et demain, on chemine, et le développement durable, c'est à la fois la trajectoire et la définition de la direction de cette trajectoire »

*Ignacy Sachs*



La mare temporaire, qu'elle soit dépression, creux de doline, ancienne carrière, abreuvoir, vivier, lieu d'agrément ou bassin pédagogique, est une étendue d'eau de profondeur réduite. Mais c'est également un écosystème saisonnier, une faune et une flore spécifiques, une réserve d'eau domestique pour la famille et le troupeau, une ressource pour le pâturage et la cueillette, un foyer de nuisances, de multiplication de moustiques et d'infections, un bien privé ou public, un lieu symbolique.

La mare temporaire est riche de contradictions, mais présente pour qui s'y intéresse une inestimable valeur esthétique, patrimoniale, culturelle et naturelle. Joyau de la biodiversité méditerranéenne, elle est cependant menacée dans les régions où la démographie progresse et où la mise en culture des terres se développe. Autrefois aménagée, entretenue et exploitée, elle est aujourd'hui comblée, drainée, cultivée, polluée, eutrophisée, surpâturée, ou simplement oubliée, et disparaît inexorablement des paysages, de plus en plus artificialisés. Il est urgent de mieux la connaître pour mieux la reconnaître comme un patrimoine international, mais aussi comme un lieu d'affirmation des solidarités humaines, de coopération et de vie.

Cette thèse ne prétend pas répondre à toutes les interrogations que soulèvent les enjeux de conservation de cet habitat, mais elle souhaite inciter à une réflexion sur la place des mares temporaires dans le développement rural et de la biodiversité dans les choix d'aménagement à l'horizon du développement durable.

## **Contexte historique de la conservation de la nature**

Depuis quelques dizaines de millénaires, l'Homme a influencé de manière significative son environnement, d'abord au Paléolithique, par le feu et la chasse, et depuis le Néolithique, par l'agro-pastoralisme (Vigne 2004, Mazoyer & Roudart 2006). L'expansion des populations humaines a ainsi progressivement entraîné la disparition des mégafaunes (Anthony et al. 2004), l'ouverture de vastes étendues autrefois forestières, et le déclin de très nombreux habitats naturels, incluant les zones humides (Sala et al. 2000, Bonnet et al. 2001, Tiner 2002, MEA 2005, Barnaud 2007, Xie et al. 2010).

L'idée de la protection de la nature a émergé dès l'Antiquité, sur des bases éthiques, philosophiques ou religieuses (Becket et al. 2006). Dans la région méditerranéenne, les sociétés ont d'abord cherché à contrôler l'usage des ressources naturelles, dans le souci de

limiter leur exploitation irrationnelle. L'administration de l'Empire romain a ainsi protégé certains territoires forestiers (code romain), et le régime féodal a créé des réserves forestières et cynégétiques (Coulomb 1994).

La révolution artistique des peintres européens, tels John Constable et Joseph M.W. Turner, qui ont commencé à peindre les splendeurs de la nature au lieu des scènes religieuses ou des portraits, a contribué au changement de la perception de la nature, qui était, auparavant, considérée comme effrayante, intimidante et à dominer (Bourdeau 2004). La préservation de la nature est ainsi progressivement devenue un souci et une caractéristique importante de la culture occidentale (Larrère 2007, <http://www.spacesfornature.org>).

L'exploitation irrationnelle des ressources naturelles en Amérique du Nord par les colons Britanniques a entraîné, dès le début du XIX<sup>e</sup> siècle, la disparition de vastes terres jusqu'alors peu affectées par les populations indigènes de chasseurs-cueilleurs. Ce déclin des espaces naturels a, vers 1870, orienté l'attention des législateurs vers le concept de préservation de la nature sauvage. La création du premier parc national en 1872 (Yellowstone aux USA) reflète la prise de conscience de l'importance de la protection effective de la nature. En Europe, ce n'est qu'après les dégâts engendrés par la deuxième guerre mondiale (1939-1945), que l'on s'est soucié de protéger, de façon comparable, des espaces naturels, et ce processus est encore en cours actuellement dans la plupart des zones tropicales et subtropicales de la planète (Larrère 2007, <http://www.spacesfornature.org>). L'industrialisation de l'Europe et de l'Amérique du Nord, dans la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, a notablement contribué au développement des préoccupations environnementales. Cette prise de conscience trouve paradoxalement sa source dans les colonisations, qui ont à la fois généré la destruction et l'exploitation de territoires, et leur découverte naturaliste et géographique (Marsh 1864, Reclus 1869, Grove 1995).

L'Amérique du Nord a été pionnière dans le domaine de la protection de la nature. Néanmoins, l'histoire de la protection de la nature dans ce continent fut marquée par une dualité philosophique et une rupture entre ses deux fondateurs, John Muir et Gifford Pinchot. La vision conservatrice de Pinchot était fondée sur une utilisation sage, avisée ou raisonnée (*wise use*) des ressources naturelles pour la nation entière, et non pour une minorité d'intérêts privés. Ces considérations étaient contradictoires à la philosophie morale (ou préservatrice) développée par Muir, qui remet en cause la dimension utilitaire de la nature et se base sur une conception plus sentimentale et religieuse, qui s'alimente de la version américaine du romantisme (*wilderness* ; Johnson 1915, Meyer 1997, Smith & Michael 1998, Balogh 2002, Sachs 2006, Larrère 2007).

L'élaboration, en 1964, de la loi-cadre (*Wilderness Act*) qui fixe, pour les USA, les règles de protection de la nature, enregistre la victoire des partisans de la préservation (qui ont participé à son élaboration et à sa rédaction) sur ceux de la conservation de la nature. L'état sauvage y est ainsi présenté en opposition aux espaces dominés par l'homme et à ses œuvres (Roth 1995, Frome 1997, Scott 2001). Au niveau mondial, cependant, c'est le mouvement des « conservationnistes » qui l'a emporté. Dès les années 1950, en effet, l'une des plus grandes ONG internationales de protection de la nature, l'actuelle UICN (Union internationale de conservation de la nature) a changé le « P » (de Préservation) de son sigle par le « C » de Conservation (<http://www.iucn.org>).

En dépit de cette prise de conscience, la priorité donnée à la croissance économique s'est traduite, jusque dans les années 70, par une accélération importante de la destruction des espaces naturels. Ce n'est qu'à partir des années 60, que la médiatisation des problèmes environnementaux à l'échelle planétaire a commencé à sensibiliser les opinions publiques. Concilier la conservation de la nature et le développement économique est alors devenu une priorité internationale (Godard 1994-2006). Plusieurs notions (éco-développement, développement viable, développement durable et gestion intégrée), ont ainsi vu le jour pour tenter d'établir des compromis entre développement économique et conservation de la nature.

Le développement durable acquit une véritable reconnaissance internationale avec la Commission Brundtland (commission mondiale de l'ONU pour l'environnement et le développement créée en 1983), qui l'a défini comme « Un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs » (Rapport Brundtland 1987, Conférences des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement à Rio 1992). Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de « besoins », et plus particulièrement les besoins essentiels des plus démunis à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et le concept de « limitation », qui est lié à l'organisation sociale qui définit la dépendance des sociétés vis-à-vis des ressources environnementales.

Le développement durable implique également une participation active de la population, et en particulier le maintien ou la réintroduction du pouvoir des acteurs locaux dans les pays en développement (Bonnes et al. 1995, Pol 2003). En 1992, le concept de « gestion intégrée », définie comme « *un processus dynamique qui réunit gouvernement et société, sciences et décideurs, intérêts publics et privés dans la préparation et l'exécution d'un plan sur la protection et le développement des systèmes et ressources naturelles* » (Sommet de Rio en 1992 et Agenda 21) a été politiquement légitimé. La gestion intégrée vise à maximiser les

choix à long terme, en mettant l'accent sur les ressources et sur leur exploitation raisonnée et raisonnable. Elle est fondée sur des orientations et des connaissances multiples des réalités locales et régionales, et vise le décloisonnement et l'émergence d'une dynamique associant l'ensemble des parties prenantes à travers une démarche qui emprunte aux registres de l'éthique et de la communication plus qu'à l'expertise. Elle s'appuie sur le renouveau d'une anthropologie appliquée accordant aux populations toute leur place. Une approche de ce type s'ancre dans un pragmatisme d'inspiration américaine ; elle s'efforce d'apporter des réponses concrètes à la complexité des enjeux de long terme (Kalaora & Charles 2000). Cette approche rencontre cependant autant de difficultés que de succès locaux, notamment en ce qui concerne les zones humides du pourtour méditerranéen (Mathevet 2006).

### **Les zones humides méditerranéennes**

Le bassin méditerranéen, espace forgé par l'histoire et la culture, fut le berceau de la civilisation. Il abrite une grande diversité d'espèces et d'habitats (Pearce et al. 1994, Papayannis et al. 1999), caractérisée par un fort taux d'endémisme mais soumise à de nombreuses menaces (naturelles et anthropiques). Ces caractéristiques réunies ont fortement contribué à son identification comme un point-chaud de biodiversité (biodiversity hot-spot ; Médail & Quézel 1997, Médail & Myers 2004). La région méditerranéenne est un territoire fragile, de par son climat fortement contrasté, ses sols sensibles et sa forte croissance démographique. Cette croissance démographique s'accompagne d'une urbanisation rapide (Lavergne 1995) et d'une extension de l'agriculture, qui a occupé, au moins depuis l'époque romaine, d'importantes superficies (Skouri 1993).

Parmi les habitats clés de la région méditerranéenne, se distinguent les zones humides. La convention Ramsar (<http://www.ramsar.org>) les définit comme « *des étendues de marais, de fanges, de tourbières, ou d'eau naturelles, ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salées, y compris des étendues d'eau marine, dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres* ». Les zones humides, qui représentent des zones de transition entre les milieux terrestre et aquatique, comptent parmi les milieux naturels les plus productifs et les plus riches (Ramsar 2008, Castañeda & Herrero 2008). L'Homme bénéficie des multiples fonctions qu'elles assurent, notamment sur les plans hydrologique (piégeage des nutriments et étalement des pics de crue par stockage transitoire de l'eau), climatique (régulation des microclimats et stockage du carbone) et biologique (production primaire et secondaire) (Costanza et al. 1997, King et al. 2000, Mitsch &

Gosselink 2000). Ces fonctions contribuent à divers services, tels que la protection contre les inondations (Hey & Philippi 1995), l'amélioration de la qualité de l'eau (Jeng & Hong 2005), l'alimentation en eau potable et la production agricole (pâturage), piscicole et conchylicoles. Malgré ces fonctions et services indispensables aux sociétés humaines, les zones humides font partie des écosystèmes les plus menacés par les activités anthropiques à l'échelle globale (Lefeuvre 2003), avec un rythme et un risque très élevés de perte de leur biodiversité (MEA 2005). Elles connaissent, depuis plusieurs décennies voire plusieurs siècles, une dégradation intense, aussi bien quantitative que qualitative (Pearce & Crivelli 1994, Tiner et al. 2002). Environ la moitié des zones humides ont déjà été détruites dans la région méditerranéenne (Finlayson et al. 1992, Pearce & Crivelli 1994, Hecker & Tomas 1995, Skinner & Zalewski 1995), et ce déclin très important s'observe également dans d'autres régions, comme par exemple aux Etats-Unis (Britsch & Dunbar 1993). Les zones humides qui subsistent ont beaucoup perdu en qualité et n'assurent plus complètement les différentes fonctions et services qui leur sont associés (Van den Bergh et al. 2001-2004, Simonit et al. 2002, Chopra & Adhikari 2004, Eppink et al. 2004, McKinney & Charpentier 2008).

Le déclin des zones humides est causé par une multitude de facteurs d'ordre naturels (Zhao & Lai 2007, Xie et al. 2010) et anthropiques (Tiner et al 2000, Xie et al. 2010). Pour identifier précisément ces facteurs et les processus qui déterminent leur dynamique, il est nécessaire de mettre en place des approches, basées sur l'analyse de données multi-sources, permettant de saisir la complexité de ces écosystèmes (Saber 2006). Ces approches ont pour vocation d'offrir aux gestionnaires et aux pouvoirs publics un système d'alerte précoce afin de mettre en œuvre des stratégies de conservation adéquates dans le cadre d'un développement durable.

## **Cas d'étude : les mares temporaires du Maroc**

### *1- Les enjeux du développement durable au Maroc*

Le Maroc, pays de la rive sud de la Méditerranée, s'étend sur 710 000 km<sup>2</sup> et est peuplé par près de 30 millions d'habitants (Laouina 2006). L'hétérogénéité spatiale des conditions climatiques et des substrats géologiques explique sa richesse écologique en général, et en zones humides en particulier. Celles-ci présentent une grande variété, depuis les lacs, les rivières (oueds), les tourbières et les sources de montagne, jusqu'au merjas et sebkhas sahariennes (Dakki & Hamzaoui 1998). Le Maroc connaît, depuis quelques années, un développement économique important dans tous les secteurs, avec des répercussions négatives sur la qualité de l'environnement (dégradation des forêts, érosion des sols, perte des

habitats naturels...) (Conseil National de l'Environnement 2009). Lors de la dernière décennie, le Maroc s'est engagé à instaurer les bases du développement durable, afin de répondre aux besoins nationaux en matière de gestion rationnelle des ressources naturelles et d'amélioration du cadre de vie des populations, mais aussi pour honorer ses engagements internationaux, notamment dans le cadre de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Rio, 1992) et du Sommet Mondial de Développement Durable (Johannesburg, 2002).

La politique nationale actuelle en matière d'environnement se construit dans un effort soutenu pour répondre à des exigences internes et externes permanentes. Le Maroc s'efforce de traduire progressivement ses engagements internationaux (bilatéraux, multilatéraux et régionaux) au niveau de sa législation interne. La Stratégie Nationale de Protection de l'Environnement et du Développement Durable, adoptée par le Maroc en 1995, constitue une réponse effective à ces engagements. Cette stratégie a été mise en place afin d'assurer l'équilibre entre les besoins du développement socio-économique et la durabilité des ressources naturelles, tout en améliorant le cadre de vie de la population. De même, le Maroc a ratifié de nombreuses conventions et promulgué un arsenal de lois relatives à l'environnement (*convention sur la biodiversité ratifiée en 1992, convention sur les changements climatiques ratifiée en 1995, adhésion au protocole de Kyoto en 2002, Dahir n° 1-03-59 portant promulgation de la loi n°11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement en 2003, loi sur les aires protégées...*).

Pour faire de la conservation de l'environnement une préoccupation majeure dans les politiques entreprises par le Royaume, une initiative a été lancée en 2009 par Sa Majesté le Roi Mohammed VI. Il s'agit de la « *Charte nationale globale de l'environnement et du développement durable* », qui traduit une volonté politique forte en faveur de l'environnement et du développement durable. Cette charte s'inscrit dans le cadre d'une logique fédératrice, visant à cimenter les initiatives et les efforts entrepris jusqu'à présent en matière d'environnement, pour en faire une action forte et concertée. Toutes les forces vives du pays (individus, associations, entreprises publiques et privées, élus, Etat) sont mobilisées pour concrétiser l'intégration de la protection de l'environnement dans les évolutions en cours pour le développement humain et la croissance économique ([www.charteenvironnement.ma](http://www.charteenvironnement.ma)). Cette initiative fait suite à l'*Initiative Nationale pour le Développement Humain (INDH)*, qui constitue une base pour la protection de l'environnement. Cette initiative, lancée en mai 2005 par le souverain marocain, mobilise tous les acteurs nationaux et rassemble divers programmes de lutte contre la pauvreté, des programmes transversaux d'ingénierie sociale, de

lutte contre la précarité, contre l'exclusion sociale en milieu urbain et contre la pauvreté en milieu rural (<http://www.indh.ma>).

En dépit des efforts consentis au cours des dernières années, le monde rural reste encore caractérisé par la pauvreté et la précarité. Cette précarité est accentuée par le déficit en matière d'infrastructures et de services sociaux de base. Plus des deux tiers de la population marocaine vivent dans le monde rural, avec l'agriculture et l'élevage comme principales sources de revenus (Plan Bleu 2009). Cette forte dépendance de la population rurale à l'agriculture et la demande accrue en terres arables qui en découle met en péril de nombreux écosystèmes naturels, notamment ceux qui sont transformables en terrains agricoles, comme le sont beaucoup de milieux humides temporaires.

## *2- Les mares temporaires*

Les mares temporaires sont des zones humides peu profondes, occupant souvent des dépressions endoréiques qui se remplissent d'eau pendant la période des pluies et s'assèchent en début d'été. Elles sont caractéristiques des régions sous climat méditerranéen (Zedler 1987, Ferren & Fiedler 1993, Grillas et al. 2004). L'alternance de phases d'inondation et d'assèchement favorise l'existence d'un cortège floristique unique, riche et varié (Zedler 1987, Keeley & Zedler 1998, Médail et al. 1998, Grillas et al. 2004, Rhazi et al. 2006). Cette alternance se traduit par une succession cyclique, composée d'une communauté aquatique (hydrophytique) en période inondée, d'une communauté amphibie lorsque la lame d'eau se réduit, et d'une communauté terrestre en période asséchée (Grillas et al. 2004). Ce fonctionnement hydrologique très particulier favorise l'abondance de plantes et d'animaux à cycle court (espèces annuelles). Ces espèces annuelles se caractérisent par une forte plasticité dans leur développement qui leur permet d'accomplir leur cycle de vie même lorsque les conditions environnementales sont peu favorables ou que les conditions favorables sont transitoires (Barbéro et al. 1982).

Au Maroc, les mares temporaires, appelées localement « dayas », sont nombreuses et diversifiées (par la superficie, la profondeur, la forme, les conditions écologiques...). Elles représentent 2% de la superficie totale de la province de Benslimane, au Maroc occidental (Rhazi 2001), où elles constituent un patrimoine d'un très grand intérêt économique, biologique et écologique. Ces habitats hébergent en effet un grand nombre d'espèces végétales et animales rares ou menacées (Rhazi et al. 2001) et assurent une multitude de fonctions et de services aux échelles locale et régionale (Chninigue 1990, Rhazi et al. 2006). L'usage des mares temporaires diffère entre les deux rives du bassin méditerranéen (Grillas et

al. 2004). En Europe, où elles sont actuellement rares et peu utilisées, elles sont souvent protégées ; au Maghreb, en revanche, elles sont encore nombreuses, mais généralement soumises à des pressions anthropiques fortes, qui entraînent leur transformation ou leur destruction complète (Rhazi et al. 2006, Saber 2006). 23 % des mares ont ainsi été détruites sur une période de 50 ans (1955-2001) dans la région de Benslimane (Saber 2006). La petite superficie de ces habitats et leur inclusion dans une matrice paysagère agricole où les pressions anthropiques sont fortes rendent leur conservation difficile (Grillas et al. 2004).

L'installation, le recrutement et la diversité des espèces des zones humides méditerranéennes sont en partie contrôlés par une combinaison de perturbations d'origine interne et externe (Mitsch & Gosselink 2000). La perturbation d'un système écologique est ici définie comme « *tout événement, relativement discret dans le temps, désorganisant la structure de l'écosystème, de la communauté ou de la population, modifiant les ressources, la disponibilité du substrat ou l'environnement* » (White & Pickett 1985). Le stress hydrologique (alternance des cycles de sécheresse-inondation) et les activités anthropiques (incendie, pâturage, drainage, etc.) sont considérés comme les plus importantes perturbations affectant les écosystèmes aquatiques (Quézel 1998, Keddy & Fraser 2000, Grillas et al. 2004, Trémolières 2004, Deil 2005, Bornette et al. 2008). Les activités anthropiques affectent différemment l'installation des espèces au sein des milieux humides (Rhazi et al. 2001, 2006). D'un côté, des activités anthropiques modérées favorisent le maintien d'une biodiversité floristique élevée (Lepori & Hjerdt 2006) par la création de niches de régénération et le recrutement de nouvelles espèces. D'un autre côté, des activités humaines intenses affectent négativement la végétation (Elder & Doak 2006) par la modification irréversible des caractéristiques physiques et biologiques des milieux. Le changement du fonctionnement hydrologique (par drainage ou creusement) et l'accumulation de nutriments en provenance des activités humaines engendrent des modifications de la qualité de l'eau et des caractéristiques pédologiques, et par suite, le changement de la composition et de la dynamique de la végétation des mares (Rhazi et al. 2001, 2006).

Au Maroc, les mares temporaires sont très utilisées (pâturage, récréation, drainage, agriculture...), mais l'impact des pratiques de gestion, d'utilisation et d'aménagement sur leur biodiversité floristique est peu connu (Rhazi et al. 2006, 2009). Le pâturage, qui est l'usage le plus répandu, est souvent considéré comme la cause majeure de perte de biodiversité de ces habitats. Cette affirmation reste cependant hypothétique, et n'est pas fondée sur des travaux scientifiques approfondis. De nombreuses études ont montré que le pâturage par les ovins et bovins permet un maintien de la biodiversité par la consommation directe des espèces

dominantes (Ranwell 1972, Jensen 1985, Bakker 1989, Olf & Ritchie 1998, Sternberg et al. 2000) et la réduction de leur vigueur compétitive (Virtanen 2000). D'un autre côté, un pâturage intense (fortes charges pastorales) réduit la richesse des communautés par une surconsommation de toutes les espèces (Ranwell 1972, Jensen 1985, Bakker 1989, Sternberg et al. 2000). Ces observations exemplifient la théorie des perturbations intermédiaires (Connell 1978), et un pâturage modéré est souvent utilisé comme moyen de gestion pour le maintien ou la restauration de la biodiversité des zones humides (Gordon et al. 1990, Puerto et al. 1990, Mesleard et al. 1991, Vulink 2001, Huyghe 2005, Dumont et al. 2007).

La relation homme-mare temporaire est ainsi relativement mal connue, surtout dans les pays localisés au sud de la Méditerranée. Les études réalisées jusqu'à présent, aussi bien sur la faune (par exemple, Ramdani 1986, Thiéry 1987, Fadli 1987, Metge 1986, Dupuis 1988) que sur la flore (par exemple, Sauvage 1961, Ould Houbéib 1988, Quézel 1998, Nègre 1957, Boutin et al. 1982, Ould Houbéib 1988, Dupuis 1988, Chninigue 1990, Rhazi 1990, 2001) restent insuffisantes pour proposer des recommandations de gestion intégrée de ces habitats. L'ensemble des travaux antérieurs se sont en effet davantage concentrés sur les aspects fonctionnels (Rhazi 2001, Rhazi et al. 2001), la biodiversité (Boutin et al. 1982, Thiéry 1987, Ould Houbéib 1988, Chninigue 1990, Rhazi 2001), la dynamique des communautés (Rhazi et al. 2006, 2009) et la biologie des populations d'espèces rares (Rhazi 2001).

## **Objectifs et structuration de la thèse**

L'objectif général de ma thèse, qui se situe à l'interface de l'Ecologie et des Sciences de l'Homme et de la Société, est l'évaluation des facteurs clés (écologiques et anthropiques) qui régulent la végétation des mares temporaires du Maroc occidental, afin d'en assurer la gestion intégrée et la conservation durable. Pour cela, les objectifs spécifiques sont les suivants :

- (1) Evaluer l'impact des usages anthropiques sur la richesse et la composition de la végétation des mares temporaires de la région de Benslimane (Maroc occidental) ;
- (2) Identifier les différentes perceptions des mares temporaires par la population et l'administration locales, ainsi que les menaces qui pèsent sur ces écosystèmes ;
- (3) Proposer une hiérarchisation des priorités de conservation, ainsi que des méthodes et actions de conservation de ces habitats.

Ces objectifs spécifiques ont été traités en 4 chapitres rédigés sous forme d'articles, publiés ou en cours de publication.

Le **chapitre 1** présente le cadre géographique, physique (géologie, géomorphologie, pédologie, climat...) et humain (démographie, caractéristiques sociales, occupation des sols, secteurs d'activités de la population...) de la région d'étude (province de Benslimane, Maroc occidental).

Le **chapitre 2** identifie les facteurs écologiques et les usages clés contrôlant la richesse et la composition de la végétation des mares temporaires de Benslimane. Cette étape est primordiale pour le développement d'une stratégie de conservation durable des mares. Elle a pour but de préciser les usages qui peuvent coexister avec la biodiversité de ces habitats.

Le **chapitre 3** étudie l'effet du pâturage sur la richesse et la structure des communautés de plantes dans les mares de Benslimane. Ces habitats sont pâturés depuis des millénaires et continueront probablement à l'être dans l'avenir, compte tenu de la croissance démographique à court et moyen terme de la région. Dans ce contexte, il est impératif de comprendre à la fois les impacts positifs et négatifs de cette pratique sur la végétation caractéristique des mares temporaires, afin d'apporter des éléments concrets susceptibles d'aider les décideurs dans la gestion de cette activité.

Le **chapitre 4** adopte une approche couplant l'évaluation et la spatialisation de la vulnérabilité des mares aux usages, de la pression anthropique et des risques de disparition des mares à une enquête socio-économique permettant d'identifier les différentes perceptions de la population et de l'administration locales vis-à-vis des mares. Cette démarche vise à identifier les zones prioritaires en termes de conservation, et à fournir aux gestionnaires des outils de prise de décision quant à la conservation effective de ces habitats, en intégrant la composante humaine.

Enfin, la **discussion générale** analyse les résultats obtenus en les confrontant à la littérature. Elle tente d'apporter des éléments pour la gestion et la conservation durable des mares temporaires de la région de Benslimane, et de proposer des pistes de recherches futures qui permettraient d'améliorer la connaissance de ces écosystèmes.

## **Chapitre I**

### **Cadre physique et humain de la région d'étude**



## Localisation géographique

La province de Benslimane, créée par décret royal n° 2.77.605 du 19 Juillet 1977, tire son nom du saint vénéré M'hamed Benslimane. Le mausolée de ce saint a été bâti sur l'ordre du Sultan Moulay Ismail qui, par Dahir du 22 Rabii II 1332 (16 février 1719), a déclaré une vaste étendue de terrains entourant la Zaouia de Sidi M'hamed Benslimane comme étant sacrée (Fennich 1990). Elle est limitée par la Wilaya de Casablanca et l'océan Atlantique à l'Ouest, la Wilaya de Rabat-Salé au Nord, la Province de Settat au Sud et celle de Khemisset à l'Est (Fig. 1).

La province de Benslimane présente une grande diversité de paysages, parmi lesquels se distinguent :

- les forêts naturelles (de chêne liège et de thuya) et leurs formations et dégradation, occupant 57 900 ha (23,0 % de la superficie totale de la province) ;
- les reboisements (plantations d'eucalyptus et de pins) et les cultures (céréaliculture, arboriculture fruitière, culture maraichère et fourragère...) qui s'étendent sur 133 920 ha (55,8 % de la superficie agricole utile) ;
- les mares temporaires, enfin, qui représentent 2 % de la superficie totale de la province (Rhazi 2001).

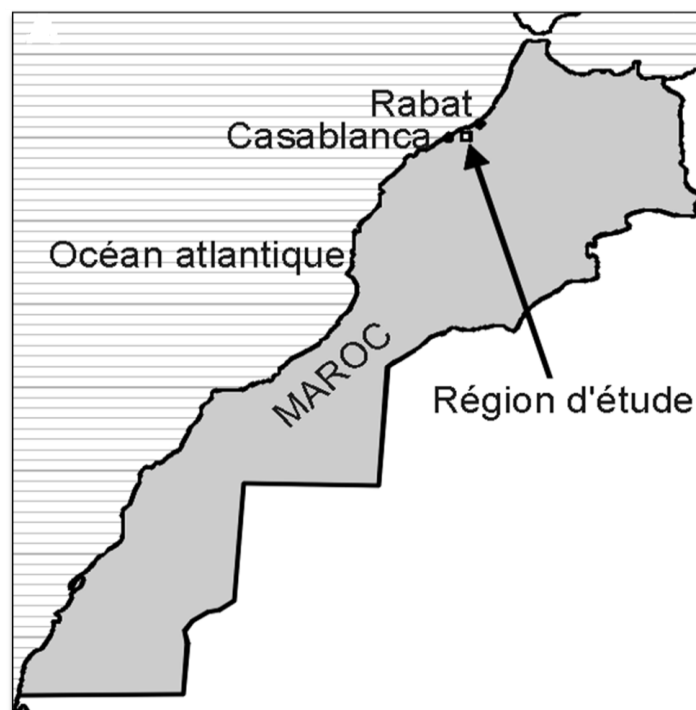
Au niveau de la province de Benslimane, la variété des paysages, l'impact colonial, la structure foncière et la proximité des deux grandes métropoles du pays (Casablanca et Rabat) jouent un rôle important dans le changement des conditions biophysiques et sociales des habitats naturels et de la population de cette région.

## Géologie

La province de Benslimane est caractérisée par un substratum schisto-quartzitique paléozoïque plissé par l'orogénèse hercynienne. Ce substratum affleure en différents points de la province, mais disparaît le plus souvent sous des couvertures mésozoïques et cénozoïques (Beudet 1969). La région montre deux grandes structures principales (Beudet 1969):

- le *synclinorium de Rabat*, situé à l'est de la province de Benslimane, présente une alternance de roches résistantes, essentiellement d'âge carbonifère (quartzites, grès et schistes) ;
- Le *synclinorium de Casablanca*, situé à l'ouest de la province, présente des roches surtout schisteuses, datées du Cambrien et de l'Ordovicien.

Le substratum paléozoïque, qui forme notamment le relief tabulaire de la région de Benslimane, est recouvert au sud et au sud-est de celle-ci par des terrasses calcaires et molassiques emboîtées, respectivement datées du Crétacé, du Miocène et du Pliocène.



**Figure 1.** Localisation de la province de Benslimane, entre les villes de Casablanca et de Rabat, sur la côte atlantique du Maroc

## **Géomorphologie**

La province de Benslimane fait partie de la meseta<sup>1</sup> côtière marocaine et touche à peine l'extrémité ouest de la meseta centrale. Le territoire apparaît comme un ensemble de bas plateaux (schisteux, quartzitiques et calcaires) inclinés vers la côte atlantique et se relevant graduellement vers l'est et le sud jusqu'à atteindre une altitude d'environ 500 m. Les plateaux schisto-quartzitiques sont, en général, recouverts de limons sableux et caillouteux peu épais (Beaudet 1969), qui laissent par endroit affleurer de petits reliefs quartzitiques appelés skhours<sup>2</sup>. Les plateaux calcaires, qui se localisent au sud-ouest de Benslimane, sont légèrement ondulés dans la partie sud, en contact avec la meseta centrale. Du point de vue lithologique, on y rencontre des calcaires crétacés, des molasses, miocènes et des calcaires lacustres pliocènes, reposant en discordance sur les schistes et les quartzites paléozoïques (Zimmermann 1917, Destombes & Jeannette 1966). La surface de ces bas plateaux (schisto-quartzitiques et calcaires) est parsemée de centaines de mares temporaires, qui diffèrent en taille et en forme.

Les différents plateaux sont séparés par des vallées encaissées et bordés dans la région littorale par des cordons dunaires plus au moins consolidés (Beaudet 1969, Ghanem 1978). Les reliefs accidentés et les vallées se localisent principalement à l'est et au sud-est de la province de Benslimane. Les terrains tendres du Trias et les schistes paléozoïques y sont entaillés par les vallées profondes des principaux oueds de la région : l'oued Mellah, l'oued Nefifikh et l'oued Cherrat (Beaudet 1969). Les cordons dunaires fossiles forment des reliefs peu élevés parallèles à la côte atlantique, et sont constitués de grès calcaires fortement lapiazés, généralement recouverts d'une couche d'argile rouge et de sable (Destombes & Jeannette 1966, Beaudet 1969).

## **Pédologie**

Les caractéristiques pédologiques de la région étudiée sont liées à la prédominance de roches non calcaires neutres (schistes) ou acides (granites). Les principales unités pédologiques de la province sont les vertisols (tirs et sols tirsifiés, couvrant 25 % de la superficie de la province), les sols fersialitiques méditerranéens (21 %), les sols hydromorphes (ferrosols, avec 28 %) et

---

<sup>1</sup> Mesa ou meseta : mot d'origine espagnole désignant des plateaux à surface tabulaire dans la péninsule ibérique et au Maroc.

<sup>2</sup> Sakhra ou sakhret (pl. skhours) : mot d'origine arabe désignant un chicot rocheux dominant une étendue plane.

les sols à minéraux bruts et peu évolués (19 %) ; les sols calcimagnésiques, isohumiques et brunifiés ne représentent que de faibles superficies (Ghanem 1978).

Les sols hydromorphes, sur lesquels se développent les mares temporaires, présentent une discordance texturale, avec un horizon superficiel limoneux ou sableux et un horizon argileux en profondeur. L'hydromorphie de ces sols et la formation d'une nappe d'eau temporaire près de la surface résultent de l'imperméabilité du substratum schisteux ou quartzitique. Ces sols présentent une évolution dominée par la présence d'eau dans la totalité des pores du profil pendant une période de l'année (Duchaufour 1970). La succession de périodes d'anaérobiose et d'aérobiose se traduit par la formation de gley et de pseudo-gley dans les horizons inférieurs. Ces processus répétés au cours du temps entraînent une forte libération de sesquioxides de fer et de manganèse, puis leur accumulation et leur induration sous forme de pisolites, qui, après agrégation, forment une carapace ou une cuirasse ferrugineuse imperméable. Il en résulte la formation d'horizons d'accumulation d'oxydes de fer et de manganèse pédro-ferrique qui affleurent rarement en surface.

## **Origine des mares**

Les études géomorphologiques réalisées sur la meseta côtière (Beaudet 1960, Destombes & Jeannettes 1966) ont permis de distinguer trois types de mares, présentant des origines différentes :

- Les mares d'origine karstique sont très fréquentes au sud de Benslimane, sur les plateaux de calcaire crétacé surmontant le substratum paléozoïque. Leur présence est liée à la dissolution karstique et à l'effondrement de dolines.
- Les mares de barrage dunaire sont localisées sur le littoral atlantique, où les dunes consolidées constituent des obstacles à l'écoulement des petits cours d'eau (Destombes & Jeannette 1966). Ces mares sont abondantes dans les sillons inter-dunaires.
- Les mares de bouchage colluvial, enfin, s'organisent en chapelets au nord-ouest de la ville de Benslimane, sur les roches schisto-quartzitique du socle paléozoïque. Une cuirasse ferrugineuse pisolithique en tapisse souvent le fond. Ces mares sont issues de la désorganisation d'un ancien réseau hydrographique, liée à une rupture d'équilibre morphoclimatique à la fin du Pléistocène inférieur (*Salétien*). Cette rupture d'équilibre provoqua la mobilisation des dépôts de versants sous forme colluviale, entraînant ainsi une fragmentation des vallons en une série de dépressions endoréiques. Les mares sont

encore reliées entre elles par des chenaux peu incisés (Beaudet 1969). Metge (1986) confirme l'ancienneté de l'origine des mares (par bouchage colluvial ou dissolution karstique), mais montre en outre que la dynamique et la morphogenèse de certaines mares des plateaux paléozoïques sont sous la dépendance de phénomènes actuels liés à l'évolution régressive de la subéraie. Selon cet auteur, le pâturage en forêt serait susceptible d'engendrer la création de clairières, puis d'en modifier la structure des horizons superficiels par piétinement et compaction, les rendant ainsi aptes à l'accumulation d'eau superficielle.

Un travail récent (Amami thèse en cours), réalisé sur une mare temporaire du plateau de Benslimane et combinant la palynologie, la sédimentologie et la datation de la matière organique au  $^{14}\text{C}$ , a mis en évidence le remplissage sédimentaire holocène (5000 ans) de ces dépressions. Leur origine étant datée du milieu du Pléistocène (entre 1 million et 700 000 ans), ce remplissage récent (à l'échelle des temps considérée) suggère un déséquilibre d'origine anthropique (Néolithique) des équilibres morpho-sédimentaires qui avaient permis le maintien des dépressions sur plusieurs centaines de milliers d'années. Le taux de sédimentation calculé pour les derniers 5000 ans permet de prévoir un comblement des mares dans les 3000 ans à venir si le contexte paysager ne change pas, et sans doute beaucoup plus rapidement (quelques siècles) si la dégradation du couvert végétal continue ou s'amplifie.

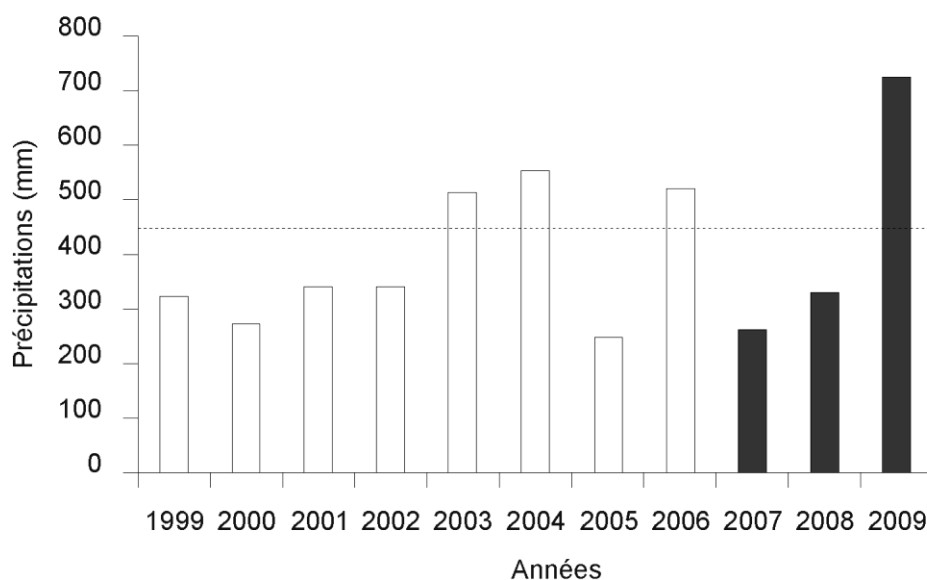
## **Climat**

Les précipitations et les températures influencent fortement les composantes biotiques (flore et faune) et abiotiques (cycle hydrologique) des mares temporaires (Kelley & Zedler 1998). Le bioclimat de la région d'étude est semi-aride à hiver tempéré, avec des précipitations moyennes de 450 mm/an et des températures moyennes minimales de 7,5°C et maximales de 29,5°C (période 1960-1990 ; Zidane 1990).

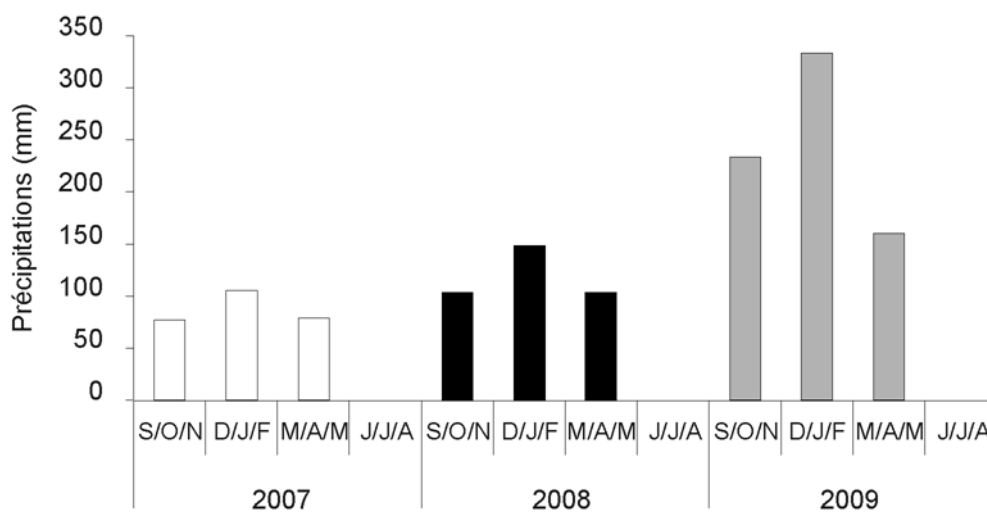
### *1- Précipitations*

Sur une période de 11 ans (1999-2009), la station météorologique de Benslimane a enregistré une forte irrégularité interannuelle des précipitations avec un maximum de 724,2 mm et un minimum de 247,9 mm (Fig. 2). Les précipitations présentent également une variabilité saisonnière, avec un maximum en hiver (décembre, janvier, février) et un minimum en été (juin, juillet, août). Le régime pluviométrique saisonnier est de type HPAE (Hiver-Printemps-Automne-Eté).

La période d'étude fut globalement sèche, avec des totaux pluviométriques annuels (calculés entre septembre et août) de 115,0 mm (2006-2007), 271,0 mm (2007-2008) et 724,2 mm (2008-2009). Seule la troisième année dépassa la moyenne pluviométrique régionale, les deux autres n'en recevant respectivement que 25 et 60 % (Fig. 3).



**Figure 2.** Variation des précipitations annuelles (mm) à Benslimane sur la période 1999-2009. Les années d'étude sont noircies. La moyenne pluviométrique sur la période considérée est indiquée par une ligne en pointillée. Les précipitations annuelles sont calculées entre janvier et décembre (source : station météorologique de Benslimane).



**Figure 3.** Variation saisonnière des précipitations (mm) à Benslimane, durant les trois années d'étude (2007-2009) (source : station météorologique de Benslimane).

La quantité d'eau « efficace » nécessaire à la recharge des sols, évaluée pour la région étudiée à 100 mm/an (Metge 1986), a été respectivement atteinte en décembre 2007, en novembre 2008 et en octobre 2009 (Tab. 1). Les faibles quantités de pluies furent cependant insuffisantes en 2007 pour permettre la mise en eau des mares (11 mois de sécheresse). En revanche, les hauteurs de pluie enregistrées en 2008 et en 2009 furent suffisantes pour la recharge des sols, et permirent la mise en eau de quelques mares en 2008 et de toutes les mares de la province de Benslimane en 2009.

**Tableau 1.** Cumul mensuel des précipitations (mm) à Benslimane durant les trois années d'étude (S : septembre ; O : octobre ; N : novembre ; D : décembre ; J : janvier). La date de recharge du sol (correspondant à un cumul de pluies > 100mm) est indiquée en gras, et le nombre de mois secs correspond au nombre de mois pour lesquels  $P < 2T$  (source : station météorologique de Benslimane).

Année	Total annuel (mm)	Cumul des précipitations (mm)					Nombre de mois sec
		S	S-O	S-N	S-D	S-J	
2007	261	21,5	61,4	76,8	<b>103,0</b>	134,1	11
2008	329,4	0,5	24,7	<b>104,4</b>	130,6	207,2	11
2009	724,2	29,6	<b>115,0</b>	232,7	325,4	455,6	5

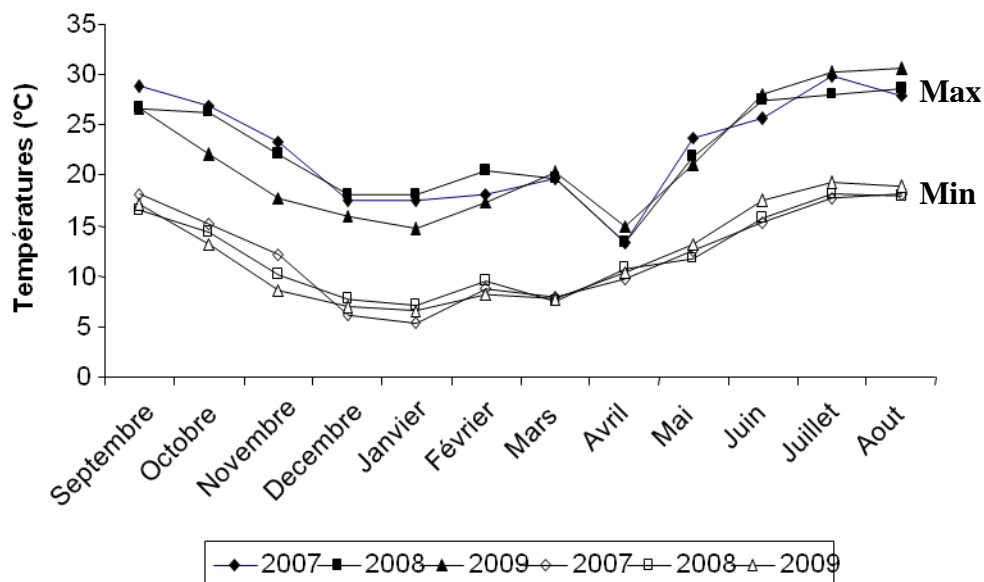
## 2- Températures

L'analyse des températures minimales et maximales moyennes de Benslimane montre que le mois de janvier fut le mois plus froid des 3 années d'étude, avec des températures moyennes respectives de 5,3, 7,1 et 6,6°C et que le mois d'août fut le mois le plus chaud, avec des températures moyennes respectives de 18,1, 17,9 et 18,9°C (Fig. 4).

## Réseau hydrographique et potentialités hydrologiques

Les ressources en eau courante et souterraine dans la province de Benslimane sont relativement faibles. Trois principaux oueds fortement encaissés (oueds Mellah, Nefifikh et Cherrat) drainent la région. Ils sont grossièrement parallèles, et se jettent dans l'océan Atlantique. Ils coulent quasi-perpendiculairement au rivage et recourent le plus souvent les structures paléozoïques. Les nappes phréatiques se trouvent à 7 mètres de profondeur sur le littoral et à des profondeurs variant entre 20 et 30 m à l'intérieur de la province. Elles sont peu importantes et ne permettent pas de couvrir les besoins en eau de la population et du cheptel pendant les périodes estivales. En bordure des dayas, la profondeur de la nappe varie entre 1 et 2 mètres environ. Des jaillissements de cette nappe alimentent un certain nombre de sources,

dispersées dans la région. Il existe enfin dans les zones intérieures un certain nombre de puits dont les débits sont compris entre 0,2 et 2,0 litres/s ; ils sont toutefois peu nombreux et ne permettent l'irrigation que de faibles superficies.



**Figure 4.** Variation mensuelle des températures minimales et maximales (°C) à Benslimane au cours des trois années d'études (2007-2009) (source : station météorologique de Benslimane).

## Population et contexte socio-économique

### *1- Du semi-nomadisme à la sédentarisation de la population de Benslimane*

Le semi-nomadisme était fréquent au début du siècle dernier au niveau de la région de Benslimane en raison de sa vocation pastorale et de la prédominance, entre les oueds Cherrat et Nefifikh, de grandes étendues de végétation naturelle forestière (Reffas 1980). Les tribus profitaient de la complémentarité des ressources entre le littoral et le plateau intérieur, et se déplaçaient pour le pâturage sur de courtes distances n'excédant généralement pas 20 km. La rivalité entre tribus voisines était extrêmement violente : des tribus ont été chassées de leur territoire pour le pâturage.

Actuellement, la population est essentiellement sédentaire. Les principaux facteurs ayant contribué au recul du semi-nomadisme dans la région de Benslimane sont : (1) l'explosion démographique, accompagnée d'une extension de l'agriculture au détriment du pâturage, (2) l'acquisition par les colons de grandes exploitations sur le littoral, autrefois recherchées pour

le pâturage d'hiver, et (3) la réglementation des zones de parcours forestiers, suite à la mise en place des services des Eaux et Forêts par l'état (Reffas 1980).

## *2- Population de la province de Benslimane*

La population de la province de Benslimane, qui était de 138 437 habitants en 1982, est passée à 180 300 habitants en 1994, pour atteindre 197 704 habitants en 2004 (selon le RGPH<sup>3</sup> 2004). La densité de la population, qui est de 83,0 habitants/km<sup>2</sup>, est inférieure à la densité moyenne de la population rurale au Maroc, qui est de 147,7 habitants/km<sup>2</sup>. Le taux d'analphabétisme, de 42,4 %, est relativement élevé. La main-d'œuvre dans le domaine agricole est composée de 80,1 % d'hommes et de 19,9 % de femmes (Anonyme 2009).

## *3- Domaines d'activités de la population*

### *a. Agro-pastoralisme*

L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités de la population de Benslimane. La surface agricole utile (S.A.U.) représente 55,8 % de la superficie de la province, soit environ 133 920 ha (3 767 ha irrigués et 130 153 ha bour<sup>4</sup>) répartie sur 14 033 exploitations agricoles. L'élevage, essentiellement extensif, occupe encore une place importante dans le système de production agricole (Anonyme 2009).

### *b. Industrie*

La situation géographique de la province de Benslimane, sur l'axe le plus industrialisé du Royaume (Kénitra - El Jadida), attire un nombre important d'investissements. L'existence de bonnes infrastructures d'accueils et la proximité des deux grandes agglomérations du pays (Casablanca et Rabat) font également de cette province une destination de choix. L'industrialisation au niveau de la province a connu une évolution à partir de 1998, avec la publication d'une nomenclature des activités industrielles non polluantes susceptibles d'être implantées localement. Le tissu industriel englobe actuellement quelques unités dispersées dans les différentes communes, comme par exemple, les carrières localisées à l'est de la province, du côté de l'oued Cherrat (Anonyme 2009).

### *c. Commerce*

Le système commercial de la province de Benslimane est caractérisé par deux composantes bien distinctes : le commerce diffus, localisé en milieu urbain, et le commerce soukier,

---

<sup>3</sup> RGPH : recensement général de la population et de l'habitat

<sup>4</sup> Bour : nom masculin singulier, qui désigne, au Maroc, une zone de culture sèche.

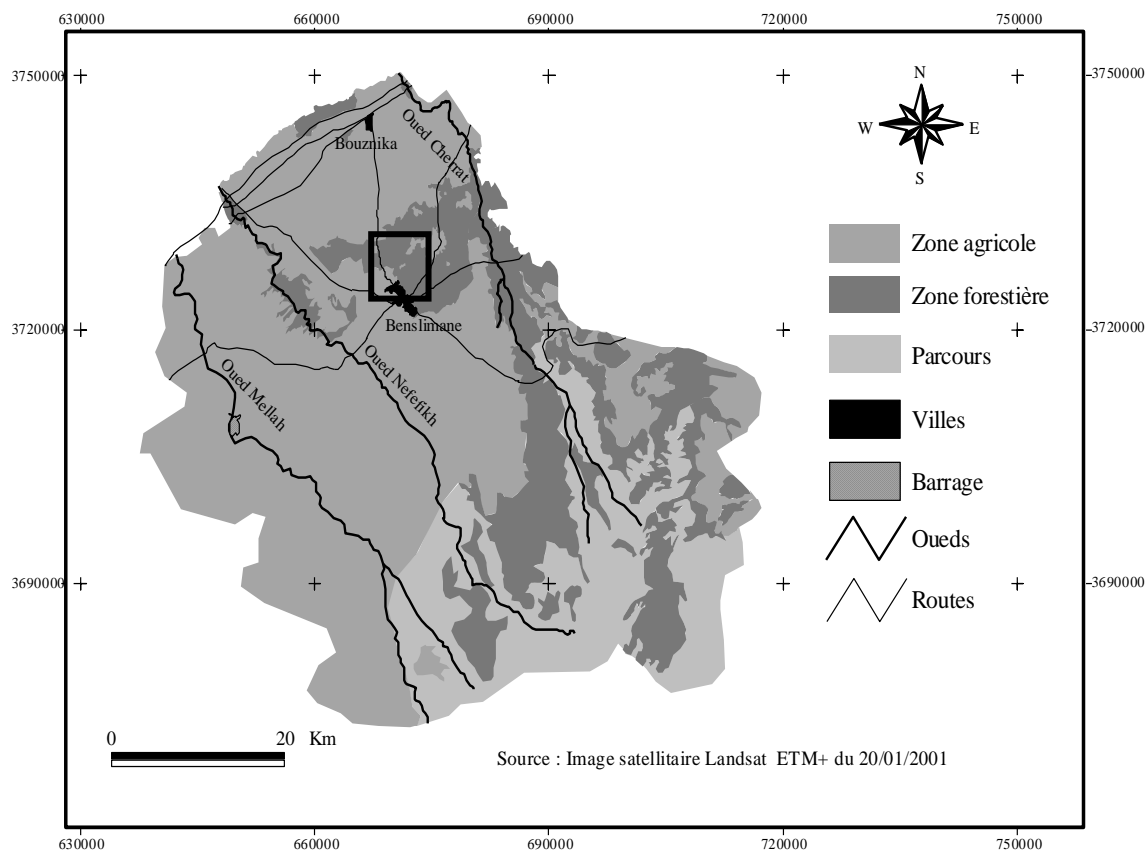
largement répandu en milieu rural. Ce dernier permet à la population locale de commercialiser les produits agricoles et d'élevage, afin de satisfaire aux besoins domestiques (Anonyme 2009).

### **Secteur d'étude**

Dans le cadre de ce travail, une zone d'étude d'une superficie de 7300 ha a été délimitée au niveau de la province de Benslimane (Fig. 5). Elle comporte les trois municipalités de la province (Aïn Tizgha, Mwaline El Ghaba et Ouled Yahia Louta), où la concentration des mares temporaires est la plus importante (230 mares temporaires).

La zone d'étude reflète la diversité sociale et biophysique de la province. En effet, elle englobe tous les traits sociaux de la population de Benslimane, et comporte de nombreuses mares variables par la taille, l'usage, la nature du bassin versant environnant, la structure foncière, et les caractéristiques écologiques (hydropériode, qualité des eaux, qualité du sol...).

Ces mares constituent un refuge pour une biodiversité floristique et faunistique remarquable (Thiéry 1987, Rhazi et al. 2001, 2009). Elles possèdent une valeur d'usage importante pour la population locale qui les utilise pour le pâturage et l'agriculture, et comme abreuvoirs et lavoirs (Rhazi et al. 2001). Ces usages sont susceptibles d'induire des changements plus au moins importants dans la composition des communautés de ces habitats. Les mares temporaires constituent ainsi de bons modèles pour étudier les relations Homme-Nature et l'effet de ces relations sur la valeur biologique des habitats naturels et les causes sociales de leur déclin.



**Figure 5.** Occupation des terres dans la province de Benslimane (réalisation : E. Saber, 2009). Le rectangle noir indique la zone sélectionnée dans le cadre de la présente étude.



## **Chapitre II**

### **Biodiversité et enjeux de conservation des mares temporaires de la région de Benslimane (Maroc occidental)**



## Résumé

La région de Benslimane est caractérisée par une grande densité de mares temporaires contribuant fortement à la biodiversité régionale. Elles sont soumises à de grandes pressions d'usage (pâturage, agricultures...), qui affectent leurs caractéristiques locales (hydrologie, chimie du sol...) et leurs composantes biotiques (flore et faune). La composition de la végétation de ces habitats est le résultat de l'interaction de divers facteurs d'importance variable.

Afin d'évaluer les facteurs clés déterminant la richesse et la composition de la végétation des mares de cette province, des relevés de végétation, des mesures de caractéristiques locales (hauteur d'eau, nature physico-chimique du sol) et régionales (densité des mares dans le paysage), ainsi qu'une évaluation de la vulnérabilité aux usages, ont été réalisés sur un échantillon de 32 mares temporaires durant un cycle hydrologique (2008-2009).

Les résultats des analyses multivariées (ADR) et univariées (ANOVA, Kruskal-Wallis) montrent une prédominance des facteurs locaux, avec un effet significatif des facteurs régionaux et de la vulnérabilité des mares aux usages dans le recrutement des espèces associées aux mares temporaires. Les activités anthropiques affectent différemment la richesse en espèces Préférentielles : certains usages en particulier sont compatibles avec le maintien d'une grande richesse floristique de ces habitats.

*Mots clés : Habitats temporaires, Facteurs locaux, Facteurs régionaux, Vulnérabilité, Richesse spécifique, Communauté végétale*

## **Introduction**

Les zones humides assurent de nombreuses fonctions d'ordre hydrologique (en contribuant au maintien et à l'amélioration de la qualité de l'eau et au contrôle des crues) et climatique (en participant à la régulation des microclimats et au stockage du carbone). Elles assurent également des fonctions biologiques majeures (production primaire et secondaire) par l'intermédiaire de leur biodiversité floristique et faunistique unique (Costanza et al. 1997, King et al. 2000, Mitsch & Gosselink 2000). Ces fonctions contribuent à divers services pour les populations humaines, tels que la protection contre les inondations (Hey & Philippi 1995), l'amélioration de la qualité de l'eau (Jeng & Hong 2005), l'alimentation en eau potable, et la production agro-pastorale, piscicole et conchylicole. En dépit de ces multiples intérêts, les zones humides comptent parmi les écosystèmes les plus menacés de la planète (Lefeuvre 2003), avec de forts risques de perte de leur biodiversité à court et moyen termes (MEA 2005).

Les mares temporaires méditerranéennes sont des dépressions endoréiques, caractérisées par une alternance de phases inondées (hivernales) et sèches (estivales). Elles hébergent une très forte biodiversité, marquée par un nombre important d'espèces rares et menacées (Médail et al. 1998, Quézel 1998, Rhazi et al. 2001, Grillas et al. 2004). Le fort niveau de menace qui les caractérise est essentiellement lié à leur petite taille (qui facilite leur comblement et leur transformation), à l'intensification des usages et à leur localisation, généralement au sein de matrices paysagères où les pressions humaines sont importantes et croissantes (Grillas et al. 2004). La richesse, la composition et la distribution de la végétation des zones humides temporaires sont contrôlées par des interactions complexes entre divers facteurs naturels (Gibbs 1993, Holland et al. 1995, Semlitsch & Bodie 1998, Dahl 2000) et anthropiques (Deil 2005). La connaissance de la contribution de chacun de ces facteurs est primordiale, d'une part, pour la compréhension des patrons de biodiversité, et d'autre part, pour le développement de stratégies de conservation et d'exploitation durable de ces milieux (Kiflawi et al. 2003). Les paramètres hydrologiques et pédologiques constituent les principaux facteurs locaux contrôlant la biodiversité floristique des mares temporaires (Keeley & Zedler 1998, Quézel 1998, Grillas et al. 2004, Deil 2005). Les plantes caractéristiques de ces habitats sont en effet adaptées à l'alternance de phases sèches et humides, et aux variations de l'hydropériode (durée de l'inondation, dates de mise en eau et d'assèchement) (Zedler 1987, Keeley & Zedler 1998, Médail et al. 1998, Grillas et al. 2004, Rhazi et al. 2006). La nature et les caractéristiques physiques du sol (taille des particules, disponibilité des nutriments,

conductivité, pH et humidité) jouent également un rôle important dans la distribution et l'installation des espèces dans les mares temporaires (Lathrop 1976, Bauder 1987).

Les facteurs régionaux, liés par exemple à la densité des mares dans le paysage environnant, influencent également la richesse en espèces caractéristiques de ces milieux. Il existe en effet une relation entre la densité de zones humides dans le paysage et la richesse en espèces caractéristiques (Amezaga et al. 2002). Les communautés caractéristiques de ces habitats, isolées au sein de matrices paysagères forestières ou agricoles, sont connectées par des processus de dispersion et de migration (Amezaga et al. 2002, Vanschoenwinkel et al. 2007). La connectivité inter-mares est assurée par divers vecteurs de dispersion, tels que l'eau (en périodes d'inondation) pour les espèces à graines flottantes (Michels et al. 2001, Van den Broek et al. 2005, Hulsmans et al. 2007), le vent pour les petites graines munies d'ailes ou de poils (Fenner 2000, Bullok et al. 2002, Bacles et al. 2008, Cousens et al. 2008, Soons et al. 2008) et les animaux (herbivores, oiseaux d'eau, amphibiens) par exo- ou endozoochorie (Bohonak & Whiteman 1999, Fenner 2000, Figuerola & Green 2000, Michels et al. 2001, Green & Figuerola 2002, Hulsmans et al. 2007, Cousens et al. 2008, Soons et al. 2008).

La disponibilité des propagules détermine, en partie, la composition et la richesse des communautés (Foster & Tilman 2003, Foster & Dickson 2004). Le flux des propagules dispersées diminue généralement rapidement avec la distance à la source (Hanski 1994, Amezaga et al. 2002, Vanschoenwinkel et al. 2007). La dispersion peut être limitée à diverses échelles spatiales par des barrières naturelles, telles que les écosystèmes terrestres (forêts, prairies...) et les obstacles physiques (montagnes, mers...), ou des barrières artificielles, telles que les zones urbanisées ou les routes (Jacobs & Wilson 1996, Jenkins & Buikema 1998).

Les perturbations liées aux activités humaines conduisent souvent à des modifications des caractéristiques fonctionnelles des mares (eutrophisation, régime hydrologique,...), susceptibles d'affecter la composition de la végétation en favorisant les espèces opportunistes, dotées d'une grande plasticité, et en réduisant les espèces à exigences écologiques plus strictes (Rhazi et al. 2001, Crosslé & Brock 2002). L'augmentation de l'intensité et de la fréquence des pressions d'usage pourrait ainsi entraîner des extinctions locales, et donc la réduction de la richesse spécifique (Rhazi et al. 2001).

Dans la région méditerranéenne, le Maroc se distingue par une grande densité de mares temporaires (Beudet 1969, Thiéry 1987, Grillas et al. 2004). Ces habitats présentent un très grand intérêt biologique et écologique, en raison du grand nombre de plantes rares et menacées qu'ils abritent (Sauvage 1961, Quézel 1998, Grillas et al. 2004). Les mares

temporaires du Maroc sont cependant soumises à de fortes pressions anthropiques : elles sont en effet très utilisées pour le pâturage, la récréation, l'approvisionnement en eau, le lavage du linge, et sont souvent transformées totalement ou partiellement par l'agriculture ou l'urbanisation (Rhazi et al. 2006, Saber 2006). La réponse des différentes espèces à ces usages varie en fonction de la nature et de l'intensité des perturbations (Grime 1985, Airoldi 1998), et de leur tolérance à ces perturbations (Barrat-Segretain et al. 1998, Rhazi et al. 2006, Olesen & Madsen 2008, Bouahim et al. 2010). Différentes stratégies (traits d'histoire de vie), parmi lesquelles le caractère annuel, la production de nombreuses graines de petite taille (Fenner 2000, Jakobsson & Eriksson 2000, Coomes & Grubb 2003), la limitation de la germination par la dormance des graines (Bonis 1993), la hauteur et le port des plantes, et la présence d'épines et d'essences aromatiques, leur permettent de s'adapter et/ou d'échapper aux perturbations (Lavorel & Garnier 2002).

Dans un objectif de gestion et de conservation durable des mares temporaires du Maroc occidental, la présente étude a pour objectif d'évaluer les facteurs clés qui déterminent la richesse et la composition de leur végétation. Les principales questions posées sont :

- 1- Quels sont les facteurs locaux et régionaux qui déterminent la composition de la végétation des mares temporaires du Maroc occidental ?
- 2- Quelles sont les activités anthropiques qui affectent l'abondance et la richesse spécifique des mares ?

## **Matériel et méthodes**

### *1- Etude de la végétation*

Sur un total de 101 mares (62 en milieu forestier et 49 en milieu agricole) recensées dans un secteur de 7300 ha autour de la ville de Benslimane, 32 mares ont été sélectionnées (16 en milieu forestier et 16 en contexte agricole). Chaque mare a fait l'objet de deux visites (février et mai 2009), au cours desquelles des relevés phytosociologiques (Braun-Blanquet 1932, Kent & Coker 1992) ont été réalisés sur des placettes homogènes de 64 m<sup>2</sup>. La composition spécifique de la végétation variant fortement au sein de chaque mare le long du gradient hydrologique (Wilson & Keddy 1985, Lenssen et al. 1999, Rhazi et al. 2001), deux relevés ont été réalisés par mare, l'un au centre et l'autre à la périphérie. Les hauteurs d'eau ont été systématiquement mesurées.

La végétation de chaque mare a été caractérisée par la richesse spécifique totale (nombre total d'espèces recensées en cumulant les observations des 2 relevés aux 2 dates), le nombre d'espèces Préférentielles, d'espèces Opportunistes et d'espèces Rares. Les espèces Préférentielles sont définies comme les plantes aquatiques et amphibies au sens large, plus ou moins strictement inféodées aux mares temporaires (Chevassut & Quézel 1956, Nègre 1956, Médail et al. 1998, Rhazi et al. 2006, 2009). Les espèces Rares sont des espèces Préférentielles, avec un intérêt patrimonial particulier pour le Maroc (Fennane & Ibn Tattou 1998). Les espèces Opportunistes, sont définies comme les plantes terrestres, généralement fréquentes dans les milieux forestiers et agricoles régionaux (Maire 1952-1987, Fennane et al. 1999, 2007), qui pénètrent dans les mares temporaires pendant la phase sèche. Aucune espèce à valeur patrimoniale n'a été trouvée parmi les espèces Opportunistes.

Les abondances totales des espèces Préférentielles, Rares et Opportunistes ont été calculées pour chaque mare comme la somme cumulée des abondances des espèces de chaque catégorie.

## *2- Analyses du sol*

Dans chacune des 32 mares, le sédiment a été analysé sur deux échantillons (dix premiers centimètres du sol), prélevés respectivement au centre et à la périphérie, à proximité immédiate des placettes de relevé de végétation. Les paramètres étudiés étaient le pH, la granulométrie, la matière organique, l'azote total, la salinité totale et le phosphore assimilable. L'analyse granulométrique a été effectuée par la méthode « Bouyoucos » (Black et al. 1985). Le pH du sédiment a été mesuré au pH-mètre sur une suspension de terre fine, le rapport terre/eau distillée étant égale à 1/2,5. La salinité totale du sédiment a été mesurée par conductivité électrique (Philipps PR 9801) d'une solution aqueuse sol/eau bi-distillée (1/5) après agitation pendant 1 heure (150 tours/mn) (Black et al. 1985). Les protocoles de Page et al. (1984) ont été suivis pour le dosage du carbone organique (méthode de Anne), des formes du phosphore (Olsen) et de l'azote total (Kjeldahl).

## *3- Densité des mares*

Afin d'étudier l'influence des facteurs régionaux sur la richesse spécifique des 32 mares, un Système d'Information Géographique (SIG) a été utilisé pour compter le nombre de mares présentes dans des rayons croissants autour de chacune des mares (10, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 1000 et 1500 m). Cette mesure de densité permet d'évaluer le degré potentiel de connectivité entre les mares au sein du paysage.

#### 4- Vulnérabilité des mares aux usages

Les différents usages ont été inventoriés pour chacune des mares étudiées, afin d'évaluer leur vulnérabilité. La Vulnérabilité est définie comme le degré auquel un système est susceptible d'être affecté négativement par les effets des changements globaux, particulièrement ceux d'origine humaine (Turner et al. 2003, Schröter et al. 2004). Elle a été calculée pour chaque mare en utilisant les différents usages identifiés (pâturage, récolte de plantes médicinales, pompage d'eau, activités de loisir, activités domestiques, mise en culture, urbanisation...). Des indices de Vulnérabilité ont été attribués à chacun des usages (Tab. 1) en se basant sur des jugements d'experts, suivant l'approche adoptée par Schmoldt & Peterson (1997-2000), Schroter (2001) et O'Connor (2009). Les indices attribués ont été élaborés par consensus suite à des interviews directes avec des scientifiques expérimentés en écologie des mares temporaires et en socio-économie des milieux naturels (Lisa Ernoul, Patrick Grillas, Raphaël Mathevet, François Mesleard, Laila Rhazi). La valeur de l'indice (0-5) augmente avec l'impact de l'usage, et a été majorée de « + 0,5 » pour les petites mares, en partant du principe que la vulnérabilité des mares est inversement proportionnelle à leur surface (Koellner 2000, Weidema & Lindeijer 2001) (Annexe 1).

La Vulnérabilité totale ( $V_t$ ) de chaque mare (1) a été calculée comme la somme des indices de Vulnérabilité ( $V_i$ ) attribués à chaque usage recensé dans la mare.

$$V_t = \sum V_i$$

$V_t$  = Vulnérabilité totale de chaque mare.

$V_i$  = Indice de Vulnérabilité pour chaque usage.

#### 5- Analyse des données

L'influence respective des facteurs locaux (caractéristiques du sol et profondeur maximale de l'eau), des facteurs régionaux (densité de mares) et ceux des activités anthropiques (Vulnérabilité totale aux différents usages) sur la composition de la végétation des 32 mares a été étudiée par des analyses multivariées réalisées sur les abondances des espèces. L'abondance de chaque espèce par mare correspond à l'abondance maximale enregistrée entre les deux relevés de végétation (centre et périphérie) aux deux dates (février et mai 2009). Afin de déterminer quels facteurs (locaux, régionaux, anthropiques) expliquent le plus de variance dans la structuration des communautés végétales (Totale, Préférentielles et Opportunistes), des analyses de redondance (ADR) ont été utilisées. Nous avons opté pour des ADR, plutôt que des analyses canoniques des correspondances (ACC), à cause de la dominance de gradients linéaires (Leps & Smilauer 2003). Seuls les facteurs explicatifs significatifs ont été

retenus dans les modèles. Par la suite, le partitionnement de la variance a été utilisé pour comparer la contribution de chaque catégorie de variables seule ou en commun avec d'autres variables (Borcard et al. 1992). La puissance statistique de toutes les analyses a été évaluée par des tests de permutation de Monte Carlo (n= 999). La représentation graphique des résultats des ADR a été faite sous forme d'une Analyse en Composantes Principales (ACP).

Pour ces analyses, seules les 167 espèces présentant au moins trois occurrences sur l'ensemble des 32 mares ont été retenues, car les espèces peu représentées ont une influence disproportionnée dans les analyses. Les espèces ont été regroupées selon leur caractère : Préférentielles ou Opportunistes. Dans la présente étude, seule l'ADR réalisée sur le cortège des espèces Préférentielles (64) qui constituent le principal enjeu de conservation a été présentée.

Une seconde ADR a été réalisée afin de déterminer l'impact des usages recensés dans les mares sur la composition de la végétation en espèces Préférentielles. Seuls les usages présents au moins trois fois sur l'ensemble des 32 mares ont été retenus pour cette analyse et pour la suite des tests statistiques. L'influence de la présence/absence de chacun des usages (récréation, pâturage, drainage, urbanisation partielle et mise en culture) sur le nombre (richesse) et l'abondance cumulée des espèces (Totale, en Préférentielles et en espèces Rares) a été testée par des analyses de variance (ANOVA). Les relations entre la richesse spécifique par mare (Totale, en Préférentielles et en Opportunistes), la hauteur maximale de l'eau et la Vulnérabilité aux usages ont été étudiées par des régressions linéaires. Les analyses multivariées ont été réalisées avec Canoco et les autres analyses statistiques avec Statistica 6.1.

## Résultats

L'année de l'étude (2009) fut très humide, avec un total pluviométrique annuel de 724 mm (160 % de la moyenne pluviométrique de Benslimane sur les 30 dernières années). Sur l'ensemble des 32 mares étudiées, un total de 200 espèces a été trouvé (65 % d'annuelles et 35 % de vivaces ; 64 % d'opportunistes et 36 % de préférentielles), dont 8 espèces rares au Maroc : *Helosciadium inundatum*, *Elatine alsinastrum*, *Elatine brochonii*, *Exaculum pusillum*, *Isoetes velata*, *Lythrum thymifolia*, *Myriophyllum alterniflorum* et *Pilularia minuta*.

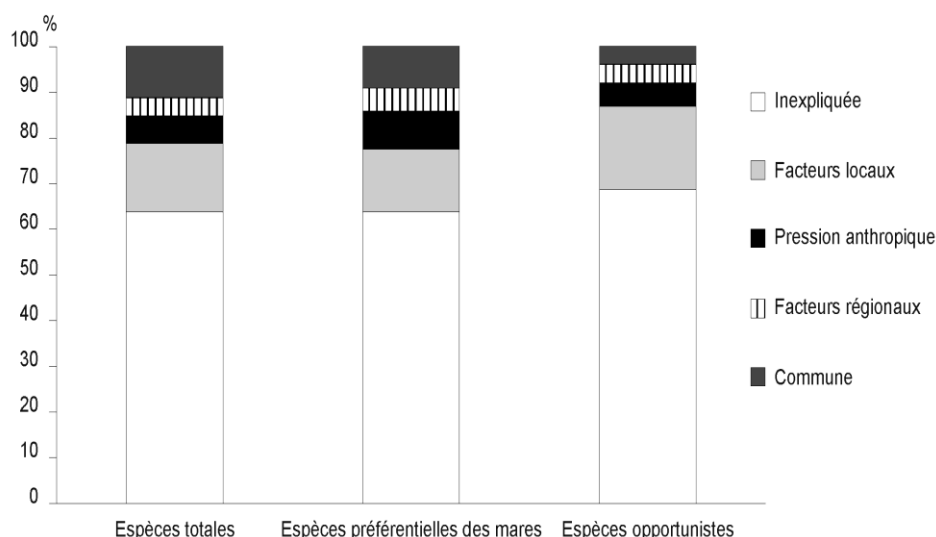
### 1- Effet des facteurs locaux, régionaux et de la vulnérabilité sur la composition de la végétation

Les caractéristiques de l'habitat les plus importantes pour la végétation, déterminées par l'ADR, sont :

- pour les facteurs locaux : la profondeur maximale de l'eau, la conductivité et la teneur en phosphore total dans le sédiment ( $p < 0,001$ ) ;
- pour les facteurs régionaux : la densité des mares dans un rayon de 1,5 km ( $p < 0,001$ ) ;
- La Vulnérabilité aux usages ( $p < 0,001$ ).

Ces facteurs expliquent ensemble 36 % de la variance totale dans la composition de la végétation des mares (espèces Opportunistes et Préférentielles ;  $F = 2,33$  ;  $p = 0,001$ ). Les facteurs locaux seuls expliquent 15 % de la variance totale ( $F = 1,946$  ;  $p = 0,002$ ), la vulnérabilité aux usages en explique 5,9 % ( $F = 2,381$  ;  $p = 0,002$ ), et les facteurs régionaux, 4,3 % ( $F = 1,699$  ;  $p = 0,006$ ) (Fig. 6). L'ADR réalisée sur les espèces Préférentielles a retenu les mêmes facteurs locaux ( $p < 0,001$ ) et régionaux ( $p < 0,001$ ). Ces facteurs expliquent ensemble 36 % de la variance totale pour les espèces Préférentielles, et 31 % pour les espèces Opportunistes. Pour les espèces Préférentielles, les facteurs locaux seuls expliquent 14 % de la variance totale ( $F = 1,875$  ;  $p = 0,002$ ), la vulnérabilité, 8 % ( $F = 3,153$  ;  $p = 0,002$ ), et les facteurs régionaux, 5 % ( $F = 1,843$  ;  $p = 0,010$ ). Pour les espèces Opportunistes, les facteurs locaux expliquent 17 % de la variance totale ( $F = 2,200$  ;  $p = 0,001$ ), la Vulnérabilité, 5 % ( $F = 1,80$  ;  $p = 0,007$ ) et les facteurs régionaux, 4 % ( $F = 1,500$  ;  $p = 0,043$ ) (Fig. 6).

Les axes 1 et 2 de l'ACP illustrant les résultats de l'ADR réalisée sur les espèces préférentielles (Fig. 7) expliquent 39 % de la variance totale de la composition de la végétation en espèces Préférentielles. L'axe 1 oppose les espèces dominantes ou exclusives aux mares situées en milieu agricole, qui sont caractérisées par une grande vulnérabilité aux usages et des sols riches en phosphore et à conductivité électrique élevée (*Verbena supina*, *Lythrum tribracteatum*, *Heliotropium supinum*...), aux espèces dominantes ou exclusives aux mares situées en milieu forestier, qui présentent une faible vulnérabilité aux usages (*Helosciadium inundatum*, *Exaculum pusillum*, *Myriophyllum alterniflorum*...). L'axe 2 sépare les espèces abondantes dans les mares profondes (*Ranunculus baudotii*, *Eleocharis palustris*...) aux espèces abondantes dans les mares peu profondes (*Agrostis pourretii*, *Isoetes histrix*...).

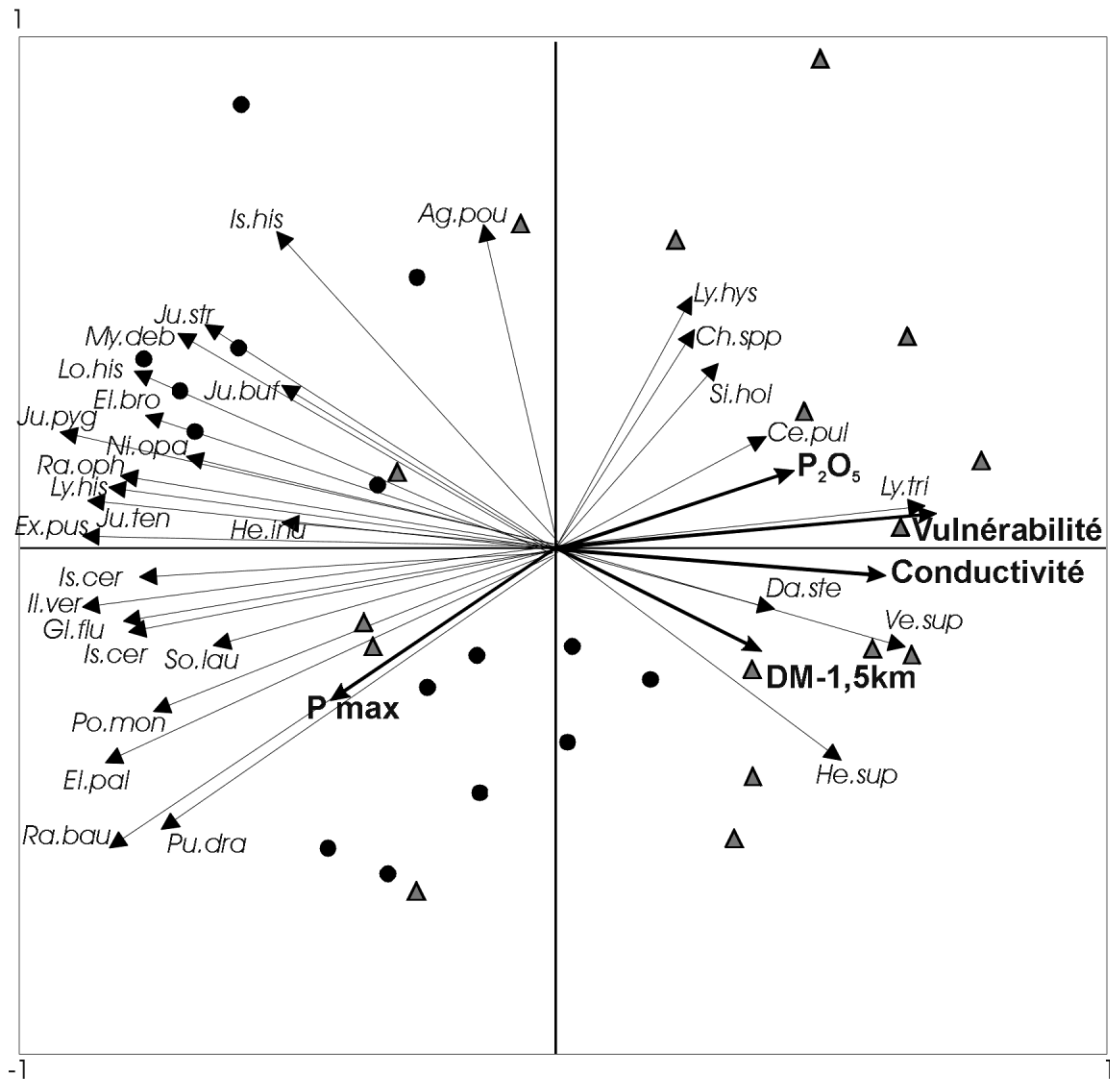


**Figure 6.** Part de la variance de la composition de l'ensemble de la végétation (espèces totales), des Préférentielles et des Opportunistes expliquée par les facteurs régionaux, les facteurs locaux et la vulnérabilité aux usages. Cinq composantes ont été distinguées : la variance expliquée par les variables locales seules, la variance expliquée par les variables régionales seules, la variance expliquée par la Vulnérabilité aux usages, la variance commune expliquée par l'ensemble des facteurs et la variance inexpliquée.

## 2- Influence de la Vulnérabilité aux usages sur la richesse et l'abondance des espèces

La richesse et l'abondance (Totale, en Annuelles, en Vivaces et en Opportunistes) par mare, ne montrent pas de corrélation significative avec la Vulnérabilité des mares aux usages (Tab. 2). Cependant, la richesse et les abondances respectives des espèces Préférentielles, des espèces Rares sont négativement corrélées à la Vulnérabilité des mares aux usages (Tab. 2).

La Vulnérabilité des mares aux usages n'est pas corrélée à la profondeur maximale de l'eau ( $r^2 = 0,04$  ;  $p > 0,05$ ). Toutefois la richesse et l'abondance des espèces (Préférentielles, Opportunistes et Rares) sont significativement corrélées à la profondeur d'eau dans les mares (Tab. 2). Aucune corrélation significative n'a été trouvée entre la profondeur de l'eau et l'abondance (Totale, en Annuelles et en Vivaces), d'une part, et entre la profondeur de l'eau et la richesse spécifique de ces mêmes cortèges, d'autre part (Tab. 2).



**Figure 7.** Plan ½ de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des espèces Préférentielles, avec les facteurs locaux (Pmax, P2O5, conductivité), la densité des mares (nombre de mares dans un rayon de 1,5 km autour de chacune des 32 mares étudiées) et la Vulnérabilité aux usages, intégrés en tant que facteurs supplémentaires. Seules les espèces dont 18% de la variance est expliquée par ces facteurs ont été représentées. Les triangles correspondent aux mares situées en milieu agricole et les cercles aux mares situées en milieu forestier. Abréviations des noms d'espèces : *Ag.pou* : *Agrostis pourretii*; *Ce.pul* : *Centaurium pulchellum* ; *Ch. Spp* : *Chara sp* ; *El.bro* : *Elatine brochonii* ; *El.pal* : *Eleocharis palustris* ; *Ex.pus* : *Exaculum pusillum* ; *Gl.flu* : *Glyceria fluitans* ; *He.inu* : *Helosciadium inundatum* ; *He.sup* : *Heliotropium supinum* ; *Is.cer* : *Isolepis cernua* ; *Il.ver* : *Illecebrum verticillatum* ; *Is.his* : *Isoetes hystrix* ; *Is.vel* : *Isoetes velata* ; *Ju.buf* : *Juncus bufonius* ; *Ju.pyg* : *Juncus pygmaeus* ; *Ju.str* : *Juncus striatus* ; *Ju.ten* : *Juncus tenageia* ; *Lo.his* : *Lotus hispidus* ; *Ly.hys* : *Lythrum hyssopifolia* ; *Ly.tri* : *Lythrum tribracteatum* ; *My.deb* : *Myosotis debilis* ; *Ni.opa* : *Nitella opaca* ; *Po.mon* : *Polypogon monspeliensis* ; *Pu.ara* : *Pulicaria arabica* ; *Ra.bau* : *Ranunculus baudotii* ; *Ra.oph* : *Ranunculus ophioglossifolius* ; *Sc.hol* : *Scirpoides holochoenus* ; *So.lau* : *Solenopsis laurentia* ; *Ve.sup* : *Verbena supina*.

**Tableau 2.** Corrélations linéaires entre les principales caractéristiques des mares (vulnérabilité aux usages, profondeur maximale de l'eau) et la richesse et l'abondance de différents cortèges végétaux (Totale, en espèces Annuelles, en Vivaces, en Préférentielles, en Opportunistes et en espèces Rares). ns = non significative ; \*\*\*=  $p < 0,001$  ; \*\*=  $p < 0,01$  ; \*=  $p < 0,05$  ; n= 32.

	Vulnérabilité aux usages		Pmax	
	r <sup>2</sup>	p	r <sup>2</sup>	p
<b>Richesse</b>				
Totale	< 0,01	ns	0,08	ns
Annuelles	0,01	ns	0,07	ns
Vivaces	0,09	ns	0,02	ns
Opportunistes	0,06	ns	<b>0,21</b>	**
Préférentielles	<b>0,35</b>	***	<b>0,16</b>	*
Espèces Rares	<b>0,37</b>	*	<b>0,13</b>	*
<b>Abondance</b>				
Totale	0,10	ns	0,07	ns
Annuelles	0,08	ns	0,08	ns
Vivaces	0,05	ns	0,01	ns
Opportunistes	0,08	ns	<b>0,32</b>	**
Préférentielles	<b>0,44</b>	***	<b>0,16</b>	*
Espèces Rares	<b>0,41</b>	***	<b>0,12</b>	*

### 3- Influence des usages anthropiques sur le cortège des espèces Préférentielles de mares

Les axes 1 et 2 de l'ACP illustrant les résultats de l'ADR réalisée sur les espèces Préférentielles (Fig. 8) expliquent 38 % de la variance totale de la composition de la végétation en espèces Préférentielles. Le plan ½ sépare, d'une part, les espèces dominantes ou exclusives dans les mares, où aucun usage n'a été décelé et dans celles utilisées seulement pour la récréation (*Helosciadium inundatum*, *Exaculum pusillum*, *Isoetes velata*...), et d'autre part, les espèces dominantes ou exclusives dans les mares utilisées pour l'agriculture et le pâturage, asséchées par drainage ou urbanisées partiellement (*Heliotropium supinum*, *Lythrum tribracteatum*, *Verbena supina* ; Fig. 8). La récréation n'a aucune influence significative sur la richesse et l'abondance (Totale, Préférentielles et Rares) (Tab. 3). Le pâturage n'affecte pas la richesse totale, mais réduit la richesse et l'abondance en espèces Préférentielles et en espèces Rares ainsi que l'abondance totale de ces espèces (Tab. 3).

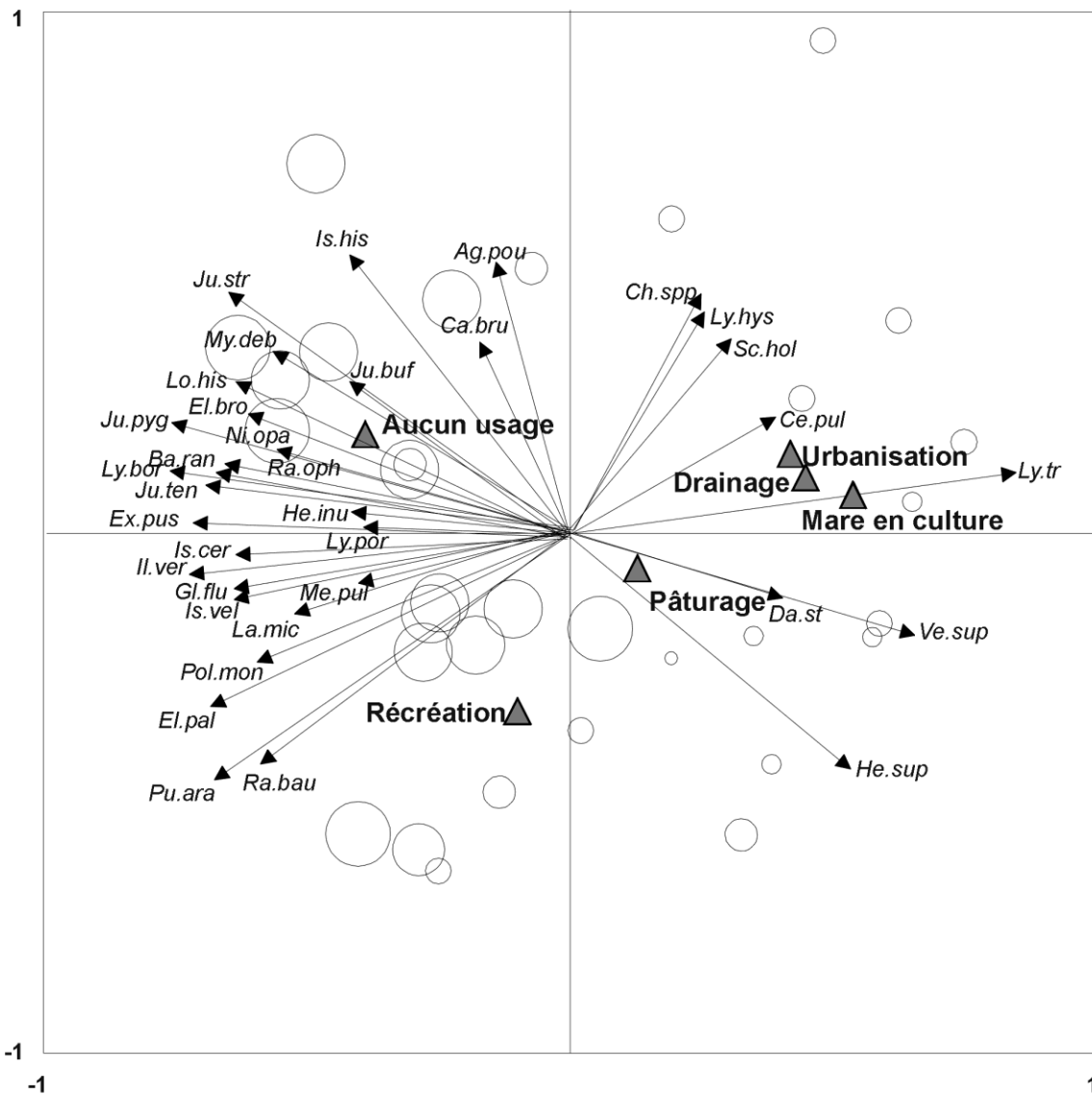
L'urbanisation partielle aux alentours des mares, leur assèchement par drainage et leur mise en culture n'ont aucune influence significative sur la richesse et l'abondance totale des espèces, sauf pour la mise en culture qui affecte négativement la richesse totale. Toutes ces activités réduisent toutefois la richesse et l'abondance des Préférentielles et des espèces Rares (Tab. 3).

**Tableau 3.** Analyses de variance (ANOVA) comparant l'influence (présence/absence) des usages fréquents dans les mares pour : (a) la richesse et (b) l'abondance (totales, en espèces préférentielles et en espèces rares) ; dF= 1 ; ns= non significatif ; \* =  $p < 0,05$  ; \*\* =  $p < 0,01$  ; \*\*\* =  $p < 0,001$ .

<b>a. Richesse</b>	<b>Totale</b>		<b>Espèces Préférentielles</b>		<b>Espèces Rares</b>	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Récréation	0,67	ns	0,76	ns	0,11	ns
Pâturage	0,03	ns	<b>7,29</b>	**	<b>10,89</b>	***
Mise en culture	0,01	ns	<b>16,18</b>	***	<b>12,11</b>	***
Urbanisation	0,46	ns	<b>3,41</b>	*	<b>5,63</b>	*
Drainage	0,11	ns	<b>9,51</b>	**	<b>9,65</b>	***

<b>b. Abondance</b>	<b>Totale</b>		<b>Espèces Préférentielles</b>		<b>Espèces Rares</b>	
	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>
Récréation	0,00	ns	0,76	ns	0,19	ns
Pâturage	<b>4,28</b>	*	<b>18,97</b>	**	<b>16,79</b>	***
Mise en culture	<b>3,27</b>	*	<b>24,76</b>	***	<b>12,92</b>	***
Urbanisation	0,03	ns	<b>4,07</b>	*	<b>4,79</b>	*
Drainage	0,27	ns	<b>10,17</b>	**	<b>8,93</b>	***



**Figure 8.** Plan ½ de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des espèces Préférentielles, avec les usages les plus fréquents dans les mares (pâturage, récréation, urbanisation, mise en culture, assèchement et aucun usage) intégrés en tant que facteurs supplémentaires. Seules les espèces dont 18 % de variance est expliquée par ces facteurs ont été représentées. La taille des 32 cercles (représentant les mares) est corrélée à la richesse en espèces préférentielles. Abréviations des noms d'espèce : *Ag.pou* : *Agrostis pourretii* ; *Ca.bru* : *Callitriche brutia* ; *Ce.pul* : *Centaurium pulchellum* ; *ch .spp* : *Chara sp* ; *Da.ste* : *Damasonium stellatum* ; *El.als* : *Elatine alsinastrum* ; *El.bro* : *Elatine brochonii* ; *El.pal* : *Eleocharis palustris* ; *Ex.pus* : *Exaculum pusillum* ; *Gl.flu* : *Glyceria fluitans* ; *He.inu* : *Helosciadium inundatum* ; *He.sup* : *Heliotropium supinum* ; *Is.cer* : *Isolepis cernua* ; *Il.ver* : *Illecebrum verticillatum* ; *Is.his* : *Isoetes histrix* ; *Is.vel* : *Isoetes velata* ; *Ju.buf* : *Juncus bufonius* ; *Ju.pyg* : *Juncus pygmaeus* ; *Ju.str* : *Juncus striatus* ; *Ju.ten* : *Juncus tenageia* ; *Lo.his* : *Lotus hispidus* ; *Ly.hys* : *Lythrum hyssopifolia* ; *Ly.tri* : *Lythrum tribracteatum* ; *Ly.por* : *Lythrum portula* ; *Me.pul* : *Mentha pulegium* ; *My.deb* : *Myosotis debilis* ; *Ni.opa* : *Nitella opaca* ; *Po.mon* : *Polypogon monspeliensis* ; *Pu.ara* : *Pulicaria arabica* ; *Ra.bau* : *Ranunculus baudotii* ; *Ra.oph* : *Ranunculus ophioglossifolius* ; *Sc.hol* : *Scirpoides holochoenus* ; *So.lau* : *Solenopsis laurentia* ; *Ve.sup* : *Verbena supina*

## Discussion

La végétation des 32 mares échantillonnées dans cette étude est très riche (200 espèces) avec 36 % d'espèces Préférentielles dont 8 % sont rares au Maroc. Les espèces annuelles prédominent (65 %), ce qui reflète une adaptation des communautés aux conditions écologiques fluctuantes et imprévisibles (notamment l'hydrologie) imposées par cet habitat. Ces contraintes favorisent en effet les espèces à cycle court, qui investissent plus dans la reproduction sexuée que dans le développement végétatif (Zedler 1987, Médail et al. 1998, Rhazi et al. 2006). L'alternance de deux phases (inondée et sèche) au cours de l'année, qui favorise la coexistence de nombreuses espèces (aquatiques/amphibies et terrestres), explique la grande richesse spécifique de ces milieux (Médail et al. 1998, Rhazi et al. 2006).

### *1- Facteurs régulant la composition de la végétation des mares*

La composition de la végétation des mares étudiées est déterminée par la combinaison de facteurs locaux (hydrologie, conductivité et teneur en phosphore total), régionaux (densité des mares) et la Vulnérabilité des mares aux usages (Fig. 6). Les facteurs locaux semblent jouer un rôle majeur dans la composition et la richesse de la végétation des habitats temporaires (Williams 2006). Chaque cycle hydrologique est en effet susceptible de favoriser un assemblage différent d'espèces, qui dépend de la variation des conditions locales et de l'influence du hasard (Waterkeyn et al. 2009). Des résultats similaires sur la prédominance des facteurs locaux dans la structuration des communautés des mares ont été trouvés pour le zooplancton (Cottenie et al. 2003, Chase 2007, Vanschoenwinkel et al. 2007, Waterkeyn et al. 2008) et pour la végétation (Lathrop 1976, Bauder 1987, Koning 2005). L'hydrologie, qui est ici significativement corrélée à la richesse et à l'abondance des espèces Préférentielles et des espèces Rares (Tab. 2), a en particulier été largement identifiée comme le facteur clé de la structuration des communautés caractéristiques des mares temporaires (Keddy & Reznicek 1986, Bauder 2000, Rhazi et al. 2001, Amami et al. 2009, Sahib et al. 2009). L'expression des espèces de ces communautés dépend, d'une part, de leur traits de vie (Lavorel & Garnier 2002, Angeler & Moreno 2007), et d'autre part, de leur tolérance au stress hydrologique et à l'assèchement. La submersion joue, en particulier, un rôle de filtre environnemental, en réduisant ou en éliminant les espèces terrestres, et en favorisant le recrutement des espèces aquatiques (Harper 1977, Middleton 1999). Toutefois, les facteurs locaux sont fortement influencés par les activités humaines au travers de la modification des caractéristiques physiques des mares, comme la durée de submersion, les caractéristiques physico-chimiques du sol, la profondeur et la qualité de l'eau (Rhazi et al. 2001).

Les facteurs régionaux (densité des mares) ont une influence significative sur la composition des communautés végétales (Fig. 6). Ce résultat suggère un rôle de la dispersion inter-mare dans la composition de la végétation des mares étudiées. Toutefois, ce facteur n'est significativement limitant qu'à partir d'une distance de 1,5 km, avec une densité moyenne de 5 mares/km<sup>2</sup>. Au delà de ce seuil, les principaux vecteurs de dispersion (le vent et les herbivores: ovins, bovins, sangliers) semblent être peu efficaces pour assurer la connectivité inter-mares. Dans la région de Benslimane, la vitesse du vent, déjà relativement faible (15 km/h en moyenne), est en outre atténuée par les formations forestières prédominantes dans le périmètre d'étude. Les événements climatiques catastrophiques aléatoires (tempêtes, inondations) sont cependant susceptibles de générer des dispersions inter-mares suffisantes pour influencer les cortèges floristiques sur le long terme (Nathan 2006).

A l'échelle de la région étudiée, la dispersion par le bétail peut être considérée comme le mécanisme le plus important, en raison de la vocation agropastorale du territoire et du nomadisme des troupeaux en pâturage libre. La dispersion à travers les déplacements d'herbivores est souvent avancée pour expliquer la colonisation des milieux ouverts (Janzen 1971, Brown et al. 1979, Wolff & Debussche 1999, Bernard et al. 2000, Azcárate et al. 2005). Les herbivores (bovins, ovins, sangliers) transportent en effet sur leur pattes de grandes quantités de sédiment (essentiellement en phase humide), et donc potentiellement, de fortes densités de semences entre les différents micro-sites d'une même mare, voire entre des mares proches (Rhazi et al. 2001). Le rôle du sanglier dans ce type de dispersion a été mis en évidence pour les œufs d'invertébrés dans les mares temporaires méditerranéennes de Camargue, dans le sud de la France (Vanschoenwinkel et al. 2008). Au niveau de la zone d'étude, le déplacement des herbivores est limité dans l'espace, au sein des zones agricole, en raison du statut foncier privé des terrains en milieu agricole. Cette situation est d'autant plus inquiétante que la connectivité et la dispersion des propagules entre écosystèmes similaires sont des mécanismes majeurs qui déterminent le maintien à long terme des métapopulations à l'échelle du paysage (Hanski et al. 1997, Thomas et al. 2001).

La Vulnérabilité des mares aux usages a aussi un effet significatif sur la composition spécifique de la végétation, mais cette influence reste relativement faible, en comparaison de celle des facteurs locaux. La diversité des mares étudiées (en réserve, en forêt publique et en milieu agricole) et les conditions hydrologiques très favorables durant l'année 2009, pourraient avoir masqué l'influence réelle de la pression humaine, sans doute plus importante dans les zones anthropisées et durant les années sèches.

## 2- Influence de la Vulnérabilité aux usages sur la richesse des mares

La richesse spécifique totale des mares n'est pas affectée par l'hydrologie, ni par la Vulnérabilité aux usages. Ce résultat pourrait être attribué à la colonisation des mares durant la phase sèche par un nombre important d'espèces terrestres provenant des écosystèmes terrestres avoisinants (Barrat-Segretain & Bornette 2000, Crain et al. 2008, Rhazi et al. 2009).

La Vulnérabilité aux usages réduit cependant significativement la richesse en espèce Préférentielles et en espèces Rares (Tab. 2), ce qui révèle la sensibilité de ces espèces aux perturbations (Lovett Doust et al. 1995). Un certain nombre d'espèces Préférentielles semblent toutefois résister aux activités anthropiques (Fig. 8) : c'est par exemple le cas de *Damasonium stellatum*, *Lythrum tribracteatum* et *Verbena supina*. La tolérance de ces espèces aux perturbations pourrait être liée à leurs traits de vie (forme prostrée, pilosité, substances aromatiques) (Noy-Meir et al. 1989, Riginos & Hoffman 2003), mais aussi à la production de stocks semenciers importants et pérennes (Bonis 1993).

L'analyse séparée des usages met en évidence des effets différents, pour chacun d'eux, sur la richesse de la végétation des mares. A l'exception de l'utilisation des mares pour la récréation, tous les autres usages (pâturage, drainage, mise en culture, urbanisation partielle) diminuent significativement la richesse et l'abondance des espèces Préférentielles (Tab. 3). Les différentes influences des usages sur les espèces Préférentielles, sont vraisemblablement liées aux traits de vie des espèces (Fenner 2000) et à l'intensité respective des perturbations induites par chacun des usages (Grime 1985, Airoldi 1998, Bisigato et al. 2008), qui sont susceptibles de modifier les caractéristiques physiques des mares (durée de submersion, profondeur de l'eau... ; Bonner et al. 1997, Rhazi et al. 2001, Brooks et al. 2002, Hancock & Timms 2002, Grillas et al. 2004).

**L'impact de l'agriculture** découle principalement du travail du sol et de l'eutrophisation. Le labour conduit à la destruction et/ou à l'enfouissement des graines (Devictor et al. 2007), induisant des difficultés de germination, en particulier pour les graines de petite taille, comme celles des plantes des mares temporaires (par exemple, *Elatine brochonii*, *Elatine alsinastrum*). En effet, la taille réduite de ces graines, généralement associée à de faibles quantités de réserves, ne leur permet pas de traverser des épaisseurs importantes de sédiment (Lorenzoni & Paradis 1997, Fenner 2000, Leishman 2001, Rhazi 2001). D'un autre côté, l'agriculture entraîne l'eutrophisation du milieu (par l'usage des fertilisants) et l'installation des plantes Opportunistes (Anderson & Vondracek 1999, Rhazi et al. 2001, Rhazi et al.

2006). Certaines espèces Préférentielles (*Damasonium stellatum*, *Lythrum tribracteatum*, *Verbena supina*) semblent pourtant plus abondantes dans les mares perturbées par la mise en culture que dans celles qui ne le sont pas (Fig. 8). Ce paradoxe pourrait être expliqué, d'une part, par l'homogénéisation du stock de semences et la levée de dormance des graines enfouies (Devictor et al. 2007), et d'autre part, par une tolérance particulière de ces espèces à ce type de perturbations. Cette tolérance pourrait être liée à leurs traits de vie, comme le caractère annuel, la survie et le pouvoir germinatif des graines (*Damasonium stellatum* ; Adams et al. 2005, Devictor et al. 2007), ou la phénologie tardive (*Lythrum tribracteatum*, *Verbena supina*) qui réduit la compétition et favorise leur expression.

**L'influence du drainage** est principalement liée à une modification des hauteurs d'eau et des durées de submersion des mares. Une mise en eau tardive causée par le drainage, est susceptible d'affecter la reproduction des espèces Préférentielles (Bonis et al. 1993), dont la richesse et l'abondance sont significativement corrélées aux hauteurs d'eau (Tab. 2). Les modifications de l'hydrologie sous l'influence du drainage favorisent le développement et la prédominance des espèces terrestres Opportunistes, conduisant ainsi à la banalisation du milieu.

**Le pâturage** réduit significativement la richesse et l'abondance en espèces Préférentielles, comme *Elatine alsinastrum*, *Elatine brochonii*, *Nitella opaca*... (Bouahim et al. 2010). Cet influence pourrait être expliqué par deux hypothèses non exclusives : d'une part, une appétence plus forte des espèces Préférentielles, et d'autre part, un impact indirect de la présence des herbivores sur la végétation aquatique par l'augmentation de la turbidité de l'eau (perturbation forte du substrat par le piétinement pendant la phase inondée ; Gordon et al. 1990). Toutefois, certaines espèces Préférentielles semblent résister à la pression de sélection exercée par le pâturage. Il s'agit en particulier de *Damasonium stellatum*, *Heliotropium supinum*, *Lythrum tribracteatum* et *Ranunculus baudotii* (Fig. 8). Ces espèces possèdent certains traits susceptibles de leur permettre d'échapper au pâturage (Noy-Meir et al. 1989, Riginos & Hoffman 2003), tels que la forme prostrée (*Lythrum tribracteatum*, *Damasonium stellatum* et *Heliotropium supinum*), le port radicaux à feuilles flottantes (*Ranunculus baudotii*), la pilosité (*Heliotropium supinum*) ou la phénologie tardive (*Lythrum tribracteatum*, *Heliotropium supinum*).

## Conclusions

La composition de la végétation des mares temporaires de la région de Benslimane est le résultat de l'interaction d'un ensemble de facteurs d'ordre local, régional et anthropique. Les facteurs locaux sont les facteurs qui ont le plus d'influence sur la composition de la végétation des mares. Ces facteurs locaux, et plus particulièrement l'hydrologie, sont eux-mêmes fortement influencés par les activités humaines. Les modifications de l'hydrologie (par drainage ou comblement) et des caractéristiques édaphiques (par l'agriculture) entraînent une réduction de la richesse en espèces Préférentielles (y compris les espèces rares), qui constituent l'enjeu principal de la conservation de ces milieux.

L'influence significative des facteurs régionaux révèle le rôle limitant de la dispersion dans la composition de la végétation des mares. En dessous d'une distance inférieure à 1,5 km, la densité moyenne des mares dans le paysage (5 mares/km<sup>2</sup>) permet probablement une connectivité inter-mares. Dans la région étudiée, les herbivores domestiques constituent probablement le vecteur dominant pour la dispersion des espèces. L'importance des liens fonctionnels entre mares voisines souligne l'intérêt de la conservation de l'ensemble des mares de la région, afin de maintenir la dynamique en métapopulations de ces milieux, très probablement nécessaire à la survie de nombreuses espèces.

Les activités anthropiques affectent différemment les espèces Préférentielles. Certains usages, comme la récréation, semblent compatibles avec la conservation d'une grande richesse floristique. Toutefois, tous les autres usages recensés dans le cadre de ce travail (pâturage, mise en culture, drainage, urbanisation) réduisent la richesse en espèces préférentielles et en espèces rares. Seules quelques espèces Préférentielles (*Damasonium stellatum*, *Heliotropium supinum*, *Lythrum tribracteatum*, *Ranunculus baudotii*, *Verbena supina*) tolèrent les activités anthropiques, grâce à des traits particuliers d'histoire de vie.

Dans un contexte de développement démographique du Maroc occidental, les menaces sur les mares sont extrêmement préoccupantes à court terme. Le principal défi pour la conservation durable de ces habitats est de parvenir à trouver rapidement un compromis entre les usages et la conservation de la biodiversité.

## Chapitre III

### **Impact du pâturage sur la richesse et la structure des communautés végétales dans les mares temporaires du Maroc occidental**

Siham Bouahim, Laïla Rhazi, Btissam Amami, Nargis Sahib, Mouhssine Rhazi, Aline Waterkeyn, Abdelmjid Zouahri, François Mesleard, Serge D. Muller & Patrick Grillas

*Comptes Rendus Biologies (2010) 333 : 670–679.*



## **Résumé**

L'impact du pâturage sur la végétation des mares temporaires du Maroc occidental a été étudié à deux échelles : régionale (inter-mare) et locale (intra-mare). 16 mares forestières ont été étudiées : huit sont localisées dans une réserve et sont non pâturées ; les huit autres, situées dans une forêt publique, sont pâturées. Des relevés de végétation et des mesures de hauteurs d'eau ont été réalisés dans chaque mare.

Les résultats montrent un effet significatif du pâturage aux deux échelles d'analyse. Cet effet s'exprime par des différences de composition spécifique de la végétation entre les 2 types de mares et par une diminution de la richesse et de l'abondance des espèces dans les mares pâturées. Ces résultats sont interprétés comme résultant de l'effet sélectif des herbivores et de la tolérance différentielle des espèces aux perturbations. Ces effets sont susceptibles d'exposer certaines espèces à des risques d'extinction locale par réduction de leurs populations.

*Mots clés : Zones humides temporaires méditerranéennes, Afrique du Nord, Perturbation, Communautés végétales, Conservation*

## **Introduction**

L'effet du pâturage sur les communautés végétales a fait l'objet de très nombreuses publications (e.g., Milchunas & Lauenroth 1993, Olff & Ritchi 1998, Loucougaray et al. 2005, Bakker et al. 2006). Il est considéré comme positif ou négatif selon son intensité et le contexte (Waser & Price 1981, Van Auken 2000), avec des effets similaires en zones humides et sèches. Le pâturage présente néanmoins quelques spécificités en zones humides, avec notamment l'accessibilité variable des plantes dans le temps en fonction des herbivores et de leur inclination à entrer dans l'eau (Gordon et al. 1990, Loucougaray et al. 2005).

Dans les zones humides, le pâturage modéré (faibles charges instantanées de pâturage) est souvent utilisé comme moyen de gestion pour le maintien ou la restauration de la biodiversité floristique (Gordon et al. 1990, Dumont et al. 2007). Les herbivores, en réduisant la biomasse par le piétinement et le prélèvement, limitent la dominance des espèces (Gough 1998) et l'exclusion compétitive. Ils créent des niches de régénération (Johnstone 1986) pour l'installation de nouveaux individus et de nouvelles espèces avec un effet réduit de la compétition (Chambers & Prepas 1995).

Les herbivores sont ainsi susceptibles de modifier la composition et la diversité spécifique des communautés (Noy-Meir et al. 1989, Loucougaray et al. 2005) par la sélection différentielle d'espèces (Duffey et al. 1974, Sternberg et al. 2000) et la création de « refus ». Ils constituent également un facteur de dispersion (Vanschoenwinkel et al. 2008) pouvant contribuer à l'augmentation de la richesse des communautés. L'effet des herbivores sur la diversité spécifique des communautés reste cependant lié à de nombreux facteurs abiotiques tels que le climat ou les sols (Fynn & O'Connor 2000, Osem et al. 2002, Augustine & McNaughton 2006). Cependant, un pâturage intense (fortes charges) réduit la richesse des communautés par une consommation de toutes les espèces (sélectivité moins forte) (Ranwell 1972, Jensen 1985, Bakker 1989, Sternberg et al. 2000).

Parmi les zones humides de la région méditerranéenne, les mares temporaires constituent des habitats caractérisés par une grande biodiversité et de nombreuses espèces rares (Médail et al. 1998, Grillas et al. 2004). Les communautés de plantes qui s'y développent sont dominées par des annuelles, adaptées à l'alternance de phases sèches et humides, et à une grande variation interannuelle dans les hauteurs et les durées d'inondation (Médail et al. 1998, Rhazi et al. 2006). Au Maroc, les mares temporaires sont nombreuses et diversifiées. En dépit de l'utilisation des mares temporaires pour le pâturage (Chninigue 1990, Rhazi et al. 2006), souvent considéré comme une cause majeure de perte de biodiversité dans ces habitats

(Chninigue 1990, Quézel 1998), leurs communautés sont très riches, avec de nombreuses espèces rares à intérêt patrimonial (Rhazi et al. 2001, Grillas et al. 2004).

L'impact attribué au pâturage sur la végétation des mares du Maroc n'est pas fondé sur des mesures et demeure essentiellement hypothétique. La rareté et l'accessibilité des mares non pâturées ont probablement été des obstacles majeurs à une évaluation précise de cet impact. La création, il y a une trentaine d'années, de réserves de chasse non pâturées constitue une opportunité pour tenter une première évaluation par comparaison des effets du pâturage sur la végétation des mares temporaires du Maroc occidental.

L'objectif du présent travail est de répondre aux questions suivantes :

- (1) Le pâturage a-t-il un impact sur la composition spécifique de la végétation des mares temporaires du Maroc ?
- (2) La richesse, l'abondance des espèces et la biomasse des communautés sont-elles affectées par le pâturage ?

## **Matériel et Méthodes**

### *1- Etude régionale*

Seize mares temporaires de la subéraie de Benslimane ont été sélectionnées : la moitié (8) est située dans deux réserves de chasse, et l'autre moitié (8) en forêt publique (Fig. 9 ; Tab.4). Dans les réserves de chasse, le pâturage a été exclu depuis 1975, alors qu'il est généralisé (pâturage libre) en forêt publique. La végétation des 16 mares a été étudiée en 2009 à deux dates (Février et Mai) à l'aide de relevés phytosociologiques sur des placettes homogènes de 64 m<sup>2</sup>: le recouvrement de chaque espèce inventoriée a été noté en utilisant six classes selon l'échelle de Braun-Blanquet (Kent & Coker 1992). La composition spécifique de la végétation variant fortement à l'intérieur d'une mare selon le gradient hydrologique (e.g. Rhazi et al. 2001, Grillas et al. 2004), 2 relevés ont été réalisés par mare, l'un au centre et l'autre à la périphérie. Les hauteurs d'eau (lorsque présente) ont été mesurées dans chaque placette lors des relevés de végétation. La nomenclature botanique respecte Fennane & Ibn Tattou (2005) et Ibn Tattou & Fennane (2008).



**Figure 9.** Exemples de mares étudiées dans la région de Benslimane : (a) mares pâturées en forêt publique (F8 ; 2009) ; (b) mares non pâturées en réserve de chasse (R6 ; 2009).

**Tableau 4.** Caractéristiques des 16 mares étudiées. Le type de la mare indique si elle est pâturée (P) ou non pâturée (R: réserve) ; Pmax correspond à la profondeur maximale d'eau enregistrée durant le cycle hydrologique 2008-2009 ; S-totale est la richesse spécifique totale, S-Annuelle, la richesse en annuelles, et S-vivaces, la richesse en vivaces. Les astérisques indiquent les 6 mares dont la végétation a été suivie sur 3 années (2007, 2008 et 2009) par la méthode des transects.

Mare	Latitude N	Longitude W	Altitude (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Type	Pmax (cm)	S-Totale	S-Annuelle	S-Vivace
F1	33°38.088'	07°05.830'	256	10750	P	79	61	43	18
F2	33°38.381'	07°04.957'	264	2468	P	70	52	37	15
F3	33°38.648'	07°05.557'	253	37425	P	55	43	31	12
F4	33°38.797'	07°05.639'	253	3933	P	40	44	30	14
F5*	33°38.487'	07°.05.238'	260	2964	P	65	46	30	16
F6	33°38.947'	07°05.242'	256	28633	P	48	61	45	16
F7*	33°38.965'	07°05.207'	257	5681	P	45	51	39	12
F8*	33°38.547'	07°02.876'	299	1720	P	50	59	47	12
R1	33°41.086'	07°04.585'	211	598	R	48	58	43	15
R2	33°39.290'	07°03.770'	271	3222	R	30	62	45	17
R3	33°38.829'	07°03.824'	271	135130	R	37	61	47	14
R4	33°38.824'	07°03.248'	287	5474	R	50	44	32	12
R5*	33°41.000'	07°05.130'	222	2405	R	85	49	35	14
R6*	33°40.966'	07°05.089'	223	1270	R	50	54	39	15
R7*	33°40.944'	07°04.961'	225	6247	R	50	69	51	18
R8	33°38.423'	07°08.849'	281	4334	R	75	45	35	10

La végétation de chaque mare a été caractérisée par la richesse spécifique totale (nombre total d'espèces recensées dans les 2 relevés aux 2 dates), le nombre d'espèces Rares à intérêt patrimonial (selon Fennane & Ibn Tattou 1998), ainsi que le nombre des espèces Préférentielles et des espèces Opportunistes. Les espèces Préférentielles ont été définies comme les plantes aquatiques et amphibies au sens large inféodées à ce milieu (d'après Chevassut & Quézel 1956, Nègre 1956, Médail et al. 1998, Rhazi et al. 2006). Les Opportunistes ont été définies comme les plantes terrestres, généralement fréquentes dans les milieux forestiers et agricoles (Maire 1952-1987, Fennane et al. 2007), qui pénètrent dans les mares pendant leur phase sèche. L'abondance respective des espèces Préférentielles, des espèces Opportunistes et des espèces Rares a été calculée pour chaque mare comme la somme cumulée des abondances des espèces de chaque catégorie.

## 2- Etude locale

La structure de la végétation a été étudiée sur six mares (3 pâturées et 3 non pâturées), suivies pendant trois années (2007, 2008 et 2009). Trois relevés ont été réalisés en 2007 (mars, mai et juin) et quatre en 2008 et 2009 (janvier, mars, mai et juin). Au cours des dates de visite, la végétation a été relevée sur des quadrats (0,3 x 0,3 m, divisés en 9 cases de 0,1 x 0,1 m), le long de deux transects permanents perpendiculaires se croisant au point le plus profond de la mare. Les quadrats étaient distants de 2 m. L'abondance de chaque espèce par quadrat a été mesurée comme le nombre de carrés dans lesquels elle était trouvée (entre 0 et 9). La hauteur de l'eau (lorsque présente) a été mesurée à chaque date sur chacun des quadrats.

Au niveau de chacune des six mares, trois communautés de plantes ont été distinguées sur la base des espèces dominantes communes entre les mares et correspondant à leur emplacement le long du gradient topographique (périphérie, niveau intermédiaire et centre). Les communautés distinguées sont dominées par *Ranunculus baudotii* et *Glyceria fluitans* au centre des mares, par *Isoetes velata* et *Bolboschoenus maritimus* au niveau intermédiaire, et par *Leontodon saxatilis* et *Narcissus viridiflorus* en périphérie des mares. Au sein de chaque communauté, cinq quadrats successifs ont été sélectionnés. La structure des communautés a été étudiée à l'échelle des quadrats avec cinq réplicats (quadrats) dans chacune des trois communautés (15 quadrats par mare, soit un total de 90 quadrats sur les six mares). La richesse totale par quadrat et ses composantes (annuelles, vivaces) ont été calculées séparément pour chacune des années (comme le nombre total d'espèces trouvées par quadrat lors des dates de relevé de végétation).

### *3- Mesure de la biomasse*

Des prélèvements de biomasse ont été réalisés dans les six mares suivies en février 2008 (date proche du pic de biomasse dans les mares de cette région, selon Chninique 1990). La biomasse a été mesurée dans trois placettes (1 x 1 m) par communauté (correspondant respectivement aux niveaux topographiques central, intermédiaire et périphérique), placées à proximité immédiate des transects de suivi de la végétation (9 par mare ; 54 au total). La biomasse récoltée sur chaque placette, a été séchée à l'étuve (60 °C) jusqu'à poids constant, puis pesée. La richesse (totale et en annuelles) de la végétation proche des placettes de mesure de biomasse a été calculée sur les trois quadrats de végétation (transect) les plus proches des placettes de mesure de biomasse. Ces richesses ont été calculées en cumulant les espèces rencontrées dans ces trois quadrats de végétation en février 2008.

### *4- Analyse du sol*

Pour chacune des 16 mares, le sédiment a été analysé sur deux échantillons (dix premiers centimètres du sol), prélevés à proximité des placettes de relevé de la végétation, respectivement au centre et à la périphérie des mares. Les paramètres étudiés sont le pH, la granulométrie, la matière organique, l'azote, la salinité totale et le phosphore. L'analyse granulométrique a été effectuée par la méthode "Bouyoucos" (Black et al. 1965). Le pH du sédiment a été mesuré au pH-mètre sur une suspension de terre fine, le rapport terre/eau distillée étant égal à 1/2,5. La salinité totale du sédiment a été mesurée par la conductivité électrique (Philipps PR 9801) d'une solution aqueuse sol/eau bi-distillée (1/5) après agitation pendant 1 heure (150 tour/mn) (Black et al. 1965). Les protocoles de Page et al. (1984) ont été suivis pour le dosage du carbone organique et de l'azote total (Kjeldahl).

### *5- Analyses des données*

Les relations entre le type de mare (pâturée, non pâturée), les variables environnementales (hauteur d'eau, caractéristiques du sol), et la composition spécifique de la végétation des mares ont été étudiées par des analyses multivariées (CANOCO 4.5<sup>®</sup>). L'abondance de chaque espèce par mare correspond à l'abondance maximale enregistrée entre les deux relevés de végétation (centre et périphérie) aux deux dates (février et mai). Nous avons opté pour des analyses de redondance (ARD) avec « forward selection » plutôt qu'une analyse canonique des correspondances (ACC) à cause de la dominance de gradients linéaires (Leps & Smilauer 2003). Seules les espèces (112) présentes plus de 2 fois sur l'ensemble des 16 mares ont été retenues dans l'analyse. Par la suite, le partitionnement de la variance a été utilisé pour comparer la contribution de chaque catégorie de variables locales, seule ou en commun avec

d'autres variables (Borcard et al. 1992). La puissance statistique de toutes les analyses a été évaluée par des tests de permutation de Monte Carlo ( $n = 999$ ).

Les différences éventuelles entre les mares pâturées (8) et non pâturées (8) concernant les caractéristiques du sol (pH, matière organique, phosphore, azote, argile, limon, sable, conductivité) et la hauteur maximale d'eau ont été testées par des analyses de variance (ANOVA). Les différences de richesse spécifique totale, de richesse en espèces rares et de richesse en espèces préférentielles entre les mares pâturées et non pâturées ont été testées par des analyses de variance (ANOVA), car les données ont une distribution normale. De même, les différences entre mares pâturées et non pâturées de l'abondance totale des espèces, de l'abondance des espèces rares, et de l'abondance des espèces Préférentielles ont été testées par des analyses de variance. Les corrélations entre les richesses spécifiques (richesse spécifique totale, richesse en espèces Préférentielles et en opportunistes), la hauteur maximale de l'eau et la taille des mares ont été testées par des régressions linéaires. Pour toutes les analyses statistiques (sauf analyses multi-variées), JMP4<sup>®</sup> a été utilisé.

Les effets du type de mare (pâturée, non pâturée), de la hauteur maximale de l'eau et de leur interaction sur la richesse spécifique par quadrat (totale, en annuelles et en vivaces) ont été testés par des régressions multiples respectivement pour l'année 2008 et 2009 (l'année 2007 n'a pas été retenue, car hydrologiquement proche de 2008).

La corrélation entre l'abondance des vivaces par quadrat et les richesses (totale et en annuelles) a été étudiée par des régressions linéaires séparément pour les mares pâturées et non pâturées en 2008 et en 2009.

La variation entre années (2008 et 2009) de la richesse et de l'abondance par quadrat (totale, en annuelles et en vivaces) en fonction du type de mare (pâturée, non pâturée) et du niveau topographique (ceintures), a été testée par une MANOVA (mesures répétées dans le temps).

La corrélation entre la biomasse totale mesurée en février 2008 et la richesse (totale et en annuelles) de la végétation a été testée par une régression linéaire.

## **Résultats**

Les conditions hydrologique furent contrastées entre les trois années d'étude, les deux premières années (2007-2008 et 2008-2009) furent très sèches, avec des totaux pluviométriques de 115 mm entre septembre 2007 et août 2008, et de 271 mm entre septembre 2008 et août 2009 (respectivement 25 % et 60 % de la moyenne annuelle à

Benslimane). L'année 2009-2010 fut au contraire très humide, avec un total pluviométrique annuel de 720 mm (160 % de la moyenne). Les durées d'inondation furent courtes les deux premières années (0 à 13 semaines), et longues la troisième année (20 à 32 semaines).

### 1- Caractéristiques générales des mares

Les mares pâturées (8) et non pâturées (8) ne montrent pas de différence significative pour les hauteurs maximales d'eau, le pH du sol, la conductivité, le taux d'argile et de sable (Tab. 5). Les mares non pâturées sont significativement plus riches en matière organique, azote, phosphore et limons que les mares pâturées (Tab. 5).

**Tableau 5.** Analyses de variance (ANOVA) comparant, entre mares pâturées et non pâturées, les caractéristiques pédologiques et la profondeur maximale de l'eau. La moyenne et l'écart type sont donnés pour chaque type de mare.  $dF= 1$  ; ns= non significatif ;  $*= p<0,05$ .

	<i>F</i>	<i>p</i>	Pâturée	Non pâturée
PH	0,12	ns	6,05 ± 0,43	5,96 ± 0,52
Matière organique (%)	6,75	*	2,82 ± 1,17	4,64 ± 1,60
Phosphore (ppm)	10,41	*	13,58 ± 6,19	23,82 ± 5,42
Azote (‰)	5,96	*	1,48 ± 0,59	2,32 ± 0,80
Argile (%)	0,04	ns	28,03 ± 12,48	28,91 ± 4,60
Limon (%)	4,90	*	24,96 ± 12,73	38,07 ± 10,88
Sable (%)	0,04	ns	31,76 ± 16,44	33,11 ± 8,19
Conductivité (µs)	0,25	ns	82,56 ± 17,79	87,25 ± 19,50
Profondeur maximale d'eau (cm)	0,18	ns	56,5 ± 13,53	53,13 ± 18,30

### 2- Etude régionale

Sur l'ensemble des 16 mares étudiées, un total de 155 espèces (Annexe 1) a été trouvé (75 % annuelles; 25 % vivaces), dont 8 espèces rares au Maroc : *Helosciadium inundatum*, *Exaculum pusillum*, *Isoetes velata*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Pilularia minuta*, *Elatine brochonii*, *Elatine alsinastrum*, et *Lythrum thymifolia*. Parmi ces 155 espèces, 23 se trouvaient seulement dans les mares pâturées, 47 étaient exclusives aux mares non pâturées, et 85 étaient communes aux deux types de mare.

Les caractéristiques de l'habitat les plus importantes pour la végétation (déterminées par « forward selection ARD ») sur les 16 mares sont le type de mare (pâturée, non pâturée), la teneur en phosphore du sol, le pH du sol et la hauteur maximale de l'eau (Fig. 10). Ces variables expliquent ensemble 44 % de la variance totale dans la composition de la végétation ( $F = 2,15$  ;  $p = 0,001$ ). Le pâturage explique 14,1 % de la variance totale ( $F = 2,29$  ;  $p = 0,001$ ), les variables du sol cumulées (phosphore et pH) 19,6 % ( $F = 1,92$  ;  $p = 0,003$ ), et la

hauteur maximale de l'eau 9,9 % ( $F = 1,94$  ;  $p = 0,007$ ). La variance commune expliquée par ces variables est faible et non significative ( $p > 0,05$ ).

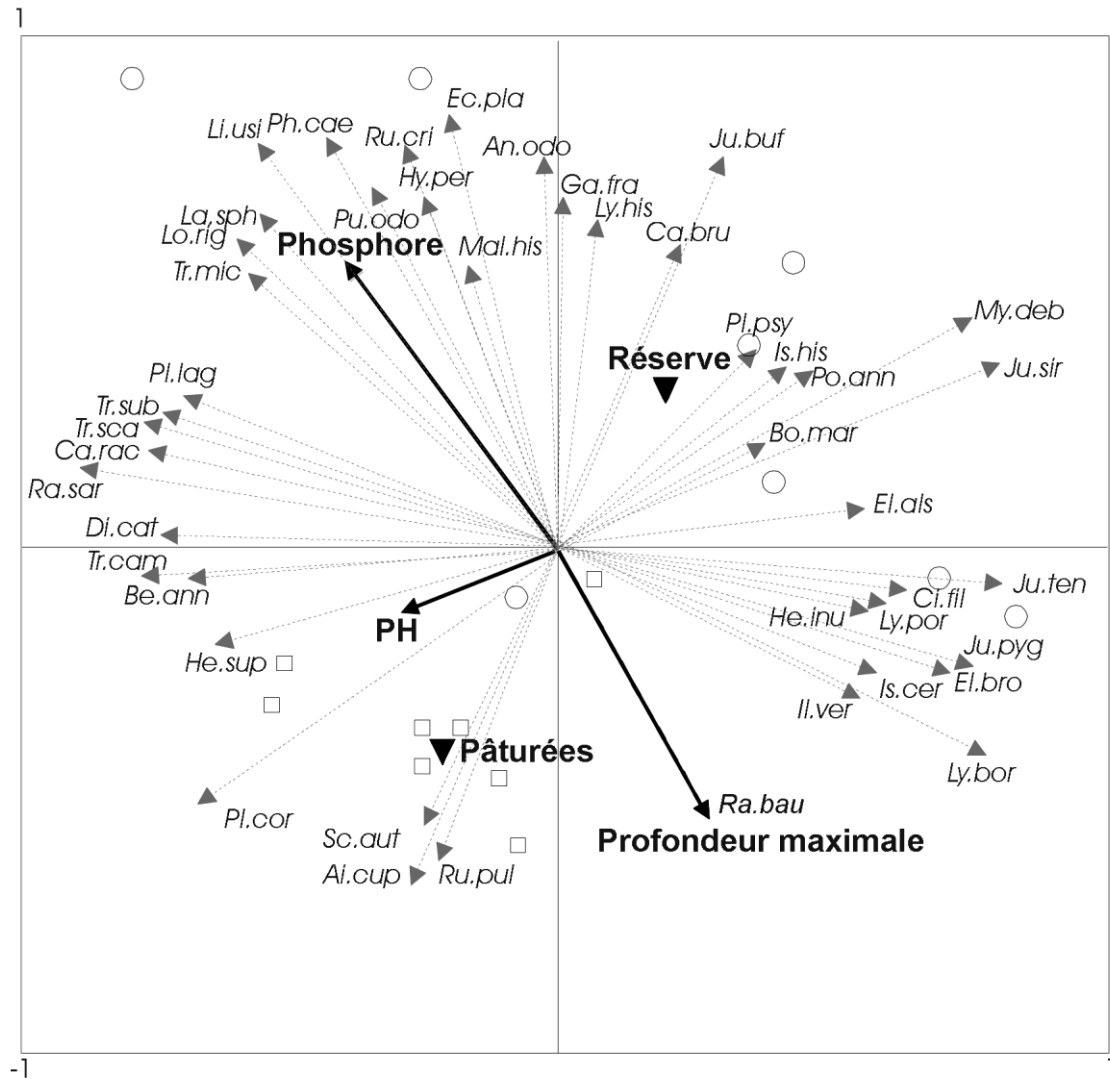
Un groupe d'espèces abondantes ou exclusives aux mares pâturées des forêts publiques (*Plantago coronopus*, *Scilla autumnalis*, *Aira cupaniana*, *Rumex pulcher*,...) est relativement bien individualisé sur le plan ½ (Fig. 10). Il s'oppose aux espèces plus abondantes ou présentes seulement dans les mares non pâturées (*Elatine alsinastrum*, *Helosciadium inundatum*, *Myosotis debilis*, *Phalaris caerulescens*, *Rumex crispus*, *Echium plantagineum*,...). Plus généralement, la plupart des espèces sont plus abondantes dans les mares non pâturées (Fig. 10).

Le plan ½ de l'AFC (Fig. 10) sépare également les espèces aquatiques et amphibies, qui sont abondantes dans les mares profondes (*Elatine alsinastrum*, *Helosciadium inundatum*, *Myosotis debilis*,...), des espèces terrestres, qui sont plus abondantes dans les mares peu profondes à sol riche en phosphore (*Phalaris caerulescens*, *Rumex crispus*, *Echium plantagineum*, *Linum usitatissimum*,...).

Le nombre total d'espèces par mare, ainsi que le nombre d'espèces Préférentielles et celui des espèces rares ne variaient pas significativement entre les mares pâturées et les mares non pâturées ( $p > 0,05$ ). Cependant, l'abondance totale des espèces Préférentielles était significativement plus faible dans les mares pâturées que dans les mares en réserve ( $F = 11,32$  ;  $p < 0,01$ ). L'abondance des espèces Rares et celle des espèces Opportunistes ne présentaient pas de différence significative entre les deux types de mare ( $p > 0,05$ ). Le nombre total d'espèces par mare, ainsi que le nombre d'espèces Préférentielles et des espèces rares, n'étaient pas corrélés à la hauteur maximale de l'eau ni à la taille des mares ( $p > 0,05$ ).

### 3- Etude locale

En 2008, le nombre d'espèces (respectivement total, annuelles et vivaces) par quadrat a significativement diminué avec la hauteur d'eau maximale par quadrat (Tab. 6), mais ne présentait pas de différence significative entre types de mare (pâturée ou non pâturée). En 2009, l'effet de la hauteur d'eau sur la richesse spécifique est significatif sur le nombre d'espèces annuelles et la richesse totale, mais pas sur le nombre d'espèces vivaces. Le nombre d'espèces par quadrat était significativement plus élevé dans les mares non pâturées que dans les mares pâturées (Tab. 6).



**Figure 10.** Diagramme d'ordination de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur la totalité des relevés de végétation réalisés dans les 16 mares étudiées. Le type de mare (pâturée ou non pâturée), les caractéristiques du sol (phosphore, pH) et la profondeur maximale de l'eau ont été intégrées dans l'analyse en tant que variables supplémentaires (carrés: mares pâturées ; cercles: mares non pâturées). Seules les espèces dont 28% de variance est expliquée par ces variables, ont été représentées. Abréviation des espèces : *An.odo* : *Anthoxantum odoratum* ; *Be.ann* : *Bellis annua* ; *Bo.mar* : *Bolboschoenus maritimus* ; *Ca.bru* : *Callitriche brutia* ; *Ca.rac* : *Carlina racemosa* ; *Ci.fil* : *Cicendia filiformis* ; *Di.cat* : *Diploaxis catholica* ; *Ec.pla* : *Echium plantagineum* ; *El.als* : *Elatine alsinastrum* ; *El.bro* : *Elatine brochonii* ; *Ga.fr* : *Gaudinia fragilis* ; *He.inu* : *Helosciadium inundatum* ; *He.sup* : *Heliotropium supinum* ; *Hy.per* : *Hypericum perforatum* ; *Is.cer* : *Isolepis cernua* ; *Il.ver* : *Illecebrum verticillatum* ; *Is.his* : *Isoetes histrix* ; *Ju.buf* : *Juncus bufonius* ; *Ju.pyg* : *Juncus pygmaeus* ; *Ju.str* : *Juncus striatus* ; *Ju.ten* : *Juncus tenageia* ; *La.sph* : *Lathyrus sphaericus* ; *Li.usi* : *Linum usitatissimum* ; *Lo.rig* : *Lolium rigidum* ; *Ly.bor* : *Lythrum borysthenicum* ; *Ly.his* : *Lythrum hyssopifolia* ; *Ly.por* : *Lythrum portula* ; *Ma.his* : *Malva hispanica* ; *My.sic* : *Myosotis debilis* ; *Pl.cor* : *Plantago coronopus* ; *Ph.cae* : *Phalaris caerulea* ; *Pl.lag* : *Plantago lagopus* ; *Plantago psyllium* ; *Po.ann* : *Poa annua* ; *Pu.odo* : *Pulicaria odora* ; *Ra.bau* : *Ranunculus baudotii* ; *Ra.sar* : *Ranunculus sardous* ; *Ru.cri* : *Rumex crispus* ; *Ru.pul* : *Rumex pulcher* ; *Sc.aut* : *Scilla autumnalis* ; *Tr.cam* : *Trifolium campestre* ; *Tr.mic* : *Trifolium micranthum* ; *Tr.sca* : *Trifolium scabrum* ; *Tr.sub* : *Trifolium subterraneum*

**Tableau 6.** Régression multiple mettant en évidence l'effet du type de mare (TY ; pâturée, non pâturée), de la hauteur maximale de l'eau par quadrat (PM) et de leur interaction sur la richesse totale par quadrat, la richesse en annuelles et la richesse en vivaces en 2008 et 2009. ns= non significatif ; \*\*\*=  $p < 0,0001$  ; \*\*=  $p < 0,01$  ; \*=  $p < 0,05$ .

	Type (TY)		Profondeur Maximale d'eau (PM)		TY*PM	
	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
<b>2008</b>						
Richesse totale	0,65	ns	19,51	***	0,36	ns
Richesse en annuelle	1,50	ns	15,44	**	0,08	ns
Richesse en vivace	3,35	ns	17,49	***	1,59	ns
<b>2009</b>						
Richesse totale	9,75	**	16,94	***	3,19	ns
Richesse en annuelle	5,58	*	16,47	***	3,36	ns
Richesse en vivace	6,10	*	2,54	ns	0,32	ns

La comparaison entre 2008 et 2009 (MANOVA) montre un effet significatif du type de mare, de la ceinture et du temps sur le nombre total d'espèces et le nombre d'annuelles par quadrat (Tab. 7). Le nombre d'espèces vivaces variait significativement avec la ceinture, le temps, avec une interaction significative entre la ceinture et le type de mare. De même, l'abondance de la végétation (totale et en annuelles) dans les quadrats (somme cumulée des fréquences par espèce) variait significativement avec le type de mare, la ceinture et le temps (Tab. 7). L'abondance des vivaces par quadrat variait significativement avec la ceinture et avec le type de mares, avec une interaction significative entre ce facteur et le temps. L'abondance des vivaces a significativement augmenté la deuxième année au centre et au niveau intermédiaire dans les mares en réserve, mais a significativement diminué dans les trois ceintures dans les mares pâturées. Le type de mare a un effet significatif sur l'abondance de tous les groupes d'espèces, avec un effet significatif de la ceinture et du temps (sauf vivaces) (Tab. 7).

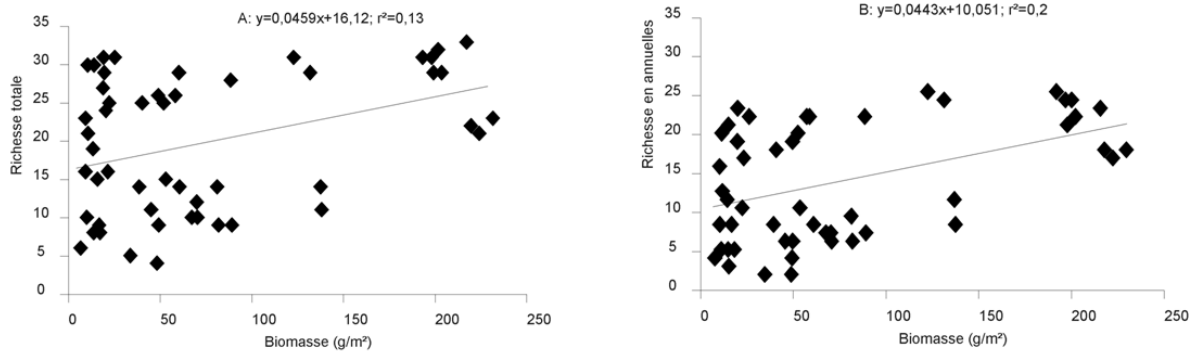
**Tableau 7.** Analyses pour mesures répétées dans le temps (MANOVA) sur la variation de la richesse et de l'abondance par quadrat (totale, en annuelles et en vivaces), en fonction du type de mare (pâturée, non pâturée), du niveau topographique (ceinture), de leur interaction et des interactions de chacune de ces deux variables avec le temps. ns= non significatif; \*\*\*=  $p < 0,001$ ; \*\*=  $p < 0,01$ ; \*=  $p < 0,05$ .

	Type (TY)		Ceinture (C)		Temps (T)		TY*C		TY*T		C*T	
	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p	F	p
<b>Richesse</b>												
Totale	7,99	**	37,81	***	154,96	***	3,71	*	4,22	*	14,11	***
Annuelle	9,51	**	37,76	***	137,29	***	2,54	ns	10,75	**	10,75	***
Vivace	0,92	ns	11,53	***	47,78	***	3,17	*	3,55	ns	7,66	**
<b>Abondance</b>												
Totale	26,33	***	18,34	***	73,36	***	1,05	ns	0,02	ns	11,85	***
Annuelle	22,41	***	17,88	***	103,37	***	1,50	ns	1,93	ns	9,91	***
Vivace	9,07	**	4,82	*	0,48	ns	2,48	ns	9,79	**	4,61	*

La richesse en annuelles et la richesse totale par quadrat étaient positivement corrélées en 2008 avec l'abondance des vivaces par quadrat dans les mares pâturées ( $r^2 = 0,28$  ;  $p < 0,05$ ;  $n = 45$  et  $r^2 = 0,44$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 45$ , respectivement pour la richesse en annuelles et totale) comme dans les mares non pâturées ( $r^2 = 0,23$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 45$  et  $r^2 = 0,35$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 45$ , respectivement pour la richesse en annuelles et totale). En 2009, le nombre d'espèces annuelles par quadrat n'était pas significativement corrélé à l'abondance des vivaces, aussi bien dans les mares pâturées que dans celles en réserve ( $p > 0,05$ ). La richesse totale était faiblement corrélée à l'abondance des vivaces dans les mares pâturées ( $r^2 = 0,14$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 45$ ) et dans les mares en réserve ( $r^2 = 0,22$  ;  $p < 0,05$  ;  $n = 45$ ).

#### 4- Biomasse

La biomasse produite en février 2008 était significativement plus élevée dans les mares non pâturées ( $123,15 \text{ g/m}^2 \pm 25,81$ ) que dans les mares pâturées ( $42,26 \text{ g/m}^2 \pm 23,28$ ). La biomasse était positivement bien que faiblement corrélée à la richesse totale ( $r^2 = 0,13$  ;  $p = 0,008$  ;  $n = 54$ ) et était mieux corrélée à la richesse en annuelles ( $r^2 = 0,20$  ;  $p = 0,0009$  ;  $n = 54$ ) (Fig. 11).



**Figure 11.** Corrélations entre la biomasse totale et (A) la richesse spécifique totale, (B) la richesse en espèces annuelles, dans les six mares regroupées (pâturées et non pâturées).

## Discussion

Ce travail constitue la première tentative d'évaluation quantitative des effets du pâturage sur la végétation des mares temporaires du Maroc. Compte tenu de la rareté des mares non pâturées au Maroc (comme plus généralement au Maghreb) et des causes de l'absence de pâturage, leur distribution est fortement agrégative, ce qui a contraint le plan d'échantillonnage. Cependant, la proximité géographique des mares pâturées et non pâturées, la similitude des caractéristiques physiques du milieu et la répétition des mesures sur 3 années confortent l'attribution au pâturage des effets mesurés. En effet, les deux types de mares étudiés dans le présent travail, montrent de nombreuses similitudes, concernant notamment les variables les plus déterminantes dans cette région pour la végétation des mares (Rhazi et al. 2001) : la localisation (en milieu forestier), la nature de la roche-mère (grès, quartzites et schistes paléozoïques), les hauteurs maximales d'eau et les caractéristiques pédologiques (pH, granulométrie, conductivité). Les teneurs des sols en phosphore, en azote, en matière organique et en limons sont significativement plus élevées dans les mares non pâturées que dans les mares pâturées (Tab. 5). Ces différences peuvent être attribuées au moins en partie, à l'absence de pâturage dans les mares non pâturées, conduisant à une production de biomasse supérieure ( $123.15 \text{ g/m}^2 \pm 25.81$ , contre  $42.26 \text{ g/m}^2 \pm 23.28$  dans les mares pâturées) et à l'absence d'exportation des nutriments (Milchunas & Lauenroth 1993, Vivier 1997), même si l'hypothèse d'un effet local distinct ne peut être totalement écartée.

### *1- Effet du pâturage sur les mares au niveau régional*

L'analyse régionale montre une différence de composition spécifique de la végétation entre les 16 mares étudiées. Ces différences sont expliquées par le pâturage (14,1 %), l'hydrologie

(9,9 %) et les caractéristiques pédologiques (pH et phosphore ; 19,6 %). Ainsi près de 30 % (47/155) des espèces rencontrées dans les 16 mares sont exclusives aux mares non pâturées, contre 15 % aux mares pâturées, et 55 % communes aux 2 groupes.

Le pâturage affecte différemment l'abondance des espèces dans les mares (Fig. 10). La plupart des espèces sont logiquement moins abondantes dans les mares pâturées que dans les mares non pâturées du fait des impacts directs des herbivores (abrouissement, consommation, piétinement). Il s'agit notamment des espèces peu tolérantes aux perturbations et appétentes pour le bétail (Chninigue 1990) qui sont abondantes dans les mares en réserve : e.g., *Juncus bufonius*, *Poa annua*, *Myosotis debilis*, *Phalaris caerulescens*, *Anthoxantum odoratum* (Fig. 10). En revanche, quelques espèces sont plus abondantes dans les mares pâturées (Fig. 10). Il s'agit d'espèces peu ou pas broutées par les herbivores (e.g. *Carlina racemosa*, *Hypericum tomentosum*, *Rumex pulcher*), grâce à des traits spécifiques comme des épines (*Carlina racemosa*), une forte pilosité (*Hypericum tomentosum*) ou des composés aromatiques (*Glycyrrhiza foetida*). Ces espèces constituent des « refus ». Certaines espèces comme *Plantago coronopus*, possédant des traits leur permettant d'échapper au pâturage (rosettes, formes prostrées) (Noy-Meir et al. 1989, Riginos & Hoffman 2003), sont également plus abondantes dans les mares pâturées. L'abondance de ces espèces est d'ailleurs utilisée pour déterminer le niveau de pression de pâturage (Noy-Meir et al. 1989, Bonis et al. 2005).

Une analyse de l'effet du pâturage par cortège d'espèces (Préférentielles, Opportunistes), montre des réponses différentes. Les espèces Préférentielles semblent être favorisées par l'absence de pâturage, ce qui n'est pas le cas pour les espèces opportunistes et les espèces rares. Les mécanismes impliqués ne sont pas clairement identifiés, mais pourraient inclure une appétence plus forte des Préférentielles et/ou un impact indirect du pâturage sur la végétation aquatique (perturbation du substrat, impact sur la transparence de l'eau...) (Gordon et al. 1990).

Aucun effet significatif du pâturage sur la richesse spécifique totale (et sur la richesse des différents cortèges : annuelles, vivaces, caractéristiques des mares et opportunistes) des mares n'a été trouvé. Ceci apparaît contradictoire avec la présence de 2 fois plus d'espèces exclusives dans les mares non pâturées (47) que dans les mares pâturées (23). Le nombre d'espèces n'est pas corrélé à la taille des mares, ce qui peut probablement être expliqué par divers facteurs tels que la diversité des micro-habitats, la forme de la dépression ou l'intensité de la compétition. La densité de la végétation est faible, même dans les mares en réserve. Toutefois, aucune corrélation négative entre la richesse en espèces et la biomasse n'a été décelée, ce qui suggère une faible intensité de la compétition. La densité des espèces varie de

manière significative le long du gradient topographique (gradient hydrologique). Cependant, au niveau des mares, l'analyse de la richesse floristique n'a pas pu intégrer ce facteur. Par conséquent la surface des mares ne semble pas jouer un rôle important dans la richesse floristique associée aux écosystèmes temporaires (Oertli et al. 2001).

## *2- Effet du pâturage à l'échelle locale (intra-communauté)*

A l'échelle locale (intra-mare), l'analyse interannuelle (MANOVA) met en évidence un effet significatif du pâturage sur la richesse, mais d'importance plus faible (Tab. 4) par rapport à celui de la topographie (ceintures) et du temps (qui exprime essentiellement les variations hydrologiques interannuelles). L'effet du pâturage sur la richesse (totale, en annuelles et en vivaces) apparaît significatif seulement en 2009 (année très humide). Il interagit avec l'hydrologie qui avait un effet plus faible en 2009 sur la richesse (significatif seulement pour la richesse en annuelles et totale) (Tab. 6). L'effet de hydromorphie associé à la position topographique est la variable qui joue généralement le plus grand rôle sur la structure, notamment la zonation, et la richesse de la végétation dans les zones humides (Brewer et al. 1997, Lensen et al. 1999, Rhazi et al. 2001).

L'effet du pâturage apparaît plus fortement sur l'abondance des espèces, particulièrement les vivaces (Tab. 8) qui ont significativement diminué entre années dans les mares pâturées (aux trois niveaux topographiques). La longue exposition des vivaces à la pression de pâturage, ainsi que la limitation de leur production par la sécheresse (stress) sous climat méditerranéen, affectent fortement leur pouvoir compétiteur (Grime 2001). La corrélation positive en 2008 entre l'abondance des vivaces et la richesse en annuelles (et totale), ainsi que la corrélation positive entre la biomasse et la richesse (Fig. 11), confirment le rôle mineur de la compétition en années sèches, même en absence de pâturage (mares en réserve). Ceci met en évidence le rôle des variables abiotiques, notamment le climat, dans le contrôle de la dominance des espèces (Fynn & O'Connor 2000, Osem et al. 2002, Augustine & McNaughton 2006). Les annuelles occupent ainsi les niches de régénérations libérées sous l'effet des perturbations et où elles s'expriment sans effet significatif de la compétition. En 2009 (année très humide), la plus forte hydromorphie change les relations compétitives (corrélation annuelles-vivaces non significatives) sans que l'on puisse trancher clairement s'il s'agit d'un effet inondation (stress) ou d'une augmentation de production conduisant à une réduction des contraintes sur la diversité. Cette année se situerait probablement au sommet de la courbe du modèle de la perturbation intermédiaire (Connell 1978).

## Conclusions

Nos résultats sur l'évaluation de l'impact du pâturage sur la végétation des mares temporaires du Maroc montrent un effet clair, aussi bien à l'échelle des mares qu'à celle des communautés. Cet effet est marqué, à l'échelle des mares, par une diminution de l'abondance des espèces, notamment celles des Préférentielles, mais sans effet sur la richesse spécifique. A l'échelle des communautés, le pâturage conduit à une diminution aussi bien de la richesse que de l'abondance des espèces, mais avec un effet qui reste relativement plus faible que celui de l'hydrologie. Aucun effet négatif de l'exclusion du pâturage sur la richesse n'apparaît après 30 ans d'exclusion, comme cela a été observé dans les mares européennes (Grillas & Tan Ham 1998, Rhazi et al. 2005). L'absence d'effet négatif est expliquée par la faible productivité et l'intensité des sécheresses estivales qui empêchent le développement important d'une biomasse végétale élevée, l'installation des ligneux et des héliophytes et limite très fortement les mécanismes de compétition.

Dans cette présente étude, le faible effet du pâturage sur la richesse contraste avec des observations sur le rôle du pâturage dans la disparition ou la régression d'espèces (Bakker 1989, Sternberg et al. 2000). Ce rôle est difficile à démontrer compte tenu de la rareté des mares non pâturées. Le faible effet observé dans ce travail doit être considéré en perspective temporelle avec une exclusion du pâturage relativement récente (30 ans) ; l'effet même faible sur le long terme peut exposer les populations de certaines espèces à une accentuation du risque d'extinction locale par réduction des populations. De plus, il est probable que dans les mares non pâturées, la production de graines soit supérieure en raison des biomasses 3 fois plus élevées et de la corrélation généralement trouvée entre la biomasse des annuelles et leur effort reproducteur (Samson & Werk 1986, Bonis et al. 1993). Cette production de graines supérieure permet une plus grande résilience des populations. Seules les espèces au moins un peu tolérantes au pâturage et aux perturbations peuvent subsister dans les mares.

Des jeux de données plus importants et des suivis à long terme seraient nécessaires pour mieux évaluer l'impact du pâturage sur la densité des stocks semenciers et la démographie des espèces rares, dans une perspective de gestion conservatoire des mares temporaires du Maroc.

## Chapitre IV

### Perceptions et menaces sur les mares temporaires du Maroc occidental

Siham Bouahim, Laila Rhazi, Raphael Mathevet, Lisa Ernoul, Btissam Amami , Er-Riyahi Saber,  
Serge D. Muller, Patrick Grillas  
Soumis à *Journal for Nature Conservation*



## **Résumé**

Au Maroc, les mares temporaires constituent un important réservoir de biodiversité avec une valeur d'usage pour la population locale. Cependant, ces habitats temporaires sont soumis à des menaces intenses conduisant progressivement à leur transformation ou à leur destruction totale.

Dans le but de comprendre les causes de cette destruction, une approche couplant l'évaluation des menaces à une enquête socio-économique a été adoptée. Cette approche vise, d'une part, à mieux cerner la perception de la population et des administrations locales vis-à-vis de ces milieux temporaires, et d'autre part, à identifier les zones prioritaires pour les actions de conservation.

La perception utilitariste dominante de la population et des administrations locales (potentiel de terres arables, perte de terres) met en évidence le haut niveau de menace qui pèse sur les mares de la province de Benslimane sur le court terme. L'évaluation des menaces montre que 22 % des habitats temporaires sont vulnérables et 23 % sont menacés à court terme. Ces résultats soulignent le besoin urgent de nouvelles politiques environnementales et pour des approches innovantes de gestion des mares temporaires. Clarifier les droits d'usages et d'accès et les priorités de gestion aidera les projets participatifs à atteindre les objectifs de conservation et de développement de ces habitats naturels.

***Mots-clés :** conservation, Afrique du Nord, perceptions du public, milieux humides temporaires.*

## **Introduction**

Au cours des cinquante dernières années, l'Homme a modifié les écosystèmes naturels plus rapidement et plus profondément que durant toute période comparable de l'histoire de l'humanité. Néanmoins, ces changements devraient s'accélérer au cours des prochaines décennies (Vitousek et al. 1997, MEA 2005). Les activités anthropiques sont annoncées comme responsables de la perte de nombreux habitats naturels (Lambin et al. 2001, Yan et al. 2005) et de leur biodiversité (Angermeier et Karr 1994, MEA 2005).

Les zones humides comptent parmi les écosystèmes naturels les plus productifs et les plus précieux de la planète (Castañeda & Herrero 2008, Ramsar 2008). Cependant elles connaissent une dégradation intense, notamment en région méditerranéenne (Pearce & Crivelli 1994, Tiner et al. 2002).

La perte des zones humides est causée principalement par des facteurs d'ordre anthropique impliquant les changements d'occupation des sols (Tiner et al. 2002, Xie et al. 2010) et la perception négative de ces écosystèmes par le public qui les considèrent comme des milieux insalubres et des sources de maladies (Smith 1965, Morgan 1982, Dakki & El Agbani 1995, Green et al. 2002, Barbier et al. 1997, Hatvany 2009). Cette perception négative, probablement née de l'ignorance de la valeur et des services procurés par ces milieux, a entraîné la transformation de milliers de zones humides en terrains agricoles, industriels ou résidentiels (Barbier et al. 1997, Grillas & Roché 1997). Les facteurs naturels (tels que les changements climatiques, la désertification), les invasions biologiques et l'eutrophisation, contribuent également fortement au déclin des zones humides (Zhao & Lai 2007, Xie et al. 2010).

La présente étude se focalise sur les mares temporaires méditerranéennes, qui sont reconnues comme des foyers de biodiversité exceptionnels (Grillas et al. 2004). Leur usage diffère entre les deux rives du bassin méditerranéen (Grillas et al. 2004) : elles sont moins utilisées en Europe que dans le Maghreb, où elles sont soumises à des pressions anthropiques fortes, conduisant à leur transformation ou à leur destruction complète (Rhazi et al. 2006, Saber 2006).

Une étude récente menée dans la province de Benslimane (nord-ouest du Maroc) a souligné la baisse importante du nombre de mares temporaires au cours des 50 dernières années (de 871 en 1955 à 670 en 2001), avec une perte de 23 % (Saber 2006). Ce déclin des mares temporaires pourrait être le résultat d'une mauvaise perception de ces habitats par la

population locale et les gestionnaires, en raison de leur petite taille et de leur inclusion dans un paysage dominé par des terrains agricoles et des forêts.

En réponse à cette diminution de nombre de mares, il paraît primordial de hiérarchiser et de cibler les actions potentielles de conservation de ces habitats temporaires (Groves et al. 2002). De ce fait, intégrer l'évaluation des menaces dans le processus de planification et de conservation de ces milieux naturels pourrait apporter des éléments de réponse et permettre de cibler les zones où les besoins de conservation sont les plus importants (Rodrigues et al. 2004).

Cependant, certaines études suggèrent que l'approche scientifique seule pourrait avoir des conséquences néfastes pour les populations locales, en raison de l'ignorance de leurs besoins dans les plans d'aménagement (Scott 1998). Par conséquent, la compréhension de la perception du public et des gestionnaires, ainsi que de leurs besoins, est cruciale pour toute politique de conservation efficace de ces habitats naturels. L'intégration des connaissances locales est devenu un paramètre clé dans l'amélioration de la gestion de l'environnement à travers le monde (Berkes & Folke 1998, Robertson & McGee 2003, Aronson et al. 2006, Herzon & Mikk 2007).

### **Objectifs de l'étude**

Au Maroc, aucune étude n'a traité la conservation des mares temporaires en prenant en compte les besoins et la perception de la population. La présente étude vise à adopter une approche qui couple d'une part, l'évaluation et la spatialisation des menaces sur les mares afin de hiérarchiser les priorités de conservation, et d'autre part, une enquête socio-économique permettant de connaître la perception de la population et des autorités locales vis-à-vis de ces habitats, en se focalisant principalement sur (i) le statut foncier, (ii) la connaissance des populations locales et leur savoir-faire en matière de gestion et d'usage de ces milieux temporaires, (iii) l'opinion publique et le degré de satisfaction de la gestion actuelle des mares, et (iv) l'intégration des besoins et de la perception du public dans le but d'aider les autorités locales à élaborer un plan de gestion pour les mares temporaires de Benslimane.

## **Matériel et méthodes**

### *1- Enquête Socio-économique*

Une enquête socio-économique a été menée en 2008 au niveau d'un périmètre d'étude de 7300 km<sup>2</sup> englobant trois communes (Ain Tizgha, Mwaline El Ghaba et Ouled Yahia Louta). Cette enquête a concerné un échantillon de 110 ménages choisis arbitrairement au niveau de la zone d'étude et se localisant principalement à proximité des mares. Le nombre de ménages enquêtés a été imposé, d'une part, par des contraintes de sécurité et à la difficulté d'accès aux zones forestières, et d'autre part, au refus d'un certain nombre de ménages de participer à l'enquête.

Les administrations locales (Eaux et Forêts, Direction Provinciale de l'Agriculture, Service de Vulgarisation dans la Direction du Centre de Travaux de Perfectionnement agricole N°10.08 de Benslimane) ont également été ciblées dans cette étude. Le choix des administrations enquêtées était fonction de leur travail dans le domaine de l'environnement. Les entretiens ont été menés entre mai et juillet 2008, en utilisant des questionnaires semi-structurés, déjà testés au cours d'une enquête pilote.

Deux types de questionnaires ont été élaborés. Le premier, visant la population locale, portait sur quatre aspects principaux (informations socio-économiques sur le ménage, informations sur les mares, leurs usages actuels et la gestion des problèmes qui leur sont liés), afin d'évaluer la nature de la relation entre la population locale et les mares temporaires, la répercussion de leurs pratiques sur ces habitats naturels, et la relation entre les différents acteurs dans les mares. Le second questionnaire visait les administrations locales, où le choix était plus spécifique et ciblé sur les personnes qui travaillent dans le domaine de l'environnement. Il consistait à évaluer la perception des preneurs de décision envers ces écosystèmes. Les enquêtes ont été menées en langue arabe afin de faciliter la compréhension de l'ensemble des questions par la population. La durée moyenne d'un entretien était de 40 à 50 mn.

Toutes les personnes interrogées durant la présente étude ont répondu volontairement. Certaines personnes ont parfois choisi de ne pas répondre à certaines questions, ce qui se traduit par des totaux n'atteignant pas 100 %. Les réponses ont été codées et analysées à l'aide des pourcentages et des moyennes arithmétiques.

## 2- *Vulnérabilité, pression et menaces sur les mares temporaires*

101 mares (50 % des mares du périmètre d'étude) ont été prospectées durant l'année 2008, afin de collecter les informations les caractérisant (coordonnées géographiques, taille, nature du milieu environnant, statut foncier, proximité des routes/pistes, distance aux habitations, distance à la ville de Benslimane, différentes modalités d'occupation des sols). Pour chacune des mares, la vulnérabilité, la pression ainsi que la menace de destruction a été évalués comme suit :

### a. Calcul de la vulnérabilité

Le terme de « vulnérabilité » est défini comme le degré auquel un système est susceptible d'être affecté négativement par les effets des changements globaux, d'origine climatique ou anthropique (McLean et al. 2001, Schiller et al. 2001, Turner et al. 2003, Schröter et al. 2004, Adger et al. 2005, Nicholls & Hoozemans 2005). La vulnérabilité a été calculée en utilisant les différents usages identifiés et les plus fréquents dans les mares (le pâturage, la coupe de plantes médicinales, le pompage de l'eau, les activités de loisir, les activités domestiques intenses, la mise en culture, l'urbanisation...). Des indices de vulnérabilité ont été attribués pour chaque usage des mares (Annexe 1) en se basant sur le jugement d'experts, suivant l'approche adoptée par Schmoldt & Peterson (1997, 2000), Schroter (2001) et O'Connor (2009). Les indices attribués ont été élaborés par consensus suite à des interviews directes avec des scientifiques expérimentés en écologie des mares temporaires et en socio-économie des milieux naturels, mais aussi en prenant en considération les résultats du chapitre II sur l'effet des activités anthropiques (récréation, pâturage, assèchement par drainage ou plantation d'Eucalyptus, mise en culture et urbanisation) sur la richesse spécifique et la composition des communautés de plantes dans 32 mares temporaires du périmètre d'étude. La valeur de l'indice (0-5), augmente avec l'impact de l'usage et la résilience de la mare qui est définie comme la capacité d'un écosystème à résister à une perturbation naturelle ou anthropique (Westman 1986, Brand 2008 ; Annexe 1). Les indices de vulnérabilité ont été majorés de 0,5 pour les petites mares, en considérant que la vulnérabilité est plus forte lorsque la surface de la mare est petite (Koellner 2000, Weidema et Lindeijer 2001). La profondeur des mares n'a pas été prise en considération dans le calcul de la vulnérabilité par manque d'informations précises sur ce paramètre (l'année de prospection des mares était une année sèche) et en raison de sa faible amplitude (Rhazi 2001).

La vulnérabilité totale de chaque mare  $V_t$  a été calculée comme la somme des indices  $v_i$  attribués à chaque usage recensé dans les mares :

$$(1) \quad V_t = \sum v_i$$

#### b. Calcul de la pression

La pression est définie comme les facteurs externes qui exercent une influence sur les habitats naturels ; elle a été calculée en se basant sur la nature du bassin versant proche (forêt ou terrain agricole), l'accessibilité (distance à la route la plus proche), la distance à la ville de Benslimane et à l'habitation la plus proche (habitat isolé) et le statut foncier. Ces variables ont été estimées en classes (Annexe 2) et un indice de pression a été attribué à chacune des classes sur la base d'un consensus basé sur des discussions avec des scientifiques expérimentés en écologie des mares temporaires et en socio-économie des milieux naturels.

Tandis que les mares en forêt appartiennent toutes au domaine public, les mares situées en milieu agricole appartiennent pour la plupart à des particuliers. Les mares à statut foncier public peuvent être utilisées mais pas transformées par les usagers, tandis que les mares privées peuvent être transformées, et le sont généralement en terrains agricoles.

La pression totale  $P_t$  sur chaque mare a été calculée comme la somme des indices  $p_i$  attribués à chaque facteur de pression identifié :

$$(2) \quad P_t = \sum p_i$$

#### c. Calcul du degré de menace

Le degré de menace sur chaque mare  $M$  a été calculé comme le produit entre la vulnérabilité totale  $V_t$  et la pression totale  $P_t$  sur la mare. Il représente le risque de destruction des mares.

$$(3) \quad M = V_t * P_t$$

Selon les seuils naturels de distribution, des classes ont été attribuées pour les indices de vulnérabilité, de pression et de menace. Les données de vulnérabilité, de pression et de menace sur les mares ont été utilisées pour élaborer des cartes permettant de classer l'ensemble des 101 mares étudiées selon un gradient croissant de vulnérabilité, de pression et de menace. Le matériel utilisé est l'image satellite Landsat du 20/01/2001 qui est géo-référencée à l'acquisition. Son traitement a été réalisé à l'aide du logiciel ENVI (Environment

for Visualizing Images). Les 101 mares ont été localisées avec les coordonnées GPS et cartographiées, à l'aide du logiciel ArcView GIS.

## **Résultats**

### *1- Population locale*

#### a. Profil de la population et des ménages enquêtés

Les données sociodémographiques des 110 ménages concernés par les enquêtes montrent que 90 % sont originaires de la région de Benslimane, tandis que les 10 % restants sont dans la région pour y travailler dans l'agriculture. L'échantillon enquêté est constitué de 48 % de femmes et de 52 % d'hommes, avec une moyenne d'âge de 47 ans et de 5 enfants par ménage.

Un total de 51 % de la population enquêtée est actif, dont 86 % d'hommes et 14 % de femmes. Le secteur agropastoral constitue la principale activité de la population : 53 % de la population active travaille dans l'agriculture ou possède des terres agricoles, et pratique l'élevage de bovins, ovins et équins. Le revenu annuel de 48 % des familles ne dépasse pas 1000 US\$/an (environ 800 Euros/an).

#### b. Perception des mares par la population

Environ 60 % de la population enquêtée affirment que les mares temporaires sont très importantes en termes d'usage. 21 % témoignent d'un attachement non matérialiste (émotionnel ou religieux) et 7 % indiquent que les mares temporaires sont importantes pour les deux raisons (usages et non matérialiste). 19 % de la population ont cependant indiqué que les mares temporaires n'étaient pas importantes et ne présentaient aucun intérêt pour eux.

La perception de la population diffère quant au statut foncier des mares temporaires. La majorité de la population (61 %) indique que les mares temporaires dans la zone étudiée sont essentiellement publiques, alors que 23 % affirment qu'elles appartiennent au secteur privé ; environ 16 % déclarent que la propriété foncière des mares temporaires au niveau de la zone d'étude n'est pas claire.

73 % de la population enquêtée qui reconnaît l'importance des mares en termes d'usage (60 % de l'échantillon total) sont des utilisateurs des ressources des mares temporaires, et non des propriétaires. 62 % de ces propriétaires privés indiquent que les mares temporaires ne sont pas importantes et qu'elles ne présentent aucun intérêt pour eux.

Dans les mares du domaine public, la population bénéficie d'un droit d'usage pour le pâturage et la récolte des plantes médicinales, tandis que dans les mares privées, le droit d'usage est limité aux propriétaires. Cependant, très localement et selon la population locale, certaines mares de la région de Benslimane peuvent être louées pour le pâturage à 2000 Dh/an (= 200 US\$/an, 160 Euros/an)

### c. Perception des usages des mares temporaires par la population locale

Environ 53 % de la population utilisent l'eau des mares pour abreuver le bétail et pour l'irrigation. Pour la gestion de l'eau, 92 % des personnes interrogées affirment qu'il n'y a pas de conflits d'usage de l'eau qui est, selon eux, « un don de Dieu » et un bien public que tout le monde peut utiliser équitablement.

Environ 46 % de la population enquêtée utilisent les mares temporaires pour le pâturage. L'effectif moyen du cheptel est composée de 24 % d'ovins (avec en moyenne 24 moutons/famille), 6 % de bovins (avec en moyenne 6 vaches/famille), et 13 % d'équins (en moyenne 5 chevaux-ânes/famille). La charge pastorale à l'intérieur des mares est considérée par 69 % de la population enquêtée comme faible à moyenne, et ne causant aucun préjudice aux mares temporaires. Cette population est composé principalement de 75 % d'usagers publics et de seulement 25 % de propriétaires privés. 29 % des personnes interviewées pensent que cette charge pastorale est forte et peut détruire la végétation.

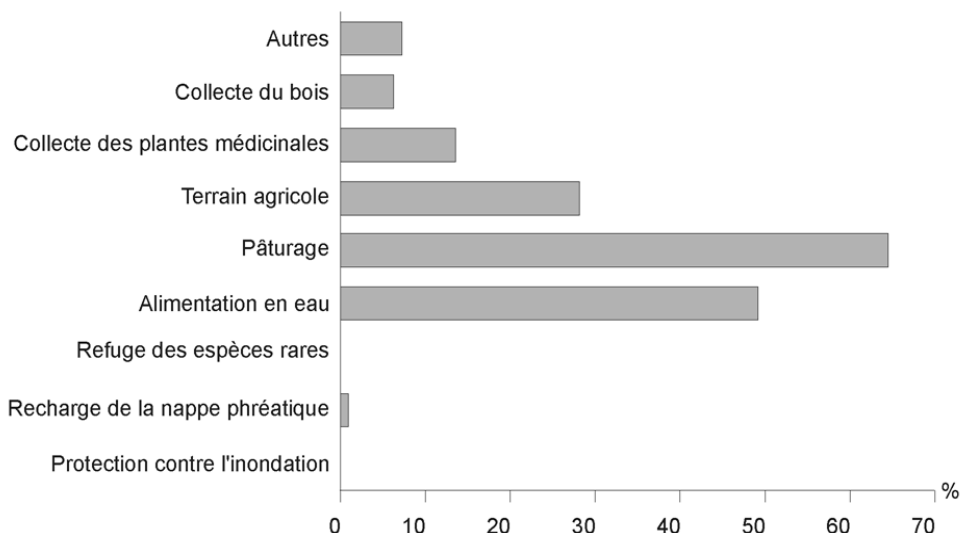
Seulement 6 % de la population enquêtée reconnaît la mise en culture des mares pour la céréaliculture (57 % ; surtout blé, avoine et sorgho) et le maraîchage (43 %), principalement destinés à l'auto-consommation. Durant la présente enquête, un certain nombre de mares cultivées ont été identifiées, mais leurs propriétaires ont toujours refusé de répondre à nos questions. Certains d'entre-eux ont même nié l'existence de la mare sur leurs terrains.

Environ 78 % de la population enquêtée (55 % de femmes et 45 % d'hommes) déclare récolter des plantes dans les mares et les utiliser dans leur vie quotidienne. Les principales plantes récoltées sont *Mentha pulegium* et *Lythrum hyssopifolia*.

D'autres usages des mares ont été identifiés lors de cette enquête. Il s'agit principalement de leur utilisation comme espace de sport et de loisir, pour l'apiculture, pour la collecte des escargots et pour la chasse.

Les résultats des enquêtes montrent que l'importance des services indirects rendus par les mares (épuration des eaux, contrôle des inondations,...) ne sont connus que par une infime

tranche (7 %) de la population (Fig. 12). Une personne a même affirmé que les mares constituaient la principale cause des inondations.



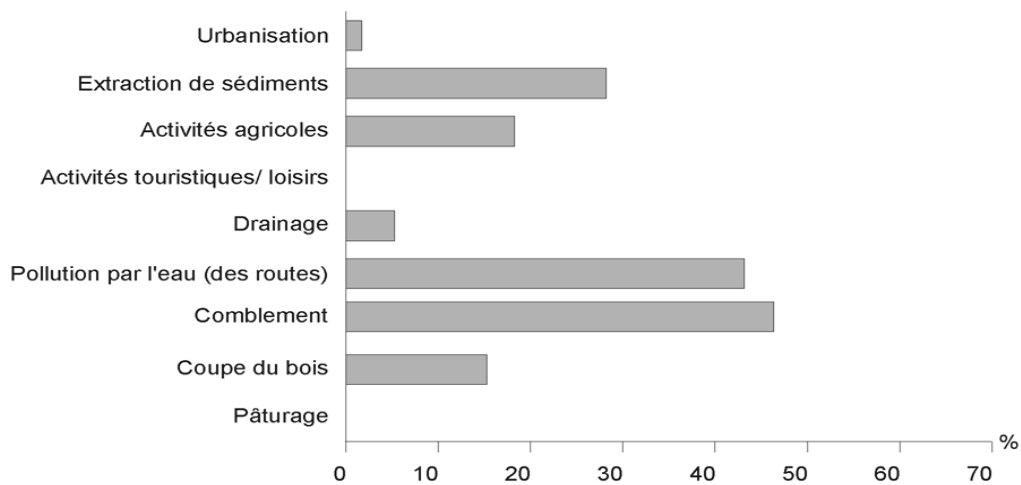
**Figure 12.** Services directs et indirects procurés par les mares temporaires, selon la population locale de Benslimane.

#### d. Perception des problèmes causés par les mares temporaires

Les moustiques constituent, pour 46 % de la population, une faible à très grande nuisance. Pour 54 % de la population (dont 73 % d'usagers publics et 27 % de propriétaires privés), le problème des moustiques ne se pose pas car l'état a réalisé des campagnes de démoustication efficaces. L'extraction de sédiments constitue pour 18 % de la population un très grand problème, car d'après eux, le creusement des mares, surtout en forêt, les rend très profondes et peut causer la noyade des enfants et du bétail.

#### e. Perception des menaces par la population locale

Environ 87 % de la population enquêtée (dont l'âge dépasse 42 ans) estime que les mares de la région de Benslimane ont connu une dégradation durant les dix dernières années. Cette dégradation a été perçue de différentes manières par la population : régression des fonctions et des services procurés par les mares (approvisionnement en biomasse végétale et en eau), comblement des mares par les déchets, pollution par les eaux de ruissellement et transformation, soit par creusement afin d'extraire et commercialiser la roche-mère, soit pour l'urbanisation et l'agriculture (Fig. 13). Seulement 2 % de la population (moins de 27 ans) affirment que les mares n'ont pas connu de dégradation durant ces dernières années. 11 % était sans opinion ou n'ont pas voulu répondre à cette question.



**Figure 13.** Menaces sur les mares temporaires, selon la population locale de Benslimane.

#### f. Degré de satisfaction de la population locale vis-à-vis de la gestion des mares

La population affirme à 72 % que les services des Eaux et Forêts sont les responsables directs de la gestion des mares de la région. Cette gestion est qualifiée de « bonne » par 43 % des personnes enquêtées, alors que 42 % des personnes interviewées pensent que la gestion n'est pas bonne et qu'elle est la cause directe de la dégradation des mares.

Les alternatives de gestion des mares proposées par la population sont principalement : le contrôle du comblement et de l'extraction de sédiments (30 %), le traitement de l'eau et la démoustication (26 %). Seulement 9 % de cette population affirment que la bonne gestion des mares est liée à la sensibilisation de la population, dans le but de faciliter la conservation de ces écosystèmes à l'état naturel pour les oiseaux migrateurs. Par ailleurs, 6 % de l'échantillon enquêté estiment que le multi-usage nuit à la gestion des mares et proposent de rendre ces écosystèmes exclusifs pour le pâturage. De même, 6 % considèrent que la gestion publique n'est pas bonne et proposent la privatisation des mares, tandis que 24 % (dont 34 % sont des usagers publics et 66 % des propriétaires privés) affirment que la transformation de l'espace occupé par les mares à des fins agricoles et urbaines (maisons d'hôtes, parcs de divertissement...) serait la meilleure gestion de ces espaces considérés comme des terrains perdus.

#### 2- Les autorités locales

La perception des administrations locales vis-à-vis des mares temporaires diffère selon leurs activités. Pour les services des Eaux et Forêts (EEF), la mare est un paysage qui sert à la

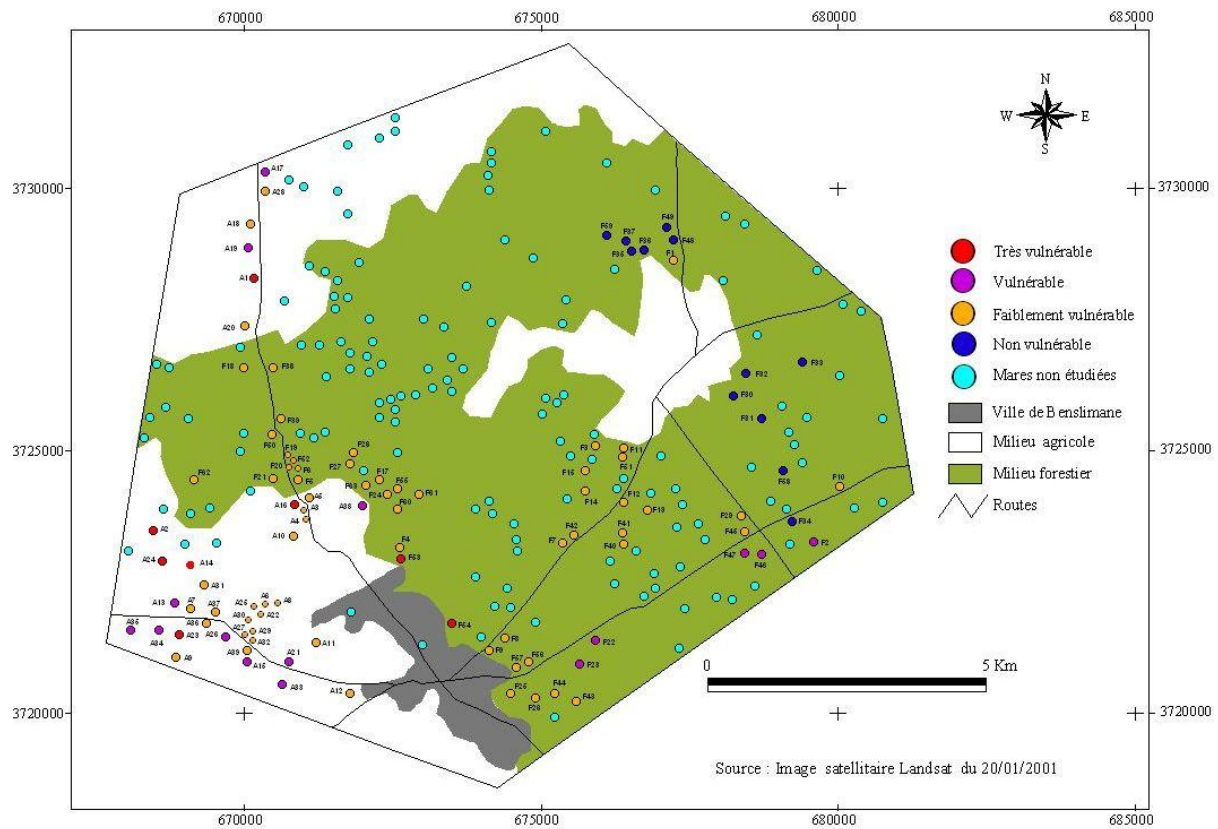
population locale et à la chasse (notamment au sanglier et au gibier). La Direction Provinciale de l'Agriculture (DPA) et le Service de Vulgarisation de la Direction du Centre de Travaux de Perfectionnement agricole de Benslimane (DCTP) se limitent à une définition technique des mares comme étant des dépressions inondables et/ou des eaux stagnantes dans des terrains agricoles. La gestion des mares diffère aussi entre les trois administrations enquêtées. Pour les EEF, la gestion des mares se limite au contrôle des oiseaux migrateurs à l'intérieur des mares et le suivi de la grippe aviaire dans la région. Pour le responsable du Service d'Aménagement de la DPA et le chef du Service de Vulgarisation de la DCTP, la gestion des mares concerne essentiellement leur drainage, soit directement par des projets gouvernementaux, soit en incitant les agriculteurs propriétaires de mares à mettre en place des canaux de drainage. Toutefois, les deux responsables déclarent que le budget de financement de ces projets de drainage constitue le facteur limitant du drainage effectif de toutes les mares de la région.

### *3- Evaluation de la vulnérabilité, de la pression et des menaces sur les mares*

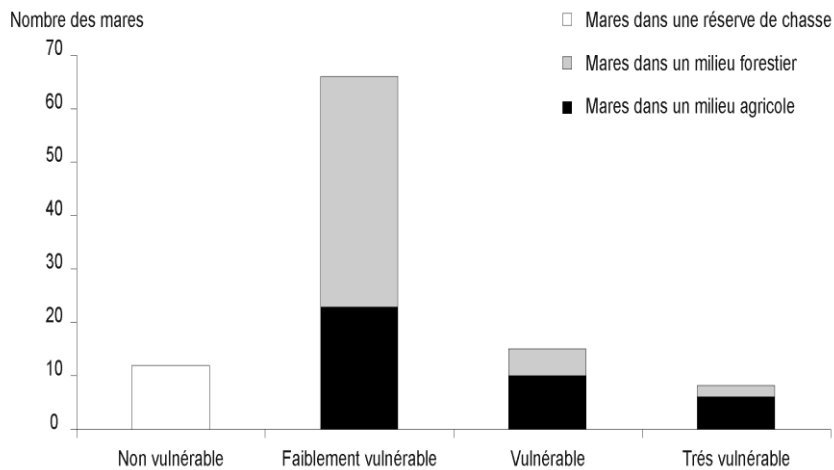
#### *a. Vulnérabilité des mares aux usages*

L'analyse des indices de vulnérabilité des mares aux usages, révèle quatre niveaux de vulnérabilité différemment répartis à l'échelle spatiale du périmètre étudié (Fig. 14a). Le premier niveau correspond aux « mares non vulnérables », où aucun usage n'a été décelé ; elles représentent 12 % de l'échantillon total et sont mares localisées dans deux réserves de chasse dont l'accès est interdit à la population (Fig. 14b). Le deuxième niveau, qui correspond aux « mares faiblement vulnérables » représentent 65 % du total des mares ; ces mares se localisent principalement dans un environnement forestier, où les usages recensés (pâturage, récolte de plantes médicinales) sont moyennement intenses (Fig. 14b). Le troisième niveau correspond aux « mares vulnérables », qui représentent 15% du total des mares et où les usages sont diversifiés et assez intenses. Le quatrième niveau, enfin, correspond aux « mares très vulnérables », représentant 8% du total et où l'intensité des usages (mise en culture, plantation d'eucalyptus, comblement, etc) est très forte. La plupart de ces mares (75 %) se localise dans un environnement agricole (Fig. 14b).

a)-



b)-



**Figure 14.** a. Carte de vulnérabilité aux usages des mares du périmètre étudié. Quatre niveaux de vulnérabilité ont été distingués : non vulnérable (0-3) ; faiblement vulnérable (3-10) ; vulnérable (10-16) ; très vulnérable (> 16). b. Proportion des trois types de mares (en réserve de chasse, en forêt publique et en milieu agricole), selon les quatre niveaux de vulnérabilité distingués.

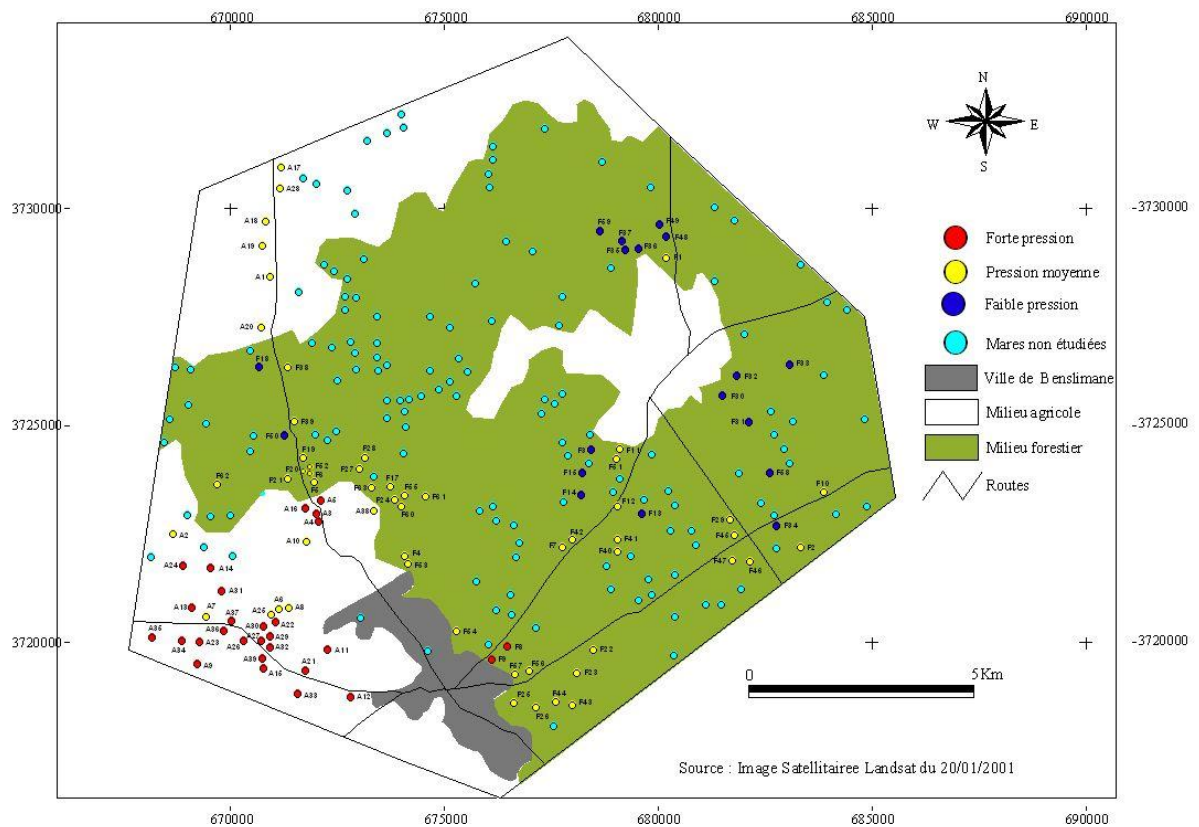
### b. Pression sur les mares

Trois niveaux de pression sur les mares se distinguent dans le périmètre étudié (Fig. 15a). Le premier niveau correspond aux « mares à faible pression » représentant 18 % du total ; elles sont situées principalement dans deux réserves de chasse. Le deuxième niveau regroupe les « mares à pression moyenne » représentant 54 % du total qui sont pour la plupart situées dans un milieu forestier (Fig. 15b). Le troisième niveau correspond aux « mares à forte pression » représentant 28 % du total, ces mares sont principalement localisées (93 %) dans des terrains agricoles privés et sont pour la plupart très proches de la ville de Benslimane et des routes (Fig. 15b).

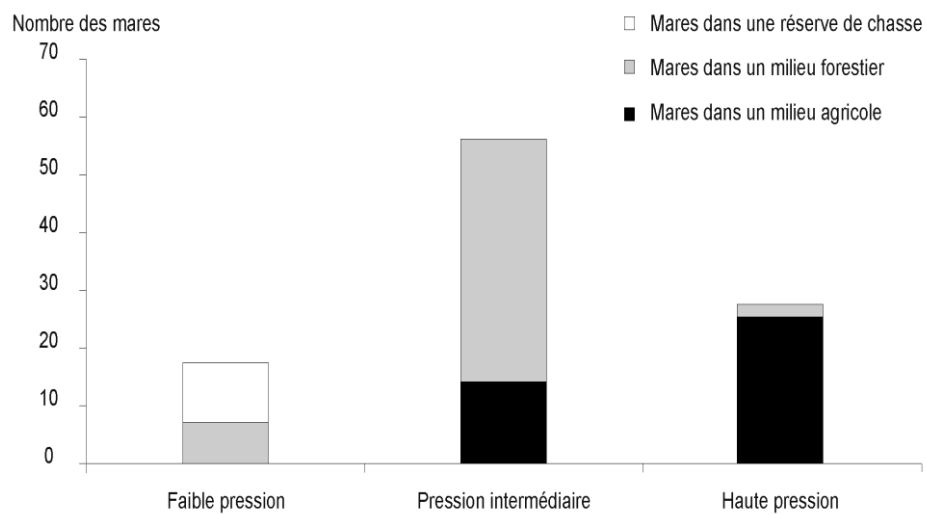
### c. Menaces de disparition des mares

Quatre niveaux de menaces sur les mares ont été distingués (Fig. 16a). Le premier niveau correspond aux « mares sans menaces », qui représentent 14 % du total des mares de la région ; elles sont pour la plupart dans des réserves de chasse. Le deuxième niveau regroupe les « mares à menaces faibles », qui représentent 64 % du total ; elles se rencontrent principalement dans le domaine forestier public, où la pression d'usage est assez faible. Le troisième niveau caractérise les « mares sous menaces modérées », qui représentent 14 % du total, alors que le quatrième niveau regroupe les « mares sous menaces fortes, en danger de disparition », qui représentent 8 % du total ; ces mares sont principalement localisées en milieu agricole et proches de la ville de Benslimane (Fig. 16b).

a)-

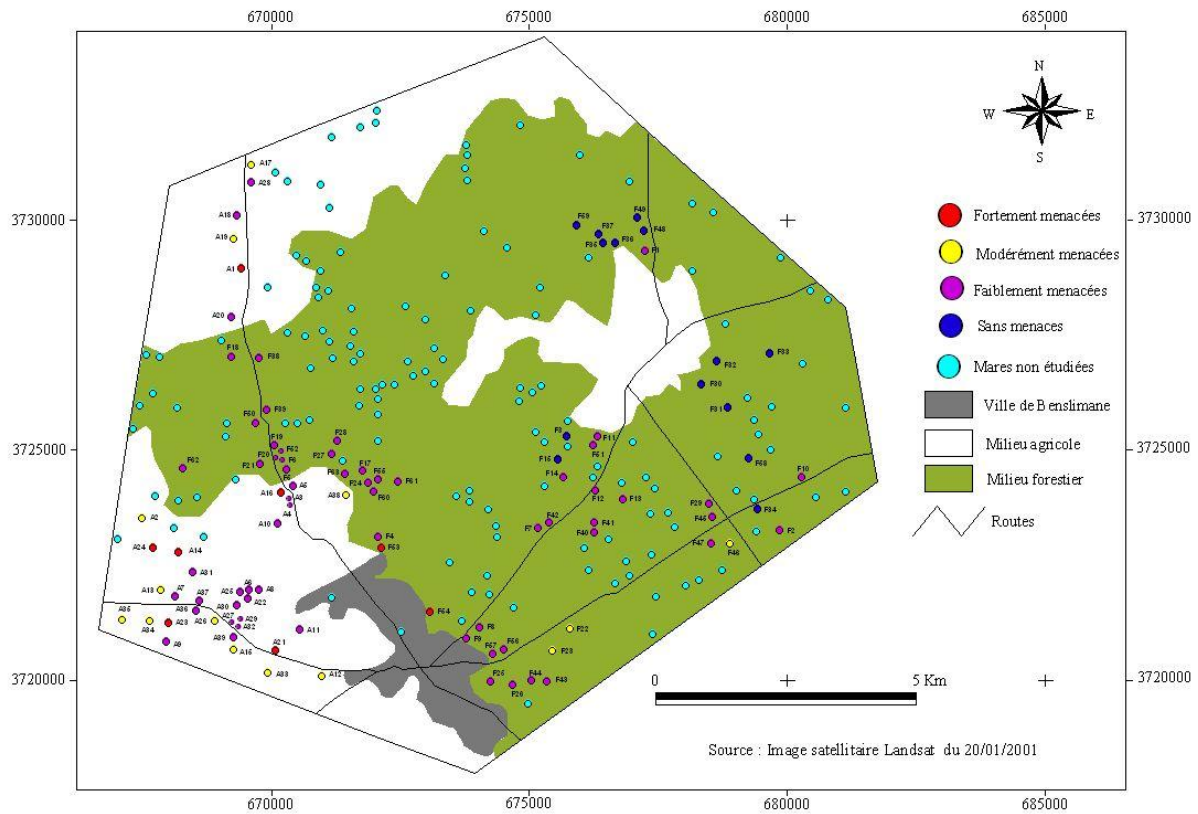


b)-

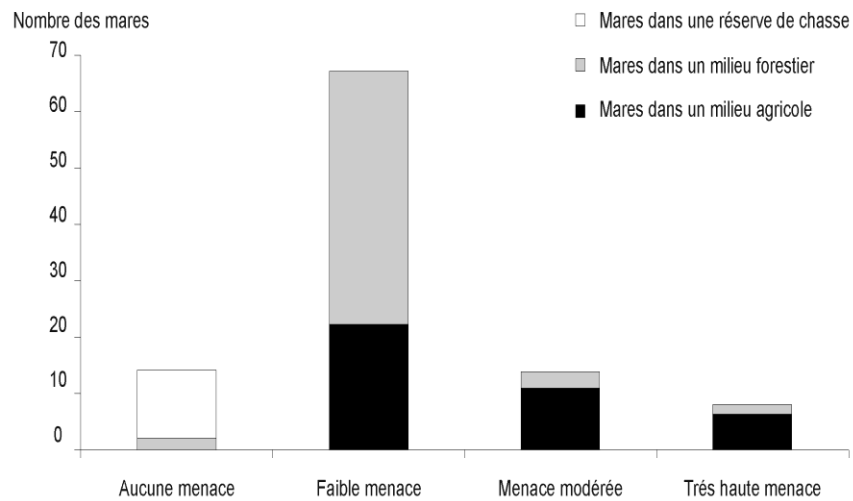


**Figure 15.** a. Carte de pression sur les mares du périmètre étudié. Trois niveaux de pression ont été distingués : faible (5-8) ; moyenne (8-12) ; forte (> 12). b. Proportion des trois types de mares (en réserve de chasse, en forêt publique et en milieu agricole), selon les trois niveaux de pression distingués.

a)-



b)-



**Figure 16.** a. Carte des menaces sur les mares du périmètre étudié. Quatre niveaux de menaces ont été distingués : nul (0-25) ; faible (25-100) ; modéré (100-175) ; fort (> 175). b. Proportion des trois types de mares (en réserve de chasse, en forêt publique et en milieu agricole), selon les quatre niveaux de menaces distingués.

## Discussion

Les perceptions et les besoins des populations locales sont considérés comme les facteurs clés du comportement humain vis-à-vis des milieux naturels et de leur gestion (Lussier & Poulus 1998, Gibson et al. 2000, Ivancevich & Matteson 2002, Walters 2004, Walton et al. 2006, Tibby 2008). Toutefois, la relation homme-milieu naturel est toujours ambivalente : les habitats naturels sont toujours considérés comme des milieux producteurs en même temps que comme des sources de nuisance potentielle (Bourdeau 2004). Ceci est particulièrement vrai pour les zones humides (Hatvany 2009).

### *1- Perception par la population locale*

La présente étude, centrée sur la relation homme-mare temporaire a permis de déceler les différentes perceptions de la population locale vis-à-vis des mares de la région de Benslimane. Ces perceptions, globalement anthropocentriques (Norton 1987, Mangi & Austen 2008) et utilitaristes, peuvent être regroupées en quatre grands types :

- (1) la mare-ressource (usages actuels) ;
- (2) la mare-potentielle (terre non utilisée, mais qui pourrait être bonifiée par l'agriculture) ;
- (3) la mare-nuisance (moustique, maladies et odeurs) ;
- (4) la mare-vécue (mémoire d'enfance, lien émotionnel, esthétique).

Ces perceptions contrastées, sont en partie positives (lien émotionnel et espace ressource) et en partie négatives (terrains perdus et source de nuisance).

#### a. La perception « mare-ressource »

La présente étude concorde bien avec les résultats d'Oladele (2008), qui stipule que les zones humides des pays en développement sont souvent perçues comme des espaces ressources qui procurent une multitude de services à la population (pâturage, eau, agriculture, plantes médicinales...). La prédominance de cette vision utilitariste et matérialiste dans la région d'étude peut être due au fait que ces services sont partie intégrante de la vie quotidienne de la population locale, dont l'activité principale est centrée sur l'agriculture et l'élevage. Cette perception utilitariste est plus importante chez les hommes que chez les femmes. Ceci traduit l'attachement fort des hommes à ces habitats pour satisfaire en partie les besoins du cheptel (eau, pâturage) et du ménage (agriculture...), mais aussi la répartition des rôles au sein du ménage entre les hommes et les femmes. Cette perception est liée en même temps au statut foncier : en effet, environ 76 % d'usagers publics et 51 % de propriétaires privés supportent

cette perception et considèrent les mares comme une ressource en accès libre pour l'eau, le pâturage, les plantes médicinales, etc.

#### b. La perception « mare-potentielle »

Environ un tiers de la population considère les mares de la province comme des terrains perdus pouvant être potentiellement transformés au profit d'autres usages (agriculture, urbanisation...). Cette perception, largement répandue à l'échelle mondiale (Walters 2004, Kangalawe 2005), serait une cause principale de la conversion fréquente des zones humides du Maroc pour l'agriculture (Green et al. 2002). Elle traduit la vision de « l'utiliser ou le perdre » de l'expression anglaise (*use it or lose it*) (Maclean et al. 2003, Nkonya et al. 2005), qui est fréquente dans la région d'étude. Cette perception pourrait être née principalement de l'abondance des mares et de la superficie totale non négligeable qu'elles occupent dans la province de Benslimane (Saber 2006).

#### c. La perception « mare-nuisance »

Environ 9 % de la population (principalement des usagers publics travaillant dans l'agriculture et l'élevage) considèrent les mares temporaires comme insalubres et comme une source de nuisances, notamment pour la présence des moustiques, mais aussi pour les mauvaises odeurs issues de ces milieux (stagnation de l'eau). Cette perception de nuisance vis-à-vis des mares constitue la cause principale de leur comblement et de leur drainage dans la région (Smith 1965, Morgan 1982, Barbier et al. 1997).

#### d. La perception « mare vécue »

C'est une vision qui est à la fois émotionnelle, esthétique et religieuse, qui a été exprimée par 11 % de la population, principalement âgée de plus de 42 ans. Cette perception révèle un sentiment positif de la population vis-à-vis des mares, alors considérées comme des espaces naturels (Kunstler 1994). Elle est liée à la mémoire d'enfance de la population et à la beauté de ces écosystèmes, mais également à la croyance religieuse qui amène à considérer les mares comme des « dons de Dieu » qu'il ne faut pas détruire. Cet attachement émotionnel, religieux et esthétique, même s'il est peu représenté dans les résultats de l'enquête, peut constituer un espoir pour une conservation durable de ces habitats (Moore & Graefe 1994, Brandenburg & Carroll 1995, Sack 1997).

### *2- La Perception des mares temporaires par les autorités locales*

Au niveau des administrations locales, la perception « mare-potentielle » est largement dominante. Elles perçoivent les mares comme des opportunités d'extension des terres

agricoles pour nourrir une population en expansion démographique (Rapport sur l'Etat de l'Environnement du Maroc 2001). Selon ces administrations, plusieurs projets étatiques ont été élaborés pour le drainage des mares temporaires pour l'agriculture, mais leur mise en œuvre reste limitée par le manque de finances destinées à cette opération (DPA, DCTP). Cette perception n'est pas restreinte aux administrations marocaines, elle est au contraire très commune dans les pays en voie de développement, notamment en Afrique (National Environment Management Authority NEMA 2001).

Le discours des administrations locales et la perception de la population mettent en avant les menaces potentielles qui pèsent à court terme sur ces habitats temporaires. Ces perceptions identifiées font ressortir des patrons sociaux différents. Ainsi le couple « mare-nuisance » et « mare-potentielle » reflète une vision destructrice, qui est celle des usagers publics et des propriétaires privés travaillant dans l'agro-pastoralisme pour de faibles revenus annuels. Le couple « mare-ressource » et « mare-vécue », traduit une position modérée et conservatrice, émanant principalement d'usagers publics, mais également de propriétaires privés, assez âgés et très croyants.

### *3- La gestion des mares temporaires*

La gestion des mares temporaires de la province est partagée entre les services des EEF (acteur public) qui gèrent les mares publiques à l'intérieur de la forêt, et les acteurs privés qui sont propriétaires des mares en milieu agricole. Une divergence entre ces deux acteurs concernant la gestion des mares ressort à partir des enquêtes. La population considère les mares publiques comme n'étant pas bien gérées, alors que les services de l'état estiment que la privatisation des mares entrave l'élaboration de lois pour leur protection. Les alternatives de gestion proposées par la population sont liées à leur sécurité et à celle de leur bétail (comblement ou contrôle de l'extraction de la roche afin d'éviter la noyade, aussi bien des enfants que du cheptel, démoustication, traitement des eaux pour éviter les odeurs nuisibles et les maladies), à leur besoin en nourriture (transformation en terrains agricoles) et en divertissement (transformation en parcs de loisirs), et à l'appropriation des terres (privatisation des mares). La gestion des mares par une préservation durable de leurs services n'a été proposée que par 6 % de la population, qui suggérait de réduire les usages multiples des mares à la seule activité du pâturage.

Aucun programme de préservation de l'intégrité des mares ou de leur biodiversité n'a été identifié lors des enquêtes. Ceci reflète le désintérêt des différentes administrations vis-à-vis de la conservation des mares temporaires en tant qu'écosystèmes naturels. Des études

antérieures ont cependant montré que la prise de conscience des autorités n'était pas suffisante et que la participation locale est indispensable pour la réussite de tout programme de conservation des ressources et des habitats (Gbadegesin & Ayileka 2000, Wezel & Rath 2002). Ainsi, pour mieux définir les règles d'accès collectif, de partage et de gestion de ces milieux temporaires, une campagne de sensibilisation utilisant une approche participative devrait être entreprise (Torquebiau & Taylor 2009). Puisque les institutions locales peuvent être plus efficaces que les institutions étatiques pour mettre en place des règles relatives à l'accès, la récolte et la gestion des mares (problèmes et solutions doivent être traités localement), l'organisation d'un groupe d'étude ciblé (*focus group*) (Ostrom 1990) pourrait s'avérer d'une grande utilité afin d'identifier la meilleure option de suivi et de gestion locale des conflits.

#### *4- Evaluation des menaces*

L'objectif principal de l'évaluation des menaces est d'identifier les aires non protégées et les plus menacées par les activités humaines. Bien que les résultats obtenus dépendent du caractère normatif adopté pour évaluer la vulnérabilité, les pressions et les menaces, ils doivent être considérés comme une première tentative pour évaluer la menace sur les mares temporaires de la province de Benslimane. La méthodologie pourrait être améliorée par l'intégration de la population et des gestionnaires des mares, en adoptant une approche participative pour garantir que les visions des experts reflètent bien les perceptions de toutes les parties prenantes à l'échelle de la province.

La cartographie de vulnérabilité, pression et menace, qui est une première pour les mares de cette région et pour le Maroc, dresse un état des lieux sur la situation des mares de la région de Benslimane. Elle a montré qu'au niveau des mares prospectées, 22 % sont vulnérables à très vulnérables et 23 % sont menacées de disparition à court ou à moyen terme. Les cartes révèlent une distribution spatiale des mares menacées liée à la diversité paysagère (forêt ou milieu agricole) et à la proximité de la ville et du réseau routier. Ainsi, les menaces les plus accentuées sont enregistrées pour les mares en milieu agricole, qui sont dotées pour la plupart d'un statut foncier privé compliquant leur gestion. Ceci rejoint les résultats de l'inventaire des mares de la province de Benslimane (Saber 2006), qui met en évidence la diminution du nombre de mares en milieu agricole (212) entre 1955 et 2001.

## **Conclusions**

Afin de limiter la disparition des mares temporaires du Maroc, une approche multidisciplinaire, écologique, politique et sociale, doit être rapidement élaborée. La compréhension du fonctionnement écologique des mares temporaires, de leurs valeurs patrimoniale et l'intégration des connaissances, des habitudes et des pratiques de la population locale s'avèrent en effet primordiales pour, d'une part, assurer une réponse vigoureuse et transdisciplinaire aux problématiques des mares temporaires (Francs & Blomley 2004), et pour, d'autre part, atteindre les objectifs de développement durable et surmonter les obstacles bien connus de tous projets participatifs. L'approche participative devrait être institutionnalisée, par la création d'organisations qui favorisent une vision commune (Reed 2008). Sur la base de notre enquête, il est apparu de fortes disparités au sein de la population locale en termes d'emploi et d'alphabétisation. L'approche participative doit veiller à ne pas exclure les intérêts des groupes démunis de la société locale (Ericson 2006).

Les objectifs des projets de conservation et de développement de ces habitats ne pourront être atteints sans une rénovation en profondeur de la gouvernance des mares temporaires par l'élaboration d'une politique environnementale, en actualisant la réglementation traditionnelle par l'intégration de lois visant à améliorer l'accès aux ressources naturelles, la gestion et les politiques foncières. Les ONG et les organisations gouvernementales locales et nationales devraient promouvoir la conservation de la biodiversité et de développement de ces écosystèmes temporaires à l'échelle locale et nationale, dans la perspective de changer, à moyen terme, les comportements et les politiques vis-à-vis des mares temporaires et de conduire à l'élaboration de zones réellement protégées, tant sur le plan environnemental que socio-économique (Ribot 2003, Ericson 2006).

La plupart des efforts visant à coupler la conservation et le développement durable des milieux naturels n'ont pas atteint leurs objectifs sur les plans économique et politique (Gunderson & Holling 2002). La présente étude pourrait toutefois être considérée comme un premier pas pour étendre le concept de développement durable aux mares temporaires du Maroc. Les défis à venir pour continuer dans cette voie sont : (i) définir l'ensemble des actions nécessaires à différentes échelles, (ii) clarifier les modalités de gouvernance qui permettraient de régler les problèmes de l'utilisation des terres et des droits d'accès, et (iii) créer une approche intégrée (cross-sectorielle) pour les prises de décision.

---

## Discussion générale

*" Il s'agit au fond de réconcilier l'homme avec la nature. De le persuader de signer un nouveau pacte avec elle, car il en sera le premier bénéficiaire "*

**Jean Dorst**, dans "Avant que nature meure"



Les travaux menés dans le cadre de cette thèse constituent la première tentative de l'étude des relations « Hommes - Mares temporaires » au Maroc. Les principaux objectifs étaient :

- (1) d'évaluer l'impact des activités humaines sur la richesse et la composition de la végétation des mares du Maroc occidental ;
- (2) d'identifier les perceptions de la population et de l'administration locale vis-à-vis des mares, ainsi que les menaces qui pèsent sur ces écosystèmes ;
- (3) de proposer une hiérarchisation des priorités de conservation, ainsi que des méthodes et actions de conservation de ces habitats.

Les mares temporaires d'aujourd'hui sont le fruit des interactions passées et actuelles entre les systèmes écologiques et les systèmes sociaux. En effet, les communautés locales par des droits d'usage traditionnels, ont toujours tiré de grands profits des ressources offertes par ces écosystèmes pour le pâturage extensif, la phytothérapie ou l'agriculture. Ces usages ont, depuis des siècles, façonné les systèmes écologiques en influençant la structuration de la végétation (réduction des espèces compétitives), la dynamique des communautés, les profils des banques de graines, la valeur patrimoniale de la mare, etc.

La compréhension de ces milieux dans leurs contextes physiques, écologiques et humains implique une étude pluridisciplinaire intégrant l'écologie et les Sciences de l'Homme et de la Société (SHS), comme la géographie, l'anthropologie, l'ethnologie ou encore la sociologie (Costanza et al. 1993, Dale et al. 2000, Carpenter & Gunderson 2001, Waltner-Toews & Kay 2005). Il s'agit de mobiliser ces deux champs disciplinaires rassemblés dans la Biologie de la Conservation (Soulé & Wilcox 1980) afin, d'une part, d'assurer une réponse adaptée aux problématiques liées aux zones humides temporaires, et d'autre part, de permettre leur gestion durable, en équilibre avec le développement des populations humaines (Berkes & Folke 1998, Folke et al. 2005). La gestion des milieux naturels consiste à regrouper les connaissances provenant de diverses sources et disciplines, telles que l'écologie, le droit ou la sociologie (Westley 1995). L'enjeu pour l'écologue et le gestionnaire est, avant tout, de déterminer les relations de causalités entre les usages et les dynamiques, les états du milieu, ce qui conduit à mobiliser les SHS dans l'étude des pratiques d'exploitation des ressources. Aussi, notre étude souligne l'intérêt de s'intéresser également à deux autres dimensions :

- (1) le contexte socio-économique général qui produit les nécessités sociales, qui, en retour, affectent les modalités d'exploitation des ressources foncières et naturelles, et (2) le cadre de référence, les perceptions et les représentations sociales des mares temporaires qui permettent de mieux saisir la relation sensible des individus à ces habitats.

L'adoption d'une approche pluridisciplinaire socio-écologique permet de mettre l'accent sur les interrelations entre l'Homme et les mares temporaires. Cette approche soulève cependant un certain nombre de difficultés, notamment liées à (1) l'identification et l'analyse des relations entre les différents niveaux de ces systèmes complexes à différentes échelles spatiales et temporelles, (2) l'acquisition de données pluridisciplinaires sur les multiples composantes de l'écosystème, et (3) la mobilisation de diverses compétences et la création de liens respectueux entre chercheurs de différentes disciplines (Mathevet 2000). Nous aborderons ces différents aspects dans la déclinaison des discussions relatives à chaque objectif spécifique de cette thèse.

### **L'impact des usages sur la composition de la végétation**

La composition de la végétation des mares temporaires de la région de Benslimane est contrôlée par la combinaison des facteurs locaux (hydrologie, conductivité et teneur en phosphore total) et régionaux (densité des mares), et de la vulnérabilité des mares aux usages (Fig. 6). Toutefois, les facteurs locaux prédominent dans le déterminisme de la composition de la végétation des mares (Keeley & Zedler 1998, Quézel 1998, Lenssen 1999, Collinge 2003, Grillas et al. 2004, Trémolières 2004, Deil 2005). En effet, les caractéristiques locales contrôlent les facteurs de survie des espèces (recrutement, installation et reproduction) et leur tolérance aux caractéristiques physico-chimiques du sol et de l'eau (salinité, quantité de nutriments...).

Les activités humaines recensées dans les mares étudiées affectent différemment la richesse en espèces Préférentielles (Tab. 3). Certains usages extensifs, tels que la récréation et le pâturage, peuvent coexister avec une grande richesse en espèces préférentielles (comprenant les espèces rares). Cependant, d'autres usages plus intensifs ou exclusifs (agriculture, drainage, urbanisation) réduisent sensiblement la richesse de ces milieux temporaires par modification des conditions locales (biotiques et abiotiques) (Tab. 3). En effet, ils induisent un enfouissement des graines, limitant ainsi la germination, la destruction de la banque de graine ou encore se traduisent par l'eutrophisation du milieu, et favorisent l'installation d'espèces opportunistes, souvent adventices des cultures (Anderson & Vondracek 1999, Rhazi et al. 2001, 2006, 2009, Devictor et al. 2007). Toutefois, certaines espèces Préférentielles (par exemple, *Damasonium stellatum*, *Lythrum tribracteatum* et *Verbena supina*) semblent tolérer un certain niveau de perturbation (Fig. 8). Cette tolérance pourrait être liée à leurs traits de vie, comme le caractère annuel, la survie et le pouvoir germinatif des

graines ou la phénologie tardive qui réduit la compétition et favorise leur expression (Adams et al. 2005, Devictor et al. 2007). L'abondance des espèces tolérantes aux perturbations (résistantes ou résilientes) dans les mares du Maroc, pourrait ainsi être utilisée comme « indicateur » pour évaluer le niveau de vulnérabilité de ces habitats aux usages.

Le pâturage extensif est l'usage le plus fréquent dans les mares de la région. Bien qu'il diminue l'abondance des espèces préférentielles, il n'induit pas de disparition d'espèces au sein des communautés (Tab. 7). Ainsi, le pâturage extensif pourrait être considéré comme un usage « doux », compatible avec une bonne conservation de la valeur patrimoniale des mares. Des suivis à long terme restent cependant nécessaires pour mieux évaluer son impact sur le long terme, principalement sur la densité des stocks semenciers et la démographie des espèces rares, dans une perspective de gestion conservatoire des mares temporaires du Maroc occidental (chapitre III).

A l'échelle de la province de Benslimane, les mares temporaires sont soumises à un multi-usage accru (Rhazi et al. 2001, Saber 2006 ; chapitre VI) et à une pluralité de points de vue des usagers. Cette pluralité résulte des capacités cognitives de chaque usager, de leur propre expérience et connaissance des mares, ainsi que de la relation sensible qu'ils ont développée au lieu et à leur environnement selon leur ancrage normatif et culturel. Beaucoup ne perçoivent la végétation des mares qu'au travers de leurs activités (ressource fourragère pour le bétail ou source génératrice de revenu par la vente des plantes médicinales) (chapitre VI). La domination des valeurs utilitaires dans les perceptions, menace à court terme, la biodiversité floristique des mares temporaires. Les interactions « Homme-Végétation » ont été en partie approchées, dans ce travail, par le biais de la perception de la biodiversité par la population. Les résultats obtenus montrent que la population locale est consciente de l'état de dégradation avancée des ressources des mares, et reconnaît l'influence de l'intensification des usages et de la mauvaise gestion de ces milieux dans cette dégradation (chapitre IV). Cependant, le contexte socio-économique général (petites exploitations, démographie croissante, pauvreté...) crée des besoins sociaux qui affectent les modalités d'exploitation des ressources naturelles. Ces besoins, associés au manque d'organisation sociale, entravent les actions de conservation de la biodiversité de ces habitats, qui devraient reposer sur la modification des comportements des usagers et des politiques publiques appliquées.

La nature du bassin versant environnant (forestier ou agricole) et le statut foncier limitent certains usages intensifs dans les mares. En effet, les mares forestières qui sont sous un statut foncier public sont principalement utilisées pour le pâturage, comme abreuvoir pour les troupeaux et pour la récolte de plantes médicinales. Elles sont, par voie de conséquence, plus

riches en espèces Préférentielles que celles localisées dans le milieu agricole, où les usages sont plus intensifs notamment du fait de leur drainage et mise en culture (Fig. 8). Certaines mares situées dans un environnement agricole présentent toutefois une grande richesse floristique, leur appropriation privative pourrait entraver les plans de conservation de ces milieux temporaires. Dans ce contexte, et au regard des faibles moyens disponibles, les efforts de conservation devraient être orientés vers les mares forestières publiques et présentant une grande richesse floristique. Dans ces mares, un maintien des usages traditionnels, une réglementation d'accès et un partage de l'espace entre les usagers permettraient un maintien de leur valeur patrimoniale. Une attention particulière doit également être accordée aux mares publiques agricoles mais aussi privées qui sont les plus menacées de destruction.

Il est clair que s'intéresser à la gestion des habitats naturels ne revient pas simplement à s'interroger sur la distribution des espèces rares ou sur la viabilité des écosystèmes, mais implique également d'intégrer, dans les politiques de gestion, les usagers des écosystèmes que l'on veut sauvegarder. L'application de nouvelles procédures de concertation, associée à une approche patrimoniale, pourrait alors être un outil approprié pour tenter de répondre aux questions suivantes : quels multi-usages des mares temporaires ? Quelle organisation sociale et quelle gouvernance est-il souhaitable de mettre en œuvre pour ces milieux ?

La pérennité des usages des milieux naturels n'est pas seulement relative à la compréhension de l'écosystème comme un milieu naturel. Elle relève également, et surtout, d'un problème d'appréhension du contexte socio-économique et de l'articulation entre usages et environnement (Mathevet 2000). Afin d'atteindre cet objectif, il est nécessaire de continuer à essayer de connecter la dégradation des milieux naturels à leurs causes socio-économiques.

### **Les perceptions des mares par la population et l'administration locale**

Les enquêtes socio-économiques réalisées dans la région de Benslimane ont permis de mettre en évidence des perceptions contrastées de la population et de l'administration locale vis-à-vis des mares (Chapitre IV). L'entité « mare temporaire » est ainsi perçue, en fonction des intérêts et des besoins, comme (1) mare-ressource (usages actuels), (2) mare-potentielle (terre non utilisée, mais qui pourrait être bonifiée par l'agriculture), (3) mare-nuisance (moustique, maladies et odeurs) ou (4) mare-vécue (mémoire d'enfance ou lien émotionnel et esthétique). Ces perceptions sont non exclusives l'une de l'autre, mais l'une d'elles se dégage des entretiens individuels et tend à être le moteur des choix et des pratiques des usagers.

Les perceptions dominantes, globalement anthropocentriques et utilitaires (mare-ressource, mare-potentielle et mare-nuisance), reflètent une vision plus transformative des mares, et met en avant les menaces potentielles qui pèsent à court terme sur ces habitats dans la province de Benslimane. Le développement démographique et économique de cette région semi-aride est en effet une priorité de l'Etat, ce qui accroît le besoin en terres arables afin de nourrir une population rurale pauvre en expansion (le revenu annuel de 48 % des familles ne dépasse pas 800 Euros/an) (chapitre VI). Les réponses à ce besoin se traduiront, dans un avenir proche, par une intensification des pratiques agricoles, par des transformations dans la structure du paysage, et par conséquent, par une perte importante des habitats naturels, y compris les mares temporaires. L'évaluation des menaces révèle que 23 % des mares prospectées dans la région sont menacées de disparition à court ou à moyen terme (Fig.16a et 16b). Cette perte des zones humides est une tendance générale au Maroc et dans l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen, où les enjeux économiques sont prioritaires (Bifani et al. 1992, Handrinos 1992, Hollis 1992, Psilovikos 1992, Maamouri & Hughes 1992, Jones & Hughes 1993, Green et al. 2002).

Une méconnaissance des services indirects que rendent les mares temporaires (recharge des nappes phréatiques, refuge pour de nombreuses espèces rares, protection contre les inondations...) a été décelée au sein de la population de Benslimane (chapitre IV). Ce manque de perception des services indirects des zones humides est un constat mondial (Barbier et al. 1997, Barnaud & Fustec 2007, Aoubid & Gaubert 2010). Ces travaux l'attribuent principalement au manque d'évaluation économique, qui permet de mesurer et de comparer, en termes monétaires, les divers avantages des zones humides, et par conséquent, valoriser l'intérêt de leur conservation et de leur utilisation durable au niveau mondial (Barbier et al. 1997, Laurans 2000, Aoubid & Gaubert 2010). Cependant, le caractère incommensurable des services indirects, notre incapacité à les évaluer rend très discutable les tentatives de monétarisation de ces derniers. De multiples zones humides témoignent de la façon dont nous préservons aujourd'hui des services et de la biodiversité jusque là ignorés et qu'au contraire une identification approfondie de la valeur de certains écosystèmes n'empêche pas leur destruction (Mathevet et al. 2009).

La perception anthropocentrique forte des mares et la méconnaissance de leurs fonctions et valeurs (directes et indirectes) pourraient être une cause principale du recul du nombre de mares au niveau de la zone d'étude. Ce constat rejoint les résultats d'autres travaux (Brander et al. 2003, Aoubid & Gaubert 2010) sur les zones humides, qui stipulent que la méconnaissance des fonctions indirectes de ces écosystèmes naturels contribue fortement à la

sous-estimation de leur valeur réelle. Des campagnes de sensibilisation sur l'importance des mares à l'échelle locale, régionale et nationale doivent être programmées en se basant sur la perception « mare-ressource et mare-vécue », décelée au niveau de la région de Benslimane. Cette combinaison de perception, qui traduit une position plus « modérée et conservatrice », pourrait servir de levier de sensibilisation pour la conservation de ces habitats, en mettant mieux en relief leurs multiples intérêts pour la population (chapitre IV).

Les problèmes d'accès et le statut foncier des mares pourraient être un obstacle au développement durable de ces habitats. En effet, aucune législation régulant l'accès aux mares publiques n'a été identifiée lors des enquêtes (chapitre IV). Ceci reflète, selon notre point de vue, le désintérêt passé et présent des décideurs pour les mares temporaires, en tant qu'écosystème ou ressource à part entière. L'accès libre à une ressource limitée, pour laquelle la demande est forte, mène inévitablement à la surexploitation de cette ressource et finalement à sa disparition ; ce processus est appelé « la tragédie des communs » (Hardin 1968). Au niveau de la région d'étude, il apparaît que nous ne sommes pas véritablement dans cette situation, qui est davantage une tragédie de l'accès libre (Bouahim et al. soumis). Nous avons en effet mis en évidence, au cours des enquêtes, l'existence d'une loi informelle qui régule les usages et l'accès aux mares, comme le parcours du bétail à l'intérieur des mares. Cette loi, ou plutôt ces règles traditionnelles d'accès et d'usage, consiste en un partage du parcours au sein des mares entre les habitants qui en sont les plus proches. Bien que l'accès aux mares publiques soit libre à toute la population de la province, le pâturage reste, dans les faits, régulé par les lois de proximité (Ostrom, 1990). Dans une optique de développer un usage raisonné des mares temporaires, il paraît judicieux de maintenir et de renforcer sur le long terme ces règles d'accès traditionnelles aux mares, car elles sont susceptibles de limiter les conflits d'usage et la disparition des mares dans la région.

Une remise en question des formes actuelles de politiques environnementales et de mesures de conservation sont en outre nécessaires pour concilier le développement économique et la conservation des milieux naturels. Les besoins de la population doivent être institutionnalisés et bien organisés, d'où l'importance de l'adoption d'approches de délibérations collectives, qui permettraient de collecter les connaissances et le savoir-faire de la population locale en matière de gestion et de valorisation de ces écosystèmes.

## **Evaluation des menaces : outils pour la gestion des mares temporaires**

L'évaluation des menaces est considérée comme la première tentative pour évaluer la menace sur les mares temporaires de la province de Benslimane. La cartographie de vulnérabilité, pression et menace, qui est une première pour les mares de cette région et pour le Maroc, révèle que 23 % des mares prospectées dans la région, sont menacées de disparition à court ou à moyen terme (Fig. 16a et 16b). Les cartes révèlent une distribution spatiale des mares menacées liée à la diversité paysagère (forêt ou milieu agricole) et à la proximité de la ville et du réseau routier. Cette méthodologie bien que dépendant du caractère normatif adopté pour évaluer les indices elle pourrait être utilisé est comme un outil pour mettre en place un système d'alerte précoce et la définition par les politiques et décideurs de stratégies adéquates dans le cadre d'un développement durable de ces écosystèmes temporaires. Toutefois la méthodologie pourrait être améliorée par l'intégration de la population et des gestionnaires pour garantir que les visions des experts reflètent bien celle de toutes les parties prenantes à l'échelle de la province.

## **Vers une gestion intégrée des mares temporaires du Maroc ?**

La conservation des mares temporaires repose, d'une part, sur la « naturalisation » des sociétés locales, et d'autre part, sur la « culturalisation » des écologues et des environnementalistes. La méthode consiste à définir, dans un premier temps, des objectifs de conservation et de développement/usage de ces milieux, et par la suite, à définir collectivement les objectifs de gestion et les activités de recherche, de valorisation et de contrôle qui s'y rapportent.

La gestion intégrée des mares temporaires apparaît ainsi comme l'instrument privilégié de conservation et de développement durable de cet "éco-socio-système" complexe, en réconciliant le développement économique et le bon état écologique des ressources, et en reliant les questions environnementales, politiques, économiques et sociales. La réalisation d'un tel projet de gestion intégrée au niveau de la province de Benslimane repose néanmoins, d'une part, sur la réalisation de campagnes de sensibilisation auprès de la population et de l'administration sur les valeurs multiples des mares temporaires afin de promouvoir la mare temporaire comme espace à protéger et à partager, et d'autre part, sur des discussions en réunions publiques et en ateliers spécifiques (avec la population locale, puis avec les élus et

les administrations, et enfin avec tous ces acteurs dans le cadre de réunions de restitution) sur le fonctionnement écologique des mares, les enjeux, les problèmes rencontrés, les règles d'accès et d'usages, et les connaissances locales en matière de gestion. Il sera en outre nécessaire d'assurer la cohérence des politiques sectorielles, et d'accroître la volonté politique et la flexibilité dans les procédures de conservation de ces milieux naturels.

### **Perspectives de l'étude et recommandations de gestion**

Ce travail constitue la première étape d'un long processus qui vise la gestion intégrée et la conservation de la biodiversité floristique des mares temporaires du Maroc occidental. Il a permis de commencer à identifier les zones prioritaires pour la conservation et à apporter aux gestionnaires des outils de prise de décision pour la conservation effective de ces habitats. D'autres aspects doivent être traités, afin de mieux cerner leur fonctionnement et d'améliorer leur gestion. Voici quelques pistes de travail, qui, sans être exhaustives, couvrent d'après nous les principaux besoins actuels pour développer une gestion conservatoire intégrée des mares temporaires du Maroc occidental :

(1) étudier la réponse des autres groupes taxonomiques (invertébrés, amphibiens) aux activités anthropiques dans les mares ;

(2) faire un suivi sur le long terme (y compris au travers d'études paléoécologiques et historiques) de l'interaction « Homme-Biodiversité » ;

(3) évaluer les valeurs économiques marchandes et non marchandes de ces milieux afin de justifier, au regard des bénéfices qu'elle procure à la société, les politiques de préservation de ces écosystèmes ;

(4) organiser et mobiliser la population pour la conservation de ces milieux naturels, sous l'égide des ONG qui bénéficient d'une légitimité locale de fait ou potentielle. Toutefois, nous considérons que ces études et actions doivent être accompagnées par un dispositif d'amélioration de la situation sanitaire et sociale de la population (afin de réduire le taux de pauvreté dans la région, et par conséquent, de limiter les pressions sur les habitats naturels). Cela pourrait être fait, par exemple au travers du développement de projets générateurs de revenu pour la population ou de la valorisation de la diversité paysagère par une promotion de l'écotourisme, qui permettrait de créer des emplois pour la population. Les possibilités sont aussi nombreuses que les écueils potentiels. Quoiqu'il en soit, l'enjeu principal, dans le but de préserver ce patrimoine naturel exceptionnel que représentent les mares temporaires de la

région de Benslimane, sera de maintenir et d'accroître à la fois la valeur d'usage direct et indirect des mares temporaires, mais aussi l'attachement et l'engagement de la population locale et des décideurs en charge d'élaborer et de mettre en œuvre la planification territoriale de la région.



---

## **Bibliographie générale**

- Adams V.M., Marsh D.M., Knox J.S. (2005). Importance of the seed bank for population viability and population monitoring in a threatened wetland herb. *Biological Conservation* 124 : 425–36.
- Airoldi L. (1998). Roles of disturbance, sediment stress, and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology* 79 : 2759–2770.
- Amami B. (2010). Dynamiques temporelles à court et long terme d'une mare temporaire méditerranéenne (Maroc occidental), et implications pour la conservation. Thèse de l'Université Hassan II Ain Chock et de l'Université Montpellier-2, 182 p.
- Amami B., Rhazi L., Bouahim S., Rhazi M., Grillas P. (2009). Vegetation recolonisation of a Mediterranean temporary pool in Morocco following small-scale experimental disturbance. *Hydrobiologia* 634 : 65–76.
- Amezaga J.M., Santamaría L., Green A.J. (2003). Biotic wetland connectivity-supporting a new approach for wetland policy. *Acta Oecologica* 23 : 213–222.
- Anderson D.J., Vondracek B. (1999). Insects as indicators of land use in three eco-regions in the Prairie Pothole Region. *Wetlands* 19 : 648–664.
- Angeler D.G., Moreno J.M. (2007). Zooplankton community resilience after press- type anthropogenic stress in temporary ponds. *Ecological Applications* 17 : 1105–1115.
- Angermeier P.L., Karr J.R. (1994). Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *Bioscience* 44 : 690–697.
- Anonyme (2009). Monographie de la province de Benslimane. Royaume du Maroc, Ministère de l'Intérieur, Province de Benslimane, Secrétariat général.
- Anthony D.B., Paul K.L., Feranec R.S., Wing S.L., Shabel A.B. (2004). " Assessing the Causes of Late Pleistocene Extinctions on the Continents ". *Science* 306 : 70–75.
- Aoubid S., Gaubert H. (2010). Evaluation économique des services rendus par les zones humides. Collection « Études et documents » du Service de l'Économie, de l'Évaluation et de l'Intégration du Développement Durable (SEEIDD) du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) N°23. 50 p.
- Aronson J., Milton S.J., Blignaut J.N., Clewell A.F. (2006). Nature conservation as if people mattered. *Journal for Nature Conservation* 14 : 260–263.
- Augustine D.J., McNaughton S.J. (2006). Interactive effects of ungulate herbivores, soil fertility, and variable rainfall on ecosystem processes in a semi-arid savanna. *Ecosystems* 9 : 1242–1256.
- Azcárate F.M., Arqueros L., Sánchez A.M., Peco B. (2005). Seed and fruit selection by harvester ants, *Messor barbarus*, in Mediterranean grassland and scrubland. *Functional Ecology* 19 : 273–283.
- Bacles C.F.E., Andrew J.L., Richard A.E. (2006). Effective Seed Dispersal Across a Fragmented Landscape. *Science* 311. [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org).
- Bakker J.P. (1989). Nature management by grazing and cutting. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Bakker E.S., Ritchie M.E., Milchunas D.G., Knops J.M.H. (2006). Herbivore impact on grassland plant diversity depends on habitat productivity and herbivore size. *Ecology Letters* 9 : 780–788.
- Balogh B. (2002). "Scientific Forestry and the Roots of the Modern American State: Gifford Pinchot's Path to Progressive Reform". *Environmental History* 7 : 198–225.
- Banana A.Y., Gombya-Ssembajjwe W.S., Bahati J. (2005). Decentralisation of forestry resources in Uganda: Realities or Rhetoric? Convention on Biological Diversity. <http://www.biodiv.org/programme/areas/forest/case-studies.asp>.
- Barbéro M., Giudicelli J., Loisel R., Quézel P., Terzian E. (1982). Etude des biocénoses des mares et ruisseaux temporaires à éphémérophytes dominants en région méditerranéenne française. *Bulletin d'Ecologie* 13 : 387–400.
- Barbier E.B., Acreman M., Knowler D. (1997). Economic Valuation of Wetlands a guide for policy makers and planners. Ramsar Convention Bureau, Gland Switzerland.
- Bardecki M.J. (1998). Advances and retreat: a policy report and analysis for wetlands in Ontario, Ecology of Wetlands and Associated Systems, In: Mujumdar SK, Miller EW, Brenner FJ (Eds) The Pennsylvania Academy of Science, p. 529–539.
- Barnaud G., Fustec E. (2007). Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ? Educagri éditions. 296 p.

- Barrat-Segretain M.H., Bornette G. (2000). Regeneration and colonization abilities of aquatic plant fragments: effects of disturbance seasonality. *Hydrobiologia* 421 : 31–39.
- Bauder E.T. (1987). Species assortment along a smallscale gradient in San Diego vernal pools. Unpublished dissertation, University of California, Davis. 297 p.
- Bauder E.T. (2000). Inundation effects on small-scale plant distributions in San Diego, California vernal pools. *Aquatic Ecology* 34 : 43–61.
- Beudet G. (1969). Le plateau central Marocain et ses bordures, étude géomorphologique. Thèse de doctorat. Paris 1, 478 p.
- Becket. C., Luginbühl Y, Muxart T. (2006). Temps et espaces des crises de l'environnement. Éditions Quæ, 416 p.
- Berkes F., Folke C. (1998). Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bernard J.K., West J.W., Trammell D.S. (2000). Cow preference, maintenance, and longevity of different free stall bedding surfaces for lactating dairy cows. Univ. Of Georgia, College of Agriculture and Environment. Sciences., Dept. Anim. & Dairy Sci. 1999 Annual Report, p. 70–74.
- Bifani P., Montes C., Casado S. (1992). Economic pressures and wetland loss and degradation in Spain. In: Finlayson, C.M., Hollis, G.E., Davis, T.J. (Eds.), *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. Proc. Symp., Grado, Italy 1991, IWRB Special Publication N°20, IWRB, Slimbridge.
- Bisigato A.J., Villagra P.E., Ares J.O., Rossi B.E. (2008). Vegetation heterogeneity in Monte Desert ecosystems: a multi-scale approach linking patterns and processes. *Journal of Arid Environment* 73 : 182–191.
- Black C.A., Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E., Clark F.E. (1965). Methods of soil analysis. Part 1, Physical and Mineralogical properties, Including Statistics of Mesurment and Sampling. *American Society of Agronomy. Inc., Madison, Wisconsin: USA*.
- Black C.A., Evans D.D., White J.L., Ensminger L.E., Clark F.E. (1985). Methods of soil analysis. Part 1, Physical and Mineralogical properties, Including Statistics of Mesurment and Sampling, American Society of Agronomy, Inc *Soil Science Society of America* 7 eds N°9.
- Bohonak A.J., Whiteman H.H. (1999). Dispersal of the fairy shrimp *Branchinecta coloradensis* (Anostraca): effects of hydroperiod and salamanders. *American Society of Limnology and Oceanography* 44 : 487–493.
- Bonaiuto M., Metastasio, R., Aiello, A., Sensales, G. (1995). Environmental discourse and ecological responsibility in media communication in Italy. Paper presented at the European Conference on the Environment. Ecological responsibility and environmental resources management: methodological issues, La Coruña, Spain. 26-28 Octobre.
- Bonis A. (1993). Dynamique des populations et mécanismes de coexistence des populations de macrophytes immergées en marais temporaires. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier-2, 73 p.
- Bonis A., Grillas P., Van Wijck C., Lepart J. (1993). The effect of salinity on the reproduction of coastal submerged macrophytes from experimental communities. *Journal of Vegetation Science* 4 : 461–468.
- Bonis A., Bouzillé J.B., Amiaud B., Loucougaray G. (2005). Plant community patterns in old embanked grasslands and the survival of halophytic flora. *Flora* 200 : 74–87.
- Bonner L.A., Diehl W.J., Altig R. (1997). Physical, chemical and biological dynamics of five temporary dystrophic forest pools in central Mississippi. *Hydrobiologia* 353 : 77–89.
- Bonnet B., Aulong S., Goyet S., Lutz M., Mathevet R. (2001). Integrated Management of Mediterranean Wetlands, J. Skinner, A.J. Crivelli (eds), *Conservation of Mediterranean Wetlands - N°13*, Tour du Valat, Le Sambuc, Arles.
- Borcard D., Legendre P., Drapeau P. (1992). Partialling out the spatial component of ecological variation. *Ecology* 73 : 1045–1055.
- Bornette G., Tabacchi E., Hupp C., Puijalon S., Rostan J.C. (2008). A model of plant strategies in fluvial hydrosystems. *Freshwater Biology* 53 : 1692–1705.
- Bouahim S., Rhazi L., Amami B., Sahib N., Rhazi M., Waterkeyn A., Zouahri A., Mesleard F., Muller S.D., Grillas P. (2010). Impact of grazing impact on the species richness of plant

- communities in Mediterranean temporary pools (western Morocco). *Comptes Rendus Biologies* 333 : 670–679.
- Bouahim S., Rhazi L., Mathevet R., Ernoul L., Amami B., Er-Riyahi S., Muller S. D., Grillas P. (soumis). Perceptions of Stakeholders and Human Threats on Western Moroccan Temporary Pools. *Journal for Nature Conservation*.
- Bourdeau Ph. (2004). The man-nature relationship and environmental ethics? *Journal of Environmental Radioactivity* 72 : 9–15.
- Boutin C., Lesne L., Thiéry A. (1982). Ecologie et typologie de quelques mares temporaires à Isoetes d'une région aride du Maroc occidental. *Ecologia Mediterranea* 8 : 31–56.
- Brand F. (2008). Critical natural capital revisited: Ecological resilience and sustainable development. *Ecological Economics* 68 : 605–612.
- Brandenburg A.M., Carroll, M.S. (1995). Your place or mine? The effect of place creation on environmental values and landscape meanings. *Society and Natural Resources* 8 : 381–398.
- Brander L.M., Florax R.J.G.M., Vermatt J.E. (2003). The Empirics of Wetland Valuation: A Comprehensive Summary and a Meta-Analysis of the Literature. *Environmental and Resource Economics* 33 : 223–250.
- Braun-Blanquet J. (1932). Plant sociology, the study of plant community (translation by H.S. Conard & G.D. Fuller), McGraw Hill Book, New York.
- Brewer J.S., Levine J.M., Bertness M.D. (1997). Effects of biomass removal and elevation on species richness in a New England Salt marsh. *Oikos* 80 : 333–341.
- Britsch L.D., Dunbar J.B. (1993). Land loss rates: Louisiana coastal plain. *Coastal Research* 9 : 324–338.
- Brooks R.T., Miller S.D., Newsted J. (2002). The impact of urbanization on water and sediment chemistry of ephemeral forest pools. *Journal of Freshwater Ecology* 17 : 485–488.
- Brown J.H., Reichman O.J., Davidson D.W. (1979). Granivory in desert ecosystem. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10 : 201–227.
- Bullock J.M., Kenward K.E., Hails R.S. (2002). Dispersal Ecology. Blackwell, Oxford.
- Carpenter S.R., Gunderson L.H. (2001). Coping with collapse: ecological and social dynamics in ecosystem management. *Bioscience* 6 : 451–57.
- Castañeda C., Herrero J. (2008). Assessing the degradation of saline wetlands in an arid agricultural region in Spain. *Catena* 72 : 205–213.
- Chambers P.A., Prepas E.E. (1990). Competition and coexistence in submerged aquatic plant communities : the effects of species interaction versus abiotic factors. *Freshwater Biology* 23 : 541–550.
- Chase J.M. (2007). Drought mediates the importance of stochastic community assembly. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0704350104](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0704350104).
- Chevassut G., Quézel P. (1956). Contribution à l'étude des groupements végétaux des mares transitoires à *Isoetes velata* et des dépressions humides à *Isoetes histrix* en Afrique du nord. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Afrique du Nord* 47 : 59–73.
- Chninique J. (1990). Etude floristique des mares temporaires (dayas) de la province de Benslimane et de leurs potentialités agro-pastorales. Thèse de l'Université Mohammed V, Rabat.
- Chopra K., Adhikari S.K. (2004). Environment development linkages: modelling a wetland system for ecological and economic value. *Environment and Development Economics* 9 : 19–45.
- Collinge S.K. (2003). Germination, early growth, and flowering of a vernal pool annual in response to soil moisture and salinity. *Madarono* 50 : 83–93.
- Connell J.H. (1978). Diversity in tropical rain forest and coral reefs. *Science* 199 : 1302–1310.
- Conseil National de l'Environnement 2009 Secrétariat d'Etat à l'Environnement. Royaume du Maroc.
- Coomes D.A., Grubb P.J. (2003). Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. *Trends in Ecology and Evolution* 18 : 283–291.
- Costanza R., Waigner L., Folke C., Mäler K.G. (1993). Modeling complex ecological economic systems: towards an evolutionary dynamic understanding of people and nature. *Bioscience* 43 : 545–55.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Naeem S., Limburg K., Paruel J., O'Neill R.V., Raskin R., Sutton P., Ven den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387 : 253–260.

- Cottenie K. (2005). Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters* 8 : 1175–1182.
- Coulomb P. (1994). Systèmes fonciers agricoles en Méditerranée : cinq siècles de propriétaires sans Etat, cinq décennies d'Etat. Comptes rendus de l'Académie d'agriculture de France. *Agriculture dans l'avenir du monde méditerranéen* N° 9, p. 80
- Cousens R., Dytham C., Law R. (2008). *Dispersal in Plants: A Population Perspective*. Oxford University Press, Oxford.
- Crain, C.M., Albertson L.K., Bertness M.D. (2008). Secondary succession dynamics in estuarine marshes across landscape-scale salinity gradients. *Ecology* 89 : 2889–2899.
- Crosslé K., Brock M.A. (2002). How do water regime and clipping influence plant establishment from seed banks and subsequent reproduction? *Aquatic Botany* 74 : 43–56.
- Dahl T.E. (2000). Status and Trends of Wetlands of the Conterminous United States 1986 - 1997. US Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- Dakki M., Hamzaoui M. (1998). Les zones humides du Maroc. Rapport inédit. MedWet 2, AEFCS, Rabat, 33 p.
- Dale V.H., Brown S., Haeuber R.A., Hobbs N.T., Huntly N. (2000). Ecological principles and guidelines for managing the use of land. *Ecology Application* 107 : 639–70.
- Deil U. (2005). A review on habitats, plant traits and vegetation of ephemeral wetlands a global perspective. *Phytocoenologia* 35 : 533–705.
- Destombe J., Jeannette A. (1966). Mémoire explicatif de la carte géologique de la meseta côtière à l'Est de Casablanca du 1/50.000, région de Mohammedia, Bouznika et Benslimane, Notes et mémoires des services géologiques Maroc N°180 bis.
- Devictor V., Moret J., Machon N. (2007). Impact of ploughing on soil seed bank dynamics in temporary pools. *Plant Ecology* 192 : 45–53.
- Duchaufour P. (1970). Précis de pédologie, 3ème éd. Masson et Cie, Paris.
- Duffey E., Morris M.G., Sheail J., Ward L.K., Wells D.A. (1974). *Wells TCE Grassland ecology and wildlife management*. Chapman and Hall, London, 281 p.
- Dumont B., Farruggia A., Garel J.P. (2007). Pâturage et biodiversité des prairies permanentes. *Rencontre Recherche Ruminants* 14 : 17–24.
- Dupuis P. (1988). Dynamique et production primaire des macrophytes et microphytes des mares temporaires des Jbilet (dayas de la région de Marrakech-Maroc), Thèse de l'Université Paris-6, Paris
- Elder B., Doak D.F. (2006). Comparing the direct and community-mediated effects of disturbance on plant population dynamics: Flooding, herbivory, and *Mimulus guttatus*. *Journal of Ecology* 94 : 656–669.
- Eppink F.V., van den Bergh J.C.J.M., Rietveld P. (2004). Modelling biodiversity and land use: urban growth, agriculture and nature in a wetland area. *Ecological Economics* 51 : 201–216.
- Ericson J. A. (2006). A participatory approach to conservation in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche, Mexico. *Landscape and Urban Planning* 74 : 242–266.
- Fadli M. (1987). Etudes écologiques et systématiques des Crustacés et Anostracés des dayas du Maroc. Thèse de l'Université Mohammed V, Rabat, 150 p.
- Fennane M., Ibn Tattou M. (1998). Catalogue des plantes endémiques, rares ou menacées du Maroc. *Bocconea* 8 : 1–243.
- Fennane M., Ibn Tattou M. (2005). Flore vasculaire du Maroc, inventaire et chorologie. Travaux de l'Institut Scientifique. Série Botanique N°37, Rabat, 483 p.
- Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A., El Oualidi J. (1999). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires, Vol. 1. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Botanique N°36. Rabat.
- Fennane M., Ibn Tattou M., Ouyahya A., El Oualidi J. (2007). Flore pratique du Maroc, Travaux de l'Institut Scientifique. 2<sup>ème</sup> Série Botanique N°38, Rabat.
- Fenner M. (ed.). (2000). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Ferren W.R., Fiedler P.L. (1993). Rare and Threatened Wetlands in Coastal Central and Southern California. In: J. Keeley (Ed.), *Interface Between Ecology and Land Development in California*. The Southern California Academy of Sciences. Los Angeles, California. P. 119–131.

- Figuerola J., Green A. (2002). Dispersal of aquatic organisms by waterbirds: a review of past research and priorities for future studies. *Freshwater Biology* 4 : 483–494.
- Finlayson C.M., Hollis G.E., Davis T.J. (1992). Managing Mediterranean Wetlands and their Birds. Proc. Symposium., Grado, Italy 1991. IWRB Special Publications, N° 20.
- Folke C, Hahn T, Olsson P, Norberg J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources* 30 : 441–473.
- Foster B.L., Dickson T. (2004). Grassland diversity and productivity: the interplay of resource availability and propagule pools. *Ecology* 85 : 1541–1547.
- Foster B.L., Tilman D. (2003). Seed limitation and the regulation of community structure in Oak Savanna grassland. *Journal of Ecology* 91 : 999–1007.
- Franks P., Blomley T. (2004). Fitting ICD into a project framework: a CARE perspective. In: McShane TO and MP (ed). Wells Getting Biodiversity Projects to Work: Towards More Effective Conservation and Development. p. 77-97. New York, USA: Columbia University.
- Frome M. (1997). Battle for the Wilderness. University of Utah Press, 256 p.
- Fynn R.W.S., O'Connor T.G. (2000). Effect of stockingrate and rainfall on rangeland dynamics and cattle performance in a semi-arid savanna, South Africa. *Journal of Applied Ecology* 37 : 491–507.
- Gbadegesin A., Ayileka O. (2000). Avoiding the mistakes of the past: towards a community oriented management strategy for the proposed National Park in Abuja-Nigeria. *Land Use Policy* 17 : 89–100.
- Ghanem H. (1978). Contribution à la connaissance des sols du Maroc. Genèse, classification et répartition des sols des régions des Zaers, de la basse Chaouia et des Shouls (Meseta atlantique marocaine) Tome I: Notice explicative des cartes pédologiques. Cahier de recherche agronomique. N°37. I.N.R.A. Rabat.
- Gibbs J.P. (1993). Importance of small wetlands for the persistence of local populations of wetland-associated animals. *Wetlands* 13 : 25–31.
- Gibson J. L., Ivancevich J. M., Donnelly J. R. (2000). Organizations: Behavior, Structure, Processes, 10th ed. McGraw-Hill, New York.
- Godard O. (1994) "Le développement durable. Paysage intellectuel". *Natures-Sciences-Sociétés* 2 : 309–322.
- Godard O. (2006) "La pensée économique face à l'environnement" in LEROUX Alain, LIVET Pierre [eds.] Leçons de Philosophie économique - Tome II: Économie normative et philosophie morale, Paris. *Economica* : 241–277.
- Gordon I.J., Duncan P., Grillas P., Lecomte T. (1990). The use of domestic herbivores in the conservation of biological richness of European wetlands. *Bulletin d'Ecologie* 21 : 49–60.
- Gough L., Grace J.B. (1998). Herbivore effects on plant species density at varying productivity levels. *Ecology* 79 : 1586–1594.
- Green A., El Hamzaoui M., El Agbani M. A., Franchimont J. (2002). The conservation status of Moroccan wetlands with particular reference to waterbirds and to changes since 1978. *Biological Conservation* 104 : 71–82.
- Green A.J., Figuerola J., Sánchez M.I. (2002). Implications of waterbird ecology for the dispersal of aquatic organisms. *Acta Oecologica* 23 : 177–189.
- Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N., Perennou C. (2004). Mediterranean Temporary Pools: (1) Issues Relating to Conservation, Functioning and Management. Tour du Valat, Le Sambuc, Arles.
- Grillas P., Roché J. (1997). Vegetation of Temporary Marshes. Ecology and Management. Tour du Valat, Le Sambuc, Arles.
- Grillas P., Tan Ham L. (1998). Dynamique intra- et inter-annuelle de la végétation dans les mares de la Réserve Naturelle de Roque-Haute: programme d'étude et résultats préliminaires. *Ecologia Mediterranea* : 215–222.
- Grime J.P. (1985). Towards a functional description of vegetation. In: White, J. (Editor). Population Structure of Vegetation, Junk, Dordrecht, The Netherlands. p. 503–514.
- Grime J.P. (2001). Plant Strategies: Vegetation Processes and Ecosystem Properties. Wiley, New York.
- Grove R.H. (1995). Green imperialism. Colonial Expansion, Tropical Island Edens and the Origins of Environmentalism 1600-1800. Cambridge University Press, Cambridge.

- Groves C., Jensen D., Valutis L.L., Redford K.H., Shaffer M., Scott J.M., Baumgartner J.V., Higgins J.V., Beck M.W., Anderson M.G. (2002). Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. *Bioscience* 52 : 499–512.
- Gunderson L., Holling C.S. (2002). Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems. Island Press, Washington D.C., USA.
- Hancock M.A., Timms B.V. (2002). Ecology of four turbid clay pans during a filling-drying cycle in the Paroo, semi-arid Australia. *Hydrobiologia* 479 : 95–107.
- Handrinos G. (1992). Wetland loss and wintering waterfowl in Greece during the 20th century: a first approach. In: Finlayson, C.M., Hollis, G.E., Davis, T.J. (Eds.), *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. Proc. Symp., Grado, Italy 1991. IWRB Special Publications 20 : 183–187.
- Hanski I. (1994). Patch-occupancy dynamics in fragmented landscapes. *Tree* 9 : 131–135.
- Hanski I., Simberloff D. (1997). The metapopulation approach: its history, conceptual domain, and application to conservation. In: Hanski I.A. & Gilpin M.E., eds. *Metapopulation biology*. San Diego, CA, USA : Academic Press : 5–25.
- Hardin G. (1968). "The Tragedy of the Commons," Garrett Hardin. *Science* 162 :1243–1248.
- Harper J.L. (1977). *Population biology of plants*. Academic Press: New York.
- Hatvany M.G. (2009). Wetlands and Reclamation. *International Encyclopedia of Human Geography* 241–246.
- Hecker N., Tomas Vives P. (1995). Statut des inventaires des zones humides dans la région méditerranéenne. BIROE/ICN, IWRB publication N°38, 146 p.
- Herzon I., Mikk M. (2007). Farmers' perceptions of biodiversity and their willingness to enhance it through agri-environment schemes: A comparative study from Estonia and Finland. *Journal for Nature Conservation* 15 : 10–25.
- Hey D.L., Philippi N.S. (1995). Flood reduction through wetland restoration: the Upper Mississippi River Basin as a case history. *Restoration Ecology* 3 : 4–17.
- Holland C.C., Honea J., Gwin S.E., Kentula M.E. (1995). Wetland degradation and loss in the rapidly urbanizing area of Portland, Oregon. *Wetlands* 15 : 336–345.
- Hollis T. (1992). The causes of wetland loss and degradation in the Mediterranean. In: Finlayson, C.M., Hollis, G.E., Davis, T.J. (Eds.), *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. Proc. Symp., Grado, Italy 1991, IWRB Special Publication. IWRB, Slimbridge 20 : 83–90.
- Hulsmans A., Moreau K., De Meester L., Riddoch B.J., Brendonck L. (2007). Direct and indirect measures of dispersal in the fairy shrimp *Branchipodopsis wolffi* indicate a small scale isolation-by-distance pattern. *Limnology and Oceanography* 52 : 676–684.
- Huyghe C. (2005). Prairies et cultures fourragères en France. INRA, 201 p.
- Ibn Tattou M., Fennane M. (2008). Flore vasculaire du Maroc, inventaire et chorologie. Volume 2, Asteraceae et Monocotyledones. *Travaux de l'Institut Scientifique. Série Botanique* 39 : 399 p, Rabat.
- Ivancevich J.M., Matteson M.T. (2002). *Organisational Behavior and Management*, sixth ed. McGraw-Hill, New York.
- Jacobs S.W.L., Wilson K.L. (1996). A biogeographical analysis of the freshwater plants of Australasia. *Australian Systematic Botany* 9 : 169–183.
- Jakobsson A., Eriksson O. (2000). A comparative study of seed number, seed size, seedling size and recruitment in grassland plants. *Oikos* 88 : 494–502.
- Janzen D.H. (1971). Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics* 2 : 465–492.
- Jeng H., Hong Y. (2005). Assessment of a natural wetland for use in wastewater remediation. *Environmental monitoring and assessment* 111 : 113–131.
- Jenkins D.G., Buikema A.L.Jr. (1998). Do similar communities develop in similar sites? A test with zooplankton structure and function. *Ecological Monographs* 68 : 421–443.
- Jensen A. (1985). The effect of cattle and sheep grazing on salt marsh vegetation at Skallingen, Denmark. *Vegetatio* 60 : 37–48.
- Johnson, M.D.H. (1915). "Interesting reminiscences of a celebrated naturalist." Milwaukee Evening Wisconsin. Online facsimile at: <http://www.wisconsinhistory.org/turningpoints/search.asp?id=1234>; Visited on: 7/28/2010.

- Johnstone I.M. (1986). Plant invasion windows: a time-based classification of invasion potential. *Biological Revue* 61 : 369–394.
- Jones T.A., Hughes J.M.R. (1993). Wetland inventories and wetland loss studies- European perspective. In: Moser, M, Prentice, R.C., van Vesslem, J. (Eds.), *Waterfowl and Wetland Conservation in the 1990s- Global Perspective*. Proc. IWRB Symp., St. Petersburg Beach, Florida. IWRB Special Publication 26 : 164–169.
- Kalaora B., Charles L. (2000). Intervention sociologique et développement durable : le cas de la gestion intégrée des zones côtières. *NSS* 8 : 31–38.
- Kangalawe R.Y.M., & Liwenga E.T. (2005). Livelihoods in the wetlands of Kilombero Valley in Tanzania: Opportunities and challenges to integrated water resource management. *Physics and Chemistry of the Earth* 30 : 968–975.
- Keddy P.A., Fraser L.H. (2000). Four general principles for the management and conservation of wetlands in large lakes: the role of water levels, nutrients, competitive hierarchies and centrifugal organization. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 5 : 177–185.
- Keddy P.A., Reznicek A.A. (1986). Great Lakes vegetation dynamics: the role of fluctuating water levels and buried seeds. *Journal of Great Lakes Research* 12 : 25–36.
- Keeley J.E., Zedler P.H. (1998). Characterization and global distribution of vernal pools. p. 1-14. In Carol C. Witham (ed.) *Vernal Pool Ecosystems*. California Native Plant Society, Sacramento, CA, USA.
- Kent M., Coker P. (1992). *Vegetation description and analysis, a practical approach*. J. Wiley & Sons 363 p.
- Kiflawi M., Eitam A., Blaustein L. (2003). The relative impact of local and regional processes on macro-invertebrate species richness in temporary pools. *Journal of Animal Ecology* 72 : 447–452.
- King D.M., Wainger L.A., Bartoldus C.C., Wakeley J.S. (2000). Expanding Wetland Assessment Procedures: Linking Indices of Wetland Function with Services and Values," ERDC/EL TR-00-17, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Koellner T. (2000). Species-pool effect potentials (SPEP) as a yardstick to evaluate land-use impacts on biodiversity. *Journal of Cleaner Production* 8 : 293–311.
- Koning C.O. (2005). Vegetation patterns resulting from spatial and temporal variability in hydrology, soils, and trampling in an isolated basin marsh New Hampshire, USA. *Wetlands* 25 : 239–251.
- Kunstler J. (1994). *Geography of Nowhere: The Rise and Decline of America's Man-Made Landscape*, Free Press.
- Lambin E.F., Turner I.B.L., Geist H.J., Agbola S.B., Angelsen A., Bruce J.W., Coomes O., Dirzo R., Fischer G., Folke C., George P.S., Homewood K., Imbernon J., Leemans R., Li X., Moran E.F., Mortimore M., Ramakrishnan P.S., Richards J.F., Skanes H., Steffen W.L., Stone G.D., Svedin U., Veldkamp T.A., Vogel C., Xu J. (2001). The causes of land use and land-cover change: moving beyond the myths. *Global Environmental Change. Human and Policy Dimension* 11 : 261–269.
- Laouina.A. (2006). Gestion durable des ressources naturelles et de la biodiversité au Maroc. Prospective " Maroc 2030 " Haut commissariat au plan. Royaume du Maroc.
- Larrère C. (2007). Protection de la nature et éthiques environnementales. Mouvements. <http://www.mouvements.info/Protection-de-la-nature-et.html>.
- Lathrop, E.W. (1976). Vernal pools of the Santa Rosa Plateau, Riverside County, California. pp. 22-27, In, S. Jain, ed. *Vernal Pools: Their Ecology and Conservation*. Institute of Ecology Publication N° 9, University of California Davis.
- Laurans Y. (2000). Evaluation économique des services rendus par les zones humides : des données scientifiques aux éléments de décision, quelle démarche, quelle traduction ? Organisation de groupes de réflexion. 1991. IWRB Special Publication, IWRB, Slimbridge 2 : 53–55.
- Lavergne M. (1995). L'agriculture urbaine dans le bassin méditerranéen, une réalité ancienne à l'heure du renouveau. "Urbanisation et agriculture en Méditerranée : conflits et complémentarités. CIHEAM (Ed.) 580 p.
- Lavorel S., Garnier E. (2002). Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16 : 545–556.

- Lefeuvre J.C., Laffaille P., Feunteun E., Bouchard V., Radureau A. (2003). Biodiversity in salt marshes: from patrimonial value to ecosystem functioning. The case study of the Mont-Saint-Michel bay. *Comptes Rendus Biologies* 326 : 125–131.
- Leishman M.R. (2001). Does the seed size/number tradeoff model determine plant community structure? An assessment of the model mechanisms and their generality. *Oikos* 93 : 294–302.
- Lenssen J., Menten F., Putten W.V.D., Bloom K. (1999). Control of plant species richness and zonation of functional groups along a freshwater flooding gradient. *Oikos* 86 : 523–534.
- Lenssen J.P.M., Menting F.B.J., Van der Putten W.H., Blom C.W.P.M. (1999). Control of plant species richness and zonation of functional groups along a freshwater flooding gradient. *Oikos* 86 : 523–534.
- Lepori N., Hjerdt F. (2006). Disturbance and Aquatic Diversity: Reconciling Contrasting Views. *Bioscience* 56 (10) : 809–818.
- Lepš J., Šmilauer P. (2003). *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Lorenzoni C., Paradis G. (1997). Description phytosociologique d'une mare temporaire à *Elatine brochonii* dans le sud de la Corse. *Bulletin de la société botanique du Centre-Ouest* 28 : 21–46.
- Loucougaray G., Bonis A., Bouzillé J.B. (2005). Effects of grazing by horses and/or cattle on the diversity of coastal grasslands in western France. *Biological Conservation* 116 : 59–71.
- Lovett Doust L., Lovett Doust J.L. (1995). Wetland management and conservation of rare species. *Canadian journal of botany* 73 : 1019–1028.
- Maamouri F., Hughes J. (1992). Prospects for wetlands and waterfowl in Tunisia. In: Finlayson, C.M., Hollis, G.E., Davis, T.J. (Eds.), *Managing Mediterranean Wetlands and their Birds*. Proc. Symp., Grado, Italy 1991. *IWRB Special Publication* 20 : 47–52.
- Maclean I., Tinch R., Hassall M., Boar R. (2003). Social and Economic Use of Wetland Resources: a Case Study from Lake Bunyonyi, Uganda. Environmental Change and Management Working Paper ECM 03-09. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, Norwich.
- Maire R. (1952-1987). *Flore de l'Afrique du Nord*. Lechevalier. Paris. 16 tomes.
- Margules C. R., Pressey R. L. (2000). Systematic conservation planning. *Nature* 405 : 243–253.
- Marsh G.P. (1864). *Man and Nature. The Earth as Modified by Human Action*. Belknap Press, Harvard University Press, Cambridge. Edition 1965.
- Mathevet R. (2000). Usages des zones humides camarguaises: enjeux et dynamique des interactions Environnement/Usagers/Territoire. Université de Lyon 3. 481 p.
- Mathevet R. (2006). Faut-il en finir avec le développement durable ? Regard sur les zones humides méditerranéennes. *Les Ateliers de l'Ethique* 1 : 70–84.
- Mazoyer M, Roudart L. (2006) A history of word agricultur : From the Neolithic Age to the Current Crisis. *Monthly Review*. 480 p.
- McKinney R.A., Charpentier M.A. (2008). Extent, properties, and landscape setting of geographically isolated wetlands in urban southern New England watersheds. *Wetlands Ecological Management* 17 : 331–334.
- McLean R.F, Tsyban A., Burkett V., Codignotto J.O., Forbes D.L., Mimura N., Beamish R.J, Ittekkot V. (2001). Coastal zones and marine ecosystems. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Médail F., Michaud H., Molina J., Paradis G., Loisel R. (1998). Conservation de la flore et de la végétation des mares temporaires dulçaquicoles et oligotrophes de France Méditerranéenne. *Ecologia Mediterranea* 24 : 119–134.
- Médail F., Myers N. (2004). Mediterranean Basin. In : Mittermeier R.A., Robles Gil P., Hoffmann M., Pilgrim J., Brooks T., Mittermeier C.G., Lamoreux J. & da Fonseca G.A.B. (eds.). *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. CEMEX (Monterrey), Conservation International (Washington) & Agrupación Sierra Madre (Mexico), p. 144-147.
- Médail F., Quézel P. (1997). Hot-Spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84 : 112–127.

- Mesleard F., Grillas P., Lepart J. (1991). Plant community succession in a coastal wetland after abandonment of cultivation: example of the Rhône delta. *Vegetatio* 94 : 35–45.
- Metge G. (1986). Etude des écosystèmes hydromorphes (daya et merja) de la meseta occidentale marocaine. Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix Marseille-3, 280 p.
- Meyer J.M. (1997). Gifford Pinchot, John Muir, and the Boundaries of Politics in American Thought". *Polity* 30 : 267–284.
- Michels E., Cottenie K., Neys L., De Meester L. (2001). Zooplankton on the move: first results on the quantification of dispersal of zooplankton in a set of interconnected ponds. *Hydrobiologia* 442 : 117–126.
- Middleton B. A. (1999). Wetland Restoration, Flood Pulsing, and Disturbance Dynamics. John Wiley and Sons, New York.
- Milchunas D.G., Lauenroth W.K. (1993). Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63 : 327–366.
- Millenium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well- Being: Synthesis. Island Press, World Resources Institute, Washington, D.C., USA, 160 p.
- Mitra S., Wassman R., Vlek P.L. (2005). An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. *Current science* 88 : 25–35.
- Mitsch W.J., Gosselink J.G. (2000). Wetlands, 3<sup>rd</sup> Eds. John Wiley & Sons, New York. 920 p.
- Monographie de la province de Benslimane. (2009). Royaume du Maroc ministère de l'intérieur, province de Benslimane secrétariat général.
- Moore R.L., Graefe A.R. (1994). Attachment to recreation settings; the case of rail-trail users. *Leisure Science* 16 : 17–31.
- Morgan N.C. (1982). An ecological survey of standing waters in North West Africa: III. Site descriptions for Morocco. *Biological Conservation* 24 : 161–182.
- Munoz G., Guerrero F., Parra G. (2009). Ponds approached from an ecotoxicological point of view: putting the "eco" in toxicology. In Proceeding & Abstracts of the International conference on mediterranean temporary ponds. 441 p.
- Nathan R. (2006). Long-distance dispersal of plants. *Science* 313 : 786–788.
- National Environment Management Authority (2001). State of Environment Report for Uganda 2000 / 2001. Kampala.
- Nègre R. (1956). Note sur la végétation de quelques dayas des Jbiletés orientaux et occidentaux. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles du Maroc* 36 : 229–241.
- Nicholls R., Hoozemans F.M.J. (2005). Global vulnerability analysis. Encyclopedia of Coastal Science 486-491. Netherlands: Kluwer.
- Nkonya E., Pender J., Kato E., Mugarura S., Muwonge J. (2005). Who Knows, Who Cares? Determinants of Enactment, Awareness and Compliance with Community Natural Resource Management Bylaws in Uganda. CAPRI Working Paper 41. Washington, DC.
- Norton B.G. (1984). Environmental ethics and weak anthropocentrism. *Environmental Ethics* 6 : 131–148.
- Noy-Meir I., Gutman M., Kaplan Y. (1989). Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. *Journal of Ecology* 77 : 290–310.
- O'Connor T.G., Kuylar P. (2009). Impact of land use on the biodiversity integrity of the moist sub-biome of the grassland biome, South Africa. *Journal of Environmental Management* 90 : 384–395.
- Oertli B., Joye D.A., Castella E., Juge R., Cambin D., Lachavanne J.B. (2002). Does size matter? The relationship between pond area and biodiversity. *Biological Conservation* 104 : 59–70.
- Oladele O.I., Wakatsuki T. (2008). Social Factors Affecting Wetlands Utilization for Agriculture in Nigeria: A case study of sawah rice production. *Rice Science* 15 : 150–152.
- Olesen R.C., Madsen P. (2008). The impact of roe deer (*Capreolus capreolus*), seedbed, light and seed fall on natural beech (*Fagus sylvatica*) regeneration. *Forest Ecology and Management* 255 : 3962–3972.
- Olf H., Ritchie M.E. (1998). Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution* 13 : 261–264.
- Osem Y., Perevolotsky A., Kigel J. (2002). Grazing effect on diversity of annual plant communities in a semi-arid rangeland: interactions with small-scale spatial and temporal variation in primary productivity. *Journal of Ecology* 90 : 936–946.

- Ostrom E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press. 23 p.
- Ould Houbeib M.A.J. (1988). *Contribution à l'étude du peuplement de macrophytes vasculaires des mares temporaires de la Mamora Sud-occidentale (Maroc)*. Thèse de l'Ecole Normale Supérieure. Rabat.
- Page A.I., Baker D.E., Kenny D.D., Miller R.H., Ellis R., Rhoades J.D. (1984). *Methods of soil analysis. Part. 2, Chemical and Microbiological properties*. Second edition, N° 9 American Society of Agronomy, Inc Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Winsconsin USA.
- Papayannis T., Salathé T. (1999). *Les zones humides méditerranéennes à l'aube du 21<sup>ème</sup> siècle*. Publication Medwet - Tour du Valat, Le Sambuc, Arles.
- Pearce F., Crivelli A.J. (1994). *Characteristics of Mediterranean Wetlands*. MedWet publications, N° 1. Tour du Valat, Le Sambuc, Arles.
- Plan bleu. (2009). *Etude Nationale Maroc*. Centre d'Activités Régionales Centre d'Activités Régionales Sophia Antipolis. UNEP. Royaume du Maroc.
- Pol E. (2003). *De l'intervention à la gestion durable: méthodologies et instruments pour une psychologie du développement durable*. In: Moser, G., Weiss, K. (eds.), *Espaces de vie : aspects de la relation homme-environnement*. Armand Colin, Paris, p. 305–330.
- Psilovikos A.A. (1992). *Prospects for wetlands and waterfowl in Greece*. In: Finlayson, C.M., Hollis, G.E., Davis, T.J. (Eds.), *Managing Mediterranean Wetlands and their birds*. Proc. Symp., Grado, Italy.
- Puerto M.R, Matias M.D., Garcia J.A. (1990). *Variation in structure and diversity in mediterranean grasslands related to trophic status and grazing intensity*. *Vegetation Science* 1 : 445–452.
- Quézel P. (1998). *La végétation des mares transitoires à Isoetes en région méditerranéenne, intérêt patrimonial et conservation*. *Ecologia Mediterranea* 24 : 111–117.
- Reffas M. (1980). *La région de Benslimane, étude de géographie humaine*. Thèse de l'Université Mohammed V, Rabat, 240 p.
- Ramdani M. (1986). *Ecologie des Crustacées (Copépodes, Cladocères et Ostracodes) des mares temporaires marocaines*. Doctorat d'Etat. Marseille I, 217 p.
- Ramsar. (2008). *La Convention sur les zones humides*. Le Plan stratégique Ramsar 2003-2008.
- Ranwell D.S. (1972). *Ecology of salt marshes and sand dunes*, Chapman, Hall, London.
- Rapport sur l'Etat de l'Environnement du Maroc. (2001). *Activité humaine chapitre I & Biodiversité et Milieu Naturel chapitre III*. [http://www.minenv.gov.ma/onem/rapport\\_reem.htm](http://www.minenv.gov.ma/onem/rapport_reem.htm).
- Reclus E. (1869). *Histoire d'un ruisseau*. Paris, bibliothèque d'éducation et de récréation. Edition Hetzel et Cie.
- Reed M.S. (2008). *Stakeholder participation for environmental management: a literature review*. *Biological Conservation* 141 : 2416–2431.
- Reffas M. (1980). *La région de Benslimane, étude de géographie humaine*. Thèse de l'Université Mohammed V, Rabat, 240 p.
- Rhazi L. (1990). *Sur le traitement de l'information phytoécologique de quelques dayas temporaires de la province de Benslimane " Ouest Marocain "*. Thèse de Doctorat de l'Université Mohammed V, Rabat, 138 p.
- Rhazi L. (2001). *Etude de la végétation des mares temporaires et l'impact des activités humaines sur la richesse et la conservation des espèces rares au Maroc*. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Université Hassan II, Casablanca, 190 p.
- Rhazi L., Grillas P., Mounirou Toure A., Tan Ham L. (2001). *Impact of land use and activities on water, sediment and vegetation of temporary pools in Morocco*. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Paris, Life Sciences* 324 : 165–177.
- Rhazi L., Grillas P., Rhazi M., Aznar J. C. (2009). *Ten-year dynamics of vegetation in a Mediterranean temporary pool in western Morocco*. *Hydrobiologia* 634 : 185–194.
- Rhazi L., Grillas P., Tan Ham L., El Khyari D. (2001). *The seed bank and the between years dynamics of the vegetation of a Mediterranean temporary pool (NW Morocco)*. *Ecologia Mediterranea* 27 : 69–88.
- Rhazi L., Grillas P., Toure A.M., Tan Ham L. (2001). *Impact of land use in catchment and human activities on water, sediment and vegetation of Mediterranean temporary pools*. *Comptes Rendus de l'Académie des sciences Paris, Sciences de la vie Life Sciences* 324 : 165–177.

- Rhazi L., Rhazi M., Grillas P., El Khyari D. (2006). Richness and structure of plant communities in temporary pools from western Morocco: influence of human activities. *Hydrobiologia* 570 : 197–203.
- Rhazi M., Grillas P., Médail F., Rhazi L. (2005). Consequences of shrub clearing on the richness of aquatic vegetation in oligotrophic seasonal pools in Southern France. *Phytocoenologia* 35 : 489–510.
- Ribot J.C. (2003). Democratic decentralization of natural resources: institutional choice and discretionary power transfers in Sub-Saharan Africa. *Public Administration and Development* 23 : 53–65.
- Riginos C., Hoffman M. T. (2003). Changes in population biology of two succulent shrubs along a grazing gradient. *Journal of Applied Ecology* 40 : 615–625.
- Robertson H.A., McGee T.K. (2003). Applying local knowledge: the contribution of oral history to wetland rehabilitation at Kanyapella Basin, Australia. *Journal of Environmental Management* 69 : 275–287.
- Rodrigues A.S.L., Andelman S.J., Bakarr M.I., Boitani L., Brooks T.M., Cowling R.M., Fishpool L.D.C., Fonseca G.A.B., Gaston K.J., Hoffman M., King B.B., Long J.S., Marquet P.A., Pilgrim J.D., Pressey R.L., Schipper J., Sechrest W., Stuart S.N., Underhill L.G., Waller R.W., Watts M.E.J., Yan X. (2004). Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity. *Nature* 428 : 640–643.
- Roth D M. (1995). *The Wilderness Movement and the National Forests*. Intaglio Press, 105 p.
- Saber E. (2006). *Approche de la dynamique spatio-temporelle des geosystèmes forêt et mares temporaires de la province de Benslimane (Maroc Occidental)*. Thèse de l'Université de Provence, Aix Marseille-1, 188 p.
- Sachs A. (2006). *The Humboldt Current: Nineteenth-Century Exploration and the Roots of American Environmentalism*, Viking Press.
- Sack R.D. (1997). *Homo geographicus : a framework for action, awareness, and moral concern*. Baltimore, MD, J. Hopkins University Press.
- Sahib N., Rhazi L., Rhazi M., Grillas P. (2009). Experimental study of the effect of hydrology and mechanical soil disturbance on plant communities in Mediterranean temporary pools in Western Morocco. *Hydrobiologia* 634 : 77–86.
- Sala O.E., Chapin III F.S., Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber- Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287 : 1770–1774.
- Samson D.A., Werk K.S. (1986). Size-dependent effects in the analysis of reproductive effort in plants. *The American Naturalist* 127 : 667–680.
- Sauvage C. (1961). Recherches géobotaniques sur les subéraies marocaines. *Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Série Botanique* 21 : 1–462.
- Schmoldt D.L., Peterson D.L. (1997). Using the analytic hierarchy process for decision-making in ecosystem management. Analysis Notes of the W/O Ecosystems Management Centre, Fort Collins Colorado 7 : 17–22, USA.
- Schmoldt D.L., Peterson D.L. (2000). Analytical group decision making in natural resources: methodology and application. *Forest Science* 46 : 62–75.
- Schröter D. (2001). Assessing vulnerability of European ecosystem services. in *Methods and Models of Vulnerability Research. Analysis and Assessment*, Potsdam, Germany.
- Schröter D., Metzger M.J., Cramer W., Leemans R. (2004). Vulnerability assessment analysing the human-environment system in the face of global environmental change. *The ESS Bulletin* 2 : 11–17.
- Scott J.C. (1998). *Seeing like a State*, Yale University Press, New Haven.
- Scott D.A (2001). *Wilderness-Forever Future: A Short History of the National Wilderness Preservation System, Campaign for America's*, Washington, D.C. 40 p.
- Semlitsch R.D., Bodie J.R. (1998). Are small, isolated wetlands expendable? *Conservation Biology* 12 : 1129–1133.
- Simonit S., Cattaneo F., Perrings C. (2002). The sustainable management of wetland resources in the Mercosur: the economic problem. CEDE Report 02/01.
- Skinner J., Zalewski S. (1995). *Fonctions et valeurs des zones humides méditerranéennes*. Tour du Valat. Arles, le Sambuc, 78 p.

- Skouri M. (1993). La désertification dans le bassin Méditerranéen : Etat actuel et tendance. CIHEAM - Options Méditerranéennes. Division of ecological studies. UNESCO Paris, France.
- Smith K.D. (1965). On the birds of Morocco. *Ibis* 107 : 493–526.
- Smith M.B. (1998). "The Value of a Tree: Public Debates of John Muir and Gifford Pinchot". *Historian* 60 : 757–778.
- Snell E. (1987). Wetland distribution and conversion in southern Ontario, Working Paper N°48, Inland Waters and Lands Directorate, Environment Canada, Ottawa.
- Soons M.B., Van der Vlugt C., Van Lith B., Heil G.W., Klaassen M. (2008). Small seed size increases the potential for dispersal of wetland plants by ducks. *Journal of Ecology* 96 : 619–627.
- Soulé M., Wilcox B.A. (1980). Conservation Biology : an evolutionary ecological perspective.
- Sternberg M., Gutman M., Perevolotsky A., Ungar E.D., Kigrl J. (2000). Vegetation response to grazing management in a Mediterranean herbaceous community: a functional group approach. *Journal of Applied Ecology* 37 : 224–237.
- Theobald D.M. (2003). Targeting conservation action through assessment of protection and exurban threats. *Conservation Biology* 17 : 1624–1637.
- Theobald D.M. (2004). Placing exurban land-use change in a human modification framework. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2 : 139–144.
- Thiéry A. (1987). Les crustacés branchiopodes des milieux limniques temporaires (dayas) au Maroc. Taxonomie, biogéographie, écologie. Thèse Doctorat de l'Université d'Aix Marseille-3, 405 p.
- Thomas J.A., Bourn N.A., Clarke R.T., Stewart K.E., Simcox D.J., Pearman G.S., Curtis R., Goodger B. (2001). The quality and isolation of habitat patches both determine where butterflies persist in fragmented landscapes. Proceedings of the Royal Society. London, Serie B, *Biological Science* 268 : 1791–1796.
- Tibby J., Marcus B.L., Gell P.A. (2008). Local knowledge and environmental management: a cautionary tale from Lake Ainsworth, New South Wales, Australia. *Environmental Conservation* 34 : 334–341.
- Tiner R.W., Bergquist H.C., DeAlessio G.P., Starr M.J. (2002). Geographically Isolated Wetlands : a Preliminary Assessment of their Characteristics and Status in Selected Areas of the United States. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Northeast Region, Hadley, MA.
- Torquebiau E., Taylor R.D. (2009). Natural resource management by rural citizens in developing countries: innovations still required. *Biodiversity Conservation* 18 : 2537–2550.
- Trémolières M. (2004). Plant response strategies to stress and disturbance: the case of aquatic plants. *Bioscience* 29 : 461–470.
- Turner B.L., Kasperson R.E., Matson P., McCarthy J.J., Corell R.W., Christensen L., Eckley N., Kasperson J.X., Luers A., Martello M.L., Polsky C., Pulsipher C., Schiller A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings National Academy of Sciences* 100 : 8074–8079.
- UICN (Union internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles). (2000) Extrait du Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau (WWDR). 'Vision pour l'eau et la nature'. Dans: Stratégie mondiale de conservation et de gestion durable des ressources en eau au XXI<sup>e</sup> siècle. Gland & Cambridge.
- Van Auken O.W. (2000). Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31 : 197–215.
- Van den Bergh J.C.J.M., Barendregt A., Gilbert A. (2004). Spatial ecological-economic Analysis for Wetland Management: Modelling and Scenario Evaluation of Land-use. Cambridge University Press, Cambridge.
- Van den Bergh J.C.J.M., Barendregt A., Gilbert A., van Herwijnen M., van Horssen P., Kandelaars P., Lorenz C. (2001). Spatial economic-hydroecological modelling and evaluation of land use impact in the Vecht wetlands area. *Environmental Modeling and Assessment* 6 : 87–100.
- Van den Broek T., Van Diggelen R., Bobbink R. (2005). Variation in seed buoyancy of species in wetland ecosystems with different flooding dynamics. *Journal of Vegetation Science* 16 : 579–586.

- Vanschoenwinkel B., De Vries C., Seaman M., Brendonck L. (2007). The role of metacommunity processes in shaping invertebrate rock pool communities along a dispersal gradient. *Oikos* 116 : 1255–1266.
- Vanschoenwinkel B., Waterkeyn A., Vandecaetsbeek T., Pineau O., Grillas P., Brendonck L. (2008). Dispersal of freshwater invertebrates by large terrestrial mammals: a case study with wild boar (*Sus scrofa*) in Mediterranean wetlands. *Freshwater Biology* 53 : 2264–2273.
- Vigne J.D. (2004). Les débuts de l'élevage: Les origines de la culture. Le collège de la cité, , Ed. le Pommier. Cité des sciences et de l'industrie, Paris 186 p.
- Virtanen R. (2000). Effects of grazing on above- ground biomass in a mountain snowbed ,NW Finland. *Oikos* 90 : 295–300.
- Vitousek P., Mooney H., Lubchenco J., Melillo J. (1997). Human domination of Earth's ecosystem's. *Science* 277 : 494–499.
- Vulink J.T. (2001). Hungry herd. Management of temperate wetlands by grazing, PhD Thesis, Wageningen University, 394 p.
- Walters B.B. (2004). Local management of mangrove forests in the Philippines: Successful conservation or efficient resource extraction ? *Human Ecology* 32 : 177–195.
- Waltner-Toews D, Kay J. (2005). The evolution of an ecosystem approach: the diamond schematic and an adaptive methodology for ecosystem sustainability and health. *Ecology and Society* 10 : 38.
- Waser N.M., Price M.V. (1981). Effects of grazing on diversity of annual plants in the Sonoran Desert. *Oecologia* 50 : 407–411.
- Waterkeyn A., Grillas P., Vanschoenwinkel B., Brendonck L. (2008). Invertebrate community patterns in Mediterranean temporary wetlands along hydroperiod and salinity gradients. *Freshwater Biology* 53 : 1808–1822.
- Weidema B.P., Lindeijer E. (2001). Physical impacts of land use in product life cycle assessment. Final report of the EURENVIRON-LCAGAPS subproject on land use. Denmark, Lyngby: Technical University of Denmark.
- Westley F. (1995). Governing design: the management of social systems and ecosystems management. See Ref. 99, pp.391-427. In Gunderson LH, Holling CS, Light SS, eds. Barriers and Bridges to the Renewal of Ecosystems and Institutions. New York: Columbia University Press.
- Westman W.E. (1986). Resilience: concepts and measures. In: Dell B, Hopkins AJM and Lamont B.B (eds.) Resilience in Mediterranean-type Ecosystems, p. 5-19. Junk Publishers, Dordrecht.
- Westoby M. (1998). A leaf-height-seed (LHS) plant ecology strategy scheme. *Plant and Soil* 99 : 213–227.
- Wezel A., Rath T. (2002). Resource conservation strategies in agroecosystems of semi-arid West Africa. *Journal of Arid Environments* 51 : 383–400.
- White P.S., Pickett S.T.A. (1985). Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In S.T.A. Pickett and P.S. White (eds.), *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*, Academic Press, New York, p. 3–13.
- Williams D.D. (2006) *The Biology of Temporary Waters*. Oxford University Press, Oxford.
- Wilson S.D., Keddy P.A. (1985). Plant zonation on a lakeshore gradient: physiological response curves of component species. *Journal of Ecology* 73 : 851–860.
- Wolff A., Debussche M. (1999). Ants as seed dispersers in a Mediterranean old-field succession. *Oikos* 84 : 443–452.
- Xie Z., Xu X., Yan L. (2010). Analyzing qualitative and quantitative changes in coastal wetland associated to the effects of natural and anthropogenic factors in a part of Tianjin, China. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 86 : 379–386.
- Yan Z.L., Wu N., Dorji Y., Jia R. (2005). A review of rangeland privatization and its implications in the Tibetan Plateau, China. *Nomadic People* 9 : 31–51.
- Zedler J.B., Kercher S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services and restorability. *Annual Review of Environmental Resources* 30 : 39–74.
- Zedler P.H. (1987). The ecology of Southern California vernal pools: a community profile, US Fish and Wildlife Service. *Biological Report* 85 : 7–11.
- Zhao S., Lai P. (2007). Millennium Ecosystem Assessment. China Environmental Science Press.

Zidane L. (1990). Etude bioclimatique et étude phyto-écologique des forêts de la province de Benslimane " l'ouest marocain". Thèse de l'Université Mohamed V, Rabat, 187 p.



## **Annexes**



**Annexe 1:** Indices de vulnérabilité attribués aux mares de la région de Benslimane selon les usages recensés et leurs superficies.

<b>Usage</b>	<b>Effet</b>	<b>Taille petite</b> ( $< 1000 \text{ m}^2$ )	<b>Taille moyenne à grande</b> ( $\geq 1000 \text{ m}^2$ )
Aucun	Aucun (pas de fermeture de milieu sous climat méditerranéen (Bouahim et al. 2010))	0	0
Pâturage	Effet faible sur la richesse spécifique et l'abondance des espèces. (Bouahim et al. 2010)	1,5	1
Plante médicinale	Effet faible sur la végétation (nombre limité de plantes récoltées sur le terrain) (Observation du terrain 2007-2009)	1,5	1
Source d'eau	Diminution de volume d'eau et pollution	2,5	2
Activités de loisir	Piétinement et pollution solide	2,5	2
Activités domestiques intenses	Eutrophisation du milieu (Rhazi et al. 2001)	3,5	3
Pompage	Changement temporaire du régime hydrique (Rhazi et al. 2006).	3,5	3
Extraction de matériaux (roche, sédiment)	Changement du régime hydrologique et perte de biodiversité par destruction du stock semencier (Rhazi et al. 2006).	4,5	4
Mise en culture	Perte des fonctions de la mare et perte de biodiversité par perturbation du milieu et apport d'herbicides (Anderson & Vondracek 1999, Rhazi et al. 2001, Rhazi et al. 2006, Munoz et al. 2009).	4,5	4
Comblement/décharge	Changement de l'hydrologie, Perte des fonctions de la biodiversité de la mare (Rhazi et al. 2006).	4,5	4
Aménagement d'infrastructure routière	Destruction, perte des fonctions et morcellement de la mare (Rhazi et al. 2006).	4,5	4
Assèchement (plantation d'eucalyptus, drainage)	Transformation de la mare en reboisement (Bardecki 1984, Snell 1987), perte de biodiversité (Munoz et al. 2009). L'assèchement des mares réduit la richesse en espèces typiques de ces milieux (Bouahim résultats non publiés).	4,5	4
Urbanisation (villas, terrains de foot, stations de lagunage)	Élimine les composants essentiels de l'environnement aquatique; pertes de fonctions; perte d'habitat et de biodiversité; transformation irréversible de la mare (UICN 2000).	5,5	5

**Annexe 2** : Indices de pression attribués aux mares de la région de Benslimane.

<b>Facteurs de pression</b>	<b>Effet</b>	<b>Caractère</b>	<b>Indice</b>
Accessibilité (piste ou route)	Accès à la mare à pieds ou par voiture augmentation de la fréquentation	>1500 m	1
		500- 1500 m	2
		0- 500 m	3
Distance aux habitations	Intensification des usages	>1500 m	1
		500- 1500 m	2
		0- 500 m	3
Distance à la ville	Risques de destruction par urbanisation	>5	1
		3- 5 km	2
		1- 3 km	3
		<1 km	4
Environnement proche	Les mares en milieu agricole sont plus menacées de transformation que celles en forêt.	Forêt	1
		Milieu agricole	2
Statut foncier	Les mares publiques sont mieux protégées contre la transformation totale que celles qui sont privés	Public	1
		Privé	2

**Annexe 3 :** Liste des espèces rencontrées dans les 16 mares étudiées. Pour chaque espèce est donnée, le type biologique (annuel, A ; vivace, V selon Fennane et al 199, 2007) et l'écologie (préférentielle de mares, P ; opportuniste, O), ainsi que l'abréviation adoptée dans la figure de l'analyse multivariée. \* = espèce rare au Maroc (selon Fennane & Ibn Tattou 1998). Pour *Pilularia minuta* (n), une étude récente de son anatomie (Ferchichi-Ben Jemaa 2010), a montré qu'elle est annuelle.

Espèce	Abréviation	Type biologique	Ecologie
<i>Agrostis pourretii</i> Willd.	Ag.pour	A	P
<i>Aira cupaniana</i> Guss.	Ai.cup	A	O
<i>Ammi majus</i> L.	Am.maj	A	O
<i>Anagallis arvensis</i> L.	An.arv	A	O
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	An.odo	A	O
<i>Antirrhinum orontium</i> L.	An.oro	A	O
<i>Aphanes microcarpa</i> (Boiss. & Reut.) Rothm.	Ap.mic	A	O
<i>Asterolinon linum-stellatum</i> (L.)Duby	As.lin	A	O
<i>Avena sterilis</i> L.	Av.ste	A	O
<i>Baldellia ranunculoides</i> Lam.	Ba.ran	V	P
<i>Bellis annua</i> L.	Be.ann	A	O
<i>Biscutella didyma</i> L.	Bi.did	A	O
<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla	Sc.mar	V	P
<i>Brachypodium distachyum</i> (L.) P.Beauv.	Br.dis	A	O
<i>Briza maxima</i> L.	Br.max	A	O
<i>Briza minor</i> L.	Br.min	A	O
<i>Bromus mollis</i> L.	Br.mol	A	O
<i>Callitriche brutia</i> Petagna	Ca.bru	A	P
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	Ca.bur	A	O
<i>Carex divisa</i> Huds.	Ca.div	V	P
<i>Carex divulsa</i> Stokes	Ca.divs	V	P
<i>Cardamine hirsuta</i> L.	Ca.hir	A	O
<i>Carlina racemosa</i> L.	Ca.rac	A	O
<i>Callitriche truncata</i> Guss.	Ca.tru	A	P
<i>Centaurea calcitrapa</i> L.	Ce.cal	A	O
<i>Centranthus calcitrapae</i> (L.) Dufr.	Ce.cal	A	O
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	Ce.glo	A	O
<i>Centaureum maritimum</i> (L.) Fritsch	Ce.mar	A	O
<i>Centaureum pulchellum</i> (Sw.) Druce	Ce.pul	A	O
<i>Chamaemelum fuscatum</i> Brot.	Ch.fus	A	P
<i>Chenopodium murale</i> L.	Ch.mur	A	O
<i>Cicendia filiformis</i> (L.) Delarbre	Ci.fil	A	P
<i>Cistus monspeliensis</i> L.	Ci.mon	V	O
<i>Cistus salviifolius</i> L.	Ci.sal	V	O
<i>Cladanthus mixtus</i> (L.) Chevall.	Cl.mix	A	O
<i>Corrigiola litoralis</i> L.	Co.lit	A	P
<i>Crassula tillaea</i> Lest.-Garl.	Cr.til	A	O
<i>Crassula vaillantii</i> (Willd.) Roth	Cr.vai	A	P
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Cy.dac	V	O
<i>Cyperus longus</i> L.	Cy.lon	V	P
<i>Daucus carota</i> L.	Da.car	A	O
<i>Daucus crinitus</i> Desf.	Da.cri	V	O
<i>Damasonium stellatum</i> Thuill.	Da.ste	A	P
<i>Diplotaxis catholica</i> (L.) DC.	Di.cat	A	O
<i>Dipcadi serotinum</i> (L.) Medik.	Di.ser	V	O
<i>Echium plantagineum</i> L.	Ec.pla	A	O
<i>Elatine alsinastrum</i> L.*	El.als	A	P
<i>Elatine brochoni</i> Clavaud *	El.bro	A	P
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult	El.pal	V	P
<i>Eryngium atlanticum</i> Batt. & Pit.	Er.atl	A	P
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Hér.	Er.cic	A	O
<i>Euphorbia exigua</i> L.	Eu.exi	A	O

Espèce	Abréviation	Type biologique	Ecologie
<i>Euphorbia heloscopia</i> L.	<i>Eu.hel</i>	A	O
<i>Exaculum pusillum</i> (Lam.) Caruel *	<i>Ex.pus</i>	A	P
<i>Filago gallica</i> L.	<i>Fi.gal</i>	A	O
<i>Filago germanica</i> (L.) Huds.	<i>Fi.ger</i>	A	O
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	<i>Fo.vul</i>	V	O
<i>Gaudinia fragilis</i> (L.) P. Beauv.	<i>Ga.fra</i>	A	O
<i>Galium murale</i> (L.) All.	<i>Ga.mur</i>	A	O
<i>Geranium molle</i> L.	<i>Ge.mol</i>	A	O
<i>Glyceria fluitans</i> (L.) R.Br.	<i>Gl.flu</i>	A	P
<i>Glycyrrhiza foetida</i> Desf.	<i>Gl.foe</i>	V	P
<i>Helosciadium inundatum</i> (L.) W.D.J.Koch *	<i>He.inu</i>	V	P
<i>Heliotropium supinum</i> L.	<i>He.sup</i>	A	P
<i>Hordeum murinum</i> L.	<i>Ho.mur</i>	A	O
<i>Hypparrhenia hirta</i> (L.) Stapf	<i>Hy.hir</i>	V	O
<i>Hypericum perforatum</i> L.	<i>Hy.per</i>	V	O
<i>Hypericum tomentosum</i> L.	<i>Hy.tom</i>	V	P
<i>Illecebrum verticillatum</i> L.	<i>Il.ver</i>	A	P
<i>Isolepis cernua</i> (Vahl) Roem. & Schult.	<i>Is.cer</i>	A	P
<i>Isoetes histrix</i> Durieu ex Bory	<i>Is.his</i>	V	P
<i>Isoetes velata</i> A. Braun*	<i>Is.vel</i>	V	P
<i>Juncus bufonius</i> L.	<i>Ju.buf</i>	A	P
<i>Juncus capitatus</i> Weigel	<i>Ju.cap</i>	A	P
<i>Juncus pygmaeus</i> L.C.M.Richard.	<i>Ju.pyg</i>	A	P
<i>Juncus striatus</i> Schousb. ex E.Mey.	<i>Ju.str</i>	A	P
<i>Juncus tenageia</i> L.f.	<i>Ju.ten</i>	A	P
<i>Lamarckia aurea</i> (L.) Moench	<i>La.aur</i>	A	O
<i>Lathyrus sphaericus</i> Retz	<i>La.sph</i>	A	O
<i>Lavandula stoechas</i> L.	<i>La.sto</i>	V	O
<i>Legousia falcata</i> (Ten.) Janch.	<i>Le.spp</i>	A	O
<i>Leontodon taraxacoides</i> (Vill.) Mérat	<i>Le.tar</i>	A	O
<i>Kickxia commutata</i> (Rchb.) Fritsch	<i>Ki.com</i>	A	P
<i>Limonium sinuatum</i> (L.) Mill.	<i>Li.sin</i>	V	O
<i>Linum usitatissimum</i> L.	<i>Li.usi</i>	A	O
<i>Lotus hispidus</i> DC.	<i>Lo.his</i>	A	P
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin	<i>Lo.rig</i>	A	O
<i>Lythrum borysthenticum</i> (Schränk) Litv.	<i>Ly.bor</i>	A	P
<i>Lythrum hyssopifolia</i> L.	<i>Ly.hys</i>	A	P
<i>Lythrum portula</i> (L.) D.A.Webb	<i>Ly.por</i>	A	P
<i>Lythrum thymifolia</i> L. *	<i>Ly.thy</i>	A	P
<i>Lythrum tribracteatum</i> Spreng.	<i>Ly.tri</i>	A	P
<i>Malva hispanica</i> L.	<i>Ma.his</i>	A	O
<i>Marsilea strigosa</i> Willd.	<i>Ma.str</i>	V	P
<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.	<i>Me.ind</i>	A	O
<i>Medicago polymorpha</i> L.	<i>Me.pol</i>	A	O
<i>Mentha pulegium</i> L.	<i>Me.pul</i>	V	P
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> D.C. *	<i>My.alt</i>	A	P
<i>Myosotis debilis</i> Pomel	<i>My.deb</i>	A	P
<i>Narcissus viridiflorus</i> Schousb.	<i>Na.vir</i>	V	O
<i>Nitella opaca</i> Ag.	<i>Ni.opa</i>	A	P
<i>Nitella translucens</i> (Persoon) C. Agardh	<i>Ni.tra</i>	A	P
<i>Ornithopus compressus</i> L.	<i>Or.com</i>	A	O
<i>Ornithogalum umbellatum</i> auct.	<i>Or.umb</i>	V	O
<i>Panicum repens</i> L.	<i>Pa.rep</i>	V	P
<i>Phalaris coerulea</i> Desf.	<i>Ph.cae</i>	V	P
<i>Pistorinia breviflora</i> Boiss.	<i>Pi.bre</i>	A	O
<i>Pilularia minuta</i> Durieu * <sup>n</sup>	<i>Pi.min<sup>n</sup></i>	A	P
<i>Plantago coronopus</i> L.	<i>Pl.cor</i>	A	O
<i>Plantago lagopus</i> L.	<i>Pl.lag</i>	A	O
<i>Plantago lanceolata</i> L.	<i>Pl.lan</i>	A	O
<i>Plantago psyllium</i> L.	<i>Pl.psy</i>	A	O

Espèce	Abréviation	Type biologique	Ecologie
<i>Poa annua</i> L.	<i>Po.ann</i>	A	O
<i>Polygonum aviculare</i> L.	<i>Po.avi</i>	A	O
<i>Polypogon monspeliensis</i> (L.) Desf.	<i>Po.mon</i>	A	P
<i>Polycarpon tetraphyllum</i> (L.) L.	<i>Po.tet</i>	A	O
<i>Pulicaria arabica</i> (L.) Cass.	<i>Pu.ara</i>	V	P
<i>Pulicaria odora</i> (L.) Rehb.	<i>Pu.odo</i>	V	O
<i>Ranunculus baudotii</i> Godr.	<i>Ra.bau</i>	A	P
<i>Ranunculus hederaceus</i> L.	<i>Ra.hed</i>	A	P
<i>Ranunculus muricatus</i> L.	<i>Ra.mur</i>	A	P
<i>Ranunculus ophioglossifolius</i> Vill.	<i>Ra.oph</i>	A	P
<i>Ranunculus sardous</i> Crantz	<i>Ra.sar</i>	A	P
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	<i>Ra.rap</i>	A	O
<i>Rumex bucephalophorus</i> L.	<i>Ru.buc</i>	A	O
<i>Rumex crispus</i> L.	<i>Ru.cri</i>	V	P
<i>Rumex pulcher</i> L.	<i>Ru.pul</i>	V	P
<i>Sagina apetala</i> Ard.	<i>Sa.ape</i>	A	O
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	<i>Sa.min</i>	V	O
<i>Sherardia arvensis</i> L.	<i>Sc.arv</i>	A	O
<i>Scilla autumnalis</i> L.	<i>Sc.aut</i>	V	O
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla	<i>Sc.lac</i>	V	P
<i>Schoenoplectus litoralis</i> (Schrud.) Palla	<i>Sc.lit</i>	V	P
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	<i>Sc.his</i>	V	O
<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják	<i>Sc.hol</i>	V	P
<i>Scorpiurus vermiculatus</i> L.	<i>Sc.ver</i>	A	O
<i>Senecio vulgaris</i> L.	<i>Se.vul</i>	A	O
<i>Solenopsis laurentia</i> (L.) C.Presl	<i>So.lau</i>	A	P
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	<i>So.asp</i>	A	O
<i>Spergularia purpurea</i> (Pers.) G.Don	<i>Sp.rub</i>	A	O
<i>Stachys arvensis</i> L.	<i>St.arv</i>	A	O
<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertn.	<i>To.bar</i>	A	O
<i>Trifolium angustifolium</i> L.	<i>Tr.ang</i>	A	O
<i>Trifolium campestre</i> Schreb.	<i>Tr.cam</i>	A	O
<i>Trifolium micranthum</i> Viv.	<i>Tr.mic</i>	A	O
<i>Trifolium resupinatum</i> L.	<i>Tr.res</i>	A	O
<i>Trifolium scabrum</i> L.	<i>Tr.sca</i>	A	O
<i>Trifolium lappaceum</i> L.	<i>Tr.lap</i>	A	O
<i>Trifolium stellatum</i> L.	<i>Tr.ste</i>	A	O
<i>Trifolium subterraneum</i> L.	<i>Tr.sub</i>	A	O
<i>Trifolium tomentosum</i> L.	<i>Tr.tom</i>	A	O
<i>Tuberaria guttata</i> (L.) Fourr.	<i>Tu.gut</i>	A	O
<i>Verbena supina</i> L.	<i>Ve.sup</i>	A	P
<i>Vicia sativa</i> L.	<i>Vi.sat</i>	A	O
<i>Vulpia myuros</i> (L.) C.C.Gmel.	<i>Vu.myu</i>	A	O

**Annexe 4a. Fiche Enquête : mares temporaires et usagers locaux**

Fiche N° :

Commune :

Date : ...../...../.....

**1) Caractéristiques socioéconomiques :**

**a- Identification du chef de ménage :**

1. Age
2. Combien d'enfants avez-vous ?
3. Savez-vous lire et /ou écrire ? (niveau d'étude éventuellement)
4. Êtes-vous originaire de Benslimane ? si oui quelle tribu ? si non pourquoi vous avez choisi Benslimane ?
5. Quel est votre travail ? ..... travaillez-vous seul ?.....

**b- Revenu et qualité de l'habitat**

6. Pouvez-vous me dire dans quelle fourchette se situe votre revenu annuel ?

	<10000	10000 <S<30000	S>30000
Revenu annuel (DH)			

7. Activités exercées par les autres individus actifs de la famille:

Membres de la famille	Nature du travail	Lieu	Apport financier en DH/mois
- Hommes autres que le chef de ménage - Femmes - Enfants			

- 8- Habitations et qualités de vie des ménages :

- a. Type d'habitats : Dur Pisé
- b. Approvisionnement en eau : Réseau Puits Borne fontaine
- c. Electrification : Oui Non
- d. Assainissement : Réseau Fosse septique Puit perdu

## 2- Informations sur les mares

9- Est-ce que vous possédez une ou plusieurs mares à l'intérieur de votre propriété ?

10- Que représente cette mare pour vous ? Etes-vous attaché à cette mare ? Précisez svp en quelques mots...

.....  
 .....

11- Sur une échelle de 1 à 5 pouvez-vous quantifier cet attachement ?

Mare/degré d'attachement	1	2	3	4	5

12. A qui appartient le titre foncier de la propriété ?

Titre foncier	Vous	Public	Propriétaire connu	Propriétaire inconnu
Mare				

13. Quels moyens de transport utilisez-vous pour y accéder ?

14. Pouvez-vous estimer la surface de la MT ?

15. Etes-vous les seuls qui ont accès à la mare où il y a d'autres personnes qui peuvent y entrer ?

16. Qui sont les autres personnes qui peuvent y accéder ? ..... combien ?.....

17. Est-ce que cela génère des problèmes entre les usagers de la mare (s'ils sont multiples) ?

18. Quand est-ce que vous irez à la mare la prochaine fois ?..... et que ferez-vous ?.....

19. Dans les autres périodes à quoi utilisez-vous la mare ?.....

## 3- Usages de la mare

### Usage de l'eau

	Quantité d'eau	Saison
Usage domestique		
Eau potable		
Irrigation		
Abreuvement du bétail		
Autres*		

20. Utilisez-vous l'eau de la mare ?

Oui : ..... Non : .....

21. Qualité de l'eau

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Bonne				
Moyenne				
Médiocre				
Disponible				
Insuffisante				
Indisponible				

22. Gestion de l'utilisation de l'eau :

- a. Existe-t-il une organisation traditionnelle ? Oui :..... Non : .....
- b. Si oui comment fonctionne-elle :
- c. Si non avez-vous des propositions à faire?

**4- Agriculture dans la mare**

23. Utilisez-vous la surface de la mare pour l'agriculture ?

- a. Non.....
- b. Oui ..... Quels types de culture ?.....

24. Quelle est la fréquence de culture de la mare?

Chaque année	1 année/2	1 année/3	Plus que 1 année/3	Ca dépend des pluies

25. Production agricole et nature de dépenses des spéculations agricoles :

Cultures	Céréaliculture	Légumineuses	Maraîchages	Fourragères
Surface (Ha)				
Production annuelle (qx)				
Auto- consommation (qx)				
Vente (qx)				
Prix de vente (Dh/Kg)				

26. Est-ce que vous faites un traitement des cultures ?

- a. Non :.....
- b. Oui :.....
- c. Quels type de traitement utilisez vous pour la culture (fertilisants/pesticides)?  
Combien de fois ? .....et en quelle quantités?.....

27. Pourriez-vous citer le(s) nom (s) ?

28. Préparation du sol et labour

- Mode : Période :

d. Fumage du sol : oui non

Si oui, quel Type de fumure ?

Organique minérale et dans quel type de cultures utilise t-on cette fumure ?

### 5- Pâturage dans la mare

29. Utilisez-vous les mares pour le pâturage ?

a. Non :.....

b. Oui : ..... Combien de fois par jours et combien de bêtes ? .....

Saison	Hiver	Printemps	Eté	Automne
Fréquence/jour				
Nombre de moutons				
Nombre de vaches				
Nombre de chèvres				
Nombre de chevaux, ânes, mulets				

✓ Alimentation complémentaire : Oui Non

30. S'il n'y avait pas la possibilité d'utiliser les mares pour le pâturage, que feriez-vous ?

31. Combien cela vous coûterait-il ?

32. Que pensez-vous de la charge du cheptel dans les mares ?

d. Forte Moyenne Faible

33. Existe-t-il une organisation de la population pour la gestion du parcours à l'intérieur des mares

e. Oui Non Si oui, comment ?.....et qui décide ?.....

34. Que pensez-vous de l'état des parcours à l'intérieur des mares :

f. Dégradé peu dégradé non dégradé

35. Si c'est dégradé, pouvez-vous décrire ce qu'est une mare dégradée pour vous ? Quelles en sont les causes d'après vous ?

36. Quelles sont les répercussions sur la conduite de l'élevage ?

37. Quels sont les impacts sur le revenu de l'éleveur ?

38. Y a-t-il des mares protégées dans la zone ?

Oui Non

39. Y a-t-il des éleveurs d'autres communes qui fréquentent les mares collectives ?

Oui Non Si oui, combien ?.....D'où viennent-ils ?.....

40. Y a-t-il des compromis entre les locaux et les éleveurs des autres communes pour l'utilisation de l'espace ?

g. Oui Non Si oui, comment ?.....

---

## **6- Coupe des plantes médicinales et des plantes pour l'artisanat**

41. Besoins en plantes aromatiques et médicinales :

h. Utilisation :

Médecine traditionnelle Beauté Ventes Autres .....

## **7- Gestion et problèmes liés aux mares**

42. Qui gère les mares ?

43. Comment évaluez-vous la gestion de la mare ? Est-ce que vous avez des idées pour améliorer la gestion ?

44. Quelles sont les choses qui manquent à la gestion de cette mare selon vous ?

45. Y- a-t-il des campagnes de démostration au niveau des mares ?

**46. Est-ce qu'il y a des problèmes causés par la présence de la mare dans votre périmètre ?**

Pouvez-vous quantifier sur une échelle de 1 à 5 [0. pas de problème 1. très faible, 2 faible, 3 moyen, 4 fort, 5 très fort]

Mare /niveau problème	0	1	2	3	4	5
Moustique						
Accès						
Chasse						
Pâturage						
Conflits d'usage d'eau						
Extraction de matériaux ?						
Autres						

47. Souhaitez-vous qu'on élimine toutes les mares de la région ?

a. Non :.....Pour quelles raisons ?.....

b. Oui :..... Pour quelles raisons ?.....

48. Y a t il des associations dans la région pour la protection des mares ? Oui.....Non.....

49. Comment avez-vous vu évoluer les mares de votre région ?

a. Pendant la période coloniale

b. Après l'indépendance

**50. Pensez-vous que les mares ont une importance en terme de :**

Quantifiez le niveau d'importance des mares sur une échelle de 1 à 5 : [0 : pas importante 1 : faiblement importante 2 : moyennement importante 3 : importante 4 : très importante ]

Activité/ importance	0	1	2	3	4
Protection contre les inondations					
Recharge des nappes phréatiques					
Espèces endémiques et rares					
Filtration (épuration des eaux)					
Source d'eau					
Pâturage					
Parcelle agricole					
Coupe de plantes médicinales					
Coupe de bois					
Autres					

**51. Pensez vous que des activités menacent l'existence de la mare ? [**

Quantifiez le niveau de menace sur les mares sur une échelle de 1 à 5 [0 : sans aucune menace 1 très faible menace 2 : faible menace 3 : moyennement menacent 4 : dangereuse 5 : très dangereuse]

Activités/ menaces	0	1	2	3	4	5
Pâturage						
Coupe de bois						
Comblement par les déchets						
Apport de l'eau de l'extérieur						
Drainage						
Sport						
Chasse						
Activités touristiques/de loisir						
Activités agricoles						
Autres						

**52. Quelle est l'activité la plus bénéfique des mares ?**

[0 : pas bénéfique 1 : très faiblement bénéfique 2 : faiblement bénéfique 3 moyennement bénéfique 4 : bénéfique 5 : très bénéfique]

Activités/ bénéfiques	0	1	2	3	4	5
Pâturage						
Coupe de bois						
Comblement par les déchets						
Source de l'eau						
Drainage						
Sport						
Chasse						
Activités touristiques/de loisir						
Activités agricoles						
Coupe des plantes médicinales						
Autres						

**53. Pourriez –vous décrire la fréquence de vos relations avec ?**

Quantifiez la fréquence des relations sur une échelle de 1 à 5 (0. jamais, 1. au moins une fois par an, 2. au moins une fois par semestre, 3. par trimestre, 4. par mois, 5. par semaine 6. par jour)

	0	1	2	3	4	5
Les agriculteurs						
Les chasseurs						
Les touristes						
Les éleveurs						
Les utilisateurs d'eau						
Autres						

**54. Pourriez –vous décrire la qualité de vos relations avec ?**

Quantifiez la qualité des relations sur une échelle de 1 à 5 (0. aucune, 1. très mauvaise, 2. mauvaise, 3. Correcte mais « ni bonne ni mauvaise » 4. Bonne, 5. Très bonne)

	0	1	2	3	4	5
Les agriculteurs						
Les chasseurs						
Les touristes						
Les éleveurs						
Les utilisateurs d'eau						
Autres						



**8. Quelle est l'activité(s) que vous encouragez au niveau des mares ?**

[0 : pas encouragé ; 1 : très faiblement encouragé ; 2 : faiblement encouragé ; 3 : moyennement encouragé ; 4 : encouragé ; 5 : très encouragé]

	0	1	2	3	4	5
Le pâturage						
La chasse						
La culture						
Le tourisme local						
Autres						

**9. Quelle est l'activité(s) qui menace les mares ?**

Quantifiez le niveau de menace sur les mares sur une échelle de 1 à 5 [0 : sans aucune menace ; 1 très faible menace ; 2 : faible menace ; 3 : moyenne menace ; 4 : grande menace ; 5 : très grande menace]

	0	1	2	3	4	5
Le pâturage						
La chasse						
La culture						
Le tourisme						
Autres						



# Résumé des résultats de l'enquête socio-économique

## 1- Caractéristiques socioéconomiques :

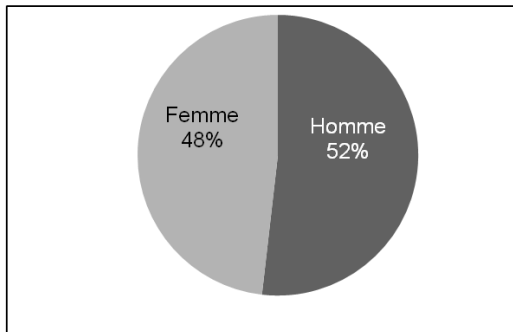


Fig 1. Répartition des répondants selon leurs genre

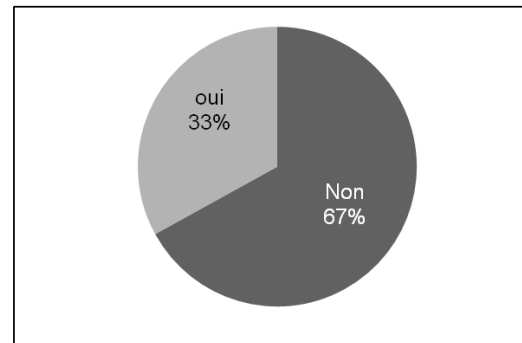


Fig 2. Pourcentage des alphabètes au niveau de la région d'étude

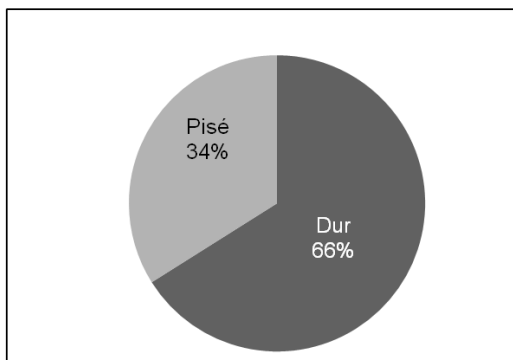


Fig 3. Type d'habitat dans la région d'étude

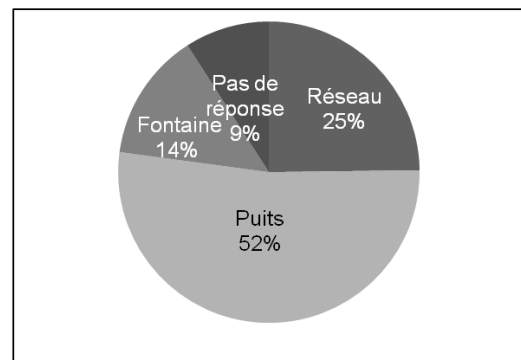


Fig 4. Type d'approvisionnement en eau dans la région d'étude

## 2-Informations sur les mares

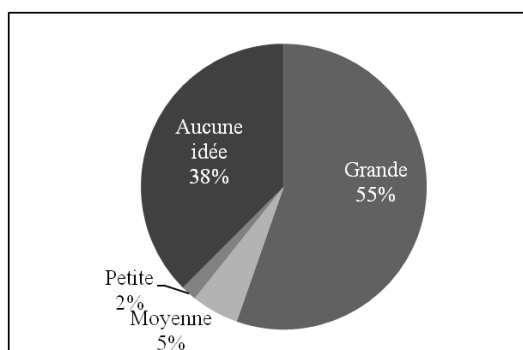


Fig 5. Superficie des mares dans la région d'étude

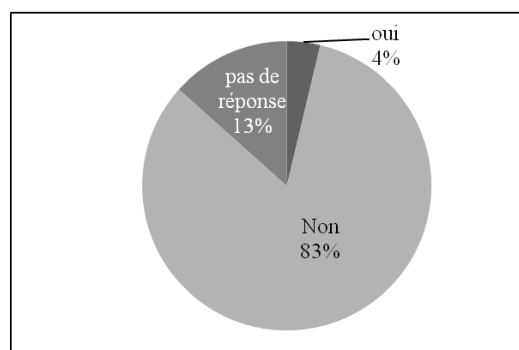


Fig 6. L'accès à la mare est-il individuel?

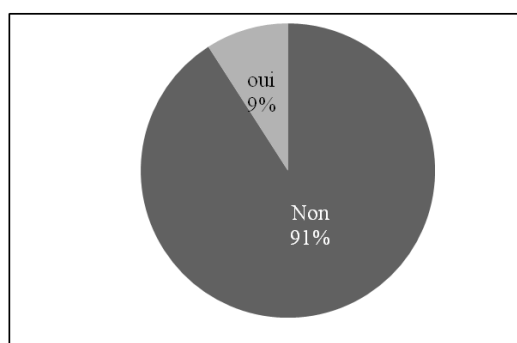


Fig 7. Présence des problèmes liés à l'existence des mares

### 3-Usages des mares

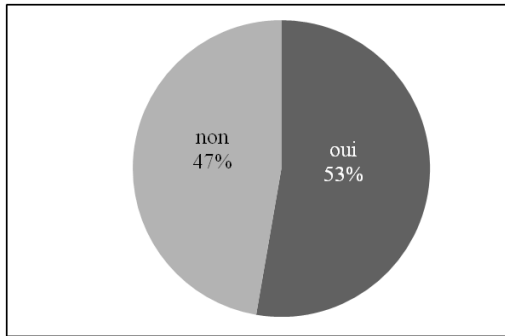


Fig 8. Usage de l'eau des mares

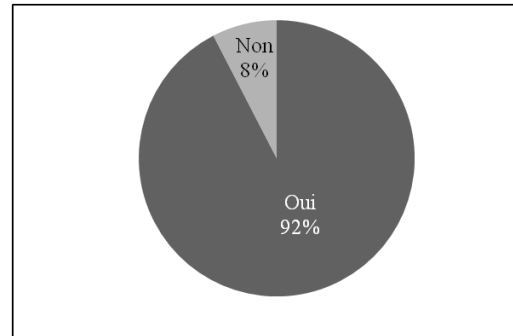


Fig 9. Présence d'une organisation dans la gestion de l'eau

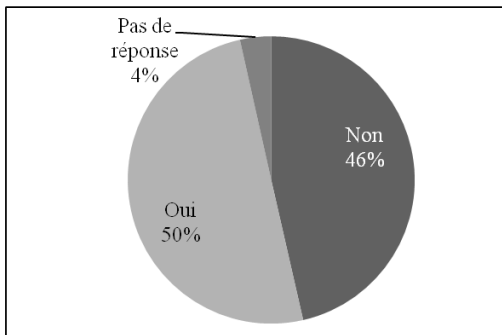


Fig 10. Usage des mares pour le pâturage

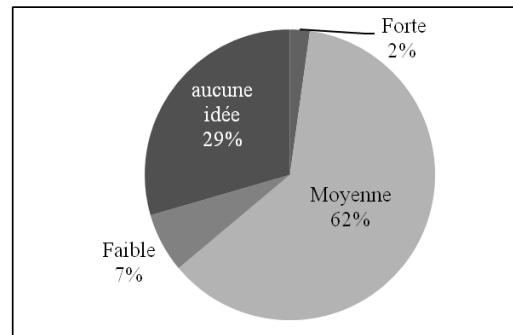


Fig 11. Estimation de la charge pastorale dans les mares selon la population

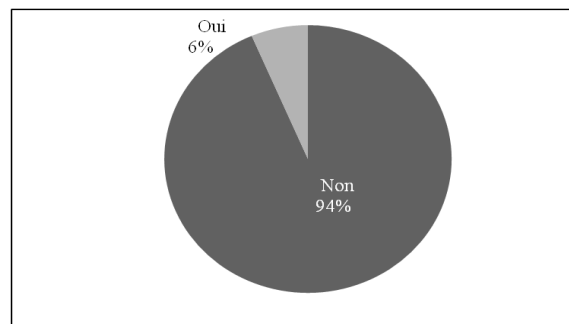


Fig 12. Usage des mares pour l'agriculture

#### 4-Gestion des mares de la région d'étude

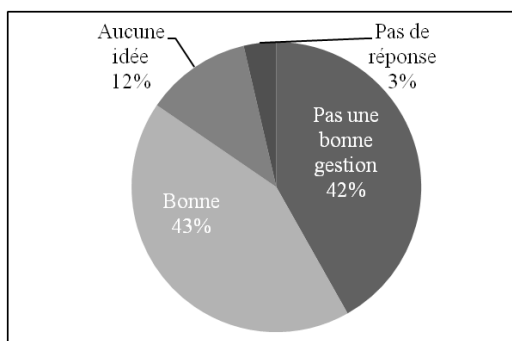


Fig 13. Evaluation de la gestion des mares par la population local

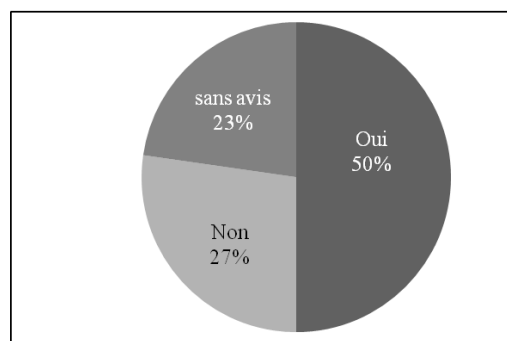


Fig 14. La présence des campagne de démonstration selon la population local

## Table des figures

<b>Figure 1.</b> Localisation de la province de Benslimane, entre les villes de Casablanca et de Rabat, sur la côte atlantique du Maroc .....	20
<b>Figure 2.</b> Variation des précipitations annuelles (mm) à Benslimane sur la période 1999-2009. Les années d'étude sont noircies. La moyenne pluviométrique sur la période considérée est indiquée par une ligne en pointillée. Les précipitations annuelles sont calculées entre janvier et décembre (source : station météorologique de Benslimane).....	24
<b>Figure 3.</b> Variation saisonnière des précipitations (mm) à Benslimane, durant les trois années d'étude (2007-2009) (source : station météorologique de Benslimane). .....	24
<b>Figure 4.</b> Variation mensuelle des températures minimales et maximales (°C) à Benslimane au cours des trois années d'études (2007-2009) (source : station météorologique de Benslimane).....	26
<b>Figure 5.</b> Occupation des terres dans la province de Benslimane (réalisation : E. Saber, 2009). Le rectangle noir indique la zone sélectionnée dans le cadre de la présente étude.....	29
<b>Figure 6.</b> Part de la variance de la composition de l'ensemble de la végétation (espèces totales), des Préférentielles et des Opportunistes expliquée par les facteurs régionaux, les facteurs locaux et la vulnérabilité aux usages. Cinq composantes ont été distinguées : la variance expliquée par les variables locales seules, la variance expliquée par les variables régionales seules, la variance expliquée par la Vulnérabilité aux usages, la variance commune expliquée par l'ensemble des facteurs et la variance inexpliquée.....	41
<b>Figure 7.</b> Plan ½ de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des espèces Préférentielles, avec les facteurs locaux (Pmax, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , conductivité), la densité des mares (nombre de mares dans un rayon de 1,5 km autour de chacune des 32 mares étudiées) et la Vulnérabilité aux usages, intégrés en tant que facteurs supplémentaires. Seules les espèces dont 18% de la variance est expliquée par ces facteurs ont été représentées. Les triangles correspondent aux mares situées en milieu agricole et les cercles aux mares situées en milieu forestier. Abréviations des noms d'espèce : <i>Ag.sal</i> : <i>Agrostis pourretii</i> ; <i>Ap.inu</i> : <i>Helosciadium inundatum</i> ; <i>Ce.pul</i> : <i>Centaureum pulchellum</i> ; <i>Ch. Spp</i> : <i>Chara sp</i> ; <i>El.bro</i> : <i>Elatine brochonii</i> ; <i>El.pal</i> : <i>Eleocharis palustris</i> ; <i>Ex.pus</i> : <i>Exaculum pusillum</i> ; <i>Gl.flu</i> : <i>Glyceria fluitans</i> ; <i>He.sup</i> : <i>Heliotropium supinum</i> ; <i>Is.cer</i> : <i>Isolepis cernua</i> ; <i>Il.ver</i> : <i>Illecebrum verticillatum</i> ; <i>Is.his</i> : <i>Isoetes hystrix</i> ; <i>Is.vel</i> : <i>Isoetes velata</i> ; <i>Ju.buf</i> : <i>Juncus bufonius</i> ; <i>Ju.pyg</i> : <i>Juncus pygmaeus</i> ; <i>Ju.str</i> : <i>Juncus striatus</i> ; <i>Ju.ten</i> : <i>Juncus tenageia</i> ; <i>La.mic</i> : <i>Solenopsis laurentia</i> ; <i>Lo.his</i> : <i>Lotus hispidus</i> ; <i>Ly.hys</i> : <i>Lythrum hyssopifolia</i> ; <i>Ly.tri</i> : <i>Lythrum tribracteatum</i> ; <i>My.sic</i> : <i>Myosotis debilis</i> ; <i>Ni.opa</i> : <i>Nitella opaca</i> ; <i>Po.mon</i> : <i>Polypogon monspeliensis</i> ; <i>Pu.ara</i> : <i>Pulicaria arabica</i> ; <i>Ra.bau</i> : <i>Ranunculus baudotii</i> ; <i>Ra.oph</i> : <i>Ranunculus ophioglossifolius</i> ; <i>Sc.hol</i> : <i>Scirpoides holochoenus</i> ; <i>Ve.sup</i> : <i>Verbena supina</i> . .....	42
<b>Figure 8.</b> Plan ½ de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) des espèces Préférentielles, avec les usages les plus fréquents dans les mares (pâturage, récréation, urbanisation, mise en culture, assèchement et aucun usage) intégrés en tant que facteurs supplémentaires. Seules les espèces dont 18 % de variance est expliquée par ces facteurs ont été représentées. La taille des 32 cercles (représentant les mares) est corrélée à la richesse en espèces préférentielles. Abréviations des noms d'espèce : <i>Ag.pou</i> : <i>Agrostis pourretii</i> ; <i>Ca.bru</i> : <i>Callitriche brutia</i> ; <i>Ce.pul</i> : <i>Centaureum pulchellum</i> ; <i>ch.spp</i> : <i>Chara sp</i> ; <i>Da.ste</i> : <i>Damasonium stellatum</i> ; <i>El.als</i> : <i>Elatine alsinastrum</i> ; <i>El.bro</i> : <i>Elatine brochonii</i> ; <i>El.pal</i> : <i>Eleocharis palustris</i> ; <i>Ex.pus</i> : <i>Exaculum pusillum</i> ; <i>Gl.flu</i> : <i>Glyceria fluitans</i> ; <i>He.inu</i> : <i>Helosciadium inundatum</i> ; <i>He.sup</i> : <i>Heliotropium supinum</i> ; <i>Is.cer</i> : <i>Isolepis cernua</i> ; <i>Il.ver</i> : <i>Illecebrum verticillatum</i> ; <i>Is.his</i> :	

*Isoetes histrix* ; *Is.vel* : *Isoetes velata* ; *Ju.buf* : *Juncus bufonius* ; *Ju.pyg* : *Juncus pygmaeus* ; *Ju.str* : *Juncus striatus* ; *Ju.ten* : *Juncus tenageia* ; *La.mic* : *Solenopsis laurentia* ; *Lo.his* : *Lotus hispidus* ; *Ly.hys* : *Lythrum hyssopifolia* ; *Ly.tri* : *Lythrum tribracteatum* ; *Ly.por* : *Lythrum portula* ; *Me.pul* : *Mentha pulegium* ; *My.sic* : *Myosotis debilis* ; *Ni.opa* : *Nitella opaca* ; *Po.mon* : *Polypogon monspeliensis* ; *Pu.ara* : *Pulicaria arabica* ; *Ra.bau* : *Ranunculus baudotii* ; *Ra.oph* : *Ranunculus ophioglossifolius* ; *Sc.hol* : *Scirpoides holochoenus* ; *Ve.sup* : *Verbena supina* ..... 45

**Figure 9.** Exemples de mares étudiées dans la région de Benslimane : (a) mares pâturées en forêt publique (F8 ; 2009) ; (b) mares non pâturées en réserve de chasse (R6 ; 2009)..... 56

**Figure 10.** Diagramme d'ordination de l'Analyse en Composantes Principales (ACP) réalisée sur la totalité des relevés de végétation réalisés dans les 16 mares étudiées. Le type de mare (pâturée ou non pâturée), les caractéristiques du sol (phosphore, pH) et la profondeur maximale de l'eau ont été intégrées dans l'analyse en tant que variables supplémentaires (carrés : mares pâturées ; cercles: mares non pâturées). Seules les espèces dont 28% de variance est expliquée par ces variables, ont été représentées. Abréviation des espèces : *Ap.inu* : *Helosciadium inundatum* ; *An.odo* : *Anthoxantum odoratum* ; *Be.ann* : *Bellis annua* ; *Bo.mar* : *Bolboschoenus maritimus* ; *Ca.bru* : *Callitriche brutia* ; *Ca.rac* : *Carlina racemosa* ; *Ci.fil* : *Cicendia filiformis* ; *Di.cat* : *Diplotaxis catholica* ; *Ec.pla* : *Echium plantagineum* ; *El.als* : *Elatine alsinastrum* ; *El.bro* : *Elatine brochonii* ; *Ga.fr* : *Gaudinia fragilis* ; *He.sup* : *Heliotropium supinum* ; *Hy.per* : *Hypericum perforatum* ; *Is.cer* : *Isolepis cernua* ; *Il.ver* : *Illecebrum verticillatum* ; *Is.his* : *Isoetes histrix* ; *Ju.buf* : *Juncus bufonius* ; *Ju.pyg* : *Juncus pygmaeus* ; *Ju.str* : *Juncus striatus* ; *Ju.ten* : *Juncus tenageia* ; *La.sph* : *Lathyrus sphaericus* ; *Li.usi* : *Linum usitatissimum* ; *Lo.rig* : *Lolium rigidum* ; *Ly.bor* : *Lythrum borysthenicum* ; *Ly.hys* : *Lythrum hyssopifolia* ; *Ly.por* : *Lythrum portula* ; *Ma.his* : *Malva hispanica* ; *My.deb* : *Myosotis debilis* ; *Pl.cor* : *Plantago coronopus* ; *Ph.cae* : *Phalaris caerulea* ; *Pl.lag* : *Plantago lagopus* ; *Plantago psyllium* ; *Po.ann* : *Poa annua* ; *Pu.odo* : *Pulicaria odora* ; *Ra.bau* : *Ranunculus baudotii* ; *Ra.sar* : *Ranunculus sardous* ; *Ru.cri* : *Rumex crispus* ; *Ru.pul* : *Rumex pulcher* ; *Sc.aut* : *Scilla autumnalis* ; ; *Tr.cam* : *Trifolium campestre* ; *Tr.mic* : *Trifolium micranthum* ; *Tr.sca* : *Trifolium scabrum* ; *Tr.sub* : *Trifolium subterraneum*..... 62

**Figure 11.** Corrélations entre la biomasse totale et (A) la richesse spécifique totale, (B) la richesse en espèces annuelles, dans les six mares regroupées (pâturées et non pâturées). ..... 65

**Figure 12.** Services directs et indirects procurés par les mares temporaires, selon la population locale de Benslimane..... 79

**Figure 13.** Menaces sur les mares temporaires, selon la population locale de Benslimane. ... 80

**Figure 14. a.** Carte de vulnérabilité aux usages des mares du périmètre étudié. Quatre niveaux de vulnérabilité ont été distingués : non vulnérable (0-3) ; faiblement vulnérable (3-10) ; vulnérable (10-16) ; très vulnérable (> 16). **b.** Proportion des trois types de mares (en réserve de chasse, en forêt publique et en milieu agricole), selon les quatre niveaux de vulnérabilité distingués..... 82

**Figure 15. a.** Carte de pression sur les mares du périmètre étudié. Trois niveaux de pression ont été distingués : faible (5-8) ; moyenne (8-12) ; forte (> 12). **b.** Proportion des trois types de mares (en réserve de chasse, en forêt publique et en milieu agricole), selon les trois niveaux de pression distingués. .... 84

**Figure 16. a.** Carte des menaces sur les mares du périmètre étudié. Quatre niveaux de menaces ont été distingués : nul (0-25) ; faible (25-100) ; modéré (100-175) ; fort (> 175). **b.** Proportion des trois types de mares (en réserve de chasse, en forêt publique et en milieu agricole), selon les quatre niveaux de menaces distingués. .... 85

## Table des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Cumul mensuel des précipitations (mm) à Benslimane durant les trois années d'étude (S : septembre ; O : octobre ; N : novembre ; D : décembre ; J : janvier). La date de recharge du sol (correspondant à un cumul de pluies > 100mm) est indiquée en gras, et le nombre de mois secs correspond au nombre de mois pour lesquels $P < 2T$ (source : station météorologique de Benslimane).....	25
<b>Tableau 2.</b> Corrélations linéaires entre les principales caractéristiques des mares (vulnérabilité aux usages, profondeur maximale de l'eau) et la richesse et l'abondance de différents cortèges végétaux (Totale, en espèces Annuelles, en Vivaces, en Préférentielles, en Opportunistes et en espèces Rares). ns = non significative ; ***= $p < 0,001$ ; **= $p < 0,01$ ; *= $p < 0,05$ ; n= 32. ....	43
<b>Tableau 3.</b> Analyses de variance (ANOVA) comparant l'influence (présence/absence) des usages fréquents dans les mares pour : (a) la richesse et (b) l'abondance (totales, en espèces préférentielles et en espèces rares) ; dF= 1 ; ns= non significatif ; *= $p < 0,05$ ; ** = $p < 0,01$ ; ***= $p < 0,001$ . ....	44
<b>Tableau 4.</b> Caractéristiques des 16 mares étudiées. Le type de la mare indique si elle est pâturée (F) ou non pâturée (R: réserve) ; Pmax correspond à la profondeur maximale d'eau enregistrée durant le cycle hydrologique 2008-2009 ; S-totale est la richesse spécifique totale, S-Annuelle, la richesse en annuelles, et S-vivaces, la richesse en vivaces. Les astérisques indiquent les 6 mares dont la végétation a été suivie sur 3 années (2007, 2008 et 2009) par la méthode des transects.....	56
<b>Tableau 5.</b> Analyses de variance (ANOVA) comparant, entre mares pâturées et non pâturées, les caractéristiques pédologiques et la profondeur maximale de l'eau. La moyenne et l'écart type sont donnés pour chaque type de mare. dF= 1 ; ns= non significatif ; *= $p < 0,05$ . ....	60
<b>Tableau 6.</b> Régression multiple mettant en évidence l'effet du type de mare (TY ; pâturée, non pâturée), de la hauteur maximale de l'eau par quadrat (MD) et de leur interaction sur la richesse totale par quadrat, la richesse en annuelles et la richesse en vivaces en 2008 et 2009. ns= non significatif ; ***= $p < 0,0001$ ; **= $p < 0,01$ ; *= $p < 0,05$ . ....	63
<b>Tableau 7.</b> Analyses pour mesures répétées dans le temps (MANOVA) sur la variation de la richesse et de l'abondance par quadrat (totale, en annuelles et en vivaces), en fonction du type de mare (pâturée, non pâturée), du niveau topographique (ceinture), de leur interaction et des interactions de chacune de ces deux variables avec le temps. ns= non significatif; ***= $p < 0,001$ ; **= $p < 0,01$ ; *= $p < 0,05$ . ....	64

## Résumé

*Bouahim Siham 2010. Usages et conservation des mares temporaires méditerranéennes : cas des mares temporaires de la région de Benslimane (Maroc occidental).* Le présent travail porte sur l'étude de la relation "Homme-Mare temporaire" dans la région de Benslimane, au Maroc occidental, à travers la perception de ces écosystèmes par la population locale, et l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur leur diversité floristique. Une approche pluridisciplinaire intégrant l'écologie et la sociologie a été adoptée, afin d'apporter des réponses adaptées aux problématiques liées à ces habitats et de permettre leur développement durable. Le premier volet a pour but d'évaluer les facteurs clés déterminant la richesse de la végétation des mares de cette région. Les résultats obtenus révèlent l'influence prédominante des facteurs locaux (hauteur d'eau, conductivité et phosphore du sol), avec un effet significatif des facteurs régionaux (densité de mares) et de la vulnérabilité des mares aux usages, sur l'expression de la richesse floristique. Les activités anthropiques affectent différemment la richesse en espèces Préférentielles. Certains usages, tels que la récréation et le pâturage extensif, sont compatibles avec une grande richesse floristique. En revanche, d'autres usages (mise en culture, drainage, urbanisation) réduisent la richesse en espèces Préférentielles et en espèces rares. Le second volet se focalise sur les causes de régression des mares, en couplant l'évaluation des menaces à une enquête socio-économique. Les résultats montrent la prédominance d'une perception anthropocentrique des mares temporaires, aussi bien dans la population que dans les administrations locales. Ce constat traduit le haut niveau de menace qui pèse sur les mares de cette région. L'évaluation de ces menaces, qui indique que 22 % des mares sont vulnérables et que 23 % sont menacées de destruction à court terme, soulignent le besoin urgent de nouvelles politiques environnementales et d'approches innovantes de gestion des mares temporaires. Enfin, le troisième volet s'intéresse à l'impact du pâturage sur la végétation des mares. Les résultats montrent que cette perturbation affecte la végétation des mares, à l'échelle régionale et locale. Cet effet s'exprime par des différences de composition spécifique de la végétation entre mares pâturées et non pâturées, et par une diminution de l'abondance des espèces dans les mares pâturées, sans extinction locale d'espèces. Ces résultats sont interprétés comme résultant de l'effet sélectif des herbivores et la tolérance différentielle des espèces aux perturbations. L'intensification du pâturage est susceptible d'exposer certaines espèces à des risques d'extinction locale par réduction de leurs populations. Au terme de cette étude, la gestion intégrée des mares apparaît comme le moyen le plus approprié pour le développement durable de cet "éco-socio-système" complexe, en conciliant développement économique et bon état écologique des ressources, et en liant les questions environnementales, économiques et sociales. **Mots clés :** *Zones humides temporaires, Activités anthropiques, Perceptions, Pâturage, Approche participative, Biodiversité floristique, Population, Vulnérabilité, Gestion intégrée, Maroc.*

## Abstract

*Bouahim Siham 2010. Uses and Conservation of Mediterranean temporary pools: the case study of the temporary pools of Benslimane region (western Morocco).* The present work focuses on the study of the relationship "Man-Temporary pool", through the perception of these ecosystems by the local population, and the assessment of the impact of human activities on their floristic biodiversity. A multidisciplinary approach integrating ecology and sociology has been adopted to provide appropriate responses to the problems related to these ecosystems and to allow their sustainable development. The first section aims at evaluating the key factors determining the vegetation richness within regional pools. The obtained results reveal the predominant influence of local factors (water depth, conductivity and phosphorus), with a significant effect of regional factors (density of pools) and the vulnerability of pools to use, on the expression of the vegetation. Human activities affect differently the richness in preferential pool species. Some uses, such as recreation and livestock grazing, seem to be compatible with high plant biodiversity. On the opposite, other uses (cultivation, draining, urbanization) alter the richness in preferential pool species, and in rare species. The second section focuses on the major causes of the regression of pools, by coupling threats assessment and a socio-economic survey. The results point out the anthropocentric perception of pools by the local population and the local administrations. This translates the high level of threat concerning the temporary pools of Benslimane region. The threat assessment, which shows that 22 % of pools are vulnerable, and 23 % are threatened of destruction of the short term, highlights the urgent need for new environmental policies and innovative approaches of temporary pools management. Finally, the third section concerns the impact of grazing on the vegetation of temporary pools. The results demonstrate that grazing affects the vegetation of pools, both at the regional and the local scale. This impact is expressed by differences of species composition between grazed and ungrazed pools, and by a decrease in species abundance within grazed pools, without local plant extinction. These results are interpreted as a result of the selective influence of herbivores, and the differential tolerance of species to disturbance. Increasing grazing is likely to expose some species to risk of local extinction, by reducing their populations. At the end of the present study, the integrated management of pools appears as the most appropriate means for the sustainable development of this complex "eco-socio-system", by combining the economic development and the ecological status of resources, and by linking environmental, economic and social issues. **Key words:** *Temporary wetlands, Anthropogenic activities, Perceptions, Grazing, Participatory approach, Floristic biodiversity, Population, Vulnerability, Integrated management, Morocco.*