**Chapitre I : Aperçu sur les Coléoptères et l'aire d'étude**

1. Aperçu sur la biologie des Coléoptères…….4
1.1. Systématique…….....4
1.2. Morphologie externe des Coléoptères……..5
1.3. Le développement des Coléoptères……..8
1.4. Principales familles des Coléoptères……..10
2. Présentation de l'aire d'étude …….…….....13
2.1. Les zones humides……...……...……....13
2.2. Situation géographique……...……....15
2.3. Géomorphologie……...……...15
2.4. Géologie……...…….....16
2.5. Etude bioclimatique……...…..……...17
2.5.1. Analyse des paramètres climatiques……....19
2.5.1.1. Les Précipitations……..……...…….....19
2.5.1.2. Les températures……...20
2.5.2. Synthèse bioclimatique…….…….....22
2.6. Principales menaces sur l'aire d'étude…… ..…….……...26

**Chapitre II : Matériel et méthodes**

1. Hydrologie de surface et détermination de la période de submersion……....28
2. Analyses des paramètres édaphiques……..28
3. Analyse du cortège floristique……29
4. Etude de la faune……....29
4.1. Méthode de prélèvements sur le terrain……..29
4.2. Techniques de récolte……...….....29
4.3. Méthode d'étude au laboratoire……..32
4.3.1. Préparation du matériel biologique…….……32
4.3.2. Détermination des spécimens……..32
5. Méthodes d'établissement des cartes biogéographiques…….....33
6. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements…….....34
6.1. Etude indicielle et représentations graphiques……34
6.2. Traitements statistiques des données……...40
6.2.1 Tests statistiques simples : corrélation de Pearson……....40
6.2.2. Méthodes statistiques multivariées…….....40

**Chapitre III : Résultats et discussions**

1. L'hydrologie de surface……..43
2. Analyse des paramètres édaphiques……...45
3. Analyse de la végétation……49
4. Les peuplements de Coléoptères…….....57
4.1. Composition et biogéographie.....….....57
4.1.1. Composition taxonomique de la faune récoltée…….....57
4.1.1.1. Liste des espèces……...57
4.1.1.2. Analyse de la composition taxonomique…….....60
4.1.2. Biogéographie des Coléoptères et établissement des cartes…….....64
4.1.2.1.Geotypologie…….....64
4.1.2.2. Cartographie des aires biogéographiques……..70
4.1.2.3. Composition biogéographique du peuplement ……...89
4.1.3. Discussion……....94
4.2. Evolution spatiale et temporelle des Coléoptères dans le marais……...96
4.2.1. Evolution spatiale des Coléoptères dans le marais……..96
4.2.1.1. Comparaison des peuplements de Coléoptères dans les faciès de végétation…….....96
4.2.1.2. Etude indicielle de la diversité spécifique……98
4.2.1.3. Corrélation entre les indices et les facteurs du milieu…….....104
4.2.1.4. Diagrammes rang-fréquence…….....105
4.2.1.5. Fréquence d'occurrence ou constance des espèces...…….……....108
4.2.1.6. Indices de similitude de Jaccard…….....109
4.2.1.7. Test hiérarchique et détermination des unités coenotiques……110
4.2.2.. Evolution temporelle des Coléoptères…….....112
4.2.2.1. Comparaison des peuplements de Coléoptères récoltés par saison dans les cinq faciès...112
4.2.2.2. Etude indicielle de la diversité spécifique…….....117
4.2.2.3. Traitement statistique des données…….....121
4.2.2.3.1. Le test hiérarchique et détermination des unités coenotiques dans le temps……...121
4.2.2.3.2. Analyse de la matrice de répartition temporelle des abondances……123
4.2.3. Discussion……..124
4.3. Analyse des groupes trophiques des peuplements…….……127
4.3.1. Groupes trophiques en fonction de l'abondance et de la richesse spécifique……..127
4.3.2. Répartition spatiale des groupes trophiques en fonction de l'abondance……...128
4.3.3 Répartition spatiale des groupes trophiques en fonction de la richesse spécifique totale…...130

4.3.4. Les tests hiérarchiques et détermination des entités coenotiques des groupes trophiques dans les faciès de végétations……...132
4.3.5. Analyse de la matrice de répartition spatiale des abondances des groupes trophiques dans le marais……...133
4.3.6. Discussion…….....136
**Conclusion générale**……...138
Bibliographie ……...142
Annexes……....156

Tableau 1 : Données géographiques de la station météorologique de Béni-Saf……..17
Tableau 2 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations et des températures pour la période (1990-2006) et l'année d'étude (octobre 2009- septembre 2010) de la station de Béni-Saf…….19
Tableau 3 : Les températures moyennes, les maxima (M), les minima (m) et l'amplitude thermique de la station de Beni-Saf…….....21
Tableau 4 : Classification de LE HOUEROU et *al* (1977)……22
Tableau 5 : Calcul du quotient pluviothermique de la station de Beni-Saf …….....25
Tableau 6 : Résultats des paramètres édaphiques……...46
Tableau 7 : Liste des espèces de coléoptères récoltées …….58
Tableau 8: Fréquences d'occurrences des espèces à très large répartition…….65
Tableau 9: Fréquences d'occurrences des espèces à large répartition……....67
Tableau 10: Fréquences d'occurrences des espèces à répartition limitée …….68
Tableau 11 : Liste des espèces endémiques……...93
Tableau 12 : Indices de similitude de Jaccard et nombre d'espèces de Coléoptères en commun dans les cinq faciès végétaux individualisés……109
Tableau 13 : Les sept premières espèces de chaque assemblage…….111
Tableau 14: Abondance et richesse spécifique des groupes trophiques de Coléoptère dans le marais……...127
Tableau 15 : Répartition spatiale des groupes trophiques des Coléoptères dans le marais en fonction de l'abondance……..128

Figure 1 : Morphologie externe d'un Coléoptère…….5
Figure 2 : Morphologie externe de la tête d'un coléoptère phytophage……...6
Figure 3 : Divers types d'antennes……6
Figure 4: Elytres et Aile membraneuse d'un coléoptère…….7
Figure 5: Patte d'un carabidé……...8
Figure 6 : Coccinelle à sept points et ses œufs…….8
Figure 7 : Larve de la Coccinelle à sept points……...9
Figure 8 : Nymphe de la Coccinelle à sept points……....9
Figure 9: Accouplement de la Coccinelle à sept points……10
Figure 10 : *Calosoma inquisitor*…….10
Figure 11 : *Hydroporus planus*……...11
Figure 12 : *Labidostomis taxicornis*……...11
Figure 13 : *Perapion violaceum*…….12
Figure 14: *Aethiessa floralis*……...12
Figure 15 : *Pimelia*. Sp……...12
Figure 16 : Localisation géographique de l'aire d'étude sur photo satellite (Google Earth, 2011)..15
Figure 17 : Carte orohydrographique de l'Oranie nord occidental……16
Figure 18 : Carte géologique de la zone de Béni-Saf (GUARDIA, 1975)…….17
Figure 19 : Rythme saisonnier des précipitations dans la station de Beni-Saf…….19
Figure 20 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations exprimées en mm…….20
Figure 21 : Variation des moyennes mensuelles des températures exprimées en °C…….21
Figure 22 : Abaque d'indice d'aridité selon DE MARTONNE…….23
Figure 23 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) pour la période (1990-2006) et l'année d'étude……..24
Figure 24: Positionnement des deux périodes sur le climagramme pluviothermique D'EMBERGER (1952)……25
Figure 25 : Cultures dans le niveau à *Suaeda fruticosa* ……26
Figure 26 : Bassin de l'usine d'aquaculture……...27
Figure 27 : Positionnement des transects sur l'aire d'étude sur le climagramme pluviothermique D'EMBERGER (1952)……..30
Figure 28 : Matériels de capture des Coléoptères utilisé sur le terrain…….31
Figure 29: Boite de collection des Coléoptères……..32
Figure 30 : Edéage de la Cétoine dorée……..32
Figure 31: Carte géographique de la région paléarctique……..33

Figure 32 : Représentation graphique du modèle DIMO (Qinghong, 1995)……38
Figure 33: Représentation de l'indice Q basé sur le modèle de DIMO (Qinghong, 1995), détermination graphique de la diversité……38
Figure 34 : Représentation schématique de l'hydrologie de surface et de la topographie du marais……44
Figure 35 : Diagramme en boites à moustaches de Tukey de trois facteurs édaphiques des cinq faciès de végétation……48
Figure 36 : Relation entre le rapport C/N, la salinité et la texture du sol……...50
Figure 37 : Représentation schématique des faciès de végétations en fonction de l'hydrologie de surface……51
Figure 38 : Superposition des facies de végétations sur la représentation schématique des caractères relatifs des groupements végétaux des terrains salés de l'Ouest Algérien établie par DUBUIS et SIMONNEAU (1957)……52
Figure 39: Individualisation des faciès de végétations selon l'espèce végétale dominante……...53
Figure 40 : Faciès à *Arthrocnemum glaucum* et *Salicornia radicans*……54
Figure 41 : Faciès à *Salicornia fruticosa*……55
Figure 42 : Faciès à *Suaeda fruticosa*……55
Figure 43 : Faciès à *Juncus maritimus*……...56
Figure 44 : Faciès à *Typha angustifolia*……57
Figure 45: Représentation de la richesse spécifique et de l'abondance des familles des Coléoptères……61
Figure 46: Importance relative des sous-familles……...63
Figure 47 :Dendrogramme issu de la CAH de la matrice de répartition des espèces par pays……..66
Figure 48 : Distribution du nombre d'espèces par classe de fréquence d'occurrence……...69
Figure 49: Plan factoriel F1xF2 de la matrice de répartition des espèces par pays……71
Figure 50: Les espèces à très large répartition biogéographique……...74
Figure 51: Les espèces à large répartition biogéographique……..79
Figure 52: Les espèces à répartition biogéographique limitée……..86
Figure 53: Répartition biogéographique des espèces nord-africaine……90
Figure 54: Composition biogéographique du peuplement……92
Figure 55 : Espèces remarquables de la faune récoltée……..93
Figure 56: Importance de l'abondance des Coléoptères par faciès de végétation……96
Figure 57 : Richesse taxonomique par faciès de végétation……...96

Figure 58: Evolution spatiale de la richesse spécifique et de l'abondance……97
Figure 59: Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon-Wiener …….....98
Figure 60: Variation spatiale de la diversité maximale…….98
Figure 61: Variation spatiale de l'indice de Piélou ……99
Figure 62: Evolution spatiale des indices de diversité et d'équitabilité ……99
Figure 63: Variation spatiale de l'indice de Simpson D……100
Figure 64: Variation spatiale de l'équitabilité de Simpson ES……100
Figure 65: Variation spatiale de l'indice de Hill……101
Figure 66: Variation spatiale de l'indice de l'indice de diversité de Qinghong ……..102
Figure 67: Application du modèle DIMO par la représentation simultanée de la richesse spécifique (log2 (*S*)), de l'indice diversité (*H'*) et de l'équitabilité ……..102
Figure 68: Régression linéaire entre indicateurs de diversité des peuplements de Coléoptères et les paramètres du milieu……104
Figure 69 : Distribution de la richesse spécifique par classes d'abondance des espèces dans les cinq faciès de végétation……..106
Figure 70: Diagrammes rang- fréquence des peuplements de Coléoptères dans les différents faciès de végétation appliqués au modéle de FRONTIER (gauche) et au modèle de MOTOMURA (Droite)……107
Figure 71: Importance des types d'espèces selon leurs occurrences dans le marais……108
Figure 72 : CAH de la matrice de répartition des abondances des 140 espèces dans les cinq faciès de végétations……113
Figure 73 : Variation saisonnière du nombre d'individus …….....114
Figure 74 : Importance relative du nombre d'individus récoltés par saison dans les cinq faciès individualisés et dans l'ensemble du marais……114
Figure 75: Variation temporelle de la richesse spécifique …….....115
Figure 76 : variation temporelle de la richesse spécifique dans les cinq faciès individualisés et dans l'ensemble du marais ……...116
Figure 77: Evolution temporelle de la richesse spécifique cumulée calculée sur la base des résultats obtenus par faciès végétal……116
Figure 78 : Variation temporelle de l'indice de diversité de Shannon- Weiner H' de la faune récoltée dans les quatre saisons……117
Figure 79 : Variation temporelle de la diversité maximale…….....117
Figure 80: Variation temporelle de l'équitabilité de Piélou ……118
Figure 81: Variation temporelle de l'indice de Simpson …….....118
Figure 82: Variation temporelle de l'équitabilité de Simpson ……...119

Rapport-Gratuit.com

Figure 83: Variation temporelle de l'indice de Hill .....119
Figure 84: Variation de L'indice de Qinghong.....…….120
Figure 85 : Application du modèle DIMO par la représentation simultanée de la richesse spécifique (log2 (*S*)), de l'indice diversité (*H'*) et de l'équitabilité (ligne diagonale=équitabilité maximale (*J'*=1)) pour les quatre saisons……..121
Figure 86 : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice de répartition temporelle des espèces .122
Figure 87: Plan factoriel F1xF2 de la matrice de répartition temporelle des espèces…….123
Figure 88: Espace perçu à une échelle de la hiérarchie trophique (d'après Holt 1996)…….127
Figure 89: Fluctuation de l'abondance et de la richesse spécifique des groupes trophiques dans le marais……...128
Figure 90 : Importance relative du nombre d'individus par groupe trophique récoltés dans les cinq faciès individualisés…….129
Figure 91: Evolution de l'abondance des groupes trophiques en fonction des faciès de végétation.....130
Figure 92 : Structure fonctionnelle du peuplement des Coléoptères dans le marais en fonction de la richesse spécifique……131
Figure 93 : CAH de la matrice de répartition des abondances des 140 espèces dans les cinq groupes trophiques dans les cinq faciès végétaux……..134
Figure 94 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factorielle F1xF2 appliquée à la matrice des abondances des groupes trophiques par groupement de végétation…….135

# INTRODUCTION

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Les marais salés constituent des zones éponges très fréquentes en Afrique du Nord. Les conditions extrêmes régnant dans ce genre d'habitat font qu'ils sont peuplés par une faune spécialisée, riche en Coléoptères. Ces derniers forment un groupe d'animaux Arthropodes, connu depuis l'Antiquité la plus reculée et constituent, dans la classe des Insectes, un ordre très important. Cet ordre, le plus riche en espèce sur terre, forme l'élément majeur de la biodiversité (DALY et *al.*1998 ; HAMMOND, 1992 ; ODEGAARD, 2000). Par ailleurs, ces biotopes privilégiés accommodent des refuges pour de nombreuses espèces rares (WILLIAMS, 2002) dont les populations sont hautement isolées et/ou fragmentées et présentent un grand intérêt biogéographique et de conservation (GOMEZ *et al.* 2005; ABELLAN et *al.* 2007).

La richesse et les caractéristiques particulières de cette faune ont suscité l'intérêt de nombreux chercheurs. Parmi eux, VALLADARES et *al* en 1988 étudient les communautés aquatiques de la Lagune de La Nava d'Espagne et CARRON et *al.* (2007) s'intéressent aux Coléoptères aquatiques de quelques étangs d'Ajoie. En 1993, PONEL étudie les Coléoptères du Massif des Maures et de la dépression permienne périphérique. SOLDATI (2000) compare les Coléoptères terricoles de quatre formations naturelles du Nord de la France.

Les premiers à s'intéresser à la faune d'Afrique du Nord et plus spécialement d'Algérie sont GAUBIL (1849) qui a établi un catalogue synonymique des Coléoptères d'Europe et d'Algérie, suivi de CHEVROLAT (1861) qui a signalé les Coléoptères nouveaux d'Algérie puis BEDEL (1895) a réalisé un catalogue partiel des Coléoptères du nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine). KOCHER (1958, a, b, c ; 1963) a présenté des catalogues commentés des Coléoptères du Maroc et NORMAND (1935) un autre pour la Tunisie**.** PEYERIMHOFF (1927,1933, 1935, 1939, 1943,1947) a exposé de nombreuses études sur la systématique des Coléoptères du nord-africain.

Au Maroc, de nombreux auteurs se sont intéressés aux Coléoptères, parmi eux AGUESSE et BIGOT (1979) ont inventorié les Coléoptères coprophages de la région de Casablanca, BERRAHOU et *al*. (2000) répertorient les Coléoptères aquatiques de l'oued Zegzel sur la Basse Moulouya. BENNAS (2002) et BENNAS et *al*. (2001) dénombrèrent les Coléoptères aquatiques du Rif au Nord du Maroc. CHAVANNON et *al.* (1995) identifient les Coléoptères aquatiques de Maroc oriental, alors que HALOTI et *al.* (2006) définissent la structure des communautés de Scarabéidés coprophages du Maroc nord-occidental.

En Tunisie, TOUAYLIA et *al.* en 2008 ont fait l'inventaire des Helophoridae et en 2009 celui des Hydraenidae de Tunisie.

LASSALLE & JAFFREZIC (2005) ont inventorié les Carabes du genre *Macrothorax* de l'Ouest algérien. La même année PUPIER a présenté un catalogue des Coléoptères carabiques également de

la même région. BRAGUE-BOURAGBA et *al.* (2007) ont comparé les peuplements de Coléoptères et d'Araignées en zone reboisée et en zone steppique dans une région présaharienne d'Algérie.

Les marais salés font partie des écosystèmes les plus productifs de la planète et présentent selon DAUSSE (2006) un ensemble de fonctions écologiques auquel peut être attribué un certain nombre de valeurs économiques, conservatoires et/ou protectrices. La matière organique produite par les végétaux halophiles représente une source alimentaire importante pour les organismes hétérotrophes de plus l'accumulation de sédiments à la surface des marais salés permet un accroissement topographique suffisant pour contrecarrer l'élévation du niveau de la mer (DAUSSE, 2006).

Les marais salés constituent des zones éponges très fréquentes en Afrique du Nord. Les contraintes écologiques (salinité, immersion prolongée) qui y règnent, entraînent une sélection extrêmement poussée d'une flore et d'une faune spécialisée riche en Coléoptères. Ils constituent un enjeu de conservation majeur puisque de nombreuses menaces pèsent sur ces milieux littoraux (pollution, comblement, urbanisation, etc).

Ces biotopes ont suscité l'intérêt de nombreux scientifiques dans le but de mettre en valeur la biodiversité de ces milieux. De 1992 à 1995, JAQUEMIN (2002) réalise de nombreux inventaires entomologiques et parmi eux les Coléoptères des marais saumâtres continentaux de Lorraine. SOLDATI (2000) s'est intéressé aux Coléoptères des marais du Romelaëre (Pas-de-Calais) puis SOLDATI & JAULIN (2002) cataloguaient les Coléoptères carabidés, scarabéidés et ténébrionidés des milieux halophiles du littoral du Languedoc-Roussillon. En 2004, COJOCARU et POPESCU étudiaient la diversité des Coléoptères aquatiques du marais de Vacâreşti (Bucarest), suivis en 2005 par les travaux de BORGES & MERRIGUET dans le marais de Frocourt.

Au Maroc, de nombreuses études fragmentaires sur cet ordre ont été menées par CHAVANON et *al.* (1995) et CHAVANON & MAHBOUB (1998) dans l'embouchure de la Moulouya.

Nos premiers travaux (BOUKLI & HASSAINE, 2009 et 2010) ont porté sur les Coléoptères terricoles du marais salé de la Sebkha d'Oran (Ouest algérien).

La bioécologie des Coléoptères d'Algérie reste mal connue et encore moins celle des milieux salés et humides ; rien, à notre connaissance, n'a été publié jusqu'à présent sur cet ordre dans ces milieux sélectifs. L'intérêt écologique d'un inventaire et d'une analyse bioécologique est donc considérable, en raison de l'originalité de ces milieux.

Pour mener à bien la présente étude, quatre objectifs sont visés :

- définir la composition taxonomique du peuplement à partir d'une première liste d'espèces
- dégager la composition du peuplement de point de vue biogéographique en mettant au point les cartes de répartition biogéographique et en relevant l'originalité du peuplement par la présence d'espèces endémiques

- décrire la structure du peuplement à travers une étude indicielle et des analyses de répartition spatio-temporelle des abondances d'espèces associées à des groupements définis en fonction des critères topographiques, hydrologiques, édaphiques et essentiellement floristiques.
- comprendre le fonctionnement du peuplement en tenant compte de la fonction trophique de chaque espèce afin de définir à la fois l'importance du rôle de chaque groupe trophique dans le marais.

Le travail est présenté d'une manière classique selon une approche qui s'articule en trois chapitres

Le premier chapitre est consacré d'une part à une synthèse des données de littérature qui a pour but de donner un aperçu sur la biologie des Coléoptères et sur l'aire d'étude d'autre part. La faune est présentée sur le plan systématique, cycle de développement et morphologique. Le marais salé de l'embouchure de la Tafna est décrit à travers ses différents aspects physiographiques (géographie, géomorphologie, géologie et climatologie).

Le second chapitre traite la méthodologie adoptée pour l'analyse du sol, des relevés floristiques, du matériel et des méthodes qui ont été utilisés pour échantillonner la faune et en derniers lieu, nous exposons les diverses méthodes et tests statistiques employés pour le traitement des données.

Les résultats obtenus sont présentés dans le troisième chapitre. Ils portent sur les observations in-situ de l'hydrologie de surface par la mise en évidence de deux unités de mise en eau, l'analyse de la végétation par la caractérisation de cinq niveaux écologiques déterminants les faciès de végétation, les propriétés du sol. Les résultats portant essentiellement sur la faune concernent la biogéographie des espèces, la structure et l'organisation spatiale et temporelle et l'organisation fonctionnelle des peuplements. Les résultats sont discutés et comparés avec des travaux antérieurs, sur la base de plus de 80 références bibliographiques.

## 1. Aperçu sur la biologie des Coléoptères

### 1.1. Systématique

L'ordre des Coléoptères (**Coleoptera**) rassemble le plus grand nombre d'espèces (plus de 300 000). Dans la classe des insectes beaucoup d'espèces ou des groupes d'espèces ont des noms vernaculaires bien connus de tous, scarabées, coccinelles, lucanes, chrysomèles, hannetons, charançons, carabes.

Ils vivent pratiquement dans tous les biotopes, excepté les milieux polaires et océaniques. La biologie des espèces est très diverse, avec des exigences écologiques parfois très strictes qui en font d'excellents bio-indicateurs (cas des espèces saproxyliques ou des Scarabéidés coprophages) (ROTH, 1980).

Les Coléoptères possèdent en général deux paires d'ailes, les ailes antérieures forment des étuis cornés, coriaces, appelés *élytres*, qui recouvrent au repos les ailes postérieures membraneuses servant au vol. C'est d'ailleurs de là que leur vient le nom de Coléoptère, *coleos* signifiant étui. Les pièces buccales sont presque toujours de type broyeur.

Ce sont des insectes Holométaboles à métamorphose complète. L'éventail des tailles est considérable, tandis que le Goliath, un scarabée géant (*Goliathus goliathus* Linnaeus, 1758), pèse jusqu'à 100 g, tandis que certains Ptiliidae européens mangeurs de spores de moisissures n'atteignent même pas le millimètre

La position systématique des Coléoptères est la suivante :

Règne : *Animalia*

Embranchement : *Arthropoda*

Sous-embranchement : *Hexapoda*

Classe : *Insecta*

Sous- classe : *Pterygota*

Infra-classe : *Neoptera*

Super-ordre : *Endopterygota*

Ordre : *Coleoptera*

Les Coléoptères sont répartis en quatre sous-ordres (DU CHATENET, 2005):

- Adephaga Schellenberg, 1806 avec les super-familles des Caraboidea, Gyrinoidea, Haliploidea, Meruoidea (SPANGLER *et al.*, 2005) et Dytiscidea
- Polyphaga Emery, 1886, subdivisé en onze super-familles: Cucujoidea, Cantharoidea, Chrysomeloidea, Curculionidea, Cleroidea, Dascilloidea, Elateroidea, Melooidea, Heteromenoidea, Scarabaeoidea et Staphylinoidea.
- Archostemata Kolbe, 1908, plus proche des Adaphaga que des Polyphaga, les Archostemata sont considérés comme primitifs et sont représentés en Europe (en Italie) par la famille des Ommatidae contenant une seule et rare espèce (*Crowsoniella relicta* Pace). Ce sous-ordre se caractérise par la présence de 5 sternites abdominaux visibles, le premier non complètement divisé et l'absence de sutures notopleurales.
- Myxophaga Crowson, 1955, représenté par quatre familles : les Hydroscaphidae, Lepiceridae, Sphaeriusidae et les Torridincolidae.

### I.2. Morphologie externe des Coléoptères

Le corps des Coléoptères comme celui de la plupart des insectes, est constitué de trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen. (Fig. 1)

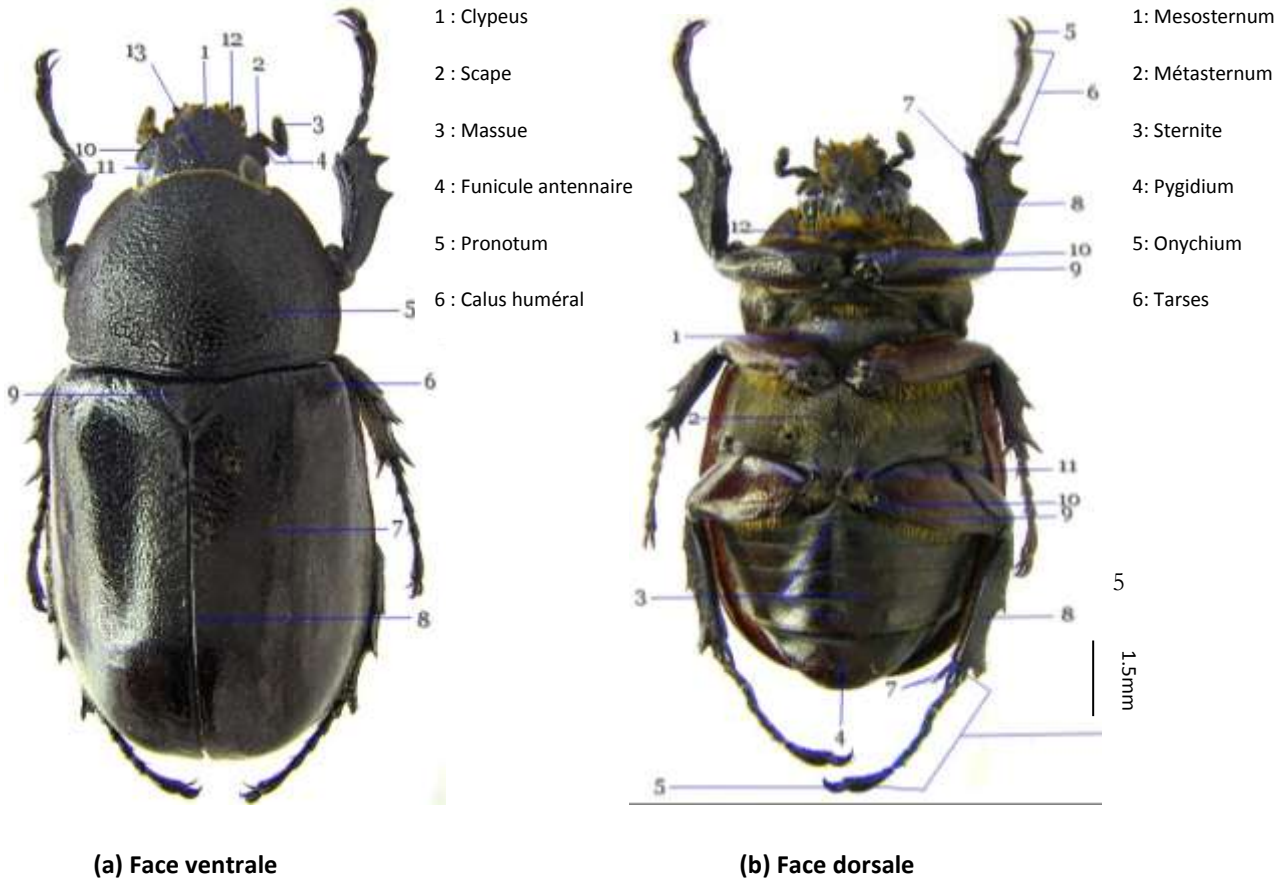



**Figure 1 : Morphologie externe d'un Coléoptère**

*©L.Conchon/biosphoto*

- **La tête**

La tête est de forme très diverse, allongée, transverse, globuleuse ou déprimée avec un cou distinct ou non. Elle est toujours plus ou moins engagée dans le prothorax où elle est encastrée parfois presque entièrement. Sur le dessus, on distingue les pièces buccales avec mandibules et palpes maxillaires et labiaux (Fig. 2). Le labre ou lèvre supérieure et le clypéus ou épistome sont séparés du front par une suture visible. Sur le côté, les joues sont situées en avant des yeux et les tempes en arrière (DU CHATENET, 2005).

Les palpes maxillaires sont généralement constituées de quatre articles, le premier étant très court, le deuxième très allongé, les derniers de longueur et de formes très variables.

Le développement des pièces buccales est lié au régime alimentaire. Les mandibules et les maxilles sont grandes, fortement dentées ou ciliées chez les espèces prédatrices, notamment chez les Cicindelidae et les Scaritinae. Elles sont réduites chez les floricoles et les coprophages.

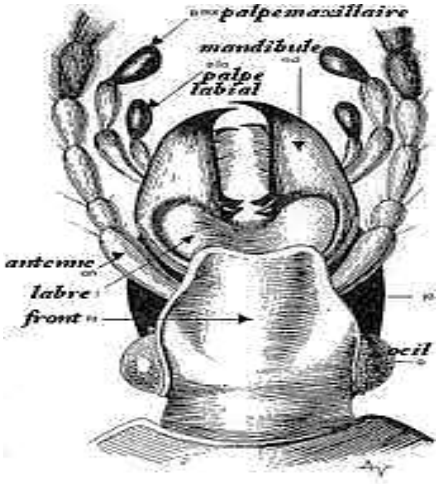



**Figure 2 : Morphologie externe de la tête d'un carabe**
*©J.Héras/biosphoto*

Les antennes, insérées sur le côté du front entre les yeux, sont formées par un nombre d'articles variable, mais ne dépassant que rarement 11. Leur longueur est variable, plus souvent plus longue chez les mâles que chez les femelles et peuvent se présenter sous différentes formes (Fig. 3).

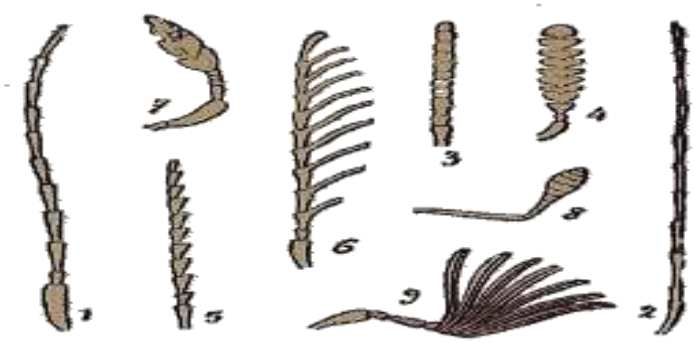


**Figure 3 : Divers types d'antennes**. -1: A. filiforme (Carabus auratus) ; 2: A. sétacée (*Dyticus marginalis*) ; 3: A. moniliforme (*Tenebrio molitor*) ; 4: A. perfoliée (*Diaperis boleti*) ; 5: A. serriforme ou en scie (*Buprestis mariana*) ; 6: A. pectinée (*Corymbites pectinicornis*); 7: A. claviforme ou en massue (*Hydrophilus piceus*) ; 8: A. géniculée (*Otiorrhynchus ligustici*) ; 9: A. à massue lamellée (*Melolontha vulgaris* mâle) (PERRIER, 1977).

- **Le thorax**

  Le thorax qui est situé entre la tête et l'abdomen, comprend trois parties distinctes, le prothorax, le mésothorax et le métathorax.

Le prothorax porte la paire de pattes antérieures. La face dorsale du prothorax, le pronotum est séparée de la partie inférieure par les bords latéraux qui sont généralement plus ou moins fortement carénés.

Le mésothorax porte la paire de pattes intermédiaires et les élytres. Comme le prothorax, le dessus du mésothorax est constitué d'une seule pièce le scutellum, une petite pièce triangulaire insérée entre la base des élytres (Fig. 1).

Le métathorax porte les pattes postérieures et les ailes membraneuses.

- **L'abdomen**

L'abdomen est constitué de 9 segments, dont un ou deux peuvent être atrophiés à la base et un rétracté à l'intérieur de l'extrémité postérieure de l'abdomen. Chaque segment se compose d'un arceau dorsal, le tergite, et d'un arceau ventral, le sternite (Fig. 1). Le nombre de sternites de la face ventrale de l'abdomen est toujours inférieur à celui des tergites.

Chez le mâle comme chez la femelle, le neuvième et dernier segment de l'abdomen est invaginé et constitue l'armure génitale.

- **Les élytres**

Les élytres sont les deux ailes antérieures qui forment deux pièces sclérifiées symétriques, contiguës le long de leur bord postérieur sur la ligne longitudinale médiane du corps. Elles recouvrent plus ou moins complètement l'abdomen, mis à part le dernier tergite abdominal ou pygidium (Fig. 1). Elles jouent des rôles protecteurs multiples : protection contre la déshydratation (ce qui permet à certains Coléoptères de vivre en milieu aride), protection contre les blessures (Chez certains charançons, elles sont soudées pour ne former qu'un seul bouclier protecteur). Elles ne jouent pas de rôle actif en vol et sont tenues perpendiculairement au corps. Elles peuvent avoir des rôles plus spécifiques chez les Coléoptères aquatiques à savoir la rétention d'air dans un but respiratoire (DU CHATENET, 2005) (Fig. 4).

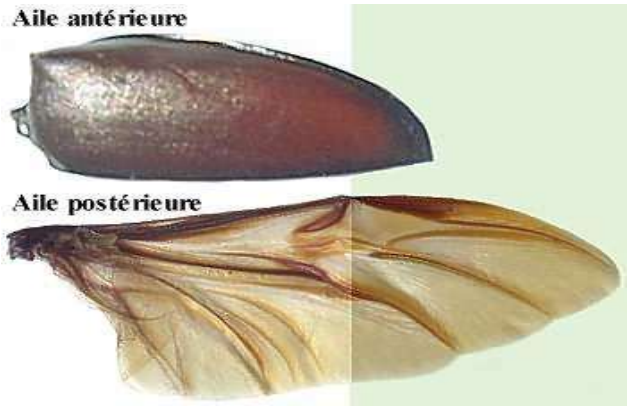



**Figure 4: Elytres et Aile membraneuse d'un coléoptère**
*©C.Thiriet/biosphoto*

- **Les pattes**

La patte d'un Coléoptère est représentée successivement (Fig. 5) par la coxa, qui est le premier segment, le trochanter le deuxième segment, le fémur représente le troisième segment de la patte suivi du tibia et enfin les tarses qui se terminent par des griffes.

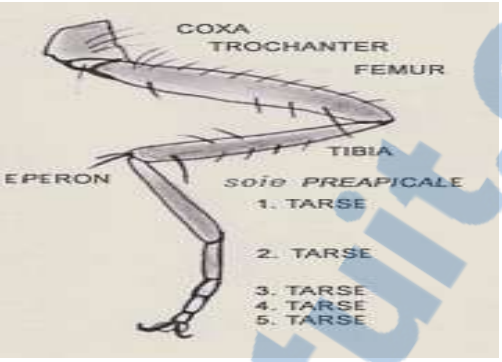



**Figure 5: Patte d'un carabidé**

*©C.Thiriet/biosphoto*

**1. 3. Le développement des Coléoptères**

Le développement des Coléoptères se découpe en quatre stades l'œuf, la larve, la nymphe et l'adulte (ou imago).

Du stade œuf à l'adulte parfait (l'imago), le coléoptère subit toute une série de transformations. Les œufs sont généralement pondus dans le milieu où la larve trouve sa nourriture :

- un rosier pour les coccinelles dont les larves se régaleront des pucerons (Fig.6),
- sous les feuilles mortes pour les larves de Carabe qui mangent des vers dans la litière
- sur des feuilles de plantes nourricières pour les larves de Chrysomèle qui grignotent les végétaux (SAN MARTIN *et al.*, 2005).

**Figure 6 : Coccinelle à sept points et ses œufs**

*©C.Thiriet/biosphoto*

- Les larves de Coléoptère sont constituées de 13 segments (Fig. 7), un au niveau de la tête, trois au niveau du thorax (qui portent trois paires de pattes) et neuf au niveau de l'abdomen. Leur tête,

Rapport-Gratuit.com

extrêmement développée, présente des mandibules broyeuses similaires à celles des adultes. Pour la grande partie des espèces, le développement larvaire s'étale sur quelques mois.

**Figure 7 : Larve de la Coccinelle à sept points**
*©P. &M. Guinchard/biosphoto*

- Les larves se transforment ensuite en nymphe (Fig.8), subissent d'importantes modifications tout au long desquelles elle reste immobile sans se nourrir, progressivement elle se pigmente et laisse transparaître la forme de l'insecte.

**Figure 8 : Nymphe de la Coccinelle à sept points**
*©J.Héras/biosphoto*

- L'imago : Les adultes émergent au début de l'été et ne vivent en général que quelques semaines au cours desquelles ils n'ont qu'un seul objectif, se reproduire (Fig.9). Dans la plupart des cas, même l'adulte meurt dès qu'il s'est reproduit.

Certains adultes ne se nourrissent pas et survivent grâce aux réserves accumulées dans leur corps par la larve. D'autres adultes consomment des substances à fort pouvoir énergétique (nectar des fleurs, fruits pourris, sève suintant des blessures d'arbres) pour subvenir à leurs besoins durant la course à la reproduction (ŚLIPINSKI, 2007).

**Figure 9: Accouplement de la Coccinelle à sept points**
*©L.Conchon/biosphoto*

### 1.4. Principales familles des Coléoptères

Cet immense ordre regroupe de nombreuses familles, dont les mœurs peuvent être terrestres ou aquatiques.

- **Les Adephaga**

Présente six sternites abdominaux visibles, les trois premiers sont soudés sur la ligne médiane. Les hanches postérieures sont rattachées au métasternum par une articulation rigide qui partage complètement en deux le premier sternite abdominal visible. Les antennes ont 11 articles généralement filiformes.

Au sein de ce groupe, on trouve des espèces terrestres les Carabidae, les Rhysodidae et les Trachypachidae et des espèces aquatiques, les Dytiscidae, les Noteridae, les Gyrinidae, les Hygrobiidae et les Haliplidae (DU CHATENET, 2005).

- Les Carabidae (Fig. 10)

sont certainement, par leurs magnifiques teintes aux reflets irisés ou métalliques, par leurs formes élégantes et la sculpture de leurs élytres, parmi les plus beaux Coléoptères. Ce sont des insectes terrestres, et à de rares exceptions près ils sont inaptes au vol car leurs ailes sont réduites à l'état de moignons vestigiaux.

Généralement nocturnes, les larves et les adultes sont carnassiers et prédateurs de vers, de chenilles, de limaces et d'escargots. On les rencontre sous les cailloux ou sous les feuilles dans les forêts humides. Certains d'entre eux les Calosomes, (*Calosoma inquisitor*), se tiennent sur les arbres où ils dévorent les chenilles.

**Figure 10 : *Calosoma inquisitor***

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- Les Dytiscidae

Adultes et larves vivent dans l'eau et sont de redoutables prédateurs d'insectes, vers, crustacés... parfois même, de petits invertébrés (alevins de poissons, tritons, jeunes grenouilles). Les Dytiscidés sont adaptés à la vie aquatique, les pattes postérieures sont longues et munies de soies, ce qui leur permet de nager particulièrement bien (Fig.11). Ils vivent dans des milieux variés : eau courante ou stagnante, parfois saumâtre, ils peuvent même faire des incursions dans l'eau de mer (GUIGNOT, 1947). Tous les Dytiscidae sont capables de voler, ce qui leur permet de se déplacer à la recherche de milieux plus favorables en cas d'assèchement de leur biotope.

**Figure 11** : ***Hydroporus planus***

*©C.Thiriet/biosphoto*

➢ **Les Polyphaga**

Les hanches postérieures sont généralement rattachées au métasternum par une articulation mobile qui divise rarement complètement le premier sternite abdominal visible. Les antennes sont de différents types. C'est le plus grand des sous-ordres des Coléoptères, il comprend notamment les Scarabaeidae, les Hydrophilidae, les Coccinellidae, les Chrysomelidae, les Staphylinidae, les Curculionidae, les Tenebrionidae. Les quatre principales familles sont :

- Les Chrysomelidae

sont caractérisés par des pièces buccales de type broyeur (DU CHATENET, 2000). Leurs antennes sont courtes et dentées en scie chez les Clytrinae, longues et fines chez les Cryptocephalinae. Les larves de ces derniers, myrmécophiles présentent une tête, trois segments thoraciques qui portent chacun une paire de pattes et 10 segments abdominaux, le dernier étant très petit ressemble à un pseudopode. Les adultes de *Labidostomis taxicornis* (Fig. 12) sont des phytophages stricts, le plus souvent phyllophages et s'attaquent aux jeunes pousses, aux fleurs, aux feuilles tendres et même aux bourgeons.

**Figure 12:** ***Labidostomis taxicornis***

*©C.Thiriet/biosphoto*

- Les Curculionidae

Il s'agit de Coléoptères phytophages, appelés Charançons. L'imago généralement de couleur sombre, a la tête prolongée en avant par un rostre qui porte les antennes et à son extrémité, les pièces buccales. Ce rostre permet à la femelle de creuser la cavité de ponte. Cette famille rassemble un très grand nombre de ravageurs parmi eux *Sphenophorus piceus* (Fig. 13).

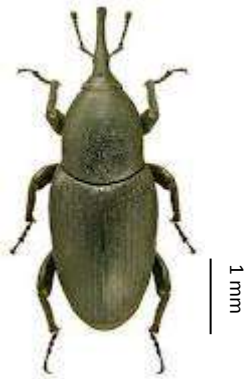



**Figure 13 : *Sphenophorus piceus***

- Les Scarabaeidae

Leurs larves (les "vers blancs") sont blanchâtres, charnues, arquées, avec l'extrémité de l'abdomen enflée. Les pattes sont bien développées et la tête sclérifiée porte des pièces buccales bien visibles. Elles se nourrissent de matières en décomposition, d'excréments ou de racines. Plusieurs sous-familles sont à noter : les Aphodinae, les Scarabaeinae et les Cetoniinae, dont *Aethiessa floralis* (Fig. 14).

**Figure 14: *Aethiessa floralis***

*©C.Thiriet/biosphoto*

- Les Tenebrionidae

Les Ténébrionidés sont très répandus dans les régions chaudes et arides et sont protégés de la déshydratation par leurs téguments durs et souvent très fortement convexes (FAUCHEUX, 2009).

La plupart des adultes et leurs larves allongées et cylindriques, sont détritivores, ils se nourrissent de matières végétales sèches ou décomposées, de bois dépérissant ou de champignons, quelques espèces s'attaquent aux plantes vivantes.

Les traits distinctifs des ténébrions sont leurs antennes, la forme de leurs yeux et le nombre d'articles de chaque tarse. Les antennes sont composées habituellement de 11 articles filiformes, perlés ou en petite massue.

Certains émettent un liquide foncé nauséabond quand ils sont dérangés (*Pimelia*. sp) (Fig. 15).

**Figure 15 : *Pimelia*. sp**

*Galerie-galerie.org*

## 2. Présentation de l'aire d'étude

### 2.1. Les zones humides

Les zones humides sont situées à l'interface du milieu terrestre et du milieu aquatique. Cette position d'écotone leur confère un fonctionnement singulier créant des conditions particulières très favorables à la biodiversité. Elles constituent des écosystèmes exceptionnels et font partie intégrante du cycle hydrologique. Ces zones remplissent diverses fonctions leur attribuant une importance biologique, hydrologique, économique et sociologique remarquable (DAUSSE, 2006).

- *Les fonctions biologiques* : les zones humides sont des milieux de vie remarquables pour leur biodiversité. De nombreuses espèces végétales et animales y sont inféodées. Ce sont des lieux d'abri, de nourrissage et de reproduction pour de nombreuses espèces. Elles constituent des étapes migratoires, des lieux de reproduction ou d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques et de poissons (DE GROOT *et al*., 2007).
- *Les fonctions hydrologiques* : les zones humides participent à la régulation du débit des cours d'eau (atténuation des crues, prévention des inondations et soutien d'étiage). Leur capacité de stocker et de restituer progressivement de grandes quantités d'eau, permet l'alimentation des nappes d'eau souterraines et superficielles. En favorisant l'épuration grâce à leur riche biocœnose, elles participent à la préservation de la qualité de l'eau.
- *Des fonctions économiques* : les zones humides dépendent de nombreuses activités économiques, telles l'élevage de crustacés, de mollusques ou de poissons, la pêche ou la production d'osier, de sel ou de tourbe.
- *Des fonctions sociales et culturelles* : de par leur grande qualité paysagère, les zones humides sont des lieux de détente, de découverte et de loisirs propices à de nombreuses activités récréatives telles la navigation, la chasse ou la pêche.

Les zones humides en Algérie occupent des superficies plus ou moins importantes concentrées surtout à l'Est, ce complexe humide est surtout composé de lacs, de marais, de chotts, de sebkhas et de gueltas. Ces zones sont fortement productrices par la présence de tous les maillons de la chaîne alimentaire et hébergent entre autre une avifaune aquatique remarquable qui utilise ces sites comme stations de repos, de reproduction et d'hivernage. Pourtant, ces zones humides sont détruites à un rythme sans précédent. Elles sont privées de leur eau par des pompages excessifs ou par la construction de barrages, elles sont même complètement drainées au profit de l'agriculture.

Le dernier recensement effectué en 2006, a dénombré 762 zones humides en Algérie. Parmi elles, cinquante sont classées sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale.

Le Parc National d'El Kala qui englobe la zone humide la plus importante en Algérie, unique en son genre et classée réserve de la Biosphère en novembre 1990 par le programme M.A.B (Man and the Biosphere) de l'UNESCO.

La région d'El-Kala abrite près du tiers de la flore algérienne. Les espèces typiquement méditerranéennes constituent la trame de fond de la flore de la région d'El Kala (QUEZEL & SIMONNEAU, 1960). Cette diversité a permis le développement d'une multitude de formations végétales dont certaines constituent un patrimoine à préserver soit pour leur rareté, leur fragilité, leur originalité et leur diversité. Il s'agit de la zeenaie d'altitude, des suberaies, des aulnaies, des ripisylves et de la coccifèraie du cordon dunaire.

Située à 30 km à l'Est du centre d'Alger, le marais côtier de Réghaïa est considéré comme un site d'importance internationale car il constitue le dernier vestige de l'ancienne Mitidja. Il reste actuellement la seule zone humide de la région biogéographique de l'Algérois qui donne face directement à la mer Méditerranée, permettant ainsi de jouer un rôle d'étape pour les oiseaux migrateurs après leur traversée de la Méditerranée (ANONYME, 2002).

Situé au Nord-Ouest du pays, les marais de la Macta se trouvent pour leur plus grande partie dans la wilaya de Mascara, le reste des territoires est partagé entre les wilayas de Mostaganem et Oran. Ils comportent à la fois des plans d'eau, des marais et des steppes plus ou moins humides. Les marais de la Macta abritent une flore diversifiée représentée par des groupements de salsolacées annuelles considérées par QUEZEL & SIMONNEAU (1960) comme étant rare au niveau de l'Afrique du Nord. On y retrouve selon ce même auteur *Salicornia europea* qui est extrêmement rare en Afrique du Nord et en Algérie en particulier, ainsi que *Spergularia doumerguaei*, endémique à l'Oranie littorale. La Macta est également réputée pour l'avifaune qu'elle abrite, particulièrement durant la période hivernale. En plus des migrateurs, de nombreux sédentaires trouvent dans cette zone un lieu favorable pour la nidification.

L'aire d'étude (Rachgoun) est l'une des lagunes littorales de l'Oranie, c'est une zone humide qui, malgré sa faible surface relative, présente un intérêt écologique et économique tout à fait exceptionnel. C'est une dépression estuarienne de faible profondeur, séparée de la mer par un cordon littoral. Comprise donc entre terre et mer, elle entretient des relations étroites avec la mer, le bassin versant qui l'alimente en eau douce et l'estuaire de la Tafna, les eaux salées d'origine marine se mêlent aux eaux douces de provenance continentale. Le caractère saumâtre résulte d'une nappe d'eau salée peu profonde et du caractère temporaire du plan d'eau.

C'est un milieu riche en éléments nutritifs et donc à forte productivité, il joue un rôle régulateur des flux hydrauliques grâce à sa capacité de stockage mais également de filtre en épurant l'eau de ruissellement, il protège de l'érosion côtière grâce à sa végétation halophile. Il abrite certaines espèces qui ne vivent que dans ces milieux.

Le littoral de Rachgoun, comme partout ailleurs, est un espace fragile, très convoité où s'exercent de nombreuses pressions d'origine humaine (croissance démographique, urbanisation, industrie, agriculture, activités touristiques).

## 2.2. Situation géographique

Notre aire d'étude se situe sur la rive gauche de l'embouchure de la Tafna (Fig.16), principal cours d'eau des monts de Tlemcen. Elle se localise sur le littoral de Rachgoun, dans la partie occidentale du Nord-Ouest algérien.

Elle correspond à un marais salé et humide qui appartient à la façade maritime de l'Oranie située dans l'Ouest de la wilaya de Ain-Temouchent et correspond au massif de la basse Tafna.

Elle est caractérisée par un relief plat légèrement incliné vers le Sud, elle est limitée au Nord par la plage de Rachgoun, à l'Est par les bourrelets alluviaux de la basse Tafna, et trouve ses limites ouest et sud dans les plaines de la Tafna. Ses coordonnées géographiques sont entre 35°18' et 35°30' latitude Nord et 1°27 et 1°28' longitude Ouest, l'altitude varie entre 1 à 6m.

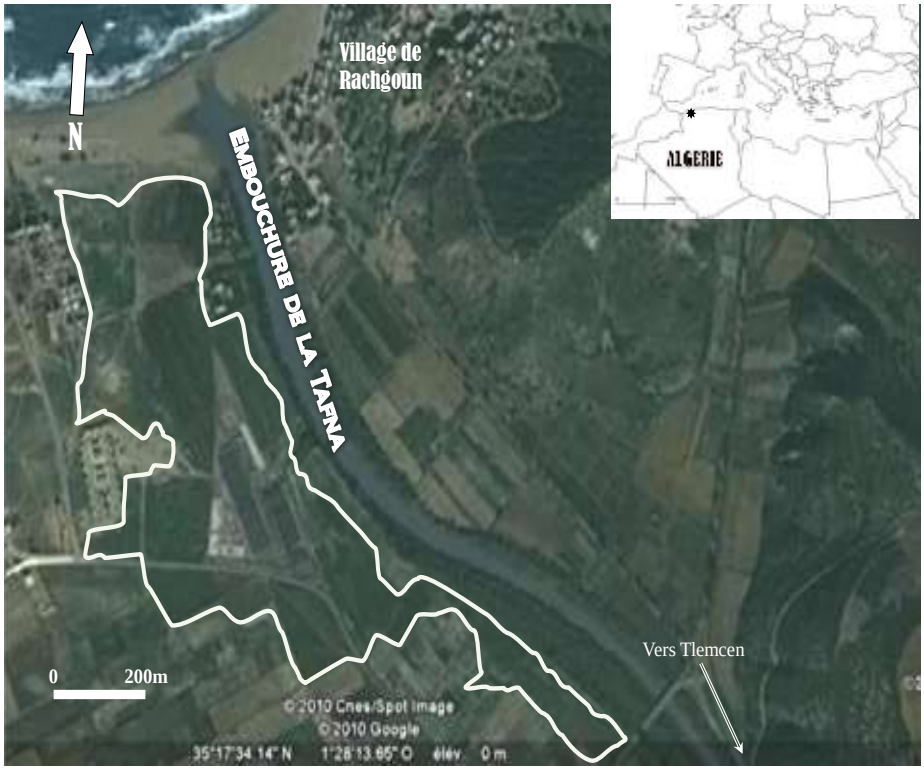



**Figure 16 : Localisation géographique de l'aire d'étude sur photo satellite (Google Earth, 2011)**

## 2.3. Géomorphologie

Le littoral de Rachgoun s'intègre dans les monts des Traras. C'est une chaîne côtière où le relief est plus ou moins accidenté, constitué de terrains à plus de 25% de pente qui s'étale depuis la frontière marocaine au Nord- Ouest sur une longueur de 92Km et sur une largeur de 20 à 30Km . Ce relief faible et tourmenté représente dans le Tell oranais un véritable bloc montagneux très difficile d'accés. On le rapproche des chaînes montagneuses littorales de l'Oranie. Ce massif apparaît comme un arc montagneux amygdaloïde ceinturé de dépressions périphériques et encastré entre la Méditerranée, par sa partie concave, la vallée du Kiss à l'Ouest, la vallée de la Tafna à l'Est et celle de son affluent oued Mouilah au Sud, par sa partie convexe (THINTHOIN, 1948).

Cet espace représente une entité géographique bien identifiée compte tenu de son relief accidenté d'orientation Est - Ouest chevauchant entre les Wilayas de Tlemcen et Ain Témouchent. THINTHOIN (1948) délimite les monts des Traras par des obstacles naturels, les oueds séparant la zone montagneuse de la plaine, oued Kiss à l'Ouest (frontière algéro–marocaine), oued El Mouilah et oued Tafna au Sud et à l'Est (Fig.17).

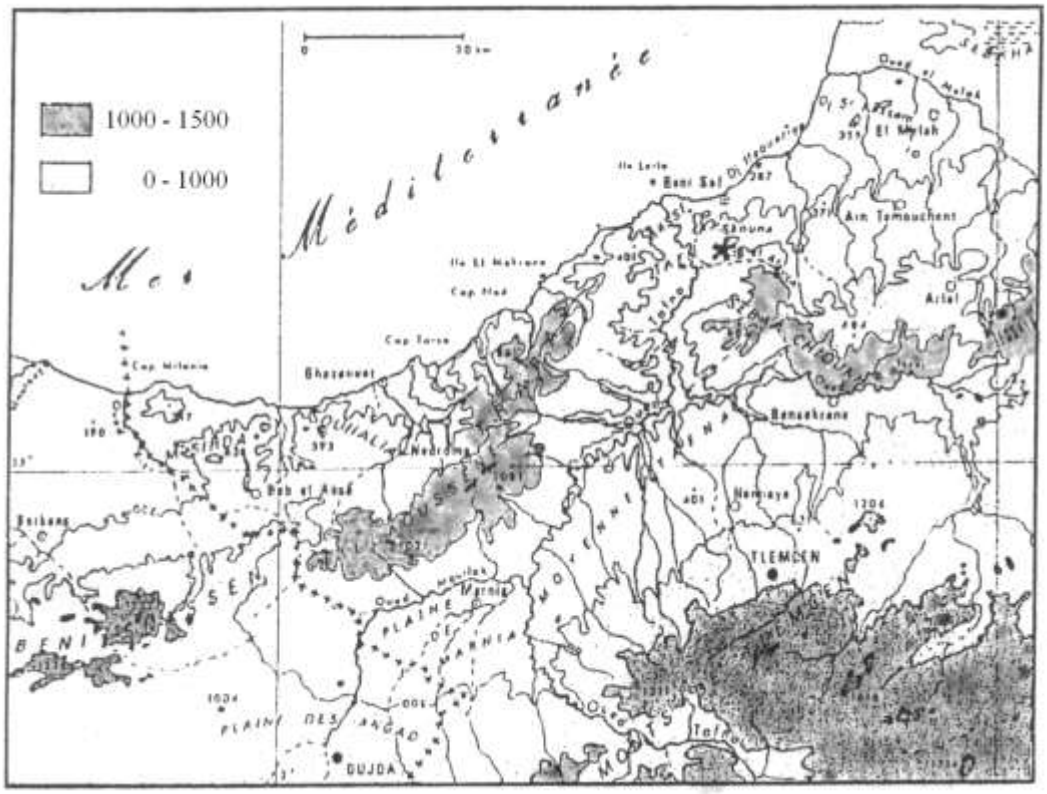



**Figure 17** : **Carte orohydrographique de l'Oranie nord occidental**
(BENSALAH, 1989)

## 2.4. Géologie

La nature géologique de notre zone d'étude a été établie par SADRAN (1952). Les formations dominantes sont soit volcaniques, soit quaternaires grés, argiles et calcaires. La figure 18 montre l'importance des cratères volcaniques de la région de Beni-Saf dont les principaux sont :

- à droite de la Tafna, le volcan de Rachgoun, le volcan de Rokbet Haci et le volcan de Bouhamadi ;
- à gauche de la Tafna, trois volcans dominent, le volcan de Sidi Aissa, le volcan de Djebel Amara et le volcan de Fardjoun.

Selon (GUARDIA, 1975), la vallée de la Tafna présente cinq niveaux :

- les deux plus anciens sont surmontés par une dalle calcaire. Le matériel grossier est très abondant dans ces deux dalles ;
- une terrasse plus récente généralement peu encroûtée ;

- la terrasse qui succède présente un matériel riche en galets à la base. Au-dessus, il devient plus fin et les sables cèdent place à une matrice argilo limoneuse (sols bruns foncés). Elle est très étendue et au niveau de l'embouchure, elle fossilise une dune grésifiée ;
- enfin, la terrasse la plus récente date probablement de l'holocène. Elle est très caillouteuse, de teinte jaune sombre à gris calcaire et la matrice est sableuse.

Les terrains de la basse Tafna sont d'origine sédimentaire alluviale (THINTHOIN, 1948). Ces sols sont composés de sables littoraux provenant de la mer, d'alluvions d'origines fluviatile et fluviomarine, limoneux ou argileux (BABINOT, 1982) et ils sont caractérisés à la fois par des terrains tertiaires et par des tufs basaltiques, des volcans récents qui s'étalent de part et d'autre de l'embouchure (GENTIL, 1903).

### 2.5. Etude bioclimatique

En région méditerranéenne, le climat est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des communautés animales. Le marais salé de l'embouchure de la Tafna est sous l'influence du climat méditerranéen défini comme un climat de transition entre le climat tempéré au Nord et le climat tropical au Sud avec un été chaud et sec, temperé seulement en bordure de mer, où l'hiver est frais et plus humide.

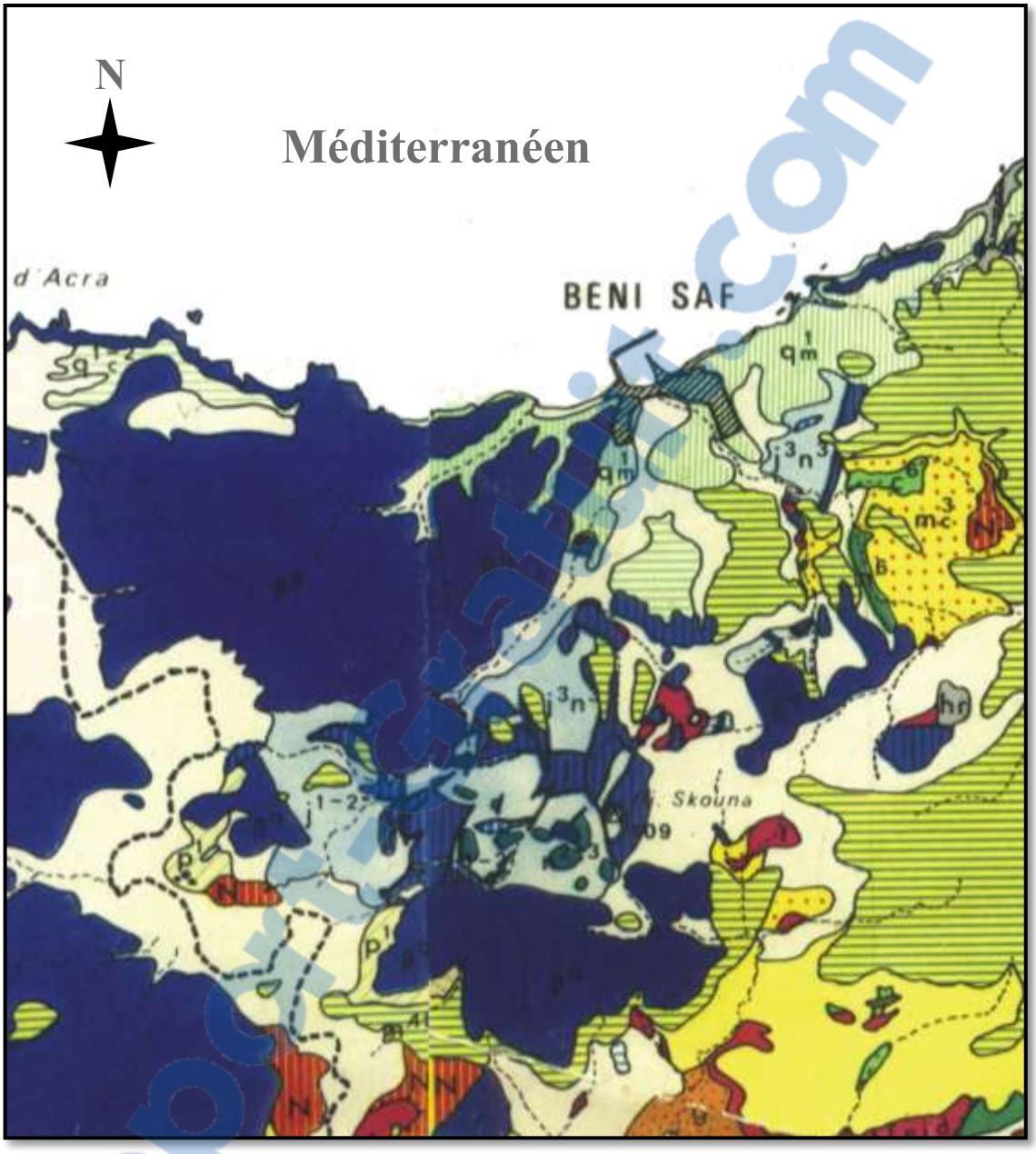
Le climat méditerranéen est également défini comme un climat extra-tropical à photopériodismes saisonnier et quotidien, à pluviosité concentrée durant les saisons froides, l'été, saison plus chaude, étant plus sec (EMBERGER, 1955).

Pour apprécier le climat qui règne dans notre région, deux paramètres climatiques sont pris en considération : précipitations et températures. Les données proviennent de l'office national de météorologie (O.N.M) pour la période 1999-2006 et notre année d'étude 2009-2010 (Annexe I). Les données climatiques utilisées ont été recueillies auprès de la station météorologique la plus proche de l'aire d'étude qui correspond à la station de Beni-Saf (Tab.1).

**Tableau 1 : Données géographiques de la station météorologique de Béni-Saf**

| Station | Latitude | Longitude | Altitude |
|---|---|---|---|
| Station météorologique de Béni-Saf | 35°18'N | 01°21' W | 68 m |
| Aire d'étude | 35°18' 30°N | 01°27' 01°28'W | 1- 6 m |

L'approche climatique s'appuie essentiellement sur la comparaison entre les données de la période 1990 – 2006 et des données de l'année d'étude (Oct. 2009- Sept. 2010) afin de démontrer que les conditions climatiques qui ont régné au cours de la période d'étude sont proches des conditions climatiques locales. Elle repose sur deux niveaux d'analyses, le premier est un examen des paramètres analytiques (températures, précipitations) le deuxième est synthétique où des indices bioclimatiques et des représentations graphiques sont utilisés.




Rapport-gratuit.com

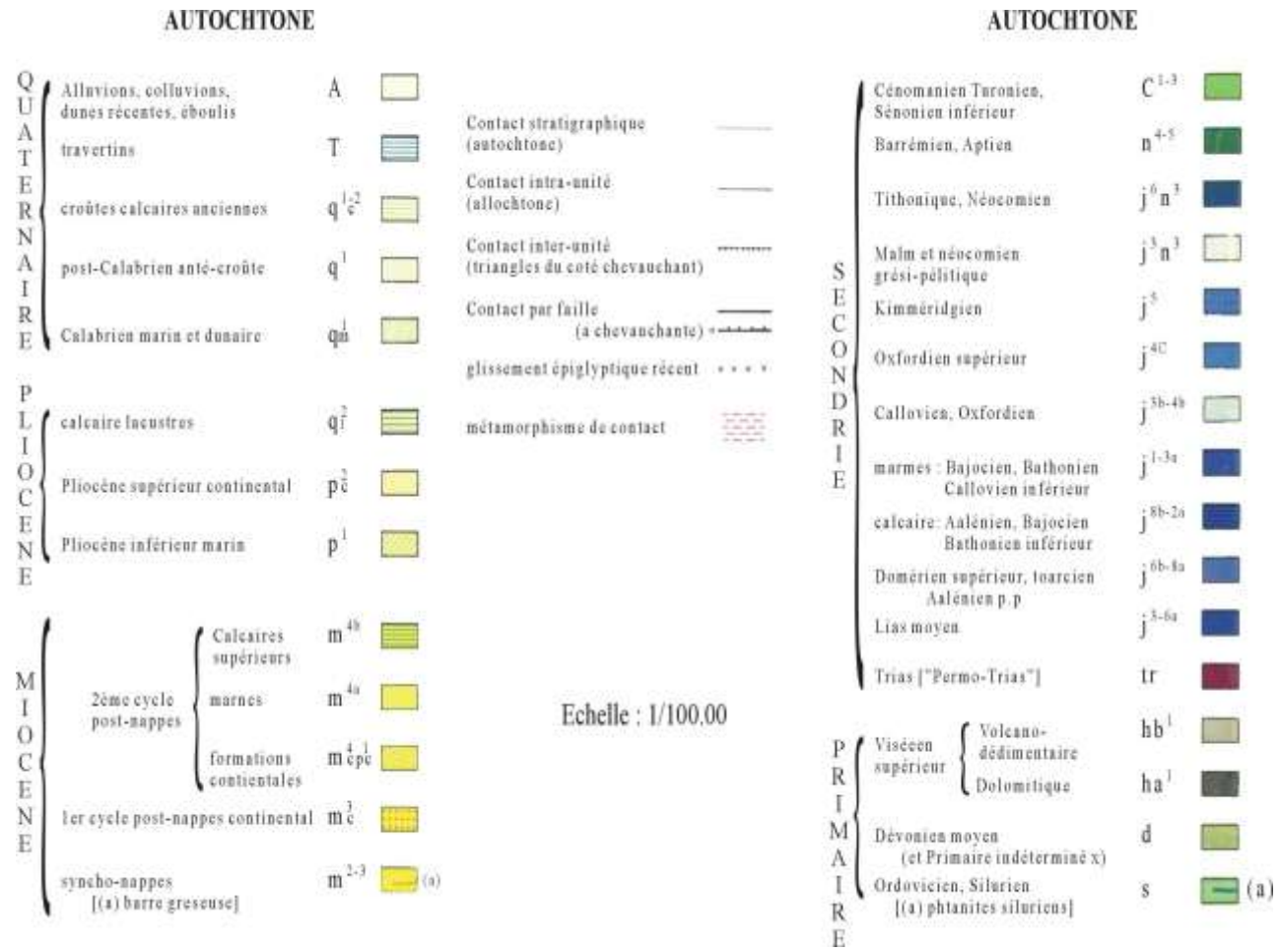



**Figure 18 : Carte géologique de la zone de Béni-Saf (GUARDIA, 1975)**

### 2.5.1. Analyse des paramètres climatiques

#### 2.5.1.1. Précipitations

Les précipitations représentent un élément écologique important. Elles jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement du marais. Le climat méditerranéen se caractérise par des précipitations généralement faibles et mal réparties dans le temps.

En Oranie, le rivage s'infléchit vers le Sud et la proximité de la péninsule Ibérique retient une part des précipitations venues du Nord- Ouest (GRECO, 1966). On constate donc une augmentation des chutes de pluies de l'Ouest à l'Est et une diminution plus rapide du Nord au Sud (ALCARAZ, 1982).

La station de Béni-Saf présente une moyenne annuelle des précipitations de 354.70 mm pour la période 1990-2006 et n'augmente que de 2% (363 mm) pour l'année d'étude (Tab. 2).

**Tableau 2 : Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations et des températures pour la période (1990-2006) et l'année d'étude (octobre 2009- septembre 2010) de la station de Béni-Saf.**

| | Moyennes mensuelles des précipitations et des températures | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Période** | | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | P. annuelle (mm) / T. moy (°C) |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Période** | P | 51.81 | 58.4 | 36.22 | 29.71 | 21.47 | 5.45 | 0.68 | 4.34 | 15.95 | 31.5 | 63.52 | 35.6 | 354.70 |
| **1990- 2006** | T | 12.82 | 13.45 | 15.05 | 16.48 | 19.28 | 22.4 | 25 | 25.84 | 23.74 | 20.17 | 16.63 | 14.13 | 18,78 |
| **Année d'étude** | P | 112 | 50 | 76 | 29 | 10 | 2 | 0.2 | 5 | 20 | 2 | 23 | 43 | 372.2 |
| **oct 2009- sept 2010** | T | 12.7 | 13.15 | 14.7 | 16.55 | 20.1 | 23.9 | 27.4 | 27 | 23.55 | 20.65 | 17.05 | 15 | 19,31 |

Le régime saisonnier calculé pour les deux périodes (Fig.19) confirme que l'été sous le régime méditerranéen est la saison la moins arrosée et que le rythme saisonnier est de type hiverno-automnal (HAPE) pour la période 1990-2006 et de type hiverno-printanier (HPAE) pour l'année d'étude. Le régime mensuel des précipitations représenté par la figure 20, permet de distinguer deux périodes au cours de l'année.

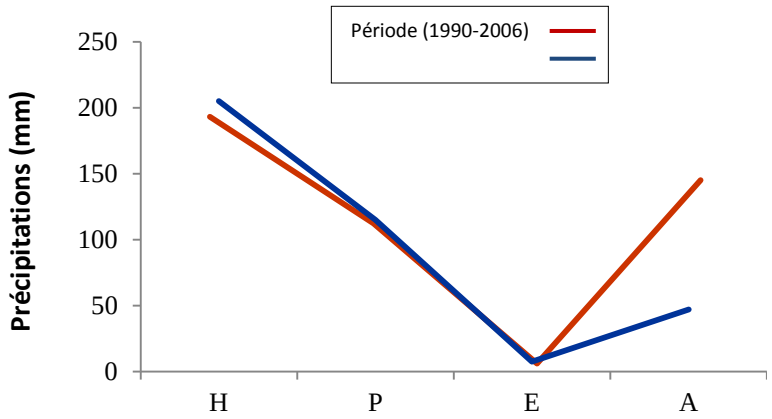


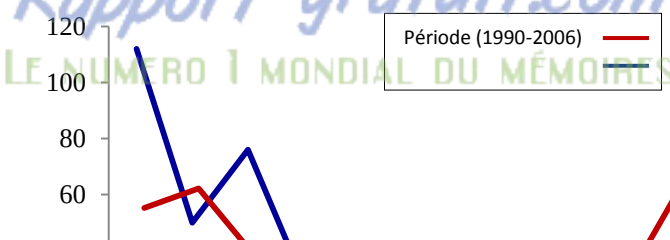

**Figure 19 : Rythme saisonnier des précipitations dans la station de Beni-Saf.**

- une période pluvieuse de sept mois s'étale d'octobre à avril pour la période 1990-2006 , avec un maximum qui se situe en novembre (63.52 mm) et une autre plus courte de décembre à avril pour l'année d'étude ( rallonge la période de submersion dans le marais) avec un maximum de 112 mm au mois de janvier.
- une période sèche qui s'étale de mai à septembre pour la période 1990- 2006 et de mai à octobre pour l'année d'étude. Les mois les plus secs sont juin, juillet, août et exceptionnellement octobre pour l'année d'étude.

De petites différences sont signalées principalement au cours de la saison automnale et entre les deux périodes; ainsi les mois d'octobre et novembre accusent un déficit hydrique très important au cours de l'année d'étude contrairement à la période 1990-2006.

Les mois les plus arrosés pour la période (1990-2006) sont novembre, janvier et février avec un total pluviométrique de 173, 73mm alors que pour l'année d'étude ce sont les mois de janvier, février et mars avec un total pluviométrique de 238mm (Fig. 20).

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES



---

**Figure 20 : Variation des moyennes mensuelles des précipitations exprimées en mm.**

### 2.5.1.2. Les températures

Les températures, second facteur distinctif du climat, constituent un facteur déterminant dans la vie des êtres vivants. Elles conditionnent en effet le cycle de développement et la croissance des espèces ainsi que leur répartition géographique.

Selon DAGET (1976), un mois est considéré comme chaud quand la température est supérieure à 20°C.

L'examen des températures (Tab. 2) montre que la période 1990-2006 présente sept mois froids qui s'étalent de novembre à mai alors que la période chaude est moins longue avec cinq mois (de juin à octobre).

L'année d'étude présente successivement six mois froids qui débutent du mois de novembre à avril et six mois chauds qui s'étalent de mai à octobre.

Le mois le plus froid reste le mois de janvier pour les deux périodes avec des valeurs légèrement supérieures à 12°C. Les températures moyennes n'enregistrent pas de différences notables, l'écart thermique est de moins de 1%.

Dans la figure 21, les deux courbes se suivent de très près aucune différence importante ne permet d'avancer des changements notables.

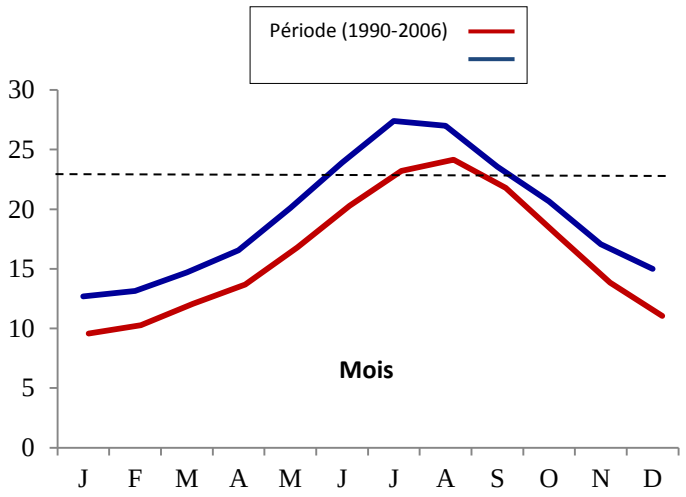



**Figure 21 : Variation des températures moyennes mensuelles exprimées en °C.**

L'amplitude thermique se définit, d'une part, par la différence entre les moyennes des maximums extrêmes, et des minimums extrêmes d'autre part, sa valeur est écologiquement importante à connaître. La continentalité est définie par rapport à l'amplitude thermique moyenne (M-m) qui permet à son tour de préciser l'influence maritime ou au contraire continentale d'une région donnée.

DEBRACH (1953) a défini le climat continental en fonction des écarts thermiques (M-m)

Selon cet auteur les climats retenus sont :

- climat insulaire : M-m < 15°C
- climat littoral : 15°C < M-m < 25°C
- climat semi-continental : 25°C < M-m < 35°C
- climat continental : M-m > 35°C

La station de Beni-Saf qui présente un indice de continentalité située entre 20,6°C 22,4°C (Tab. 3) présente un climat littoral.

**Tableau 3 : Les températures moyennes, les maxima (M), les minima (m) et l'amplitude thermique de la station de Beni-Saf.**

| Période | T. moyennes (°C) | M (°C) | m (°C) | M-m (°C) | Type |
|---|---|---|---|---|---|
| Période 1990-2006 | 18,15 | 29,3 | 8,7 | 20,6 | Littoral |
| Année d'étude sept 2009 – oct 2010 | 16,75 | 30,9 | 8,5 | 22,4 | Littoral |

**2.5.2. Synthèse bioclimatique**

Les données météorologiques ne sont pas toujours utilisées isolément, elles peuvent être combinées entres elles de façon à faire apparaître les périodes ayant une influence (favorable ou défavorable) sur les êtres vivants : les périodes chaudes, les périodes froides, les périodes sèches, les périodes humides qui peuvent avoir une influence directe sur les périodes de submersion du marais.

Notre synthèse bioclimatique est établie à partir des travaux de LE HOUEROU et *al.*, (1977); DE MARTONNE (1926) ; BAGNOULS & GAUSSEN (1957) et EMBERGER (1930-1945), appliquée aux données météorologiques de la région d'étude.

- Selon la classification de LE HOUEROU et *al.*, (1977), chaque étage comprend une stratification verticale en fonction de la tranche pluviométrique (Tab. 4).

**Tableau 4 : Classification de LE HOUEROU et *al.* (1977)**

| Etage bioclimatique | P (mm) |
|---|---|
| Sub- humide | 600-800 |
| Semi-aride supérieur | 500-600 |
| Semi-aride inferieur | 400-500 |
| Aride supérieur | 300-400 |
| Aride moyen | 200-300 |
| Aride inférieur | 100-200 |
| Saharien | < 100 |

Avec une tranche pluviométrique comprise entre de 300 à 400 mm le climat selon la classification LE HOUEROU et *al.*, (1977), serait aride supérieur.

- L'indice d'aridité de DE MARTONNE (1926) permet d'étudier les rapports du climat avec la végétation et de positionner la station d'étude dans un climat précis. Cet indice d'aridité est exprimé par la relation suivante : I=P/(T+10)

  I : indice de DE MARTONNE

  P : Précipitations moyennes annuelles en mm

  T : Températures moyennes annuelles en °C,

  DE MARTONNE propose la classification suivante :

  I < 5 climat hyperaride

  5 < I < 7.5 climat désertique

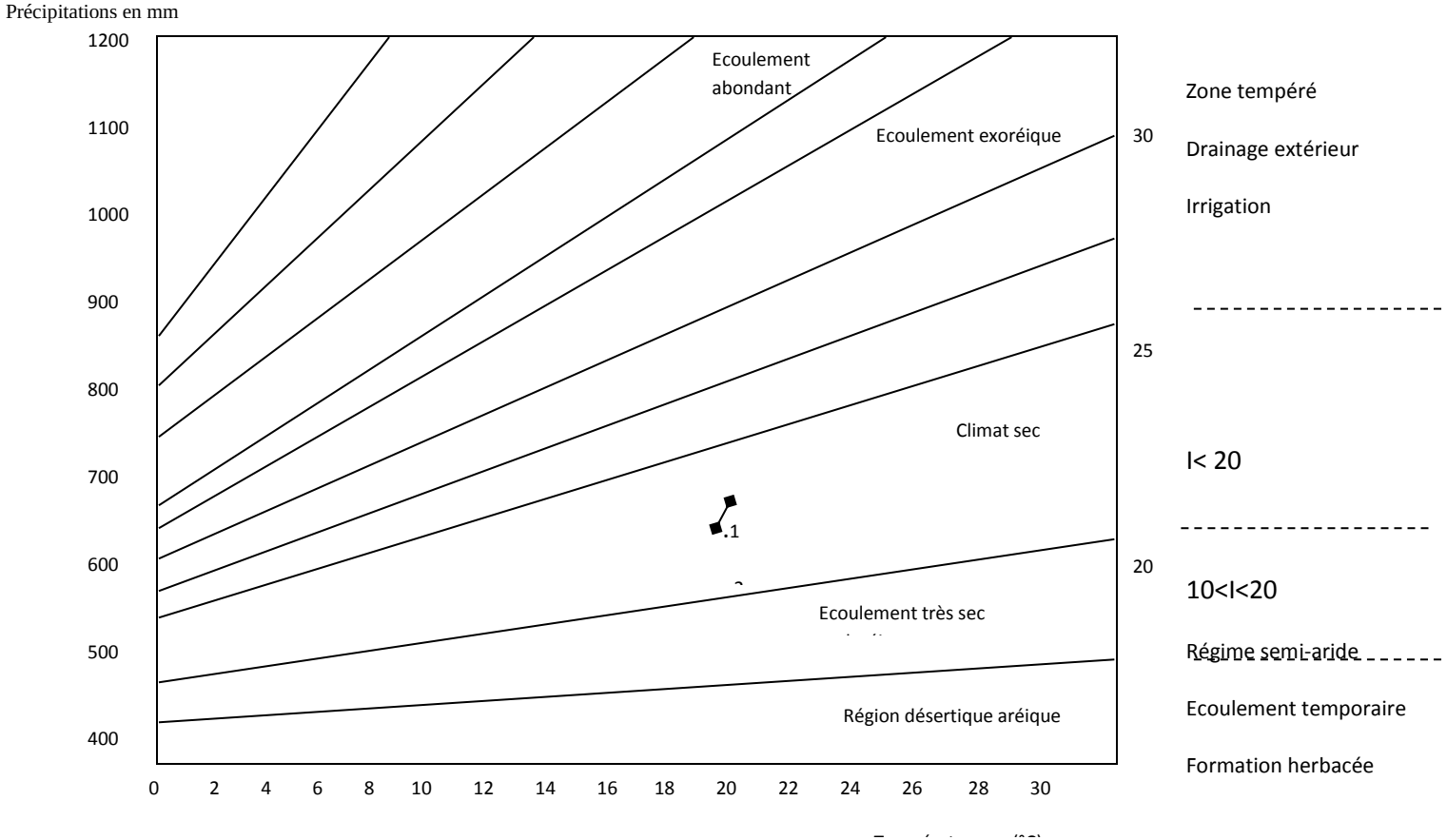
  7.5 < I < 10 climat steppique

  10 < I < 20 climat semi-aride

  20 < I < 30 climat tempéré

  Cet indice est d'autant plus faible que le climat est plus aride

La figure 22 montre clairement que la station est située dans l'intervalle là où I est compris entre 10 et 20, le climat est sec soumis à un régime semi-aride et à écoulement temporaire, avec prédominance des formations herbacées.




2 : Période 1990 - 2006. I= 19,27

**Figure 22 : Abaque d'indice d'aridité selon DE MARTONNE**

- Le diagramme ombrothermique de BAGNOULS & GAUSSEN (1953) est également la combinaison de deux paramètres climatiques principaux : température et précipitations. Pour ces deux auteurs, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimé en mm est inférieur ou égal au double de la température moyenne (P>2 T). Cette relation permet d'établir un graphique sur lequel les précipitations sont portées à l'échelle double des températures. La durée de la période sèche est en relation direct avec la durée de submersion et la dynamique du plan d'eau.

La figure 23 présente une période sèche qui s'étale sur sept mois pour la période 1990-2006 allant d'avril à octobre et de huit mois d'avril à novembre pour l'année d'étude concrétisant ainsi un seul mois supplémentaire.

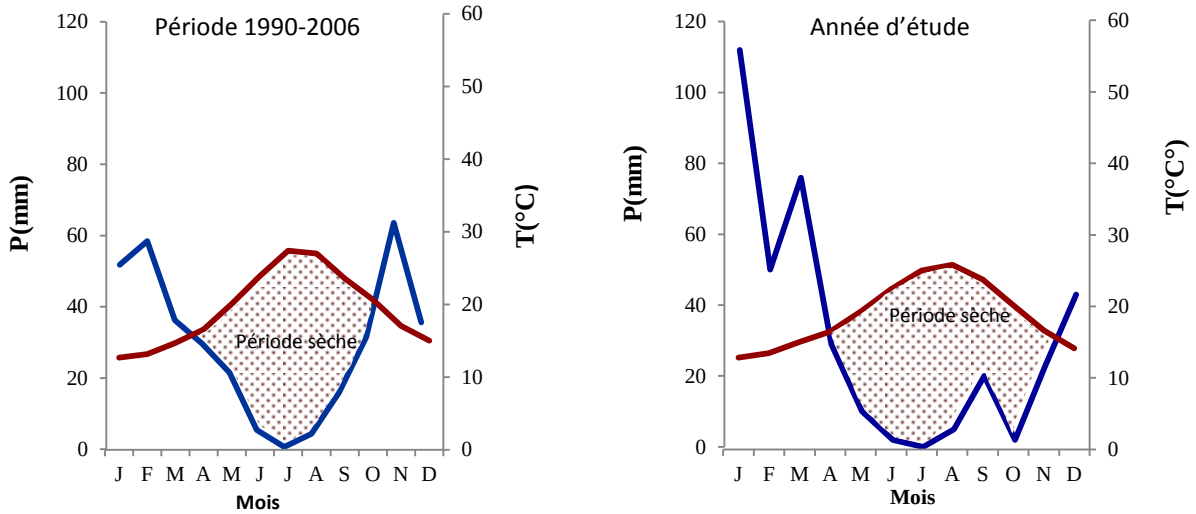



**Figure 23 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) pour la période 1990-2006 et l'année d'étude.**

- EMBERGER (1930, 1945, 1955, 1971) a défini six sous-climats dans le bioclimat méditerranéen sur la base de l'humidité globale du climat et sa rigueur hivernale. Cela est caractérisé par le quotient pluviothermique $Q_2$ donné par la formule suivante : $Q_2=2000P/M^2- m^2$

  avec P : Précipitations annuelle en mm ;

  M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud exprimée en degré Kelvin

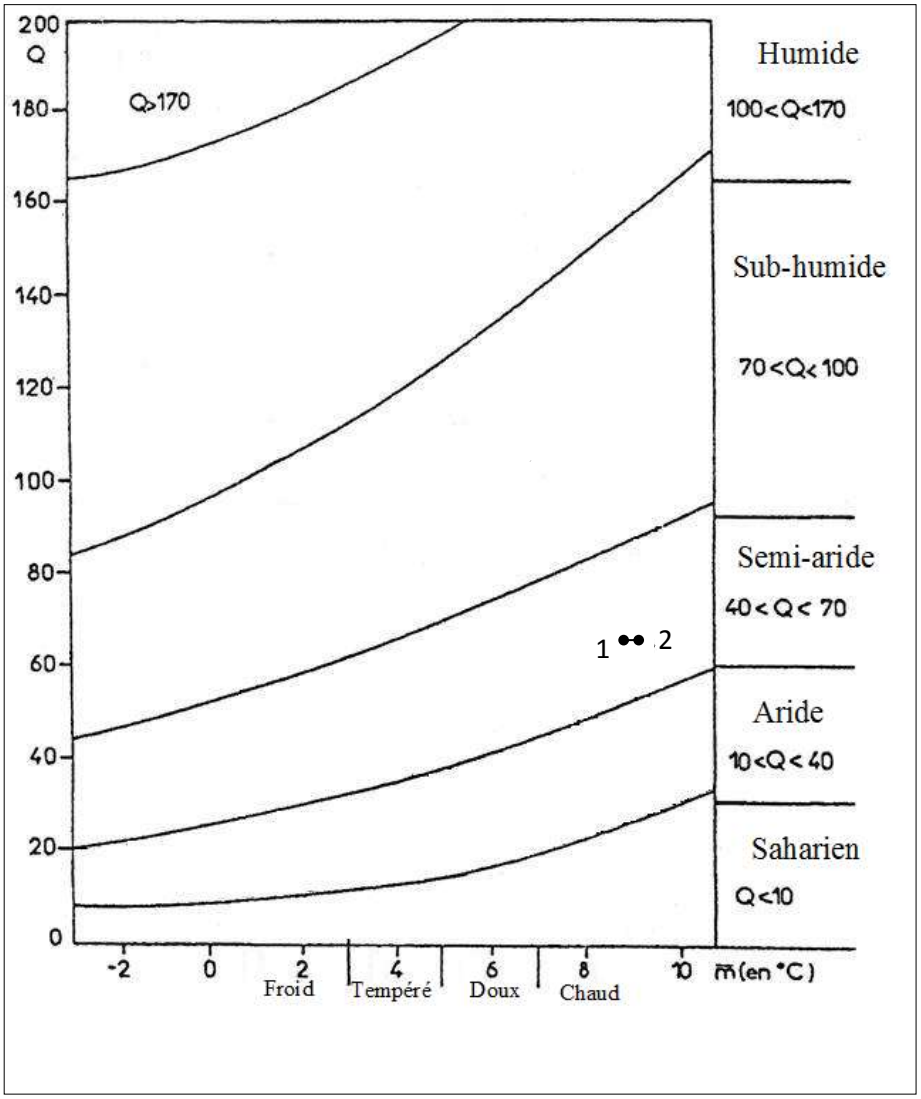
  m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid exprimée en degré Kelvin.

Le report des données de la période 1990- 2006 et de l'année d'étude (Tab.5) sur le climagramme d'EMBERGER, montre que la station de Beni-Saf se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud (Fig. 24).

**Tableau 5 : Calcul du quotient pluviothermique de la station de Beni-Saf**

| Beni-Saf | Précipitations | M (°C) | m (°C) | $Q_2$ |
|---|---|---|---|---|
| Période 1990- 2006 | 354.70 | 29,3 | 8,7 | 58,96 |
| Année d'étude oct 2009-sept2010 | 372.2 | 30,9 | 8,5 | 58,82 |

En terme de cette étude climatique, nous retenons que le climat de l'aire d'étude au cours de la période d'étude est caractérisée par deux saisons bien tranchées marquées par une saison pluvieuse plus courte qu'une saison estivale sèche s'étendant sur plus de sept mois. La comparaison des données climatiques de la période 1990-2006 à celles de l'année d'étude ne permet pas de confirmer des changements dans le climat dans la région. Ainsi, les conditions climatiques qui ont régné pendant la période d'étude ne présentaient pas de caractères particuliers, on peut donc considérer que le créneau retenu pour l'étude est représentatif des conditions climatiques normales dans la région.




1 : Année d'étude

**Figure 24: Positionnement des deux périodes sur le climagramme pluviothermique D'EMBERGER (1952)**

## 2.6. Principale menaces sur l'aire d'étude

Les zones humides constituent un patrimoine naturel exceptionnel, de par la richesse biologique qu'elles abritent et les fonctions naturelles qu'elles remplissent. Elles font partie des milieux naturels les plus riches du monde. Actuellement, on assiste à une grande régression de ces zones humides suite à l'effet combiné des interventions humaines et des changements climatiques dans le monde entier y compris en Algérie.

De nombreuses menaces pèsent sur le site d'étude. Au cours des dix dernières années, les activités se sont multipliées et amplifiées. Les niveaux les plus bas du marais sont soumis à de fortes urbanisations (cabanons, centre de colonies de vacances, parking, terrain de loisirs) qui s'accompagnent de rejets de déchets et d'effluents domestiques.

De par sa proximité avec la mer, ce site fait également l'objet, durant la saison estivale, période d'assèchement totale du marais, d'une très forte activité touristique dont les impacts sont multiples et variés. La mise en place des campings a pour conséquences le piétinement intensif des niveaux les plus bas du marais produisant une détérioration directe voire même une disparition du tapis végétal par défrichement. La forte concentration d'estivants provoque un important dépôt de déchets qui s'accumulent dans le site.

Les activités agricoles sont bien marquées, l'Est et le Sud du marais, soumis à des submersions éphémères, montrent une forte extension des cultures céréalières et maraichères (Fig. 25). Un canal d'irrigation, traversant les faciès à *Juncus maritimus* et à *Typha angustifolia* (se conférer au chapitre III résultats) d'une longueur de plus de 300 mètres et une profondeur maximale de deux mètres a pour but l'alimentation en eau des zones agricoles avoisinantes. Le puits creusé dans la partie centre, là où la nappe est à moins de 60cm, est destiné également à l'irrigation des terres agricoles.

Le marché hebdomadaire de vente de légumes dans la partie ouest du marais se traduit par un entassement de résidus organiques.

**Figure 25 : Cultures dans le niveau à *Suaeda fruticosa***

L'aménagement le plus important correspondant à la réalisation d'un projet d'aquaculture a pour conséquence la destruction d'une grande partie du marais. La construction du bâtiment principal (Fig. 26) a été faite au détriment des niveaux moyens du marais. Ce niveau est affreusement défiguré, d'une part, par les rejets de remblais à l'origine de dépérissement du tapis végétal et, d'autre part, par un grand bassin artificiel relié à de nombreux bacs d'élevages de poissons. Ces aménagements provoquent une réduction conséquente de l'étendue des faciès à *Typha angustifolia*, *Juncus maritimus* et *Salicornia fruticosa* avec une défragmentation des habitats de la faune. Cet aménagement est loin d'être achevé et le risque de disparition de tout le marais est malencontreusement prévisible.

**Figure 26 : Bassin de l'usine d'aquaculture**

Rapport-Gratuit.com

# CHAPITRE II

# MATÉRIELS ET MÉTHODES

**1. Hydrologie de surface et Détermination de la période de submersion**

L'hydrologie de surface est appréciée à partir d'observations *in situ* de la durée de submersion. Celle-ci porte sur l'origine de la mise en eau naturelle (apport d'eau par les précipitations ou le débordement de l'estuaire dans la partie aval) et artificielle (canal d'irrigation provenant directement de l'estuaire de la Tafna) et la durée de submersion exprimée en mois.

**2. Analyses des paramètres édaphiques**

Le long d'un même transect, 26 prélèvements de sols ont été effectués tous les dix mètres, à l'intérieur d'un carré de 4 mètres de côté et sur les dix premiers centimètres du sol (1dm$^3$). Des échantillons de sol ont fait l'objet de cinq analyses: texture, structure, rapport C/N, salinité et conductivité.

**Analyse granulométrique**

La méthode utilisée est celle préconisée par DEMOLON et reprise par CASAGRANDE qui est basée sur la vitesse de sédimentation d'après la loi de Stokes. On détermine la texture du sol par l'obtention du pourcentage de chacune des fractions sableuse, limoneuse et argileuse et la structure du sol à partir de leurs modes d'assemblages en grumeaux ou agrégats.

**Détermination du rapport C/N**

La détermination de ce rapport nécessite le dosage du carbone et celui de l'azote.

Pour évaluer quantitativement le taux de carbone, nous avons utilisé la méthode de TJURIN dont le principe consiste à définir la quantité de bichromate de potassium ($K_2$ $CR_2$ $O_7$) nécessaire à l'oxydation du carbone de la matière organique présent dans le sol. Le titrage direct de l'excédent de bichromate de potassium est réalisé par une solution de Morh (Fe $(NH_4)_2$ $(SO_4)_2$). Elle est exprimée en grammes par kilogrammes de terre sèche.

Pour le dosage de l'azote total, l'analyse est effectuée selon la méthode Kjeldahl. Pour le doser dans sa totalité, il faut détruire les composés organiques de manière à obtenir tout l'azote sous une même forme minérale. On effectue pour cela une minéralisation qui consiste à doser l'azote par dosage acide-base.

L'azote des composés organiques est transformé en azote ammoniacal sous l'action de l'azote sulfurique concentré qui, porté à ébullition, se comporte comme un oxydant. Les substances organiques ainsi décomposées libèrent le carbone sous la forme gazeuse ; l'hydrogène donne de l'eau et l'azote est transformé en azote d'ammonium. Ce dernier est fixé immédiatement par l'acide sulfurique, on élève sa température d'ébullition en ajoutant du $K_2SO_4$ et du HgO qui joue un rôle de catalyseur. Après oxydation totale de la matière organique, la solution contenant le sulfate d'ammonium est récupérée, on procède au dosage de l'azote ammoniacal par distillation, après l'avoir déplacé de sa combinaison par une solution de soude en excès.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRES

**Mesure de la salinité et de la conductivité du sol**

La salinité ainsi que la conductivité sont mesurées directement grâce à un appareil type WTW multiline P4. Le dosage porte sur une solution dont le rapport sol : eau est de 1/5 ; La salinité est exprimée en gramme par kilogramme de terre sèche et la conductivité en milliSiemens.$cm^{-1}$.

## 3. Analyse du cortège floristique

Les niveaux de végétation ont été déterminés par la méthode de faciès basée sur la physionomie végétale. Chaque niveau est ainsi défini par une ou plusieurs espèces dominantes (HARANT & RIOUX, 1964), ayant un comportement écologique semblable.

Le faciès est déterminé en calculant la fréquence d'apparition de l'espèce dominante dans un ensemble de relevés. Ces derniers sont effectués tous les dix mètres dans des surfaces de $2m^2$ et le long de deux transects traversant les différentes ceintures de végétation, dans le but d'établir d'une part l'espèce dominante du faciès et d'autre part les espèces accompagnatrices.

## 4. Etude de la faune

### 4.1. Méthode de prélèvement sur le terrain

L'objectif de cette étude est d'obtenir une image faunistique la plus complète possible de la faune des Coléoptères du marais salé de l'embouchure de la Tafna. Nous avons donc privilégié les méthodes susceptibles de nous fournir une liste faunistique aussi exhaustive que possible et représentative de ce milieu sélectif.

Toujours selon le principe d'un échantillonnage systématique linéaire, la faune a été prélevée le long de deux transects successives d'une longueur total de 1644m traversant l'ensemble des ceintures de végétation (Fig. 27). Des prélèvements ont été effectués à l'intérieur d'un carré de 4 m de côté, la faune est prélevée tous les quinze jours d'octobre 2009 à septembre 2010.

### 4. 2. Techniques de récolte

Suivant le type de milieu rencontré plusieurs techniques ont été employées. Le matériel approprié (Fig. 28) utilisé pour la capture directe des Coléoptères est:

- le filet fauchoir pour la récolte des insectes volants ou posés sur la végétation herbacée ;
- le filet troubleau de 500µm de maille pour la récolte des Coléoptères aquatiques ;
- la nappe montée permet la capture des Coléoptères comme les Elateridae, les Buprestidae, les Chrysomelidae et Curculionidae vivants sur les touffes de *Suaeda* et les feuilles d'arbustes accessibles directement (il s'agit d'une nappe blanche d'environ $1m^2$ qui est positionnée sous les feuillages des arbustes et par battage, les insectes tombent sur le tissu) ;

**Figure 27 : Positionnement des transects sur l'aire d'étude**

- l'aspirateur à bouche ;
- le piochon qui permet de gratter le sol et les bois morts au sol.

Les Coléoptères sont récoltés également de manière indirecte par piégeage (Fig. 28) à savoir :

- le piège Barber qui consiste en des boîtes de conserves qu'on enterre jusqu'au bord supérieur de façon à créer un puits dans lequel les insectes marcheurs vont chuter. Ces pièges ont été rendus plus efficaces par addition de sel (conservateur). Les pièges Barber ainsi appâtés sont très efficaces pour échantillonner les Coléoptères terricoles (les Carabidae, les Staphylinidae, les Cerambycidae, les Curculionidae, les Tenebrionidae et les Silphidae) ;
- le piège à sucre qui consiste en une bouteille d'eau minérale sur laquelle on pratique une ouverture latérale (environ 6 x 6 cm). Ce piège est appâté avec un mélange liquide généralement sucré puis suspendu dans un arbre. Le piège à sucre est particulièrement efficace pour la collecte des Chrysomelidae, des Cetoniidae, des Elateridae et des Alleculidae,
- bien que non recommandé en écologie quantitative (BIGOT, 1965), le Berlese (Fig.28), a été employé pour la capture des Coléoptères endogés de petite taille. Cette technique consiste à racler la partie superficielle sur une superficie d'environ 4dm² et de la déposer sur un tamis au-dessus d'un entonnoir aboutissant à un bocal récepteur. Les spécimens qui fuient la lumière et la chaleur dégagée par la source de lumière accrochée au-dessus du tamis sont réceptionnés dans un bac contenant de l'alcool.
- le lavage du sol qui consiste à prélever une certaine quantité de substrat et la laver afin de trier les petits coléoptères en utilisant le principe de flottaison.

a. le filet fauchoir

b. le filet troubleau

c. la nappe montée

d. l'aspirateur à bouche

e. le piochon

f. le piège Barber

G. le piège à sucre

h. le Berlèse (svtaucollege.wifeo.com)

**Figure 28 : Matériel de capture des Coléoptères utilisé sur le terrain**

La faune des rives du canal d'irrigation est capturée par inondation artificielle qui consiste à arroser le sol et de voir surgir de nombreux Coléoptères.

### 4.3. Méthode d'étude au laboratoire

#### 4.3.1. Préparation du matériel biologique

Le matériel récolté est conservé soit dans l'alcool à 70° (espèces non identifiées) soit directement collé sur des paillettes (Fig. 29).

**Figure 29: Boite de collection des Coléoptères**

Pour certaines espèces, la détermination nécessite une méthode basée sur l'examen des édéages. Les organes reproducteurs permettent de différencier des espèces très proches, là où les critères purement morphologiques sont insuffisants ou incertains. La technique consiste à disséquer les mâles et faire des préparations de ces organes. La figure 30 illustre l'exemple de l'édéage de la Cétoine dorée très développé pouvant parfois atteindre la moitié de la longueur du corps.

**Figure 30 : Edéage de la Cétoine dorée**
*insectes-net.fr/**Cétoine***

#### 4.3.2. Détermination des spécimens

La détermination a été effectuée à partir de plusieurs clés de détermination en fonction des familles rencontrées lors de cette étude. Pour les Carabidae, les ouvrages consultés sont

essentiellement ceux de BEDEL (1895), DU CHATENET (2005) et de JEANNEL (1941, 1942). L'ouvrage de GUIGNOT (1947) a été utilisé pour la détermination des Coléoptères Hydrocanthares et celui de FISCHER pour les Hydrophilidae. Les Scarabeidae ont été identifiés à partir des clés établies par PAULIAN (1941), PAULIAN & BARAUD (1982), BARAUD (1985 et 1992).

Pour les Buprestidae, les ouvrages de THERY (1942) et DU CHATENET (2000) ont été utilisés et d'HOFFMANN (1954 et 1958), TEMPÈRE & PÉRICART (1989) pour les Curculionidae et finalement DU CHATENET (2000) pour les Chrysomelidae, les Elateridae et les Cleridae.

L'identification et la confirmation des noms des espèces n'auraient jamais pu être réalisées sans la précieuse et capitale contribution du docteur Philippe PONEL et d'autres spécialistes, Fabien SOLDATI (Tenebrionidae), Jacques COULON (Carabidae) et de Jean-Claude BOURDONNE (Chrysomelidae) que nous remercions vivement.

**5. Méthodes d'établissement des cartes biogéographiques**

L'étude de la biogéographie des espèces de Coléoptères rencontrées dans le marais salé repose sur un protocole classique constitué sur plusieurs étapes :

- Dans un premier temps, est recherchée la liste des pays où l'espèce est signalée. Pour cela, les derniers ouvrages de LÖBL & SMETANA (2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010) ont servi de sources d'informations pour toutes les espèces. Ainsi la liste finale des pays est établie à partir de ces initiales placée en Annexe 2 et la position géographique est ensuite recherchée sur une carte de l'Atlas (Annexe 3).
- Une carte (Fig. 31) portant l'ensemble des pays de la région paléarctique a servi de support cartographique pour l'établissement des cartes thématiques pour les espèces.

**Figure 31: Carte géographique de la région paléarctique**

Tous les pays où l'espèce est présente, sont colorés en gris et ceux en noir indiquent les espèces nouvellement cités en Algérie par notre présente étude.

- Pour leur représentation, la taille des cartes est réduite pour donner l'aspect général de répartition. Les cartes ont été également classées selon un ordre allant des espèces à très large répartition vers les espèces très localisées, connues d'un seul pays.

## 6. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements

### 6.1. Etude indicielle et représentations graphiques

Les différents indices de diversité actuellement utilisés en écologie des peuplements permettent d'étudier leur structure en faisant référence à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement une évaluation de la biodiversité des peuplements. Toutefois, selon GRALL & HILY (2003) leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il manque une grande partie de l'information.

La description et l'évaluation de la structure générale des peuplements reposent sur l'usage des deux variables qui sont la richesse spécifique et l'abondance (GRALL & HILY, 2003).

- **L'abondance,** est le nombre d'individus d'une population donnée présent par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003).

- **la richesse spécifique *S*,** est le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré effectivement présentes sur un site d'étude et d'un moment donné (BOULINIER *et al.*, 1998). La richesse spécifique est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'état d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité ainsi que dans l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la biodiversité (NICHOLAS *et al.*, 1998).

- **Indice H' de Shannon-Wiener** permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu et d'observer son évolution au cours du temps (DAGET, 1976 ; BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1992). Cet indice a l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (CHARDY & GLEMARC, 1977).

  $H' = -\sum_{i=1}^{s} (Pi \times \log_2 Pi)$ où $Pi = ni / N$

  S= Nombre d'espèces contenues dans l'échantillon

  Pi = fréquence de l'espèce i

  ni : nombre d'individus d'une espèce de rang i.

  Cet indice a pour unité le bit, sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

H’ est minimal quand il est égal à zéro c’est-à-dire quand l’échantillon contient une seule espèce. Il est maximal (théoriquement infini) lorsque tous les individus appartiennent à des espèces différentes, dans ce cas H’ est égale à $\log_2(S)$.

- **l’équitabilité de Piélou *J’***(1966) accompagne l’indice de Shannon, appelé également indice d’équi-répartition (BLONDEL, 1979) ou de régularité (FRONTIER, 1976). Cet indice permet d’estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes et dominées. Il se calcule à partir de la valeur de H’ et de la richesse spécifique S, il s’écrit :

  $J' = H'/H\ max = H'/\log_2(S)$

  L’Equitabilité *J’* varie de 0 à 1, elle tend vers 0, quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une ou deux espèces (une ou deux espèces dominantes), elle est de l’ordre de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer dans notre étude les dominances potentielles entre les différents niveaux de végétation ou entre dates d’échantillonnage.

- **l’indice de Simpson D**, est essentiellement lié aux variations d’abondance entre espèces dominantes. La formule de cet indice est la suivante :

  $D = \Sigma\ Ni\ (Ni-1)/N\ (N-1)$

  Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée.

  N : nombre total d'individus.

  Cet indice tend vers une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité.

- **l’équitabilité de Simpson**, notée ES est le rapport entre la diversité D et la richesse spécifique S. Elle varie entre 0 et 1 (RAMADE, 2003) et s’écrit ES= (D- 1)/ (S-1)

- **l’indice de Hill,** permet une mesure de l'abondance proportionnelle associant les indices de Shannon- Wiener et de Simpson :

  $Hill = (1/D)/\ e^{H'}$

  1/D : c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

  $e^{H'}$ : c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Wiener

  L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. 1/D va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants. $e^{H'}$ va en revanche permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares.

Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1 et plus la diversité est faible. Afin de faciliter l'interprétation, il est alors possible d'utiliser l'indice 1-Hill, où la diversité maximale sera représentée par la valeur 1 et la diversité minimale par la valeur 0.

C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices. Toutefois, il peut être utile d'utiliser les trois indices conjointement afin d'en extraire un maximum d'informations et de mieux comprendre la structure des communautés.

- **Distribution des individus en espèces : diagrammes rang-fréquence**. Les divers modèles de distribution spécifique sont basés sur différents modèles de partition des ressources entre espèces. D'après FRONTIER & VIALE (1992), aucun modèle n'est parfaitement représenté dans la nature, mais les communautés naturelles utilisent différentes stratégies. Pour comprendre la structure des peuplements, trois modèles ont été développés.

  - ✓ Les diagrammes rang-fréquence (FRONTIER, 1990) consiste à définir un certain nombre de classe d'abondance et à noter le nombre d'espèces entrant dans chaque classe. Partant de là, on construit un histogramme de la distribution de fréquence, en représentant chaque classe d'abondance par un intervalle de l'axe des abscisses et chaque aire est proportionnelle au nombre d'espèces. Plus l'histogramme de distribution des fréquences est « resserré » autour d'une classe d'abondance, plus on est proche de l'équi-répartition et plus la diversité est élevée. Au contraire, plus l'histogramme est étalé, moins la diversité est élevée.

  - ✓ Le modèle de Motomura (INAGAKI, 1967) décrit un alignement rectiligne des points du diagramme rang-fréquence quand les abondances d'espèces sont représentées en log et les rangs représentés sans transformation. Cette distribution spécifique en coordonnées semi-logarithmique (FRONTIER, 1976) est fondée sur l'exclusion mutuelle des organismes d'une même taille et sur une hypothétique forme de partage des ressources du biotope entre les espèces en présence (FRONTIER, 1990). En effet, les nombres d'individus sont proportionnels à la fraction des ressources accaparées par les espèces.

    La pente de la droite varie selon la diversité spécifique (INAGAKI, 1967) et d'après les données de BINET & DESSIER, 1972); le plus souvent on observe non pas un seul alignement, mais une succession de segments rectilignes, suggérant la coexistence de plusieurs "peuplements" ayant chacun sa propre loi.

Rapport-Gratuit.com

- ✓ Plusieurs auteurs, FRONTIER (1976); BACHELET (1979a); HILY (1983); HILY (1984); HILY *et al*., (1992) et CHAOUTI (2003) ont représenté les abondances en fonction des rangs, en coordonnées logarithmiques.

  Ces diagrammes permettent de suivre et de visualiser l'évolution spatiale de la structure démographique des peuplements et qui est directement lisible sur le graphique : le nombre d'espèces se voit à l'extension de la courbe vers la droite et la régularité, à son allure plus ou moins convexe ou concave. En effet, une diversité et régularité faible se traduisent par une concavité de la courbe. Par contre une diversité et régularité élevée se traduisent par une courbe convexe.

  Dans certain cas les courbes montrent des paliers ce qui indique généralement un mélange de peuplement.

- ❖ **Indice de diversité Q de QINGHONG (1995) et Modèle DIMO**, (DIversity MOdel) ont été établis par Qinghong comme modèle pour les études de suivi et d'évaluation de biodiversité. Ce modèle a été appliqué pour la première fois sur la communauté végétale (QINGHONG, 1995). Il a été adopté en France par GRALL & GLEMARC (1997) sur les peuplements des fonds de maërl en Bretagne. Au Maroc, ce modèle a été utilisé par BAZAÏRI (1999) pour caractériser la structure et la diversité de peuplements de la lagune de Merja Zerga et ceux de la lagune méditerranéenne de Smir (CHAOUTI, 2003). Ce modèle correspond à une représentation graphique simple, dans un plan à deux dimensions, où sont confrontés l'indice de diversité H' de Shannon - Wiener en axe des ordonnées (Y) et la richesse spécifique exprimée en log2(S) en abscisses (X) ; S étant le nombre d'espèces. L'utilisation du logarithme de base 2 a pour objet d'augmenter la variabilité de l'indice de diversité (H') et de le rendre plus sensible à la richesse spécifique (QINGHONG, 1995).

  $Q = H'/ \sin(\alpha)$ ou $Q = \log 2\alpha (S) \cos(\alpha)$

  L'avantage du modèle de Qinghong est qu'il rend visible de façon similaire, dans un plan à deux dimensions, la richesse spécifique, la diversité spécifique et l'équitabilité, ainsi que leurs relations. Tout changement dans les valeurs de ces trois paramètres, que ce soit dans un groupement (aspect temporel) ou entre les différents groupements (aspect spatial) se trouve représenté sur le diagramme (Fig. 32).

  Le modèle DIMO définit théoriquement quatre types de changements concernant les assemblages d'espèces (QINGHONG, 1995).

  (1) richesse spécifique et régularité varient et diversité constante « diversity-type », (2) richesse spécifique et diversité changent et régularité constante « eveness-type », (3) richesse spécifique constante alors que la diversité et régularité changent « richness-type », (4) les trois paramètres varient « non-type ».

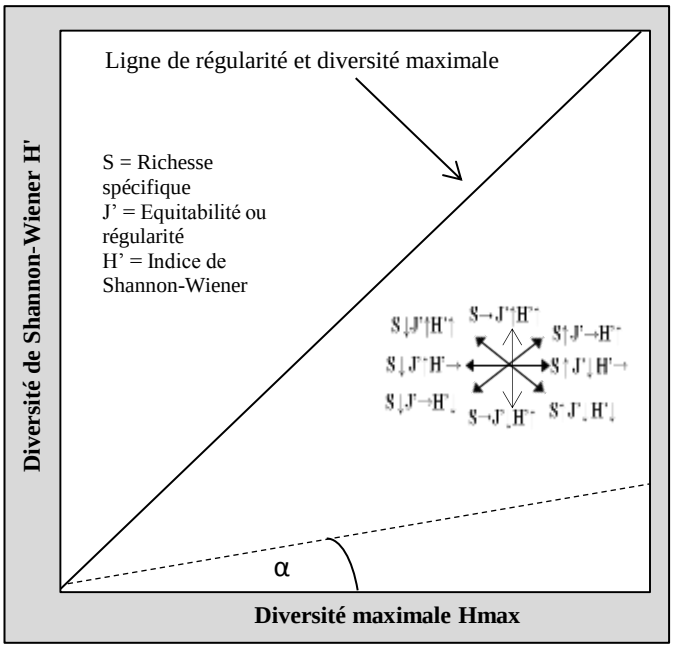



**Figure 32 : Représentation graphique du modèle DIMO (QINGHONG, 1995)** présentant la richesse spécifique (log2(S)), la diversité de Shannon - Wiener (H') et l'équitabilité(α) sur un plan bidimensionnel. La ligne de la diagonale désigne les diversités et les équitabilités.

Parfois, on a besoin d'une seule valeur pour résumer les différentes caractéristiques de la diversité au sein d'une communauté ou un peuplement. L'indice de diversité de Shannon - Wiener intègre la richesse spécifique et l'équitabilité de façon à ce qu'une augmentation de la richesse spécifique puisse être contrebalancée par une diminution de l'équitabilité(Fig. 33).

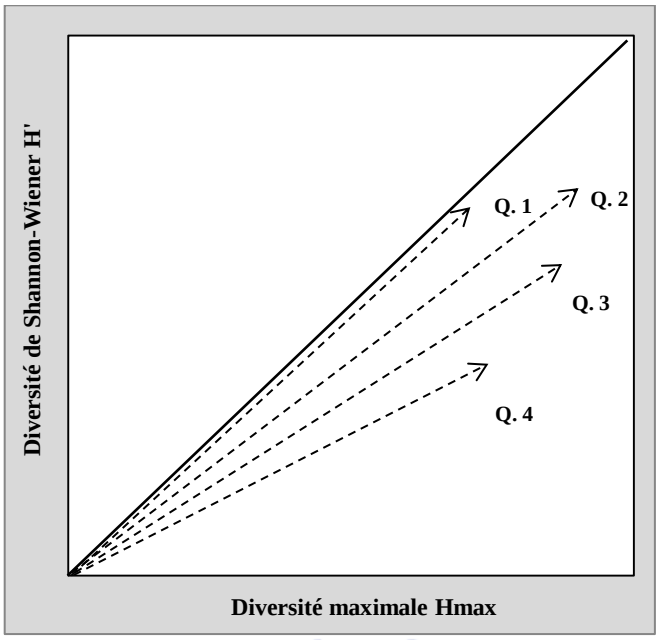



**Figure 33 : Représentation de l'indice Q basé sur le modèle de DIMO (QINGHONG, 1995), détermination graphique de la diversité.** L'indice Q correspond à la longueur du vecteur de l'origine au point –prélèvement (ligne de flèche).

Rapport-gratuit.com
LE MEMOIRE MONDIAL DES MEMOIRES

Si on privilège la richesse spécifique dans la diversité, l'indice de Shannon-Wiener devient insatisfaisant. Comme il a été mentionné auparavant, l'indice Q, issu d'une transformation de l'indice H', est élaboré à partir du modèle DIMO (QINGHONG, 1995) et est défini comme étant la longueur du vecteur de l'origine au point – station.

L'indice Q correspond à la longueur du vecteur (ligne de la flèche). La longueur du vecteur dépend de la richesse spécifique et de l'équitabilité. Les communautés Q1, Q2 ont les mêmes vecteurs des indices de diversité (H') malgré leurs différences du point de vue richesse spécifique, alors que l'indice donne une valeur importante à Q2 par rapport à Q1 et Q3.

- **La fréquence d'occurrence des espèces**, appelé aussi indice de constance au sens de DAJOZ (1976), la fréquence d'occurrence est le rapport exprimé sous la forme d'un pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce prise en considération sur le nombre total de relevés (DAJOZ, 1971)

  Elle est calculée par la formule :

  C (%) = 100Pi / P

  Pi : le nombre de prélèvements où l'espèce est présente

  P : nombre total des prélèvements

  En fonction de la valeur de C (%), nous qualifions les espèces de la manière suivante : C = 100% espèces omniprésentes

  C = [100- 75[espèces constantes

  C = [75- 50[espèces fréquentes

  C = [50- 25[espèces communes

  C = [25- 5[espèces accessoires

  C $\leq$ 5% espèces rares.

- **L'indice de similitude de Jaccard**, ou de similarité évalue la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé.

  Cette analyse permet de rationaliser le classement des relevés par ordre d'affinité, afin d'obtenir une représentation synthétique de l'organisation. L'analyse est fondée sur l'usage d'un des coefficients de communauté de Jaccard (RAMADE, 2003).

  L'indice de Jaccard est le coefficient d'association connu pour étudier la similarité entre les échantillons pour des données binaire, il est calculé par l'expression qui suit :

  $$J=c / (a+b+c)$$

  **a**: nombre d'espèces présentent uniquement dans le relevé a

  **b:** nombre d'espèces présentent uniquement dans le relevé b

**c:** nombre d'espèces communes.

Cet indice varie de 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives (YOUNESS & SAPORTA, 2004).

- **L'indice FDM** réunit deux paramètres, la fréquence d'occurrence F et la dominance moyenne. DM est calculé à partir de la moyenne de l'abondance relative de chaque espèce de la totalité des prélèvements.

  D'après GLEMARC (1964), le produit Fréquence x Dominance moyenne (FDM) caractérise mieux les entités du peuplement. Il permet, en effet, de déterminer la place relative de chaque espèce à l'intérieur d'entités considérées et de visualiser les affinités entre les différents peuplements. Ce facteur FDM a été repris par de nombreux auteurs (LE BRIS, 1988 ; MORA et *al.*, 1989 ; BAYED, 1991; AFLI & GLEMARC, 2000 ; CHAOUTI, 2003 ; BAZAÏRI, 2003 ; CHERKAOUI et *al.*, 2003).

### 6.2. Traitements statistiques des données

#### 6.2.1 Tests statistiques simples : corrélation de Pearson

Cette méthode a pour but la simplification, l'ordination et la coordination des données initiales, en exprimant la trame complexe dans des inter-relations entre variables par un plus petit nombre de facteurs (PEARSON & ROSENBER, 1978). Ces facteurs sont représentés par des axes perpendiculaires qui délimitent les plans dans lesquels se projettent les points «les indices de diversité » et « facteurs du milieux ».

Le test de PEARSON calcule et élabore des matrices de coefficients r ainsi que des covariances pour toutes les paires de variables d'une liste (option de matrice carrée) ou pour chaque paire de variables formée en prenant une variable de chacune de deux listes de variables (option de matrice rectangulaire).

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre les deux séries de données, il peut prendre les valeurs -1 à 1. Une valeur de (+1) montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante ; une valeur de (-1) montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissante, et une valeur de 0 montre que les variables ne sont pas linéaires entres elles (BOLBAPOCĂ & JÄNTSCHI, 2006).

#### 6.2.2. Méthodes statistiques multivariées

Les méthodes utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse factorielle de correspondances (AFC), l'analyse en composantes principales (ACP) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

**a.** L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est une méthode couramment utilisée en études biologiques (HOTELLING, 1933 et 1936 ; CHARDY *et al.*, 1976 ; DESPREZ, 1981 ;

HILY, 1984 ; LE BRIS, 1988). Elle permet un traitement synthétique des données multivariables et a pour but la simplification, l'ordination et la coordination des données initiales, en exprimant la trame complexe dans des inter-relations entre variables par un plus petit nombre de facteurs. Ces facteurs sont représentés par des axes perpendiculaires qui délimitent les plans.

Elle s'applique par excellence aux tableaux de contingence qui utilise la distance Chi-2 pour comparer les variables ou les individus entre eux. Cette distance est un coefficient de ressemblance asymétrique (DAGET, 1976 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1984) qui confère une sensibilité plus importante aux espèces de faibles abondances et permet une analyse symétrique sur les lignes et les colonnes du tableau de données.

**b.** L'analyse en composantes principales (ACP) fait partie des analyses descriptives multivariées. Le but de l'utilisation de cette analyse est de résumer le maximum d'information possibles en perdant le moins possibles pour faciliter l'interprétation d'un grand nombre de données initiales ou bien de donner plus de sens aux données réduites (LE MOAL, 2002).

Cette analyse consiste à transformer les « p » variables quantitatives initiales inter-corrélées en « p » variables quantitatives corrélées ou non appelées « composantes principales » (DERVIN, 1988). L'ACP traite des données numériques contrairement à l'AFC qui peut traiter les données qualitatives (BOUROCHE & SAPORTA, 1980).

Elle vise à mettre en évidence, sous forme graphique, le maximum de l'information continue dans un tableau de données d'un grand nombre de descripteurs, de connaitre la quantité de variance expliquée par les quelques axes principaux indépendants et de dégager les relations entre les variables et les relevés. En fait, elle permet d'obtenir une représentation du nuage de points dans un espace de dimension réduite de telle manière que l'inertie portée par cette espace soit la plus grande possible. Elle est utilisée lorsqu'il s'agit de décrire un tableau des variables numériques continues de type « variables quantitatives x individus » (DAGET, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979).

L'ACP permet donc de réduire des tableaux de grandes tailles en un petit nombre de variables (2 ou 3 généralement) tout en conservant un maximum d'information. Les variables de départ sont dites 'métriques' (LE MOAL, 2002).

**c.** Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) consiste à agréger progressivement les individus selon leur ressemblance, mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilitude (DUCHEZ & LOY, 2005). Cette méthode de classification est destinée à produire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères (LEBART et *al.*, 1982). Elle procède en fait à la construction des classes (paquets) par agglomérations successives des objets deux à deux, qui fournissent une hiérarchie de partition des objets ; Il existe plusieurs méthodes de CAH et plusieurs

coins de calcul de la distance entre deux objets, deux classes ou un objet (BENZECRI, 1973). C'est l'indice de Bray-Curtis qui a été retenu, avec la technique de groupement agglomératif moyen, comme le recommandent LEGENDRE & LEGENDRE (1984).

# CHAPITRE III

# RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

## 1. L'hydrologie de surface

Les conditions climatiques locales déterminent des milieux hydromorphes qui occupent une position intermédiaire entre les milieux terrestres et les milieux d'eaux peu profondes désignés sous le terme d'annexes pluviales. Ces derniers correspondent au sens de LEVEQUE (1996) à une zone d'inondation constituant ainsi un milieu favorable à l'infiltration des eaux de surface et à la recharge de la nappe phréatique.

La rive gauche de l'embouchure de la Tafna constitue une zone d'inondation soumise à des inondations fréquentes, deux unités de mise en eau différentes sont individualisées :

- **Unité de mise en eau naturelle**

Soumise uniquement aux eaux météoriques, la durée de submersion et la hauteur d'eau résultent de la combinaison du modelé et de la texture des sols. En fonction de la durée de stagnation des eaux de surface, trois secteurs sont définis (Fig. 34) :

- le secteur submersible semi-permanent, situé aux niveaux des points les plus bas, la submersion est d'environ sept mois, l'humidité des sols persiste jusqu'à huit mois ; ils sont alimentés d'une part par les eaux des crues des ravins du micro-bassin versant et d'autre part par le débordement de l'estuaire ;
- le secteur temporaire à submersion intermittente, celle-ci dure entre trois et quatre mois, il se localise au niveau des zones soumises aux battements de la nappe phréatique peu profonde (-0 à -60cm) ; les eaux proviennent également des ravins en plus des apports en eaux souterraines ;
- le secteur éphémère se met en eau suite à d'importantes averses sur les parties les plus hautes du marais. La submersion est de un mois (Janvier), durant lequel les précipitations enregistrées étaient 112 mm.

La durée de submersion est donc complètement sous la dépendance des conditions climatiques régionales. Lors des crues, les eaux s'étendent transversalement dans la zone d'inondation, en noyant temporairement les secteurs les plus bas mettant ainsi la zone d'inondation en liaison avec l'oued Tafna. Ces mouvements développent des échanges de substances nutritives et de matières organiques. Quand le niveau du plan d'eau baisse ces secteurs s'isolent de l'estuaire de la Tafna. L'alternance basses eaux et hautes eaux provoque alors une transition entre milieux aquatique et milieu terrestre (HASSAINE, 2002). Cette caractéristique hydrologique permet l'installation et le développement des espèces de Coléoptères aquatiques et d'autres terrestres.

Le fonctionnement hydrologique du système de cette zone d'inondation et principalement dans les secteurs les plus bas, est lié essentiellement à celui de l'estuaire de la Tafna. Il fonctionne par des battements dont le rythme est réglé par des oscillations du régime hydrologique de l'estuaire et

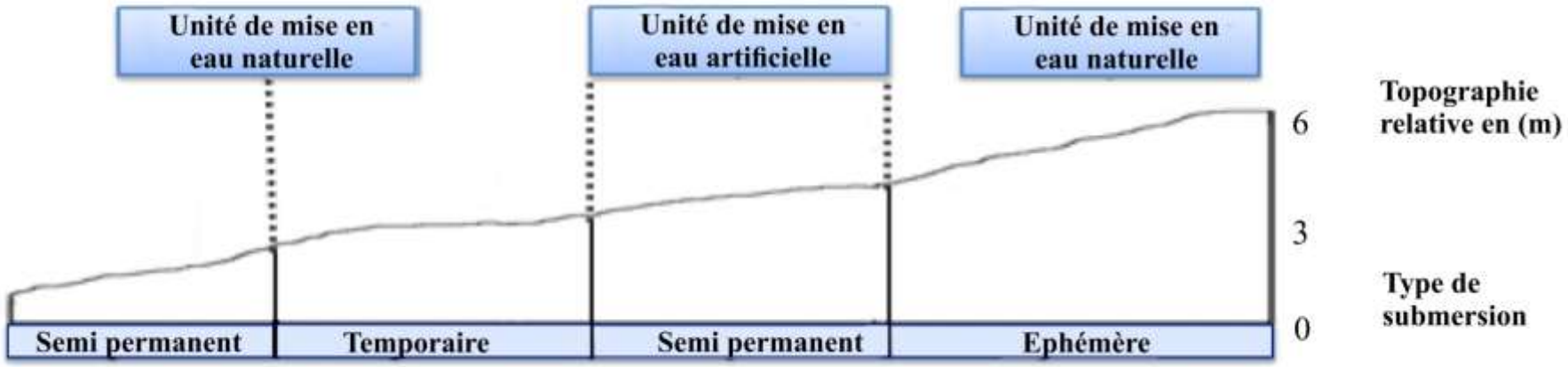



**Figure 34 : Représentation schématique de l'hydrologie de surface et de la topographie du marais**

dont l'impact dépend de l'amplitude, la durée, la fréquence et la régularité des crues. Son bilan hydrologique est donc en fonction des conditions climatiques et édaphiques d'une part et du régime hydrologique de la basse Tafna d'autre part. Ainsi, dans la partie supérieure, le bilan est régit uniquement par le couple précipitations- évaporation. Il caractérise essentiellement les secteurs éphémères.

- **Unité de mise en eau artificielle**

Les terrains avoisinants très fertiles sont utilisés pour les cultures maraîchères. L'eau d'irrigation est prélevée directement de l'oued Tafna par un canal traversant les deux niveaux de végétation intermédiaire. Ce canal contribue à submerger de façon semi permanente une grande partie de la zone d'étude.

**2. Analyse des paramètres édaphiques**

L'Oranie se caractérise par une extension particulièrement importante de zones halophiles qui s'étendent dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud ainsi que dans les enclaves arides (AIME, 1991). Ces milieux halomorphes sont très variés tant par la localisation topographique que par les caractéristiques de salure et régime hydrique.

Les sols du marais sont de type solontchak à complexe sodique (SERVANT ,1975) principalement chargés en chlorure de sodium (BOUANANI, 1991) ; qui sont dû aux conditions aride et semi-aride qui favorisent une forte évaporation et des précipitations limitées (AUBERT, 1976)

Le tableau 6 présente l'ensemble des résultats des paramètres édaphiques réalisés pour 26 échantillons de sol.

La teneur en argile, limon et sable peut varier selon les faciès de végétation et par rapport à l'endroit où les échantillons ont été pris. La teneur en argile est plus élevée au niveau du secteur le plus bas où l'hydromorphie est semi-permanente et tend à donner au sol une structure compacte, contrairement aux niveaux à submersion intermittente à *Salicornia fruticosa* c'est la teneur de limon qui domine avec des valeurs qui excédent 73%. Le secteur hydrophile à *Typha angustifolia* et *Juncus maritimus* est dominé par les limons et le sable (89%). Dans les secteurs à submersion éphémère, le sol se caractérise par une structure grumeleuse due à une texture où les limons et les sables codominent.

Le rapport C/N ou degré de minéralisation indique la proportion de carbone par rapport à l'azote mais également la proportion de l'azote organique par rapport à l'azote minéral. Si ce rapport est élevé, l'azote se trouve alors sous forme organique donc peu disponible sous forme minérale, l'activité biologique est alors très réduite à cause d'un nombre très limité de décomposeurs, suite aux conditions hostiles de salinité et d'hydromorphie.

**Tableau 6 : Résultats des paramètres édaphiques**



Rapport-Gratuit.com

| Groupement végétal | Espèce végétale | Argiles % | Limons % | Sables % | Texture | Conductivité mS/cm | Salinité g/Kg | Carbone g/Kg | Azote g/Kg | C/N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***S. radicans*** | ***A .glaucum*** | 33,46 | 42,14 | 24,4 | la | 2,7 | 50,6 | 20 | 0,61 | 33 |
| ***A. glaucum*** | ***S.radicans*** | 33,46 | 44,14 | 22,4 | la | 2,56 | 49,7 | 17,5 | 0,62 | 28 |
| | ***S.radicans*** | 33,67 | 53,54 | 12,79 | laf | 0,3 | 5,8 | 15,7 | 0,38 | 41 |
| | ***S.radicans*** | 31,27 | 55,04 | 13,69 | laf | 0,39 | 5,8 | 15,7 | 0,38 | 41 |
| | ***A .glaucum*** | 32,07 | 54,23 | 13,7 | laf | 1,93 | 37,7 | 12,8 | 0,07 | 28 |
| ***S. fruticosa*** | ***S.fruticosa*** | 33,67 | 53,54 | 12,79 | laf | 0,32 | 6,5 | 15,5 | 0,35 | 44 |
| | ***S.fruticosa*** | 32,65 | 25,04 | 42,31 | las | 0,28 | 5,2 | 18,4 | 0,6 | 37 |
| | ***S.fruticosa*** | 32,65 | 24,03 | 43,32 | las | 0,31 | 6,9 | 15,9 | 0,51 | 31 |
| | ***S.fruticosa*** | 17,84 | 33,36 | 48,8 | las | 0,52 | 10,1 | 16,9 | 0,54 | 30 |
| | ***S.fruticosa*** | 11,07 | 70,9 | 18,03 | lf | 1,25 | 24,35 | 12,5 | 0,41 | 24 |
| | ***S.fruticosa*** | 7,7 | 73,2 | 19,1 | lf | 1,28 | 24,54 | 17,2 | 0,55 | 31 |
| ***Su. fruticosa*** | ***Su.fruticosa*** | 9,07 | 72,9 | 18,03 | lf | 1,19 | 23,19 | 17,8 | 0,56 | 24 |
| | ***Su.fruticosa*** | 9,81 | 32,36 | 57,83 | ls | 0,28 | 5,31 | 18,4 | 0,62 | 28 |
| | ***Su.fruticosa*** | 19,01 | 8,59 | 72,4 | ls | 0,33 | 6,4 | 12,9 | 0,18 | 25 |
| | ***Su.fruticosa*** | 9,81 | 32,36 | 57,83 | ls | 0,35 | 6,8 | 19,9 | 0,59 | 23 |
| | ***Su.fruticosa*** | 10,61 | 30,55 | 58,84 | ls | 7,82 | 15,23 | 16 | 0,21 | 21 |
| | ***Su.fruticosa*** | 7,41 | 32,15 | 60,44 | ls | 7,84 | 15,83 | 15,8 | 0,27 | 24 |
| | ***Su.fruticosa*** | 8,94 | 7,56 | 83,5 | sl | 0,66 | 1,32 | 13,6 | 0,39 | 21 |
| | ***Su.fruticosa*** | 9,21 | 2,64 | 88,15 | sl | 0,9 | 1,74 | 12,8 | 0,52 | 25 |
| ***J. maritimus*** | ***J.maritimus*** | 11,77 | 30,88 | 57,35 | ls | 0,55 | 1,07 | 16,1 | 0,31 | 52 |
| | ***J.maritimus*** | 7,94 | 33,4 | 58,66 | ls | 0,63 | 1,22 | 16,8 | 0,52 | 32 |
| | ***J.maritimus*** | 7,41 | 34,19 | 58,4 | ls | 0,6 | 1,67 | 16,6 | 0,52 | 32 |
| | ***J.maritimus*** | 11,77 | 30,88 | 57,35 | ls | 2,3 | 4,48 | 11,5 | 0,41 | 27 |
| ***T. angustifolia*** | ***T.angustifolia*** | 8,21 | 2,65 | 89,14 | sl | 1,6 | 2,33 | 15,2 | 0,71 | 25 |
| | ***T.angustifolia*** | 11,32 | 7,53 | 81,15 | sl | 1 | 1,95 | 12,9 | 0,52 | 25 |
| | ***T.angustifolia*** | 8,94 | 7,56 | 83,5 | sl | 2,83 | 5,51 | 13,1 | 0,54 | 26 |

La représentation graphique en boites à moustache de Tukey ou la boxplot de la figure 35 permet d'appréhender visuellement l'ordre de grandeur de trois paramètres édaphiques : conductivité, taux de salinité et rapport C/N ainsi que leur dispersion dans les cinq faciès de végétation.

La conductivité varie relativement peu dans les faciès des points les plus bas, contrairement au faciès à *Suaeda fruticosa* G.V qui présente une distribution plus allongée entre une valeur extrême de 7,84 correspondant à l'extrémité de la moustache supérieure et une valeur minimale de 0,28 représentée par l'extrémité de la moustache inférieure. De plus, la médiane qui s'écarte largement de la moyenne confirme également cette hétérogénéité des valeurs.

La salinité dans le faciès le plus bas à *Arthrocnemum glaucum* montre d'une part une distribution très allongée à cause des différences de valeurs de salinité (minimum de 5,8g/kg de terre sèche et un maximum de 50,6g/kg de terre sèche) et d'autre part la médiane qui s'écarte de la moyenne confirme une distribution dissymétrique (LE GUEN, 1999).
L'étendue des valeurs de salinité est plus réduite pour les faciès G.II et G.V à cause de leur position intermédiaire dans le marais et la médiane inferieure à la moyenne traduit une distribution plus allongée vers les grandes valeurs de salinité (LE GUEN, 1999) dans ces faciès halophiles.
G.III à *Juncus maritimus* et G.IV à *Typha angustifolia* montrent des intervalles très réduits confirmant ainsi leur position hydrophile, avec des valeurs des taux de salinité qui restent similaire entre 5,51 et 1,07.

Le rapport C/N pour les niveaux à *Typha angustifolia* et à *Suaeda fruticosa* laisse apparaitre des intervalles très réduits surtout pour le faciès hydrophile G.IV qui présente des valeurs très proches de C/N variant entre 25 et 26.
Par ailleurs les faciès G.I et G.II montrent des intervalles plus étalés avec des médianes inférieures aux moyennes qui prouvent une distribution plus allongée vers les plus grandes valeurs du rapport C/N.
Le faciès hydrophile G.III à *Juncus maritimus* présente la distribution la plus allongée avec un rapport C/N variant entre une valeur extrême de 52 et une valeur minimale de 32. La distribution dissymétrique de ce facteur dans ce faciès apparait clairement grâce à la médiane qui s'écarte de la moyenne.
La figure 36 traduit la variation de deux facteurs selon le gradient d'humidité et de texture à travers les différents faciès végétaux précédemment définis. Le rapport C/N varie avec la texture du sol, il est d'autant plus élevé que la texture est plus fine. Ce rapport est supérieur à 25 sur plus de 92% des échantillons. La vitesse de décomposition est très lente dans l'ensemble de l'aire

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

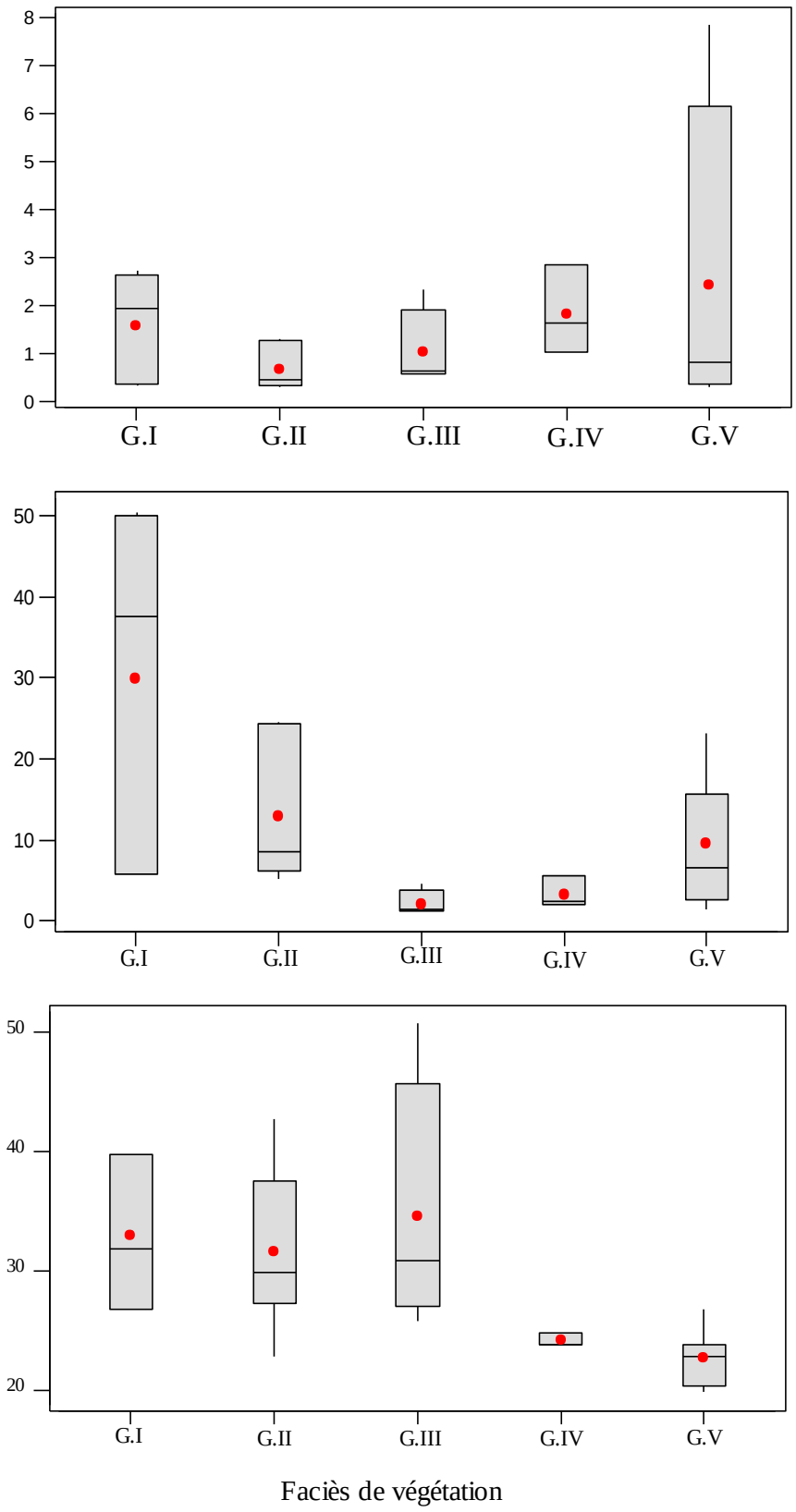



**Figure 35 : Diagrammes en boites à moustaches de Tukey de trois facteurs édaphiques des cinq faciès de végétation** (les moyennes sont indiquées par des cercles rouges).

d'étude, l'humidité relativement importante et la teneur en sel élevée jouent un rôle défavorable à l'égard des organismes de la décomposition. Seuls les points les plus hauts, à *Suaeda fruticosa* présentant une texture moins fine (sablo-limoneuse) se caractérisent par un rapport C/N inférieur à 25.

L'accumulation des sels dans la couche superficielle du sol est toujours plus forte que le lessivage en raison avec sa texture fine à très fine qui rend le lessivage difficile. Les plus fortes teneurs sont enregistrées dans les secteurs le plus bas (50,6g/kg) puis elles diminuent progressivement (15g/kg) en allant vers les points les plus bas.

**3. Analyse de la végétation**

La végétation joue un rôle d'indicateur biotique et physique, compte tenu de ses relations avec l'hydromorphie et la salinité mais également ses liens avec les différents habitats auxquels est inféodée la répartition de Coléoptères dans le marais essentiellement pour les espèces terricoles.

Cinq niveaux écologiques différents déterminants des faciès de végétation apparaissent clairement exprimant les deux principaux facteurs : l'hydrologie et la salinité (Fig. 37). Le nombre réduit d'espèces, ainsi que la distribution très stricte des individus dans l'espace, traduisent les conditions extrêmes qui règnent dans ce milieu (adaptation spécifique).

Le marais est couvert d'une végétation caractéristique qui se distingue facilement, représentée par des halophytes et des hydrophytes et qui confirme les résultats de DUBUIS & SIMONNEAU, 1957 (Fig.38).

Des espèces vivaces, *Arthrocnemum glaucum*, *Salicornia radicans* et *Salicornia fruticosa* capables de supportées de fortes doses de salinité et un engorgement temporaire, peuplent les niveaux les plus bas où la période de submersion peut atteindre huit mois.

Le marais correspond aussi à une prairie de soudes à *Suaeda fruticosa*, associé à des peuplements de *Juncus maritimus* et de *Typha angustifolia* dans les niveaux les plus élevés (Fig.39).

La limite Nord du marais est caractérisée par des plages de sol nu faisant apparaitre en période d'assèchement des efflorescences salines en surface.

- Trois faciès hydrophiles halophiles se succèdent du Nord au Sud dans notre aire d'étude, selon un gradient décroissant d'hydromorphie et de salinité:
  - **Le faciès à *Arthrocnemum glaucum* et *Salicornia radicans* (G.I)**

Ce faciès se localise dans les niveaux les plus bas du marais à proximité de l'estuaire et de la mer. Il présente une superficie assez limitée dans le marais contrairement à ceux du marais de la Sebkha d'Oran (BOUKLI HACENE & HASSAINE 2009, 2010).

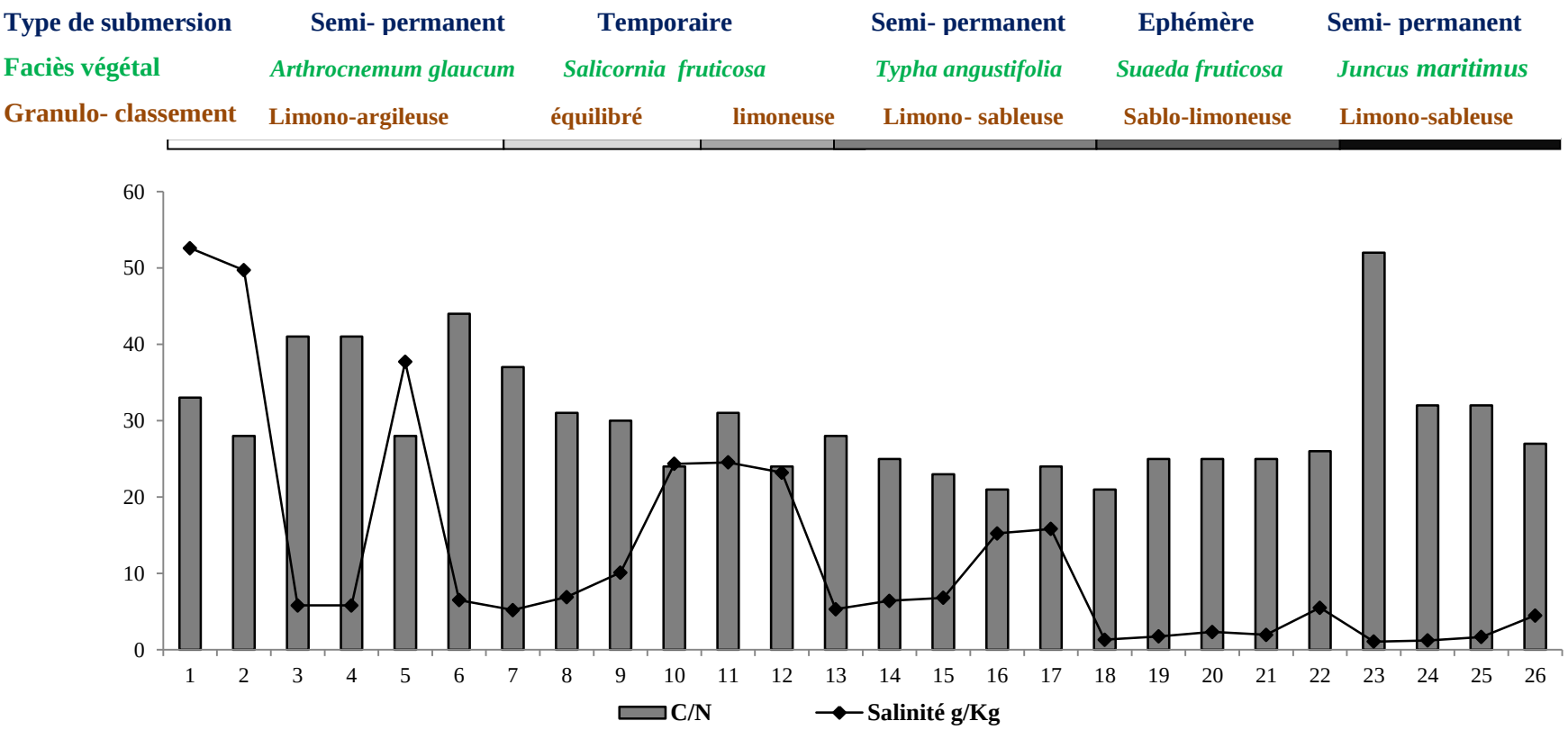
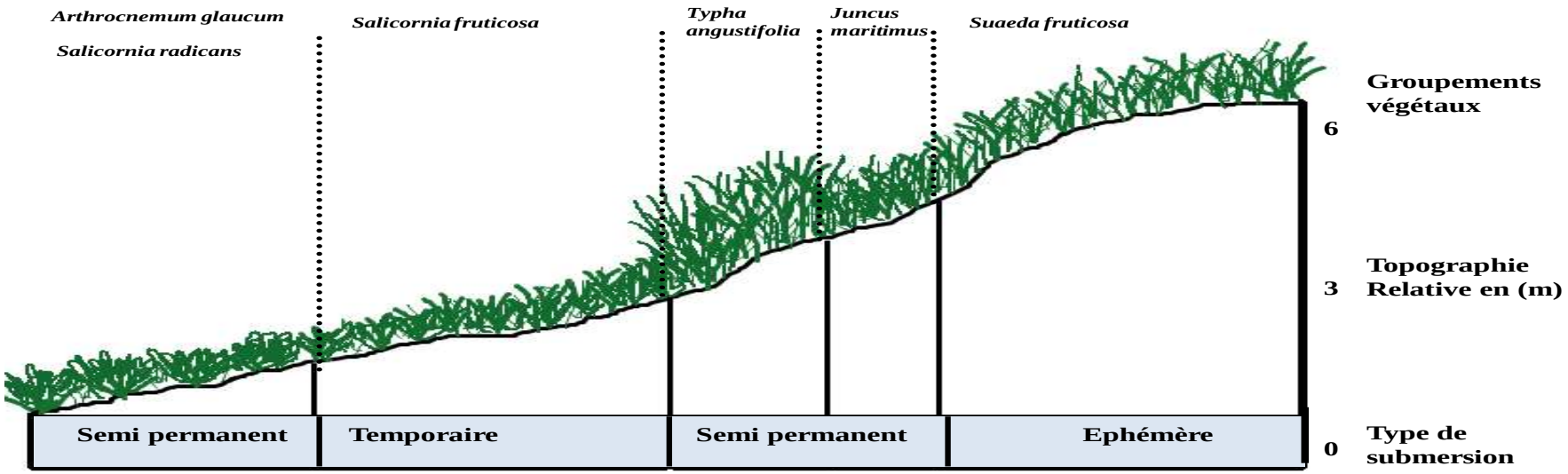



**Figure 36 : Relation entre le rapport C/N, la salinité et la texture du sol**




**G. I**: *Arthrocnemum glaucum* & *Salicornia radicans*
**G. II** : *Salicornia fruticosa*
**G. III** : *Juncus maritimus*
**G. IV** : *Typha angustifolia*
**G. V** : *Suaeda fruticosa*

**Figure 37 : Représentation schématique des faciès de végétations en fonction de l'hydrologie de surface.**

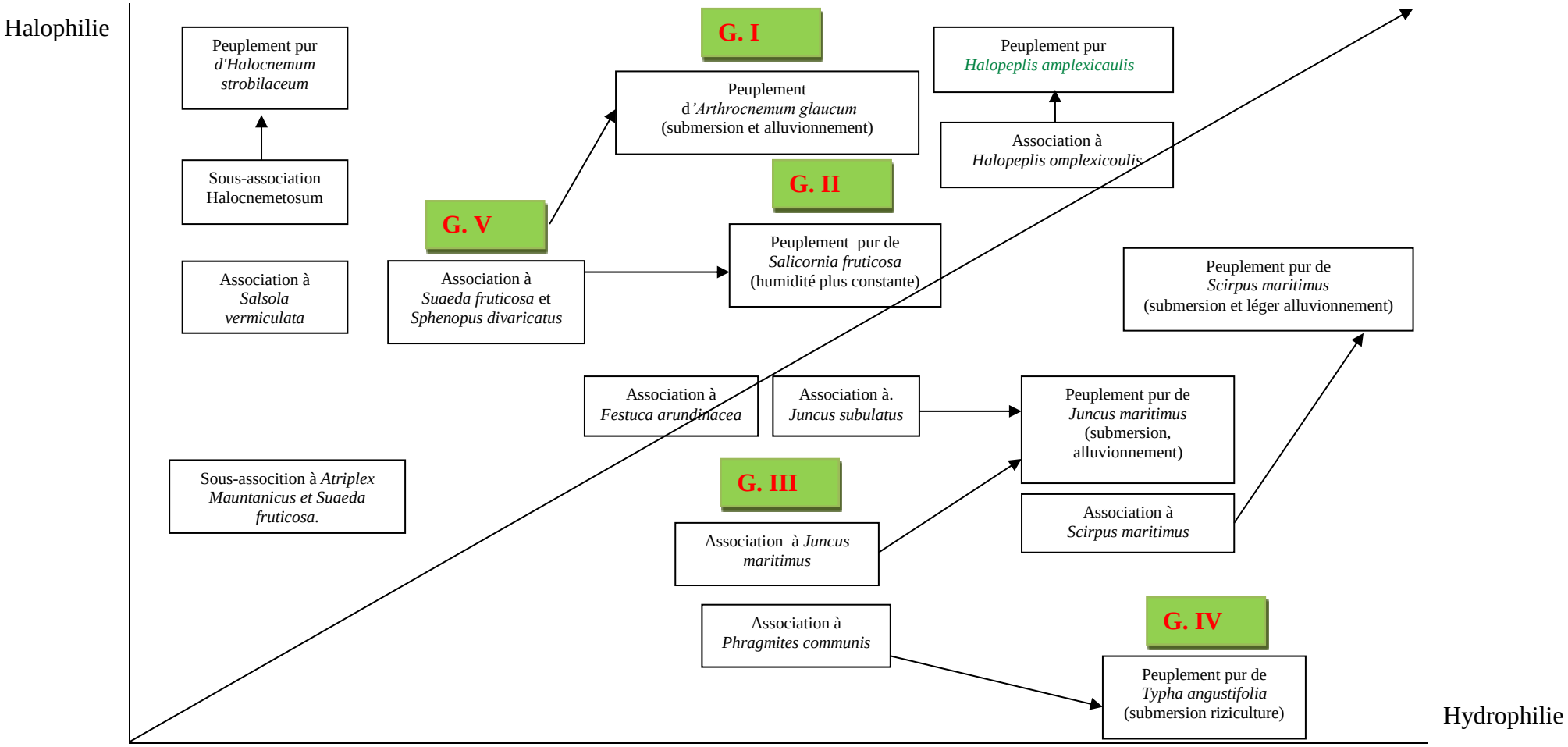
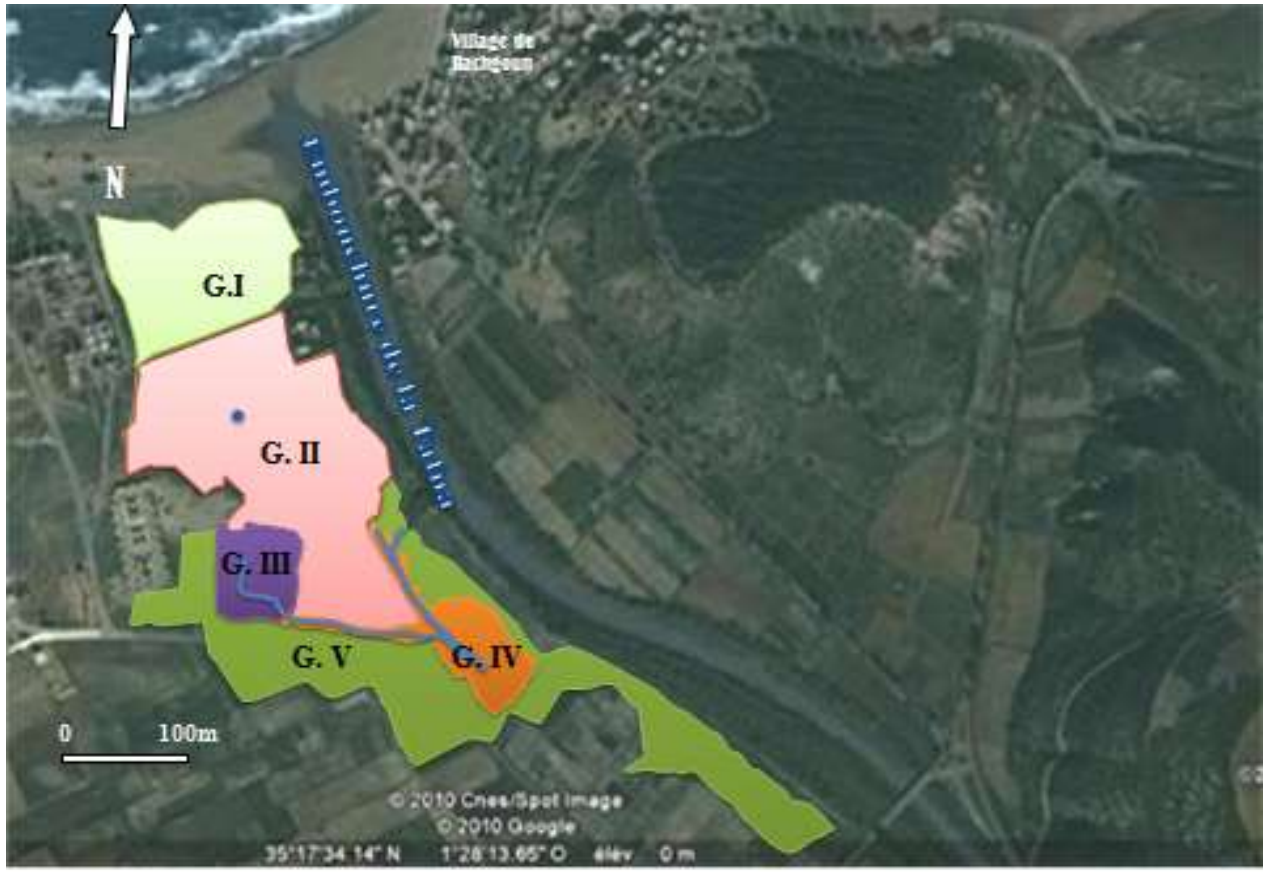



**Figure 38 : Superposition des faciès de végétation sur la représentation schématique des caractères relatifs des groupements végétaux des terrains salés de l'Ouest Algérien établie par DUBUIS & SIMONNEAU (1957).**




G. *Arthrocnemum glaucum* & *Salicornia radicans*
G. *Typha angustifolia*
G. *Salicornia fruticosa*
G. *Juncus maritimus*
G. *Suaeda fruticosa*

Puits
Canal d'irrigation

**G. II**
*Inula crithmoïdes*
*Polypogon monspelliensis*
*Limonium vulgare*

**G. III**
*Atriplex glauca*
*Limonium* .sp
*Spergularia marginata*

**G. IV**
*Juncus maritimus*
*Aeluropus littoralis*
*Inula crithmoides*
*Atriplex glauca*
*Matricaria aurea*
*Salsola longifolia*
*Daucus aureus*
*Spergularia marginata*

**G.V**
*Chenopodium*.sp
*Spergularia salina*
*Spergularia marginata*
*Atriplex halimus*
*Centoria*.sp
*Trifolium*. sp
*Plantago lagopus*
*Calendula algerensis*

**Figure 39: Individualisation des faciès de végétations selon l'espèce végétale dominante.**

Ce niveau est le plus submersible et coïncide d'une part avec les plus fortes valeurs de salinité (50g/kg), à cause des remontées capillaires (HASSAINE, 2002) et d'autre part il est le siège d'une forte accumulation de matière organique.

Ce faciès est essentiellement constitué d'*Arthrocnemum glaucum*, une espèce qui supporte facilement des submersions prolongées et un alluvionnement intense et de *Salicornia radicans* (Fig. 40), une chénopodiacée vivace qui se localise dans des dépressions constamment humides mais rarement inondées (AGUILERA DELGADO, 2004).

Dans ce groupe toutes les espèces compagnes ont disparu parce que :

- leur cycle évolutif est trop long pour la période d'exondation du milieu ;
- leur tolérance au sel est insuffisante ;
- leur organisation ne leur permet pas de supporter un alluvionnement intense consécutif à des submersions prolongées ou courtes mais fréquentes **(**DUBUIS & SIMONNEAU, 1957).

**Figure 40 : Faciès à *Arthrocnemum glaucum* et *Salicornia radicans***

- **Faciès à *Salicornia fruticosa* (G.II)**

Ce faciès intermédiaire entre les milieux les plus submersibles et les secteurs les plus secs présente une superficie plus importante que le faciès le plus bas à *Arthrocnemum glaucum.*

Le faciès à *Salicornia fruticosa* est un peu plus surélevé sur un sol argilo-limoneux, d'une hauteur moyenne de 50cm et d'un taux de recouvrement de 50% (Fig. 41). La litière est très importante et les teneurs en sels sont très élevées puisqu'elles peuvent excéder les 35g/kg de terres sèches. Le cortège floristique de ce faciès est bien réduit représenté d'une part par *Inula crithmoïdes* une Asteraceae vivace qu'on retrouve sur des remontées de sel assurant ainsi à cette plante qui redoute des submersions prolongées une fraicheur permanente (DUBUIS & SIMONNEAU, 1957) et d'autre part par deux espèces annuelles *Polypogon monspeliensis* et *Limonium vulgare*.

**Figure 41 : Faciès à *Salicornia fruticosa***

- **Faciès à *Suaeda fruticosa* (G.V)**

Se situant dans le niveau le plus haut du marais (Fig. 42) ce faciès appartient selon Br .Bl, 1931 à la sous association de *Suaeda fruticosa* classe des Salicornietea. Il occupe la plus grande partie des steppes salées et ne se met en eau que lors d'importantes averses.

**Figure 42 : Faciès à *Suaeda fruticosa***

Cette espèce est la plus abondante de l'Oranie (QUEZEL & SIMONNEAU, 1960) et occupe plus de 50% de la zone dépressionnaire, avec un taux de recouvrement de 80% à 90%.

Une submersion très limitée moins d'un mois semble convenir à l'extension n de cette espèce contrairement à *Arthrocnemum glaucum* et *Salicornia radicans* (METGE, 1977).

Plusieurs espèces constituent le cortège floristique de ce groupe et se précisent généralement au printemps. Les conditions imposées par le milieu permettent la mise en place des halophytes *Chenopodium.* sp, *Spergularia salina*, *Spergularia marginata*, et des sub- halophytes *Atriplex*

Rapport-Gratuit.com

*halimus* et des d'autres espèces telles que *Centoria*. sp, *Trifolium*. sp *Plantago lagopus* et *Calendula algeriensis*.

- Faciès hydrophiles non halophiles sont représentés par le faciès à *Juncus maritimus* (G.III) et le faciès à *Typha angustifolia* (G.IV) :

  - **Faciès à *Juncus maritimus* (G.III)**

Ce sont des plantes vivaces localisées dans les terrains de type solontchaks plus ou moins marqués mais toujours très humides, parfois même inondés plus ou moins longuement chaque hiver (DUBUIS & SIMONNEAU, 1957) **(**Fig. 43).

Vivant en milieu très humide et indicatrices d'une nappe phréatique peu profonde (BABINOT 1982) cette hygrophyte, marque un stade évolutif de la végétation hygrophile (ENNABILI & GHARNIT, 2003) et conserve son état de dominance même dans des sites asséchés en permanence. Elle est considérée selon DUBUIS & SIMONNEAU (1957) non seulement comme hydrophile mais s'adapte aisément aux zones marécageuses pouvant ainsi tolérée facilement de longues périodes de sécheresses.

**Figure 43 : Faciès à *Juncus maritimus***

L'extension de ce faciès est fortement favorisée par un substrat longtemps gorgé d'eau, situé dans des secteurs plus élevés à texture équilibrée et soumis à une mise en eau artificielle. Les taux de chlorures sont nettement plus faibles comprises entre 10 à 20g/Kg de terre sèche.

Ce faciès est très peu diversifié seuls *Atriplex glauca*, *limonium* sp *et Spergularia marginata* sont témoins d'une salinité antérieure.

  - **Faciès à *Typha angustifolia* (G.IV)**

Ce faciès est traversé par un canal d'irrigation alimenté par l'estuaire de la Tafna qui lui permet une submersion semi-permanente avec un assèchement estival (Fig. 44).

.

**Figure 44 : Faciès à *Typha angustifolia***

De plus cette espèce halotolérante couvre une superficie assez importante de la partie élevée de l'Ouest du marais avec un taux de recouvrement qui excède les 60%. L'horizon superficiel sablo-limoneux est peu salé, avec un taux maximum de 2.23g/Kg de terre sèche. Le recouvrement moyen et la hauteur de végétation (55cm) témoigne d'une certaine défaillance probablement due aux conditions d'halophilie qui règnent dans le marais (HASSAINE, 2002).

D'autres espèces caractérisent ce faciès à savoir *Juncus maritimus, Aeluropus littoralis* et *Inula crithmoides.* Cette dernière se développe dans tous les terrains argileux ou argilo-limoneux et salés (DUBUIS & SIMONNEAU, 1957) et demande une fraîcheur permanente accentuée surtout par les fuites du canal d'irrigation.

*Atriplex glauca, Matricaria aurea, Salsola longifolia, Daucus aureus* et *Spergularia marginata* sont plus faiblement figurés et marquent plutôt la spécificité halophile du groupement.

## 4. Les peuplements des Coléoptères

Les espèces inventoriées dans la présente étude sont pour la plupart déterminées jusqu'au niveau spécifique. Cependant, la détermination de quelques-unes s'est avérée difficile on a donc choisi de s'arrêter au niveau des morpho espèces. La nomenclature suivie est celle de LÖBL & SMETANA, 2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010.

### 4.1. Composition et biogéographie

#### 4.1.1. Composition taxonomique de la faune récoltée

##### 4.1.1.1. Liste des espèces

Pour un bilan de 560 échantillons récoltés pendant la période d'étude qui s'étend d'octobre 2009 à septembre 2010, l'analyse de la composition faunistique globale a conduit à la détermination d'une collection de 3833 individus appartenant à 140 espèces (Tab.7) inégalement représentées entre : 31 familles, 50 sous familles et 113 genres.

Rapport gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRES

## Tableau 7 : Liste des espèces de coléoptères récoltées

| Famille | Sous famille | Genre/espèce |
|---|---|---|
| Carabidae | Nebriinae | *Nebria andalusiaca* (Rambur, 1837) |
| | Cicindelinae | *Calomera lunulata* (Fabricius 1781) |
| | Carabinae | *Calosoma inquisitor* (Linné, 1758) |
| | | *Carabus morbillosus* (Lucas, 1850) |
| | Broscinae | *Broscus politus* (Dejean, 1828) |
| | Siagoninae | *Siagona jenissoni (*Dejean, 1826) |
| | Scaritinae | *Dyschyrius chalybeus* (Putzeys, 1846) |
| | | *Dyschyrius salinus (*Putzeys, 1846) |
| | | *Distichus planus* (Bonelli, 1813) |
| | Trechinae | *Bembidion fluviatile unctulum* (Antoine, 1941) |
| | | *Emphanes axillare occiduum* (Marggi & Huber, 2001) |
| | | *Emphanes normannum mediterraneum* (Csiki, 1928) |
| | | *Tachys scutellaris* (Stephens, 1828) |
| | | *Tachys dimidiatus* (Motschoulsky, 1849) |
| | | *Tachyura lucasi* (Jacquelin -Duval, 1852) |
| | | *Pogonus chalceus* (Dejean, 1828) |
| | | *Notaphus varius* (Olivier, 1795) |
| | | *Dicheirotrechus obsoletus* (Dejean, 1829) |
| | | *Philochthus vicinus* (Lucas, 1846) |
| | Harpalinae | *Chlaenius velutinus* (Duftschmid, 1812) |
| | | *Amblystomus algirinus* (Reitter, 1887) |
| | | *Amblystomus metallescens* (Dejean, 1829) |
| | | *Acinopus megacephalus* (Rossi, 1794) |
| | | *Daptus vittatus* (FischerVon Waldheim, 1824) |
| | | *Harpalus distinguendus (*Duftschmid, 1812) |
| | | *Harpalus microthorax* (Motschoulsky, 1849) |
| | | *Harpalus obletus patruelis* (Dejean, 1829) |
| | | *Stenolophus skrimshireanus* (Stephens, 1828) |
| | | *Calathus fuscipes algiricus* (Gautier des cottes, 1866) |
| | | *Calathus opacus* (Luca, 1846) |
| | | *Agonum marginatum* (Linné, 1758) |
| | | *Orthomus abacoïdes* (Lucas, 1846) |
| | | *Poecelis purpurascens* (Dejean ,1828) |
| | | *Microlestes abeillei brisouti* (Holdhaus, 1885) |
| | | *Microlestes corticalis* (Dufour, 1820) |
| | | *Syntomus fuscomaculatus* (Motschulsky, 1844) |
| | | *Amara aenea* (De Geer, 1774) |
| | | *Acorius metallescens* (Zimmermann, 1831) |
| | | *Zabrus distinctus* (Luca, 1842) |
| | | *Laemostenus algirinus* (Gory, 1833) |
| Gyrinidae | Gyininae | *Aulonogyrus striatus* (Fabricius, 1792) |
| | | *Gyrinus dejeani* (Brullé, 1832) |
| Haliplidae | | *Neohaliplus lineatocollis* (Marsham, 1802) |
| Dytiscidae | Agabinae | *Agabus nebulosus (Forster, 1771)* |
| | Colymbetinae | *Colymbetes fuscus (Linné, 1758)* |
| | | *Rhanthus hispanicus (Sharp, 1822)* |
| | Hydroporinae | *Hydroglyphus geminus (Fabricius, 1792)* |
| | | *Hygrotus (Coelambus) confluens (Fabricius, 1787)* |
| | | *Deronectes fairmairei (Leprier, 1877)* |
| | | *Potamonectes clarkii (Wollaston, 1863)* |
| | | *Potamonectes cerisyi (Aubé, 1838)* |
| | | *Hyphydrus aubei (Ganglbauer, 1891)* |
| | | *Laccophilus hyalinus (Aubé, 1837)* |
| | | *Laccophilus minutus (Linné, 1758)* |
| Helophoridae | | *Helophorus gr. maritimus (Rey ,1885)* |
| | | *Helophorus.* sp |

## Tableau 7 : Liste des espèces de Coléoptères récoltées (suite)

| | | |
|---|---|---|
| Hydrophilidae | Hydrophilinae | *Berosus hispanicus* (Küster, 1847) |
| | | *Enochrus bicolor* (Fabricius, 1792) |
| | | *Enochrus ater* (Kuwert, 1888) |
| | | *Helochares lividus* (Forster, 1771) |
| Histeridae | Histerinae | *Saprinus* sp. |
| | | *Hister* sp. |
| Hydraenidae | Ochthebiinae | *Ochthebius* sp (Leach, 1815) |
| Silphidae | Silphinae | *Silpha puncticollis* (*Lucas*, 1846) |
| | | *Silpha olivieri* (Bedel, 1887) |
| Staphylinidae | Staphylininae | *Quedius pallipes* (Lucas, 1846) |
| | | *Philonthus longicornis* (Stephens, 1799) |
| | | *Philonthus quisquiliarius* (Gyllenhal, 1810) |
| | Oxytelinae | *Bledius opacus* (Block, 1799) |
| | | *Platysthetus cornutus* (Gravenhorst, 1802) |
| | | *Trogophloeus corticinus* (Gravenhorst, 1806) |
| | Steninae | *Stenus guttula* (Linné, 1758) |
| | | *Stenus melanopus* (Marsham, 1802) |
| | Tachyporinae | *Tachyporus* Gravenhorst 1802 |
| Scarabeidae | Aphodinae | *Aphodius subterraneus* Linnaeus, 1758 |
| | Scarabaeinae | *Onthophagus crocatus* (Mulsant & Godart, 187 3) |
| | | *Onthophagus similis* (Scriba, 1790) |
| | | *Scarabeus sacer* (Linné, 1758) |
| | Cetoniinae | *Tropinota squalida pilosa* (Brullé, 1832) |
| | | *Oxythyrea funesta* (Poda von Neuhaus, 1761) |
| | | *Aethiessa floralis* (Erichson, 1841) |
| Bupresdidae | Agrilinae | *Trachys troglodytiformis* (Obenberger, 1918) |
| | | *Aphanisticus emarginatus* (Olivier, 1790) |
| Heteroceridae | Heterocerinae | *Heterocerus parallelus* (Gebler, 1830) |
| | | *Heterocerus pallidivestis* (Guyllebeau, 1893) |
| Elateridae | Elaterinae | *Agriotes sordidus* (Illiger, 1807) |
| | | *Agriotes pilosellus* (Schönherr, 1817) |
| Drilidae | | *Malacogaster bassii* (Lucas, 1870) |
| Cantharidae | Cantharinae | *Cantharis sp* |
| Dermastidae | Dermastinae | *Dermestes sardous* (Küster, 1846) |
| Dasytidae | Dasytinae | *Dasytes virens* (Marsham, 1802) |
| | | *Dasytes* sp. |
| Malachiidae | Malachiinae | *Malachius abdominalis* (Fabricius, 1798) |
| Nitidulidae | Carpophilinae | *Urophorus humeralis* (Fabricius, 1798) |
| Endomychidae | Lycoperdinae | *Dapsa pallescens* (Marseul, 1868) |
| Coccinellidae | Coccinellinae | *Coccinella septempunctata algerica* (Kovar, 1977) |
| | | *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777) |
| | | *Harmonia quadripunctata* (Pontoppidan, 1763) |
| | | *Hyperaspis* sp. |
| | Scymninae | *Scymnus rubromaculatus* (Goeze, 1778) |
| Mordellidae | | *Mordella* sp. |
| Tenebrionidae | Pimeliinae | *Pimelia* sp. |
| | | *Pachychila* sp. |
| | Tenebrioninae | *Blaps* sp. |
| | | *Neopachypterus mauritanicus* (Lucas, 1846) |
| | Diaperinae | *Phtora crenata* (Germar, 1836) |
| Oedemeridae | Oedemerinae | *Oedemera crassipes* (Ganglbauer, 1881) |
| | | *Oedemera nobilis* (Scopoli, 1763) |
| | | *Oedemera marmorata* (Erichson, 1841) |

**Tableau 7: Liste des espèces de coléoptères récoltées (suite)**

| | | |
|---|---|---|
| Meloïdae | Meloinae | *Berberomeloe majalis* (Linné, 1758) |
| | | *Lagorina scutellata* (Laporte, 1840) |
| | | *Mylabris* sp. |
| | | *Meloe cavensis* (Petagna, 1819) |
| Anthicidae | Anthicinae | *Cordicomus instabilis* (Schmidt, 1842) |
| Chrysomelidae | Cassidinae | *Cassida rubiginosa* (Mueller, 1776) |
| | | *Cassida vittata* (Villers, 1789) |
| | Chrysomelinae | *Chrysolina bicolor* (Fabricius, 1775) |
| | | *Chrysolina bankii* (Fabricius, 1775) |
| | | *Chrysolina lucidicollis* (Küster, 1845) |
| | | *Chrysolina numida* (Reiche, 1864) |
| | | *Timarcha rugosa***,** Linnaeus, 1767 |
| | Alticinae | *Chaetocnema tibialis* (Illiger, 1807) |
| | | *Podagrica malvae semirufa* (Küster, 1847) |
| | Cryptocephalinae | *Labidostomus taxicornis* (Fabricius 1792) |
| | | *Lachnaia variolosa* (Linné, 1767) |
| | | *Cryptocephalus* sp (Geoffrey, 1962) |
| | | *Cryptocephalus rugicollis* (Olivier, 1791) |
| Curculionidae | Rhynchophorinae | *Sphenophorus piceus* Pallas, 1776 |
| | Bagoinae | *Bagous argillaceus* (Gyllenhal, 1836) |
| | Barinae | *Baris* sp. (Germar, 1817) |
| | Lixinae | *Cleonus* sp. (Schönheer, 1826) |
| | | *Larinus* sp (Dejean, 1821) |
| | | *Lixus* sp. (Fabricius, 1801) |
| | Curculioninae | *Pachytychius* sp. (Jekel, 1861) |
| | Entiminae | *Sitona macularius* (Marsham 1802) |
| | | *Perapion violaceum* ( Kirby, 1808) |
| Alleculidae | | *Heliotaurus ruficollis* (Fabricius, 1781) |
| | | *Heliotaurus distinctus* Castelnau, 1840 |
| Meleridae | | *Psilothrix illustris* (Wollaston, 1854) |

#### 4.1.1.2. Analyse de la composition faunistique

Pour bien illustrer les variations de cette composition faunistique, nous l'avons représentée aussi bien en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus (Fig. 45).

La famille des Carabidae prédomine aussi bien en nombre qu'en richesse spécifique et présente plus du quart de la faune récoltée avec 29% (40 espèces) et son importance relative par rapport à l'abondance totale est de 45% (1730 individus).

La famille des Chrysomelidae vient en deuxième position en richesse spécifique mais elle est légèrement moins abondante (12%) par rapport aux Dytiscidae qui domine en nombre (13%) mais pas en richesse spécifique (8%).

Les Curculionidae et les Staphylinidae présentent la même abondance relative (2%) ainsi que la de richesse spécifique (6%).

Les Tenebrionidae et les Scarabaeidae montrent des richesses presque similaires respectivement 4% et 5% mais des abondances relatives identiques à savoir 2%.

Le Hydrophilidae, les Meloidae et les Oedemeridae présentent le même nombre d'espèce 3% mais les Hydrophilidae sont nettement plus nombreux (6%) de l'abondance suivie des Meloidae avec 3%. Les Oedemeridae sont très faiblement représentés avec moins de 20 individus. Avec des abondances relativement faibles (moins de 50 individus) les Gyrinidae, les Heteroceridae, les

Buprestidae, les Elateridae, les Dasytidae, les Helophoridae et les Histeridae figurent avec deux espèces chacune.

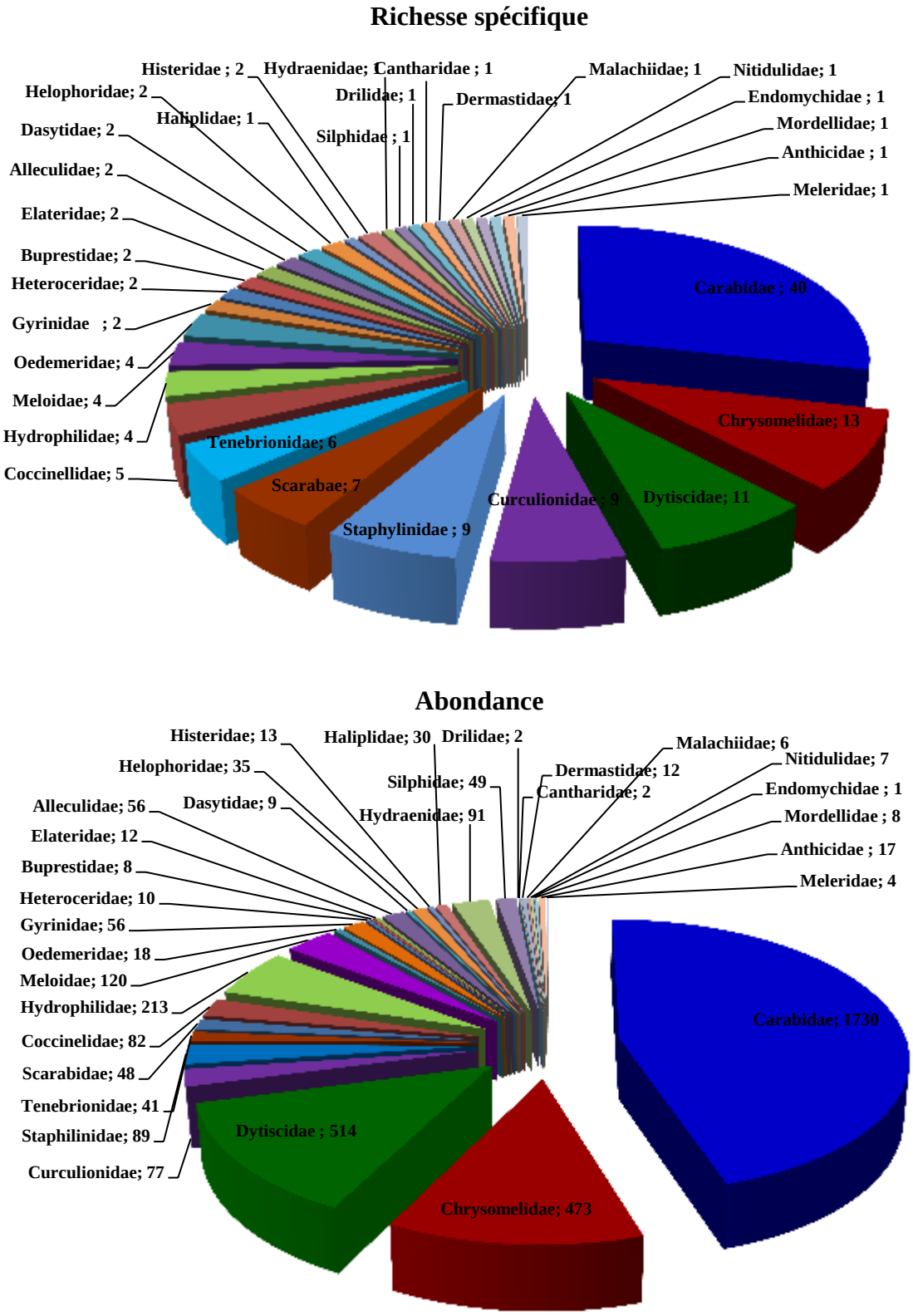



**Figure 45: Représentation de la richesse spécifique et de l'abondance des familles des coléoptères**

Les douze familles restantes ne sont représentées que par une seule espèce, il s'agit des Haliplidae, des Hydraenidae, des Silphidae, des Drilidae, des Cantharidae, des Dermestidae, des Malachiidae, des Nitidulidae, des Endomychidae, des Mordellidae, des Anthicidae et des Melyridae mais avec des abondances relativement plus élevées pour les Hydraenidae (2%) et les Silphidae (1%).

Les cinquante sous familles sont également représentées par des abondances et des richesses très fluctuantes (Fig. 46). Les Harpalinae sont les mieux évoqués dans l'ensemble de la collection. Ils constituent prés du 1/7 (13%) de la richesse spécifique et plus du quart (26%) de l'abondance totale. Les Trechinae et les Hydroporinae sont en deuxième position, leurs richesse spécifiques (huit espèces) sont relativement d'importance moyenne. Leurs abondances respectives 11% et 10% sont par contre élevées comparativement aux nombre de représentants.

Cinq espèces représentent les Chrysomelinae mais ces derniers sont moins abondants (moins de 2%) comparativement aux autres sous-familles.

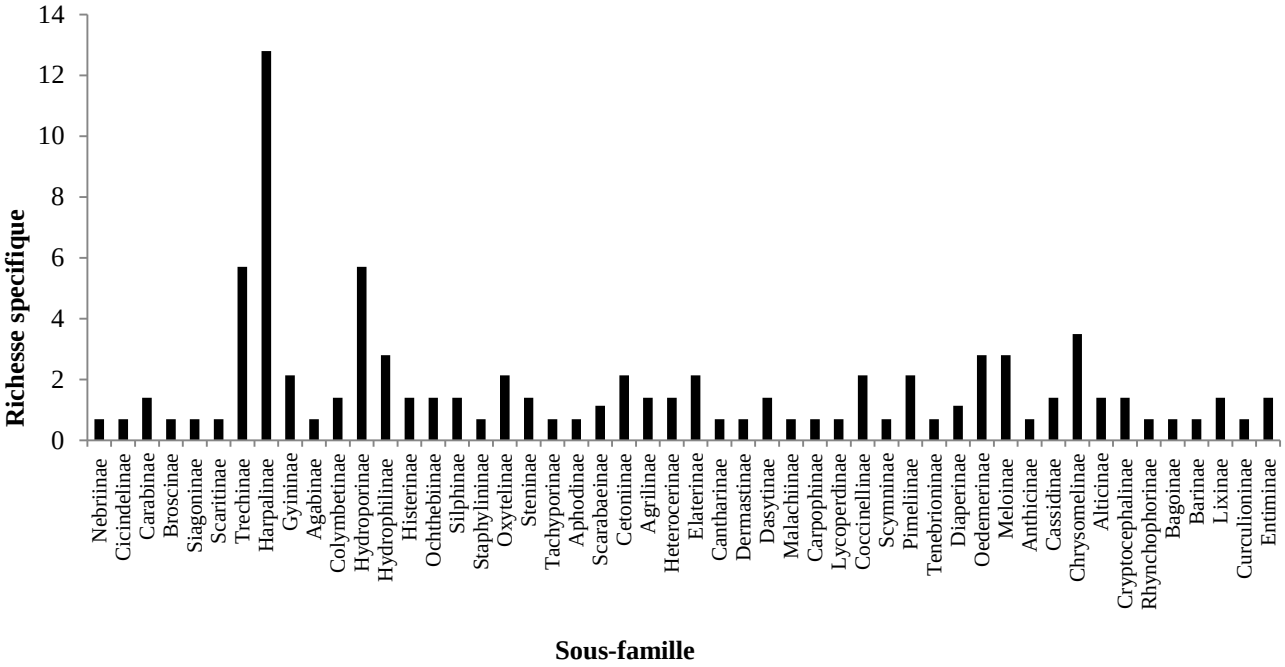
Les Hydrophilinae, les Oedemerinae, les Meloinae et Coccinellinae sont représentées par quatre espèces chacune mais avec des abondances différentes. Les Hydrophilinae sont les plus abondants avec 7% de l'effectif global suivis des Meloinae avec 3% et des Coccinellinae avec moins de 2%. Les Meloinae sont très peu abondants avec moins de 1%.

Les Oxytelinae, les Cetoniinae, les Elaterinae, apparaissent avec trois espèces mais avec une légère dominance des premiers.

Les sous- familles des Colymbetinae, Dasytinae, Tenebrioninae, Cassidinae, Alticinae, Cryptocephalinae, Lixinae, Entiminae, Histerinae, Ochthebiinae, Silphinae, Steninae, Scarabaeinae, Agrilinae, Heterocerinae sont peu représentatives (2 espèces chacune) mais avec une nette dominance des Alticinae qui évoquent 7% de l'effectif total.

Une seule espèce caractérise les sous familles suivantes : les Curculioninae, les Barinae, les Bagoinae, les Rhynchophorinae, les Anthicinae, les Diaperinae, les Scymninae, les Lycoperdinae, les Carpophilinae, les Malachiinae, les Dermestinae, les Cantharinae, les Aphodinae, les Tachyporinae, les Staphylininae, les Agabinae, les Siagoninae, les Broscinae, les Cicindelinae, les Nebriinae et les Scaritinae. Ces derniers sont évoqués par un nombre plus important de spécimens et totalisent plus de 3% du peuplement global.

La composition faunistique analysée à partir de l'importance des genres révèle également des proportions différentes. Les *Chrysolina* sont les plus diversifiés avec quatre espèces mais avec un effectif relativement faible (65 individus) suivi des *Harpalus* (36 individus) et des *Oedemera* (16 individus).



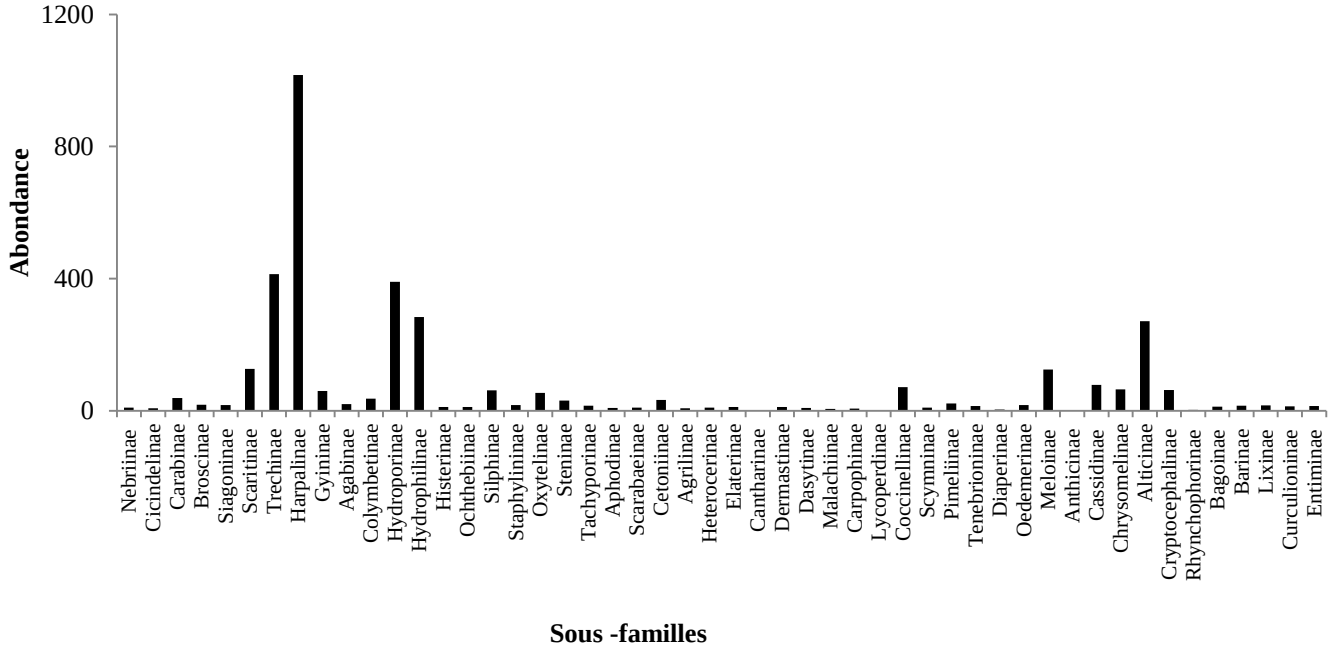




**Figure 46: Importance relative des sous-familles**

Plus de 17% des genres sont figurés par deux espèces à savoir les *Dyschyrius*, les *Emphanes*, les *Tachys*, les *Amblystomus*, les *Calathus*, les *Microlestes*, les *Potamonectes* , les *Helophorus*, les *Enochrus*, les *Silpha*, les *Philonthus*, les *Stenus*, , les *Onthophagus*, les *Heterocerus* et les *Agriotes*, les *Dasytes*, les *Cassida*, les *Cryptocephalus*, les *Heliotaurus* et les *Laccophilus*. La plus grande

dominance revient aux *Amblystomus* qui comportent le nombre d'individus le plus élevé (228) suivis des *Laccophilus* et des *Enochrus* qui montrent respectivement 160 et 179 spécimens.

La majorité soit 90 genres figure par une seule espèce, le genre *Syntomus* est le plus dominant avec 195 symbolisant ainsi 5% du peuplement global suivis de *Chaetocnema* avec 183 individus soit 4% de l'effectif total. Les genres *Agabus*, *Ochthebius*, *Lagorina*, *Podagrica* comportent plus de 2% de la collection intégrale. La majorité soit 85 genres affichent de très faibles effectifs moins de 1%.

### 4.1.2. Biogéographie des Coléoptères et établissement des cartes

L'analyse de la composition biogéographique du peuplement de Coléoptères récolté dans le marais salé requiert l'utilisation des ouvrages de LÖBL & SMETANA (2003, 2004, 2006, 2007, 2008, 2010) qui ont servi de documents de base pour définir la liste des pays où chaque espèce récoltée a été déjà signalée. En raison de certaines omissions au niveau de ces travaux, les informations sont complétées par de BEDEL (1895).

Sur les 140 espèces retrouvées, tous les taxons ne se prêtent pas à une étude biogéographique, 18 sont des morpho- espèces et huit espèces restent sans répartition biogéographique connue. Les cartes ont été classées selon un ordre allant des espèces à très large répartition vers les espèces très localisées connues d'un seul pays.

#### 4.1.2.1 Geotypologie

- **Classification ascendante hiérarchique (CAH)**

La matrice d'entrée est un tableau croisé d'absence-présence des 114 espèces dans 57 pays de la région paléarctique (Annexe 4). La classification hiérarchique ascendante réalisée à partir de cette matrice met en évidence trois grands groupes composés d'un nombre variable d'espèces allant de 28 à 50 (Fig. 47).

Le premier groupe G. I englobe les espèces à très large répartition géographique signalées dans plus de 29 pays de la région paléarctique. *Amara aenea* est signalée dans 54 pays alors que l'espèce *Agonum marginatum* de ce même groupe est signalée dans 39 pays. Leurs aires géographiques s'étendent depuis les régions Nord à plus de 40° Latitude Nord, jusqu'aux régions d'Afrique méditerranéenne, on les retrouve aussi depuis les pays atlantiques jusqu'en Europe centrale.

Ce groupe peut être subdivisé en deux sous-groupes en fonction de leur fréquence d'occurrence, les résultats sont regroupés dans le tableau 8.

- Le premier sous-groupe à *Amara aenea* est composé de 13 espèces qui présentent des fréquences d'occurrence comprises entre un maximum de 0,94 et un minimum de 0,64. Ce sont les espèces les plus répandues à répartition continue.

## 4.2. Evolutions spatiale et temporelle des Coléoptères dans le marais

### 4.2.1. Evolution spatiale des Coléoptères dans le marais

Cette partie sera consacrée à la description des peuplements de Coléoptères du marais en termes de composition et assemblage des espèces qui constituent les cinq faciès de végétation.

Les divers peuplements qui constituent une zoocénose peuvent se définir par un ensemble d'indices et descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces. La description des peuplements récoltés dans chaque faciès est très importante pour comprendre l'organisation spatiale des peuplements de Coléoptères dans le marais. Elle repose sur l'étude indicielle à laquelle sont associées une classification ascendante hiérarchique et une analyse factorielle des correspondances.

#### 4.2.1.1 Comparaison des peuplements de Coléoptères dans les faciès de végétation

- **Variation spatiale de l'abondance**

Le nombre d'individus récoltés dans les cinq faciès de végétation individualisés dans le marais, diffère d'un niveau à un autre (Annexe. 5). La valeur maximale de l'abondance est notée dans le faciès halophile G.II à *Salicornia fruticosa* représentant 32% du peuplement global du marais suivi du faciès G.V à *Suaeda fruticosa* avec 981 individus (26%) (Fig.56).

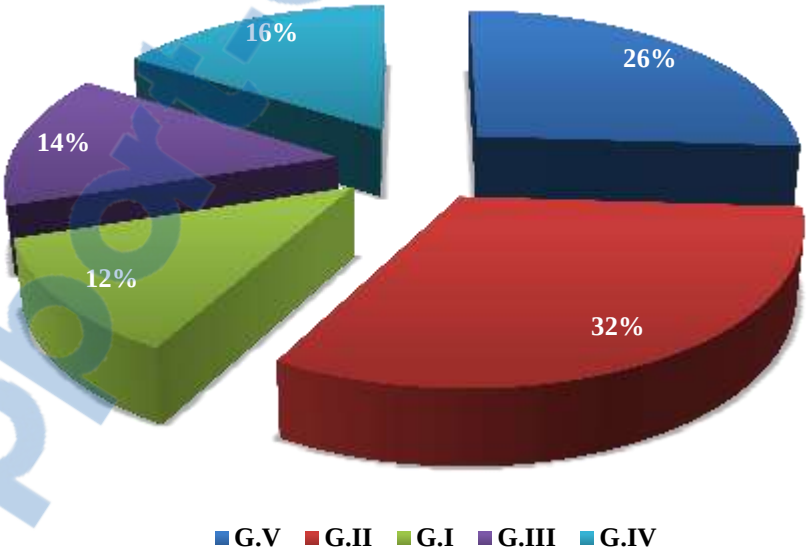



**Figure 56: Importance de l'abondance relative des Coléoptères par faciès de végétation**

Les faciès hydrophiles G.III à *Juncus maritimus* et G.IV à *Typha angustifolia* affichent des abondances comparables respectives de 539 et 635individus. Les peuplements du faciès le plus bas G.I à *Arthrocnemum glaucum* reste le moins abondant avec seulement 465 individus (12%).

- **Variation spatiale de la richesse spécifique**

L'étude spatiale des peuplements de Coléoptères présente une évolution aval-amont de la richesse spécifique (Fig. 57). Cette dernière est assez faible dans le faciès G.I situé dans les points les plus bas avec 19 espèces (8%) seulement, suivie du faciès hydrophile à *Juncus maritimus* avec 37 espèces (15%). Les faciès intermédiaires halophile G.II et hydrophile G.IV affichent des richesses spécifiques comparables respectives de 51 et 53 espèces présentant ainsi la même importance relative de 21% du peuplement global. La valeur maximale de la richesse spécifique est observée au niveau de G.V localisé dans les points les plus hauts à *Suaeda fruticosa* où elle atteint 87 espèces, enregistrant ainsi 35% du peuplement global.

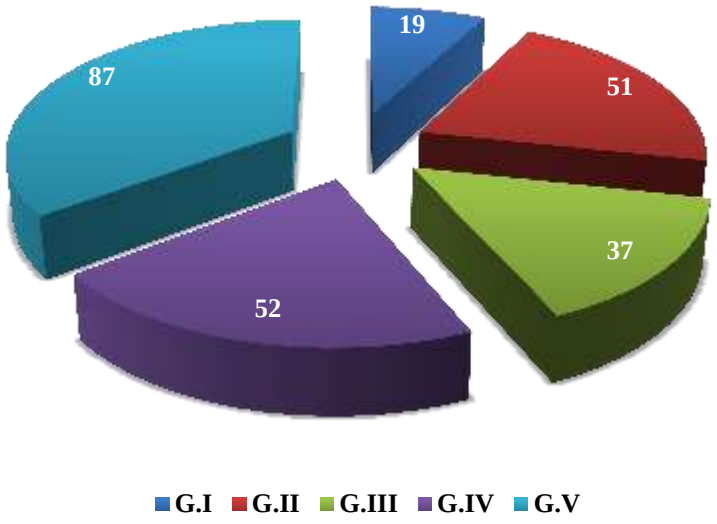



**Figure 57 : Richesse spécifique par faciès de végétation**

La figure 58 montre clairement que l'abondance est positivement corrélée à la richesse spécifique ($r^2$= 0,64 et P=0,24). Cette dernière évolue dans le même sens que l'abondance dans les cinq faciès de végétation.

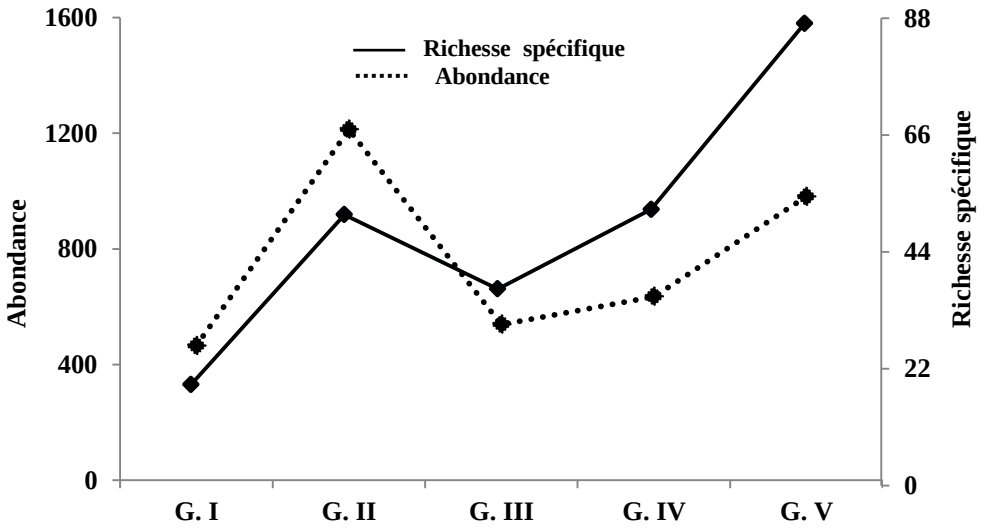



**Figure 58: Evolution spatiale de la richesse spécifique et l'abondance**

Dans les faciès hydro-halophiles G.I et G.II la variabilité quantitative des peuplements est plus importante que la variabilité qualitative. Les 19 et 51 espèces de ces faciès sont représentées par un nombre relativement considérable d'individus.

Dans les faciès hydrophiles et le faciès halophile le plus haut du marais, la variabilité qualitative des peuplements reste plus importante que la variabilité quantitative. Les 52, 37 et 87 espèces qui peuplement ces faciès sont évoquées par un nombre moyen d'individus.

#### 4.2.1.2. Etude indicielle de la diversité spécifique

Sept descripteurs ont été retenus pour la caractérisation de la structure du peuplement à savoir, la diversité de Shannon-Weiner H', l'équitabilité de Pielou *J'*, la diversité D, l'équitabilité Es de Simpson, l'indice de Hill et l'indice de diversité de Qinghong.

- **L'indice de Shannon-Wiener H'**

Sur l'ensemble du marais, l'indice H' atteint une valeur remarquable de 6,17bits. Les valeurs enregistrées au niveau des groupements végétaux sont importantes et témoignent de la codominance de plusieurs espèces (Fig.59).

L'indice de Shannon-Wiener H' varie 3,97 bits (G.I) et 5,84 bits (G.V). Le faible indice de diversité (H') rencontré dans le faciès halophile G.I coïncide d'une part avec la densité relativement élevée (465 ind.) et une faible richesse spécifique (19 espèces) et d'autre part, par la dominance de trois espèces *Chaetocnema tibialis, Microlestes abeillei* et *Emphanes axillare occiduum.*

Le faciès hydrophile G.III marque la valeur de diversité moyenne de 4,67 bits suivi des faciès hydro-halophile G.II et hydrophile G.IV qui montrent les valeurs successives très proches de diversité 5,23 et 5,15.

La valeur maximale de H' correspond au faciès *Suaeda fruticosa* où la richesse spécifique et la densité globale sont maximales.

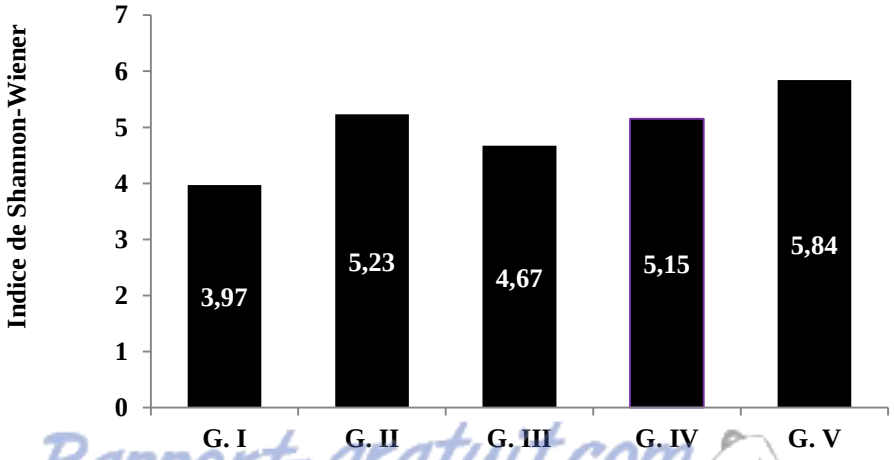



**Figure 59 : Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon-Wiener**

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

- **L'indice de diversité Hmax**

A partir des calculs du logarithme à base de 2 de la richesse spécifique et des histogrammes établis dans la figure 60, la diversité maximale dépasse pour la plu part la valeur de 5, ces dernières se justifient par des richesses spécifiques assez élevées enregistrés dans tous les faciès.

La valeur la plus élevée est de 6,44 notée dans G.V à *Suaeda fruticosa* suivie de G.IV où elle atteint la valeur de 5,7 puis arrive de très près les faciès G.III et G.II avec respectivement de 5,67 et 5,2. Le faciès G.I à *Arthrocnemum glaucum* présente la valeur de H max la plus faible vue sa position dans un niveau à degré d'halophilie le plus élevée.

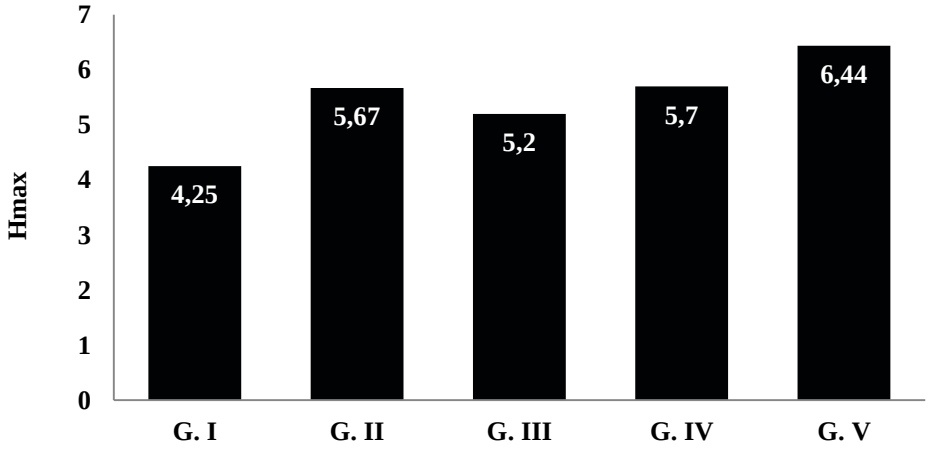



**Figure 60 : Variation spatiale de la diversité maximale**

- **L'indice d'équitabilité *J'* de Piélou**

La figure suivante montre l'évolution spatiale de l'équitabilité *J'* de Piélou qui varie très peu, elle oscille entre un minimum de 0,89 (G.III) et un maximum de 0,93 (G.I). Ces valeurs témoignent aussi d'une régularité des peuplements au niveau de tous les faciès et justifient la valeur de 0,86 atteinte pour l'ensemble du marais.

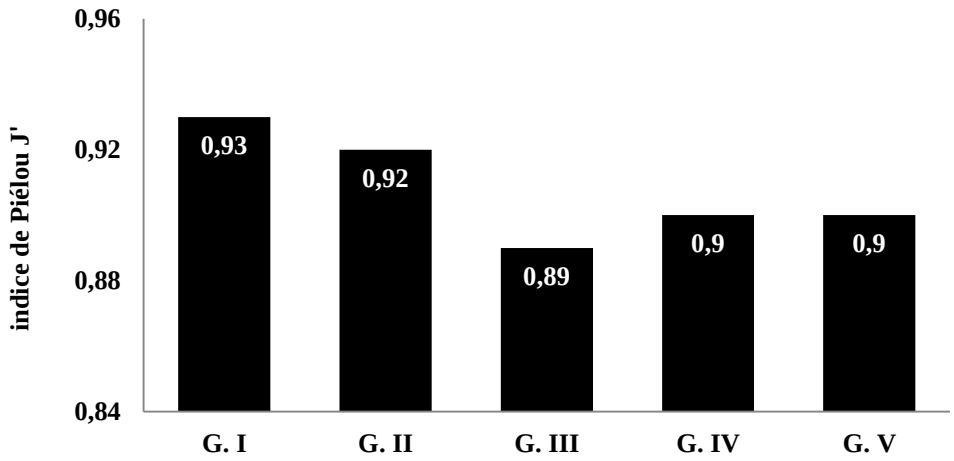



**Figure 61 : Variation spatiale de l'indice de Piélou**

La courbe de l'indice de diversité (H') et de celle de l'équitabilité (*J'*) (Fig. 62) montrent des évolutions semblables dans tous les faciès. Ces deux paramètres varient peu d'un faciès à un autre (P>0,05) mais semble corrélés négativement ($r^2$=-0,68).

Effectivement la valeur maximale de H' qui correspond au faciès halophile G.V à *Suaeda fruticosa* où la richesse spécifique et la densité sont élevées ne l'est pas pour l'équitabilité. Cette dernière est la plus élevée pour le faciès G.I à *Arthrocnemum glaucum* alors que l'indice de diversité est le plus faible. En effet, dans la plus part des faciès l'évolution de l'équitabilité semble suivre le sens contraire de l'évolution de l'indice de diversité H'.

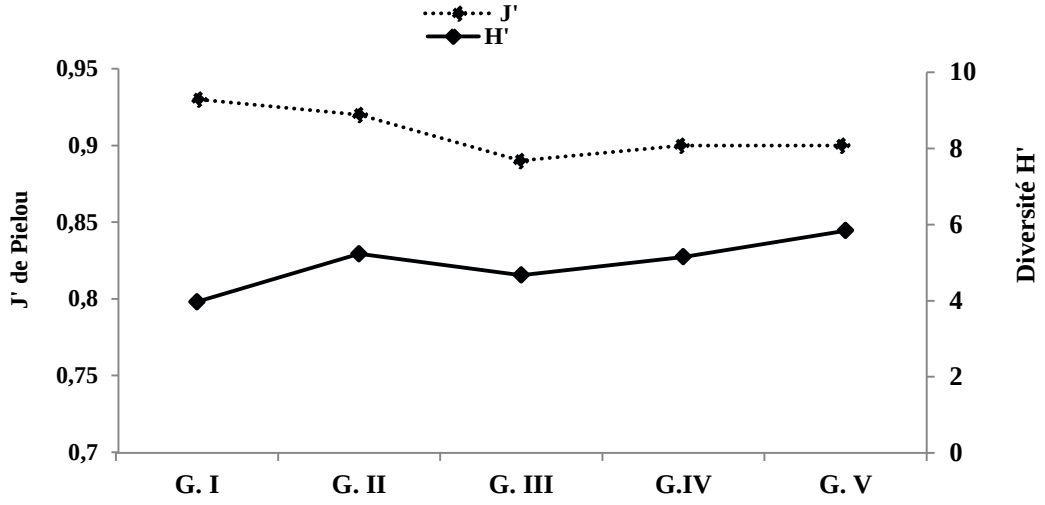



**Figure 62 : Evolution spatiale des indices de diversité et d'équitabilité**

- **Indice de Simpson D**

Les variations de l'indice de Simpson D sont comparables aux variations de l'indice de diversité H' de Shannon-Wiener puisqu'il présente des variations comparables d'un facies à un autre, ces variations sont traduites dans la figure 63.

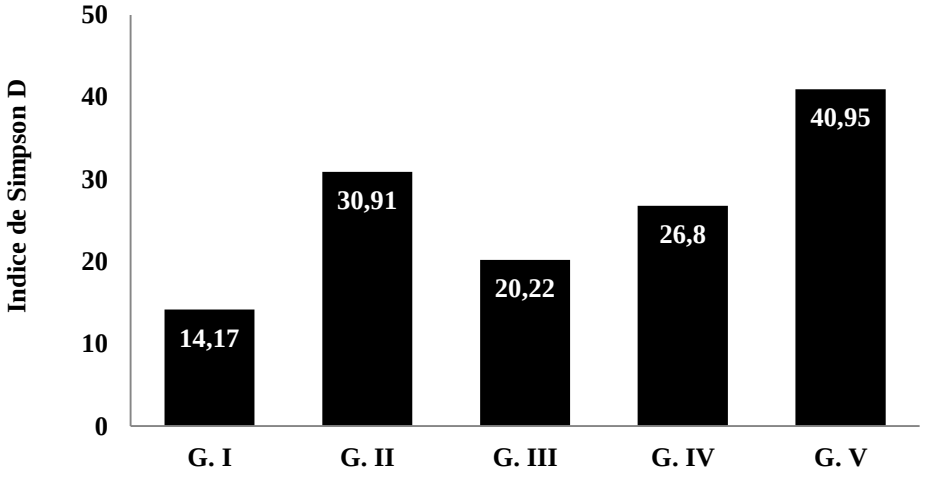



**Figure 63 : Variation spatiale de l'indice de Simpson D**

Les valeurs de D varient avec un écart considérable entre un maximum de 40,95 et un minimum de 14,17. A la moyenne de 26,56 correspond un écart type de 11,82. Les valeurs des faciès hydrophiles G.III et G.IV et halophile G.II se rapprochent de cette moyenne. Cependant, le faciès G.I le plus halophile à *Arthrocnemum glaucum* s'écarte considérablement avec une valeur nettement plus faible et le faciès G.V le moins halophile situé dans le niveau le plus élevé du marais présente la valeur la plus élevée (40,95).

- **L'équitabilité de Simpson ES**

L'équitabilité de Simpson à travers les différents faciès (Fig.64) indique de façon claire l'augmentation de la régularité des peuplements de l'aval vers l'amont du marais.

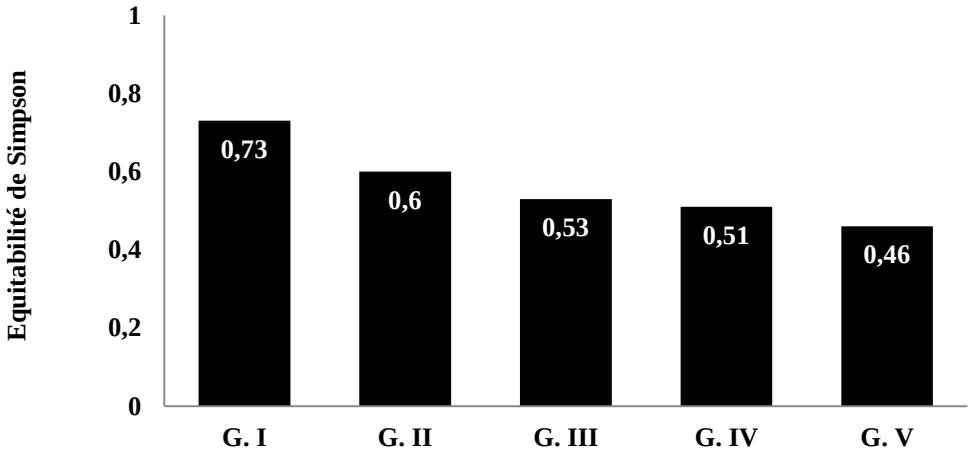



**Figure 64 : Variation spatiale de l'équitabilité de Simpson ES**

Le premier faciès G.I, localisé dans les points les plus bas et à degré d'halophilie élevé, présente le peuplement le moins régulier (ES tend vers 1). Cette régularité augmente successivement vers les niveaux les plus haut à *Suaeda fruticosa* passant par *Salicornia fruticosa*, *Typha angustifolia* et *Juncus maritimus* avec une équitabilité ES qui tend vers 0.

- **L'indice de Hill**

L'indice de Hill a l'avantage d'associer les deux indices de diversité précédant H' et D ce qui permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée dans chaque faciès. En utilisant la sensibilité de l'indice de Shannon aux effectifs rares, et la sensibilité de l'indice de Simpson aux effectifs des espèces abondantes, l'indice de Hill semble le plus synthétique. Plusieurs auteurs (MOUILLOT, 1999 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1984 ; PATIL & TAILLIE, 1982 ; THOIRON et *al.*, 1988) recommandent d'ailleurs son utilisation.

La diversité maximale est représentée par des valeurs proches de 1. Les résultats des valeurs de cet indice pour les peuplements récoltés dans chaque faciès sont regroupés dans la figure 65.

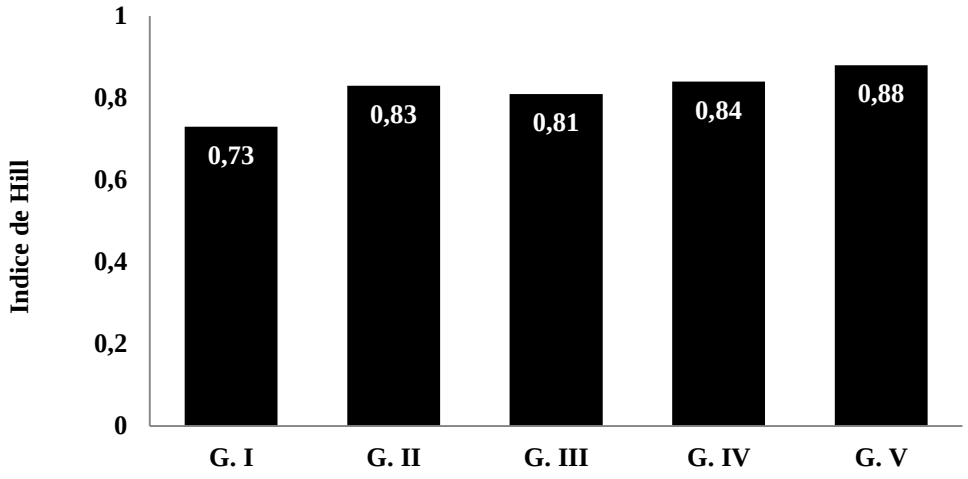



**Figure 65 : Variation spatiale de l'indice de Hill**

Les valeurs de l'indice de Hill sont proches de 1 et témoignent de la grande diversité et régularité des peuplements dans l'ensemble des faciès. Le classement des peuplements en fonction des valeurs obtenues est comparable à celui de l'indice H', les peuplements des faciès hydrophiles G.III et G.IV et les faciès les moins halophiles G.II et G.V affichent des valeurs supérieures à 0,80, seul le faciès hyperhalophile G.I s'écarte avec un indice de 0,73. Estimé également pour le peuplement global du marais salé de l'embouchure de la Tafna, cet indice fait clairement apparaître la diversité et la régularité exceptionnelle avec une valeur de 0,91.

- **L'indice de diversité de Qinghong et le modèle de DIMO**

L'indice de Qinghong est également un indice synthétique qui associe la richesse spécifique, la diversité H' et l'équitabilité *J*', il pallie ainsi l'inconvénient principal de l'indice H'. Par rapport à celui de Shannon- Wiener, cet indice donne plus de poids à la richesse spécifique qu'à l'équitabilité. Seul le peuplement du faciès G.I s'écarte et enregistre une différence de la diversité comparée aux peuplements des quatre autres faciès pour lesquelles aucune une différence significative n'est à noter (P>0,05) (Fig.66).

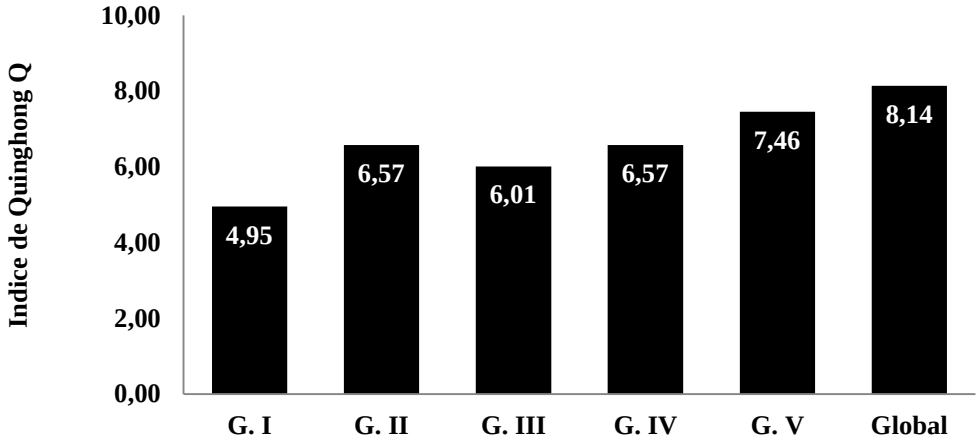



**Figure 66: Variation spatiale de l'indice de diversité de Qinghong**

Le modèle de DIMO appliqué aux peuplements de Coléoptères récoltés permet une comparaison globale des peuplements dans les cinq faciès de végétation (Fig. 67).

La représentation en deux dimensions met en évidence une évolution de type 2 « eveness-type » qui traduit une richesse spécifique et une diversité changeante d'un faciès à un autre par contre la régularité reste constante.

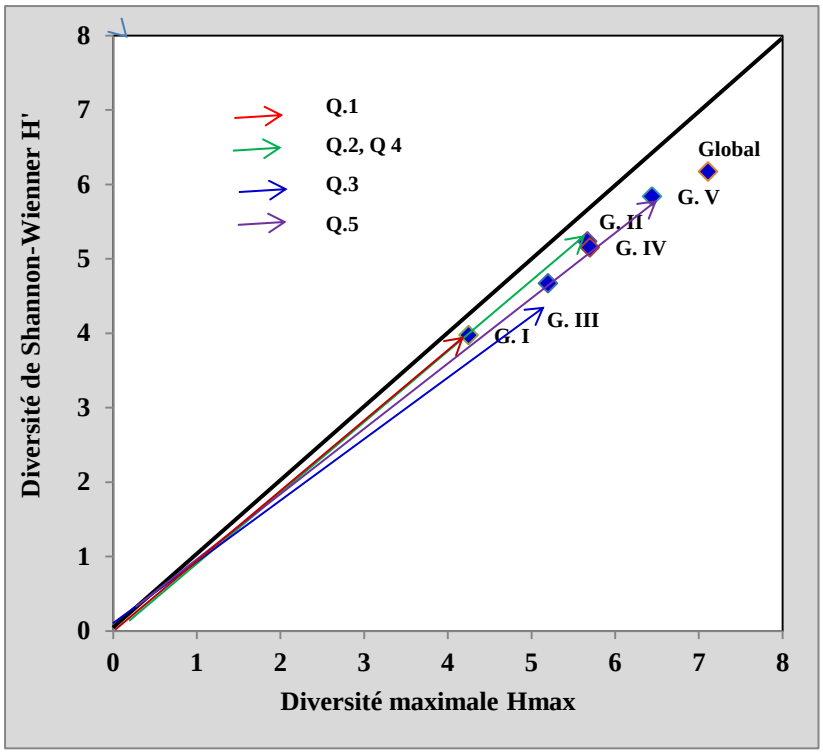



**Figure 67: Application du modèle DIMO par la représentation simultanée de la richesse spécifique (log2 (*S*)), de l'indice diversité (*H'*), de l'équitabilité** (ligne diagonale=équitabilité maximale (*J'*=1) et Q correspond à la longueur du vecteur de l'origine au point – faciès (ligne de flèche)).

Les peuplements des faciès G.I et G.III tendent vers une diversité plus faible contrairement aux peuplements de G.V qui, à l'opposé, tendent vers une diversité extrême.

De façon plus précise, les peuplements dans le marais suivent un gradient de diversité croissante :

G.I G.III → G IV → G.II → G.V. →

De plus l'indice Q qui correspond à la longueur du vecteur (ligne de la flèche) et qui dépend de la richesse spécifique et de l'équitabilité établit quatre communautés. Q2, Q4 ont les mêmes vecteurs des indices de diversité (H'). L'indice donne une valeur importante de Q5 à diversité importante par rapport à Q4, Q2, Q3et Q1 qui présente successivement des valeurs décroissantes de la diversité.

#### 4.2.1.3. Corrélation entre les indices de diversités et les facteurs du milieu

Les méthodes classiques de corrélation et régression linéaire simple, permettent de mettre en évidence des relations entre les indices de diversité et les facteurs du milieu. Ce procédé envisage d'analyser le lien existant entre les quatre indices de diversité et les cinq caractéristiques physiques de végétation individualisés. On peut ainsi estimer le coefficient de corrélation de Pearson pour un couple d'indicateur et tester son degré de signification par la p- value.

La richesse spécifique des peuplements de Coléoptères s'avère fortement corrélée à l'élévation ($r^2$=0,91 et p=0,027), à la richesse floristique ($r^2$=0,95 et p=0,010) mais pas au taux de recouvrement végétal. En effet, la richesse spécifique montre une évolution aval-amont et augmente en rapport avec la richesse du cortège floristique de chaque faciès de végétation (Fig.68).

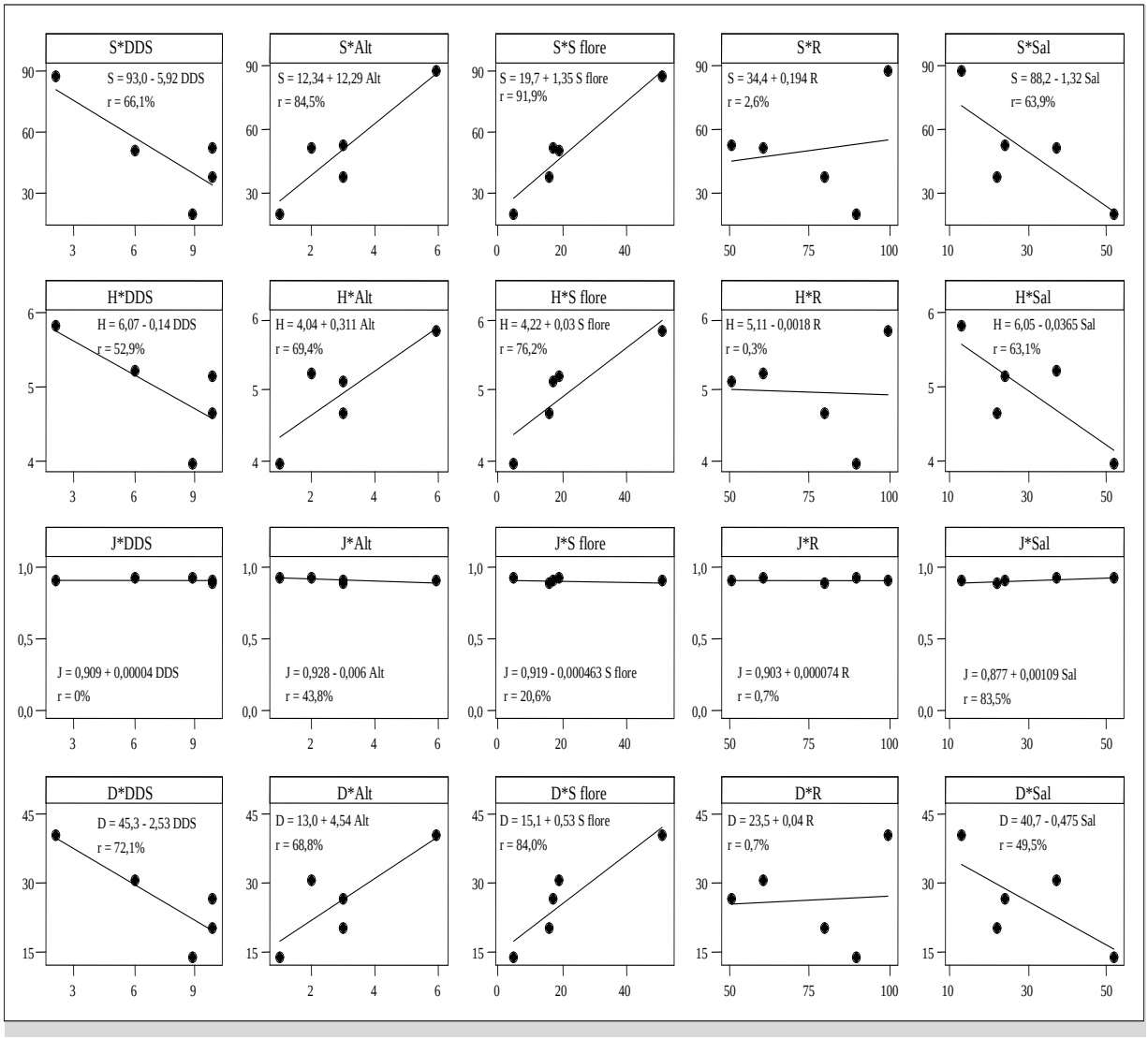



**Figure 68: Régression linéaire entre indicateurs de diversité des peuplements de Coléoptères et les paramètres du milieu** (DDS=Durée de submersion en mois ; Alt=altitude moyenne en m ; S. Flore=nombre d'espèces floristiques inventoriées ; R=taux de recouvrement végétal en % ; Sal=taux moyen de salinité du sol en g/kg de terre sèche).

La diversité H' de Shannon-Wiener apparaît négativement corrélée à la durée de submersion et au taux moyen de salinité. Au faite, cette diversité est directement influencée par l'assèchement du marais d'une part et par la diminution successive du taux de salinité des niveaux hydrophiles et halophiles surtout à *Suaeda fruticosa*. Par contre la diversité est positivement corrélée à l'élévation du terrain et à la richesse du tapis végétal.

Aucune corrélation significative n'est mise en évidence entre l'équitabilité et les variables du milieu à l'exception du taux de salinité moyen qui est corrélé négativement ($r^2$=0,91 et p=0,030). Ceci affirme que la régularité des peuplements de tous les faciès de végétation reste indépendante des facteurs du milieu et que seul le taux de salinité décroissant des niveaux les plus haut augmente la régularité.

Parmi les cinq variables testées ($r^2 > 0,70$, p non significatif), seule la richesse floristique est positivement corrélée avec l'indice de diversité de Simpson ($r^2$=0,91 et p=0,029) (Fig. 68).

#### 4.2.1.4. Diagrammes rang-fréquence

Tout peuplement a pour caractéristique essentielle son degré d'organisation. Il se traduit par une distribution particulière des abondances des espèces qui le composent. De même, il faut admettre que cette organisation n'est guère le fait du hasard mais plutôt la conséquence d'interactions de nombreux facteurs biotiques et abiotiques.

Les diagrammes Rang-fréquence permettent de suivre et de visualiser l'évolution spatiale de la structure démographique des peuplements.

La distribution de la richesse spécifique par classes d'abondances (FRONTIER, 1985) donne pour les peuplements de tous les faciès, une courbe unimodale (Fig. 69) qui démontre la dominance d'espèces à densités moyennes.

Les espèces fortement abondantes et les espèces rares sont en plus faibles nombres. Ce mode de distribution des fréquences suggère une bonne équi-répartition et une diversité élevée et donc un peuplement à structure régulière.

Les courbes rang-fréquence des faciès, prises individuellement, présentent un bon alignement à l'exception des peuplements à *Suaeda fruticosa*. En effet, l'adjonction d'une récolte issue de peuplements différents fait apparaître des points d'inflexion (BINET & DESSIER, 1972). La courbe rang-fréquence du faciès G.V accuse un point d'inflexion dès les premiers rangs **(**Fig. 70). Les espèces correspondant aux premiers segments sont les représentants d'une part des Chrysomélides (*Cassida vittata*) et d'autre part, des Charançons (*Sitona* sp., *Larinus* sp.) particulièrement liés aux thérophytes, aux plantes rudérales et halophiles.

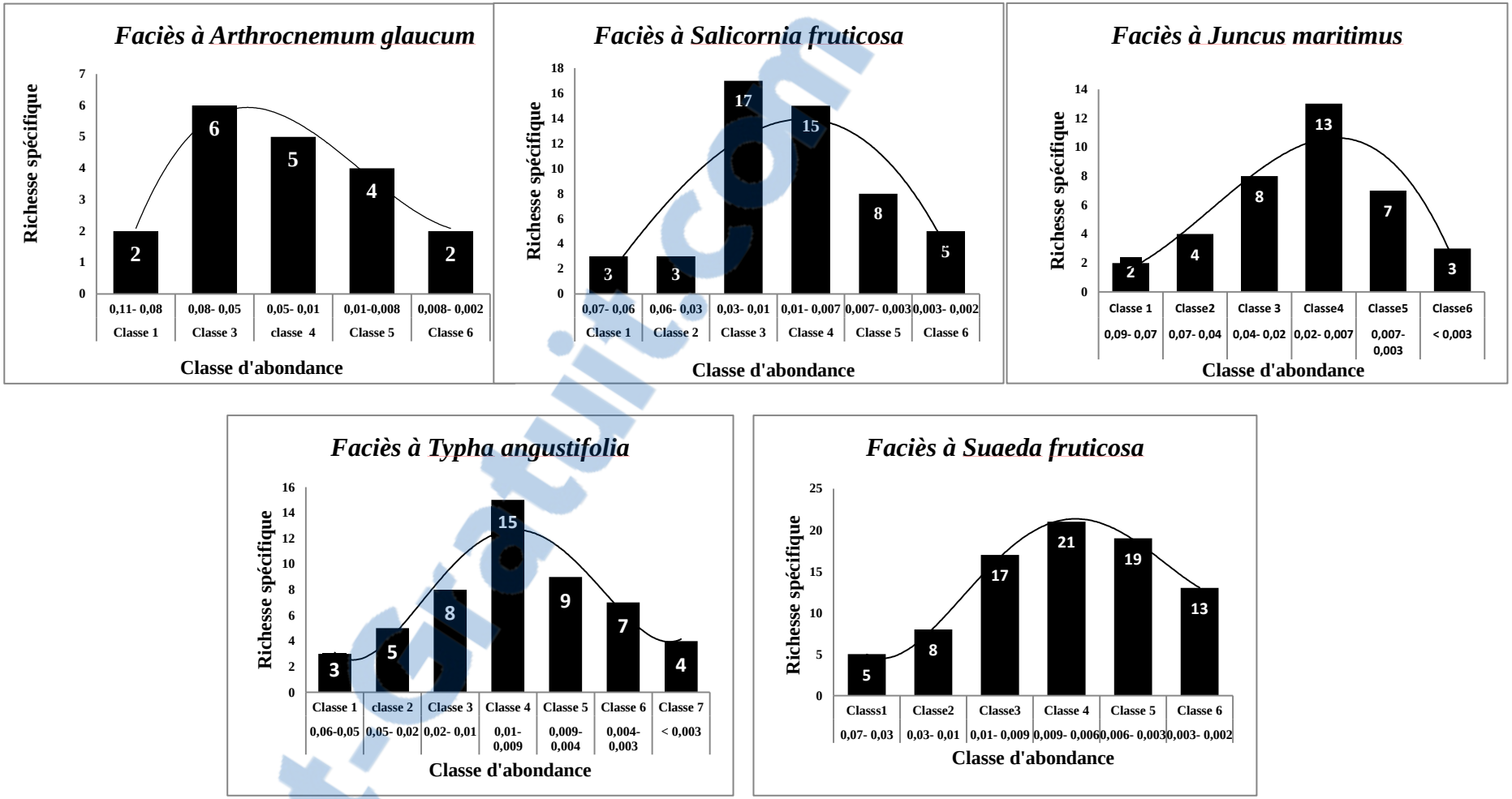



**Figure 69 : Distribution de la richesse spécifique par classe d'abondance des espèces**

Selon BINET (1984), en accroissant la dimension de l'échantillon on améliore la linéarité de la courbe. C'est le cas du peuplement global du marais. En effet, le regroupement de l'ensemble des récoltes par faciès de végétation, présente une courbe qui se rapproche du modèle d'alignement de Motomura témoignant d'un peuplement bien structuré (Fig.70).

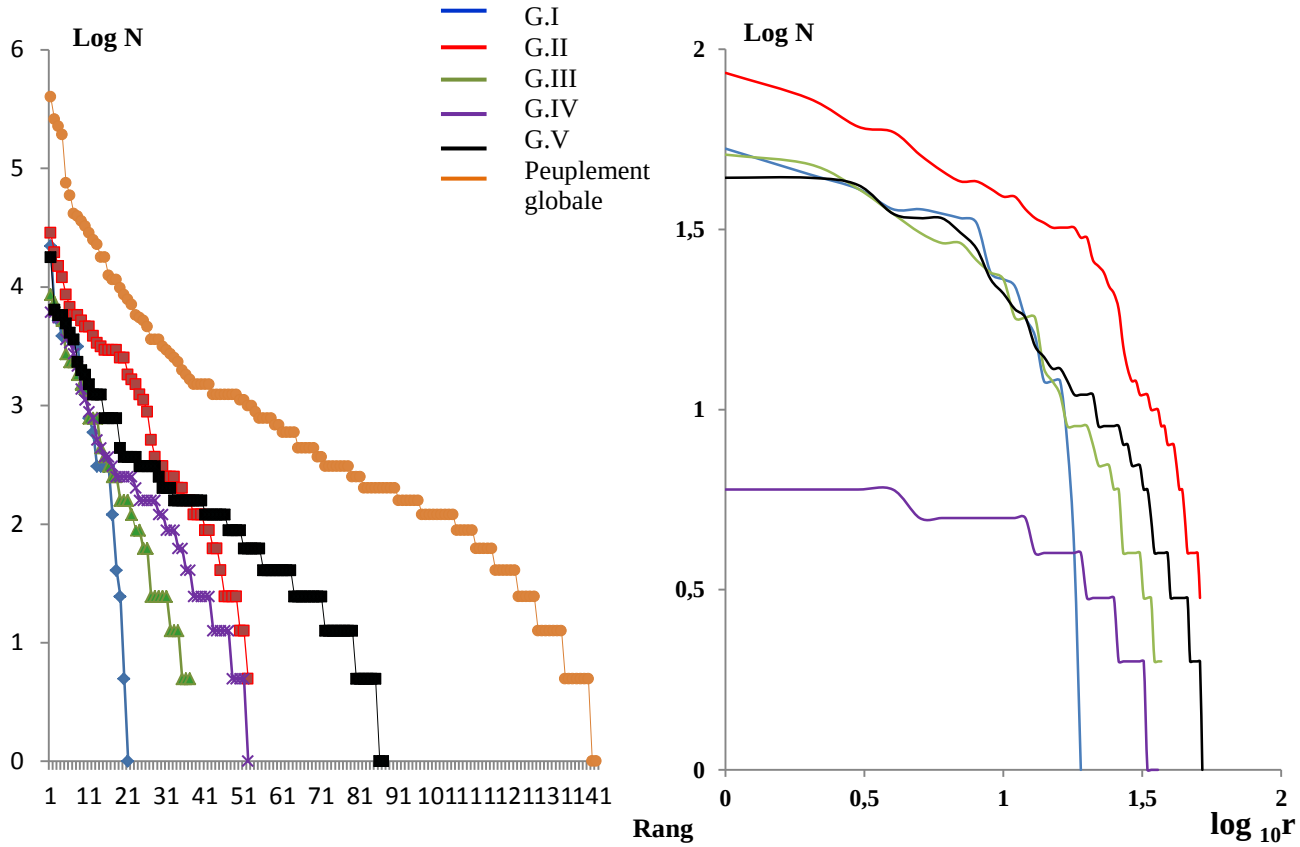



**Figure 70: Diagrammes rang- fréquence des peuplements de Coléoptères dans les différents faciès de végétation appliqués au modèle de FRONTIER (droite) et au modèle de MOTOMURA (gauche).**

Les diagrammes de rang-fréquence de FRONTIER (1976) obtenus après transformation logarithmique du rang et de la dominance spécifiques permettent de définir trois stades de maturité : (i) stade 1 juvénile, pionnier et faiblement diversifié, d'allure en S par forte dominance des espèces de premiers rangs ; (ii) Stade 2 de début de maturité, d'allure convexe et de diversité maximale; (iii) stade 3 climacique et subrectiligne par disparition de quelques espèces de derniers rangs 1.

Les courbes rang-fréquence en ordonnées logarithmique de la figure 70 permettent de suivre et de visualiser l'évolution spatiale de la structure démographique des peuplements de Coléoptères dans les cinq faciès de végétation et qui est directement lisible sur le graphique : le nombre d'espèces se voit à l'extension de la courbe vers la droite et la régularité plus ou moins élevée, à son allure plus ou moins convexe. En effet, les peuplements des cinq faciès montrent une courbe convexe traduisant une diversité et régularité élevée témoignant ainsi d'une maturité du site d'étude.

#### 4.2.1.5. Fréquence d'occurrence ou constance des espèces

Les valeurs des fréquences d'occurrence des espèces présentes dans les cinq faciès permettent de comprendre comment se répartit chaque espèce dans l'ensemble du marais. Les fréquences d'occurrences des Coléoptères dans les cinq faciès de végétation sont représentées en l'annexe 5.

Les espèces du peuplement global récolté durant la période d'étude, montrent différents niveaux de constance. Le premier niveau est constitué des cinq espèces fréquentes (Fig.71) présentes dans 50 à 70% des prélèvements, il s'agit *de Microlestes abeillei, Amblystomus algirinus, Syntomus fuscomaculatus, Microlestes corticalis, Chaetocnema tibialis.*

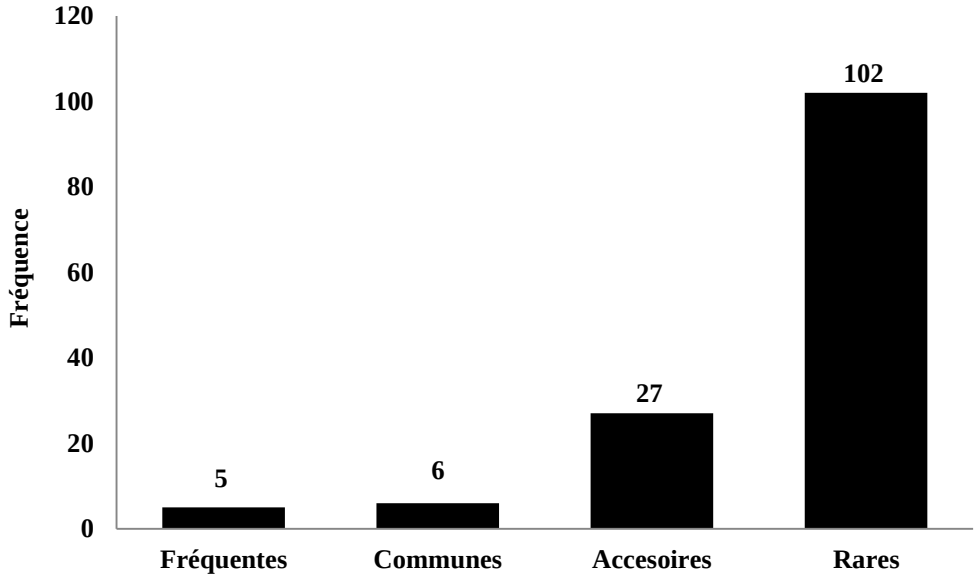



**Figure 71 : Importance des types d'espèces selon leurs occurrences dans le marais**

Le deuxième niveau renferme également six espèces communes, présentes dans 25 à 50% des prélèvements, représentées par *Laccophilus minutus, Enochrus bicolor, Podagrica malvae semirufa, Laccophilus hyalinus, Hygrotus* (*Coelambus*) *confluens, Emphanes axillare occiduum.*

Le troisième niveau renferme 27 espèces accessoires retrouvées dans 10 à 25% parmi elles *Bledius opacus, Calathus opacus, Agabus nebulosus, Pogonus chalceus, Calathus fuscipes, Silpha phosphuga, Notaphus varius* et *Berberomeloe majalis.*

Le quatrième niveau est formé de 102 espèces rares présentes dans moins de 10% des prélèvements.

La répartition des espèces n'est donc pas équitable, cette disparité serait due à l'importance des espèces accessoires et les espèces rares. Plus de 92% des espèces ne sont pas fréquentes dans les différents niveaux de végétation.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

#### 4.2.1.6. Indices de similitude de Jaccard

L'indice de Jaccard est un coefficient d'association utilisé pour dégager la similarité entre les échantillons pour des données binaires. Cet indice varie de 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives (YOUNESS & SAPORTA, 2004).

La matrice de similitude (Tab.12), établie à partir de l'indice de similitude de Jaccard « J » calculé pour les peuplements dans les cinq faciès de végétation ainsi que pour le peuplement global, montre que les peuplements des différents faciès sont très peu semblables entre eux. La valeur de l'indice de Jaccard la plus élevée enregistrée est de 39,06% entre les faciès hydrophiles G.III et G.IV avec 25 espèces communes, 37,50% entre G.II et G.III avec 24 espèces. A l'opposé, les plus basses valeurs de similitude sont entre le faciès G.V et les deux autres faciès halophiles G.I et G.II présentant respectivement une valeur de 7,07% et 6,97% d'une part et le faciès hydrophiles G.III avec un indice de 11,71% seulement. Il y a très peu d'espèces communes entre ces peuplements (sept à treize espèces), contrairement au faciès G.IV où ce nombre atteint sa valeur maximale de 34.

**Tableau 12 : Indices de similitude de Jaccard et nombre d'espèces de Coléoptères en commun dans les cinq faciès végétaux individualisés.**

| | Indice de similitude (Nombre d'espèces en commun | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | G. I | G. II | G. III | G. IV | G. V | Global |
| G. I | 1,0000 | | | | | |
| G. II | 0,3220 (17) | 1,0000 | | | | |
| G. III | 0,3023 (13) | 0,3750 (24) | 1,0000 | | | |
| G. IV | 0,1639 (10) | 0,2261 (19) | 0,3906 (25) | 1,0000 | | |
| G. V | 0,0707 (7) | 0,0697 (9) | 0,1171 (13) | 0,3238 (34) | 1,0000 | |
| Global | 0,1366 | 0,3669 | 0,2661 | 0,3741 | 0,6258 | 1,0000 |

Les indices calculés entre le peuplement global pour l'ensemble du marais et les peuplements de chaque faciès mettent en évidence l'importance relative du peuplement du faciès G.V dans la composition du peuplement global avec plus 62%, suivie par la composition des peuplements des faciès G.IV (37,41%) et G.II (36,69%). Ces résultats indiquent également l'existence d'un nombre assez considérable d'espèces inféodées à un seul type de faciès, présentant ainsi une distribution limitée dans l'ensemble du marais traduisant ainsi une bonne hétérogénéité des espèces qui serait dépendante des habitats.

#### 4.2.1.7. Test hiérarchique et détermination des unités coenotiques

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée sur une matrice de répartition des 140 espèces inventoriées en fonction des cinq faciès de végétation (Annexe 6).
Le dendrogramme de la figure 72 met en évidence six unités coenotiques (notées UC1 à UC6) présentant un nombre d'espèces variant de 6 à 31 espèces. Les assemblages des espèces en groupes semblent être en relation avec la dominance des espèces tandis que les sous-groupes sont reliés à l'occurrence. Les espèces dominantes de chaque unité ou peuplement sont mises en évidence par l'indice FDM. Ce facteur a été utilisé par de nombreux auteurs (MORA *et al.*, 1989 ; AFLI & GLEMARC, 2000 ; CHAOUTI & BAYED, 2005 ; BAZAÏRI *et al.*, 2003; CHERKAOUI *et al.*, 2003).

La première unité UC1 à *Microlestes abeillei* et *Amblystomus algirinus* renferme six espèces (Tab.13) fortement abondantes et communes à la majorité des faciès végétaux. Elles sont dominantes et fréquentes et affichent les valeurs de FDM les plus élevées comprises entre 9,14 et 2,25. Ces espèces plastiques, présentes dans 60% des prélèvements réalisés, semblent être indifférentes aux diverses fluctuations des deux paramètres fondamentaux hydromorphie et halophilie.

L'unité coenotique UC2 regroupe dix espèces halophiles et hydrophiles, principalement abondantes dans les quatre faciès salés et humides les plus bas et totalement absentes dans les niveaux les plus hauts à *Suaeda fruticosa* où la durée de submersion est courte. Les valeurs de FDM sont comprises entre 5,16 et 0,84. Cette unité fait ressortir, avec une contribution bionomique assez importante, deux espèces : *Pogonus chalceus et Emphanes axillare occiduum* spécifiques aux faciès les plus halophiles à *Arthrocnemum glaucum* et *Salicornia fruticosa*. Les huit espèces restantes, à plus large distribution, s'assemblent en un sous-peuplement où *Enochrus bicolor* à forte valeur de FDM (5,16) correspond à l'espèce pilote en compagnie de *Laccophilus minutus, Laccophilus hyalinus, Agabus nebulosus* et *Lagorina scutellata* (Fig.72).

La troisième unité coenotique englobe les espèces à dominance moyenne allant de 0,25 à 0,03 et à faible fréquence d'occurrence comprise entre 16,7 et 1,67. La valeur maximale de FDM est notée à 3,06 pour *Silpha puncticollis.* Sur les 34 espèces constituant cette unité, 26 espèces (76%) sont essentiellement dominantes dans les points le plus haut du marais. Les sept principales espèces (Tab.13) qui constituent ce peuplement résultent soit d'une plus faible fréquence mais une dominance plus élevée cas de *Berberomeloe majalis, Philochthus vicinus, Heliotaurus distinctus,* soit d'une plus faible abondance mais avec une fréquence plus élevée, cas de *Lagorina scutellata.*

**Tableau 13 : Les sept premières espèces de chaque assemblage (**par ordre décroissant des valeurs de FDM)

| Code | Espèces pilotes | FDM |
|---|---|---|
| UC1 | *Microlestes abeillei* | 9,1418 |
| | *Amblystomus algirinus* | 8,7945 |
| | *Syntomus fuscomaculatus* | 7,8193 |
| | *Chaetocnema tibialis* | 5,3480 |
| | *Podagrica malvae semirufa* | 4,6355 |
| | *Microlestes corticalis* | 4,3316 |
| UC2 | *Enochrus bicolor* | 5,1551 |
| | *Pogonus chalceus* | 4,8526 |
| | *Emphanes axillare occiduum* | 4,7536 |
| | *Laccophilus minutus* | 4,3376 |
| | *Laccophilus hyalinus* | 2,4549 |
| | *Hygrotus confluens* | 2,2528 |
| | *Agabus nebulosus* | 1,9415 |
| UC3 | *Silpha puncticollis* | 3,0667 |
| | *Heliotaurus ruficollis* | 2,9326 |
| | *Cassida rubiginosa* | 1,9067 |
| | *Philochthus vicinus* | 1,7471 |
| | *Coccinella septempunctata* | 1,6769 |
| | *Berberomeloe majalis* | 1,4665 |
| | *Lagorina scutellata* | 1.4280 |
| UC4 | *Stenus guttula* | 0,8736 |
| | *Tropinota squalida pilosa* | 0,7265 |
| | *Aethiessa floralis* | 0,7223 |
| | *Bagous argillaceus* | 0,6417 |
| | *Harpalus distinguendus* | 0,5708 |
| | *Mylabris* sp. | 0,5169 |
| | *Heliotaurus distinctus* | 0,4219 |
| UC5 | *Orthomus abacoïdes* | 1,1820 |
| | *Zabrus distinctus* | 1,0510 |
| | *Philonthus quisquiliarius* | 0,7556 |
| | *Malacogaster bassii* | 0,8454 |
| | *Aphodius subterraneus* | 0,5252 |
| | *Trachys troglodytiformis* | 0,5153 |
| | *Sphenophorus piceus* | 0,5000 |
| UC6 | *Notaphus varius* | 1,7840 |
| | *Dyschirius chalybeus* | 1,1332 |
| | *Dyschirius salinus* | 0,5587 |
| | *Tachyporus* sp. | 0,4937 |
| | *Potamonectes cerisyi* | 0,4789 |
| | *Enochrus ater* | 0,4729 |
| | *Emphanes normannus* | 0,4366 |

L'unité coenotique UC4 englobe les espèces les plus faiblement représentées (moins de 14 individus) et essentiellement récoltées en période printanière mais présentes dans deux à trois

faciès. Ce peuplement à *Stenus guttula* renferme 23 espèces réparties entre les facièss hydrophiles G.III et G.IV et le faciès G.V.

Les plus faibles valeurs de FDM caractérisent l'unité coenotique UC5 où les espèces sont très rares, moins de cinq individus dans un seul faciès. Les 44 espèces se répartissent entre un sous-peuplement de 31 espèces retrouvées uniquement dans le faciès à *Suaeda fruticosa* et un sous-peuplement de 13 espèces spécifiques aux faciès G.II et IV. La présence particulière des Chrysomélides, des représentants du genre *Chrysolina,* et des Charançons dans le faciès G.V coïncide avec la présence de thérophytes, de plantes rudérales et halophiles.

Le peuplement à *Notaphus varius* et *Dyschirius chalybeus* caractérise l'unité UC6. La richesse spécifique est de 23 et les espèces dominantes sont *Dyschirius salinus, Tachyporus* sp., *Potamonectes cerisyi*, *Enochrus ater* et *Emphanes normannus*. Elles apparaissent particulièrement dans les secteurs les plus bas où la dominance d'*Arthrocnemum* et *Salicornia* témoigne d'une salinité et d'une hydromorphie élevée.

### 4.2.2. Evolution temporelle des Coléoptères

#### 4.2.2.1. Comparaison des peuplements de Coléoptères récoltés par saison dans les cinq faciès

La description des peuplements récoltés dans chaque faciès est très importante pour comprendre l'organisation temporelle des peuplements de Coléoptères dans le marais.

- **Le nombre total N**

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la saison la plus pauvre en individus et la période hivernale, avec seulement 465 individus, ce faible effectif est du probablement aux conditions climatiques qui règnent dans le marais à cette saison, les basses températures et l'inondation de pratiquement tous les niveaux de végétation ne sont pas favorables à tous les Coléoptères qui peuplent le marais.

La saison printanière laisse apparaitre un nombre considérable de spécimens 1213 dans tous les groupements traduisant ainsi la relance d'activité de nombreux peuplements. Les saisons respectives estivale et automnale sont marquées par des abondances non négligeables de 539 et 635 individus (Fig.73).

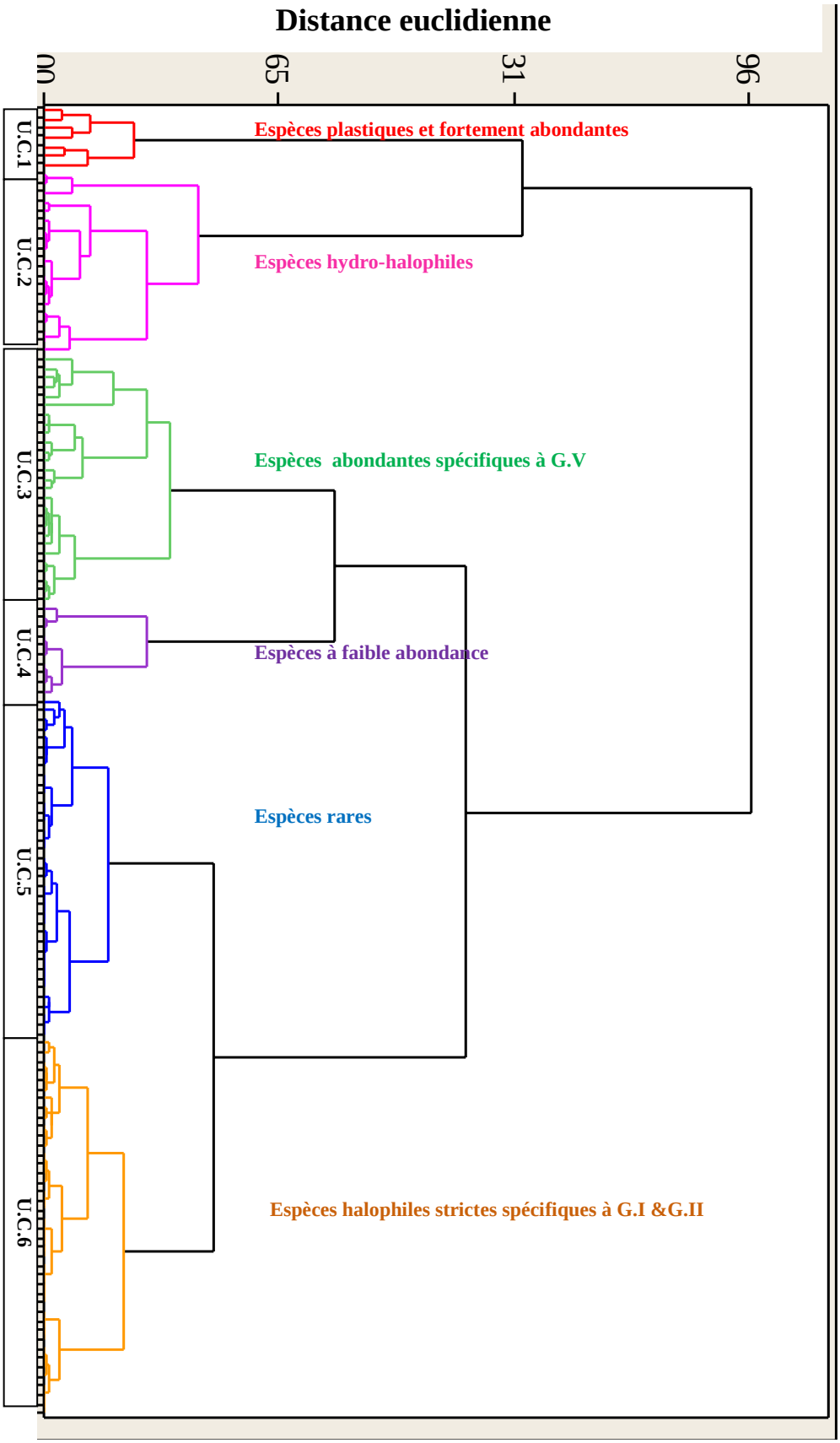



**Figure 72 : CAH de la matrice de répartition des abondances des 140 espèces dans les cinq faciès de végétations.**

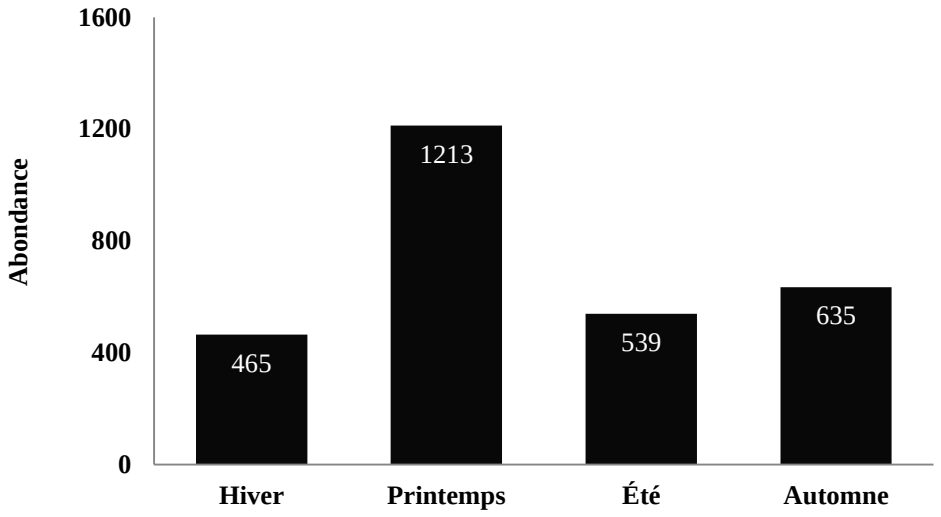



**Figure 73 : Variation saisonnière du nombre d'individus**

D'un faciès à un autre, le nombre d'individus présente des variations saisonnières très nettes. La saison printanière et en second lieu la saison estivale sont les plus riches puisqu'elles renferment 71% (G.III) à 82% (G.V) de l'effectif total récolté dans chaque groupement (Fig.74). La variabilité saisonnière des effectifs est forte au niveau de tous les faciès comme le prouvent les coefficients de variation toujours supérieurs à 21%. Les fluctuations saisonnières sont marquées par des minimums en période automnale (septembre-novembre) pour les faciès halophiles G.II, G.IV et G.V et des minimums en période hivernale pour les groupes G.III et GI. Le faciès à *Arthrocnemum glaucum* présente le maximum d'abondance en saison estivale. Cette période correspond à l'assèchement du plan d'eau à ce niveau et sa colonisation par de nombreux terricoles tels que : *Emphanes axillare occiduum, Dyschirius chalybeus, Notaphus varius* et *Pogonus chalceus.*

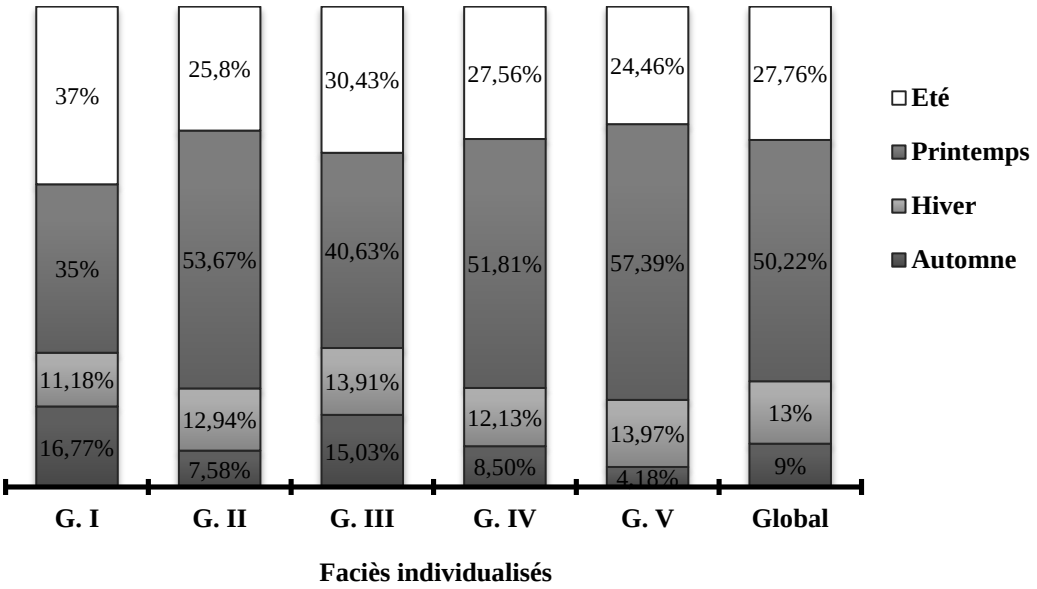



**Figure 74: Importance relative du nombre d'individus récoltés par saison dans les cinq faciès individualisés et dans l'ensemble du marais.**

- **Variation temporelle de la richesse spécifique**

Les peuplements de Coléoptères subissent des variations de structure tout au long de la période d'étude. La richesse spécifique présente des variations saisonnières très nettes allant de 113 à 19 espèces (Fig. 75).

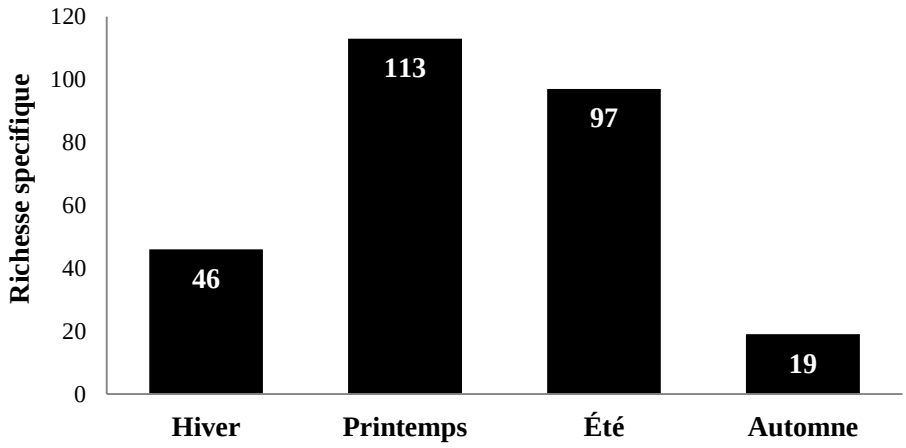



**Figure 75 : Variation temporelle de la richesse spécifique**

La saison printanière la plus propice à la reprise d'activité de nombreux spécimens, est la plus riche puisqu'elle renferme plus de 80% de la richesse totale récoltée dans le marais, suivie par la saison estivale avec plus de 69% de la richesse totale. Ces deux périodes allant de mars à juillet constituent le maximum de richesse spécifique, coïncidant avec une baisse progressive du niveau d'eau et une augmentation de la température.

La saison hivernale et automnale montrent des richesses respectives assez faibles de 32 et 13% de la richesse totale du marais. Les 19 espèces retrouvées en automne sont principalement repérées à longueur d'année et dans tous les faciès de végétation telles que *Syntomus fuscomaculatus, Microlestes corticalis, Microlestes abeillei, Amblystomus algirinus, Podagrica malvae semirufa, Chaetocnema tibialis, Enochrus bicolor, Hygrotus (Coelambus) confluens, Emphanes axillare occiduum* et *Pogonus chalceus.* En outre, la période hivernale avec 46 espèces, voit apparaitre de nombreux Coléoptères aquatiques et de Staphylinidae.

Les fluctuations saisonnières pour tous les faciès (Fig.76) sont marquées par des minimums en période automnale (septembre-novembre). Les faciès à *Arthrocnemum glaucum* et à *Suaeda fruticosa* présentent le minimum d'espèces (huit) suivis par les faciès hydrophiles à *Juncus maritimus* et *Typha angustifolia* avec des valeurs respectives de neuf et dix espèces, en revanche le maximum est signalé pour G.II avec 12 espèces. La période hivernale est marquée par des minimums pour les faciès G.I et G.VI, ce dernier présente un rebondissement du nombre d'espèces en saison printanière (41) pouvant être expliqué par l'assèchement du faciès. Le maximum d'espèces (67) est signalé dans le faciès le plus longtemps exondé à *Suaeda fruticosa*.

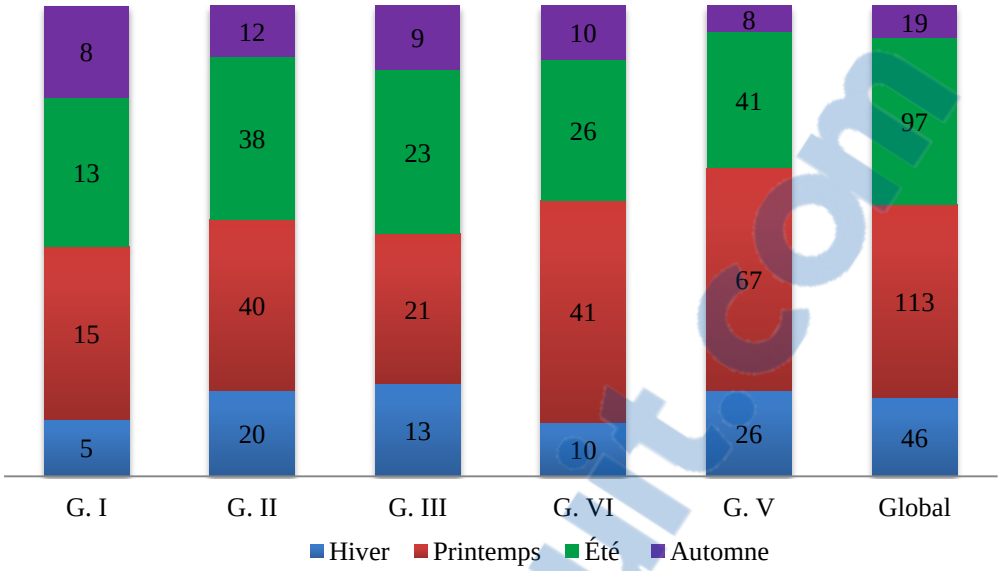



**Figure 76 : Variation saisonnière de la richesse spécifique dans les cinq faciès individualisés et dans l'ensemble du marais**

Les courbes de richesses cumulées (Fig. 77) sur l'ensemble des faciès atteignent un palier à partir de juillet, ce qui suggère que notre échantillonnage est relativement exhaustif. La richesse dépasse 80% dès les six premiers mois de l'étude dans la majorité des faciès, seul le faciès G.III présente une valeur de 63%. Notons que les faciès G.IV (82%) et G.II (84%) ont des valeurs comparables atteintes dès le premier mois d'été.

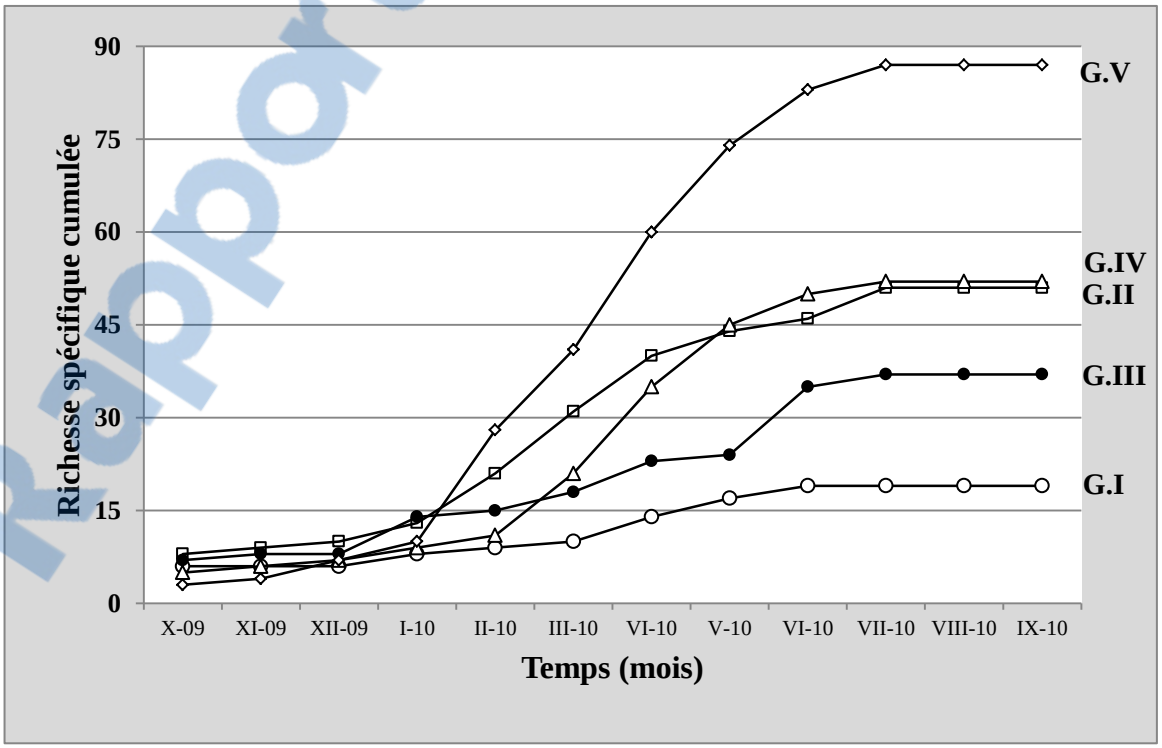



**Figure 77 : Evolution temporelle de la richesse spécifique cumulée calculée sur la base des résultats obtenus par faciès végétal.**

Rapport-Gratuit.com

#### 4.2.2.2 Etude indicielle de la diversité spécifique

Pour établir une bonne description de l'évolution temporelle de la diversité de notre collection sept descripteurs ont été retenus à savoir, la diversité de Shannon-Wiener H', l'équitabilité de Pielou *J'*, la diversité D, l'équitabilité Es de Simpson et l'indice de Hill.

- **L'indice de diversité de Shannon- Wiener H'**

La valeur maximale de H' de 6,14bits est enregistrée au cours de la période printanière. L'indice de diversité de Shannon- Wiener baisse progressivement au cours de la période estivale, la valeur est alors de 5,59bits puis diminue encore de plus en plus en période hivernale avec une valeur de 4,99bits. La valeur la plus faible de H' est égale à 3,67bits et correspond à la période automnale (Fig.78).

Les valeurs enregistrées pendant les saisons hivernale, printanière et estivale sont importantes et témoignent de la codominance de plusieurs espèces.

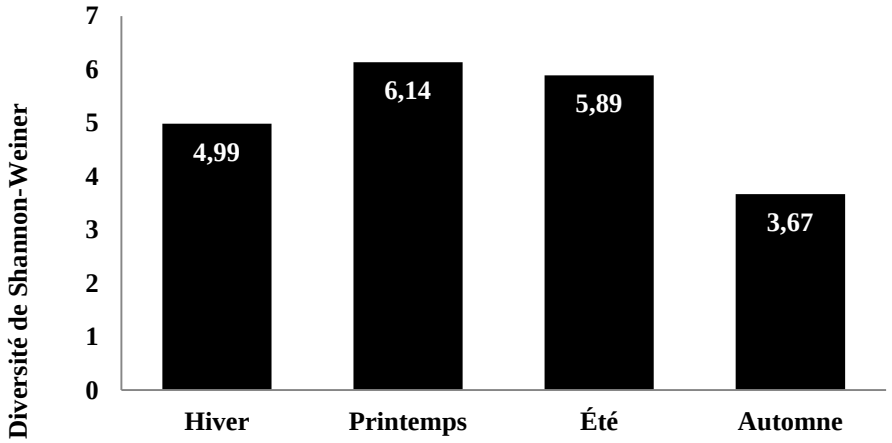



**Figure78 : Variation temporelle de l'indice de diversité de Shannon- Wiener H'**

- **L'indice de diversité Hmax**

Liée directement à la richesse spécifique, Hmax des peuplements de Coléoptères enregistre des valeurs relativement élevées où la valeur maximale est de 6,82 correspondant au logarithme de la richesse spécifique de 113 espèces recensées au cours du printemps.

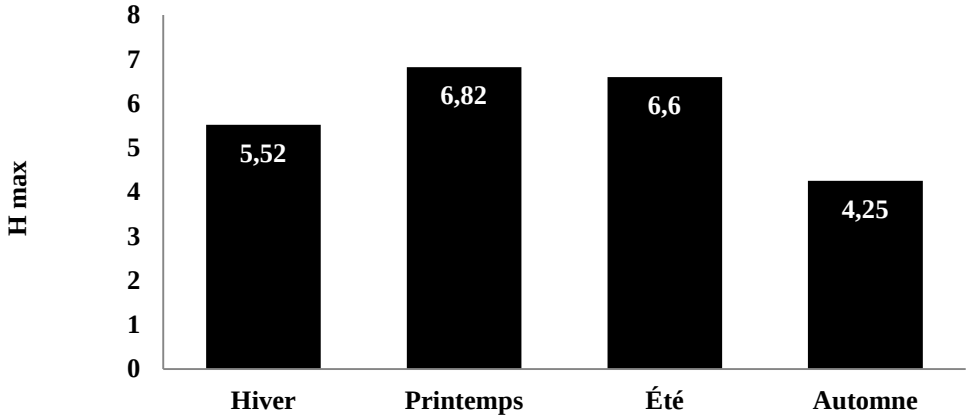



**Figure 79 : Variation temporelle de la diversité maximale**

La diversité maximale la plus faible est marquée en automne avec une valeur de 4,25 seulement. Entre ces deux valeurs extrêmes se situent les valeurs de Hmax de la saison estivale et hivernale avec respectivement 6,6 et 5,52 (Fig.79).

- **L'indice d'équitabilité *J'* de Piélou**

Les valeurs de l'indice de Piélou *J'* des quatre saisons sont toutes voisines de 1, ce qui explique la dominance de plusieurs espèces dans les peuplements de chaque saison. Les valeurs de l'équitabilité traduisent une bonne équi-répartition des individus entre les différentes espèces et témoignent de la présence de peuplement régulier.

L'examen de la figure 80 démontre que les saisons hivernale et printanière marquent l'équitabilité la plus la plus élevée avec 0, 9 suivi de la saison estivale et la saison automnale avec les valeurs respectives de 0,89 et 0,86.

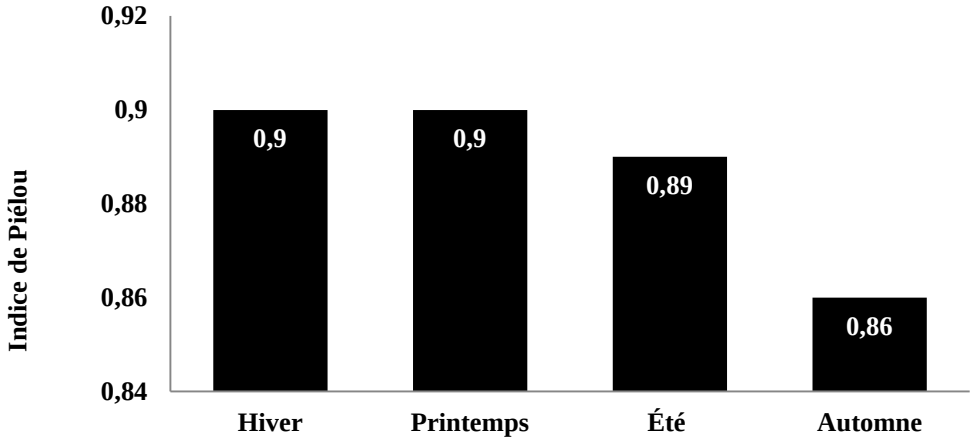
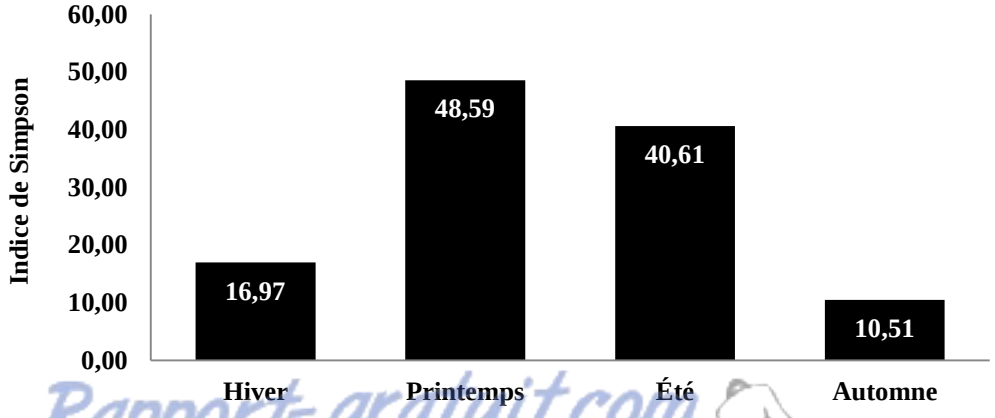



**Figure 80: Variation temporelle de l'équitabilité de Piélou**

- **L'indice de Simpson D**

L'indice de Simpson confirme la dominance de plusieurs espèces au niveau de chaque saison. Les variations de cet indice de diversité sont comparable à celle de l'indice de diversité de H' de Shannon-Wiener (Fig.81).




Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

**Figure 81: Variation temporelle de l'indice de Simpson**

L'évolution de cet indice est similaire aux autres indices plaçant ainsi la saison printanière en première position, l'été en deuxième position puis hiver et enfin automne. Le même profil est donc relevé allant d'un indice D d'une valeur maximale de 48,59 à une valeur minimale de 10,51 passant par les valeurs intermédiaires de 40,61 et 16,97 (Fig. 81).

- **L'equitabilité de Simpson Es**

Les résultats de l'équitabilité de Simpson offre un profil de variation quelque peu différent. Les peuplements de toutes les saisons se rapprochent de leur régularité, ils seraient alors des peuplements équilibrés et réguliers à chaque saison (Fig. 82).

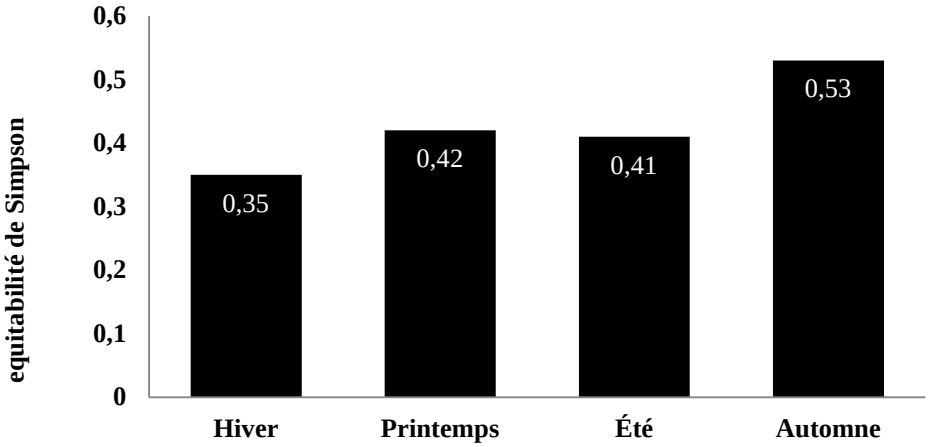



**Figure 82: Variation temporelle de l'équitabilité de Simpson**

La saison hivernale présente la valeur la plus faible (0,35) suivie successivement par les valeurs analogues de la saison estivale (0,41) et de la saison printanière (0,42). L'automne montre le peuplement le plus régulier avec une valeur plus élevée de 0,53.

- **L'indice de Hill**

La valeur de cet indice toujours supérieure à 0,5 renseigne sur une disparité de la diversité et une bonne régularité d'une saison à une autre (Fig. 83).

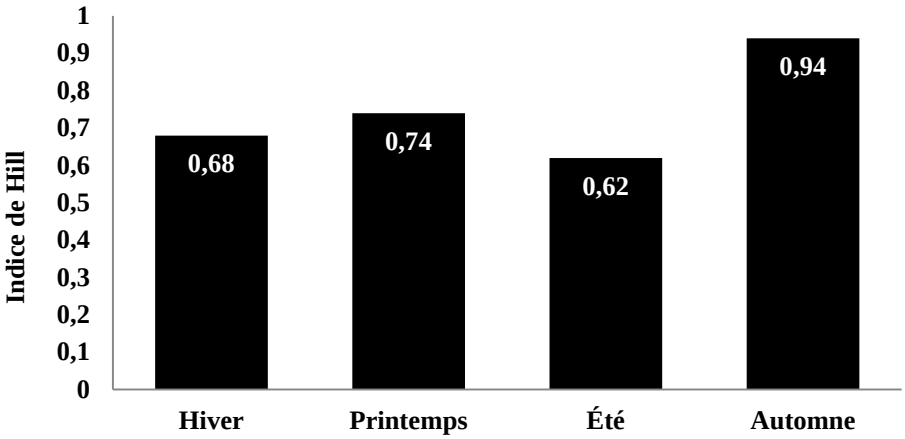



**Figure 83: Variation temporelle de l'indice de Hill**

Avec la valeur la plus élevée de 0,94 la saison automnale est la plus diversifiée et ceci corrobore avec les résultats de l'indice de Simpson et témoigne également de la haute régularité du peuplement de cette saison. Il est suivi par le peuplement de la saison printanière (0,74) et en dernier lieu viennent les saisons estivale et hivernale présentant successivement des valeurs très proches 0,62 et 0,68.

- **L'indice de diversité de Qinghong et le modèle de DIMO**

Cet indice varie entre un minimum de 4,83 pour la période automnale et un maximum de 7,84 pour la période printanière et une valeur comparable de 7,56 pour la période estivale. L'hiver affiche une valeur plus faible de 6,35 (Fig.84).

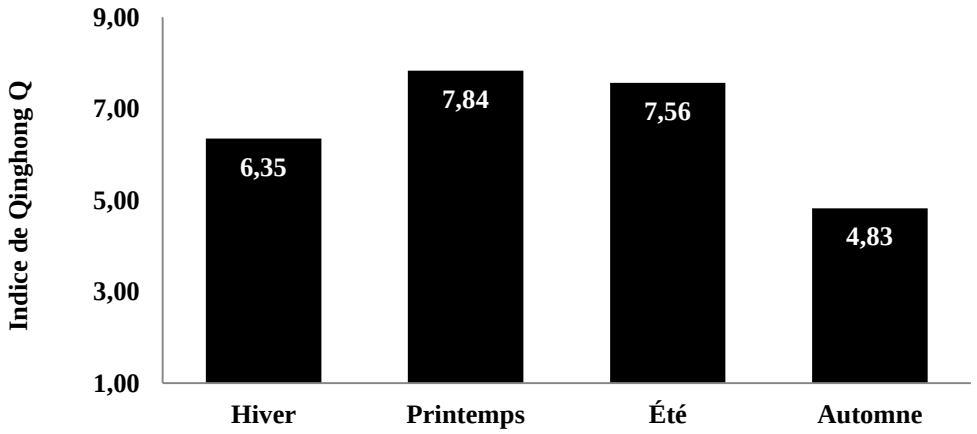



**Figure 84: Variation temporelle de l'indice de Qinghong**

L'application du modèle de DIMO à la variabilité saisonnière de la richesse spécifique et de la diversité illustré par le graphe de la figure 85 montre que l'évolution temporelle est de type 2 «eveness-type » qui se caractérise par une régularité constante alors que la richesse spécifique et la diversité sont changeantes.

Les trois paramètres confirment effectivement d'une part, une diversité et une richesse spécifique croissante progressive selon la succession automne, hiver, été et printemps et d'autre part, une régularité constante des peuplements durant les quatre saisons.

L'évolution temporelle des peuplements de Coléoptères se traduit par des changements dans la richesse spécifique et l'abondance des espèces, alors que l'équitabilité reste comparable entre les différentes saisons. Ceci montre bien que les changements affectant la structure sont dans la plupart dus aux changements du nombre d'espèces et d'individus, néanmoins ces peuplements sont stables et bien structurés au cours du temps.

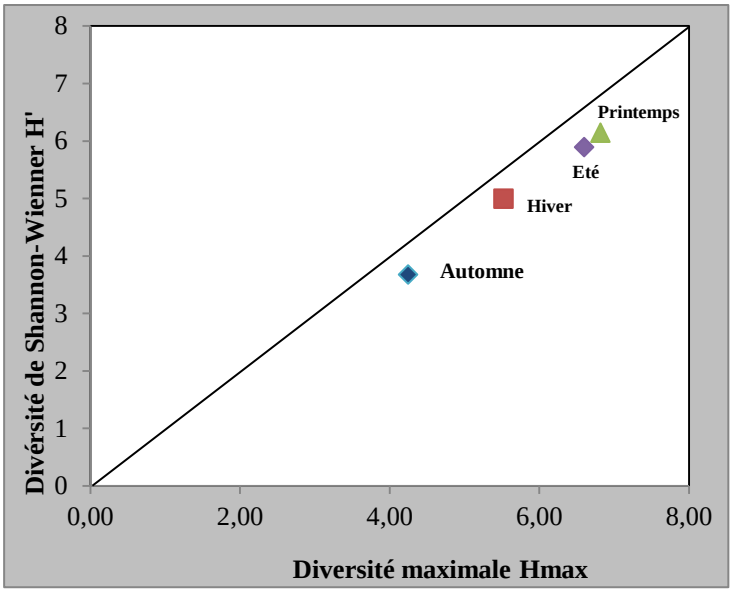



**Figure 85 : Application du modèle DIMO par la représentation simultanée de la richesse spécifique (log2 (*S*)), de l'indice diversité (H') et de l'équitabilité** (ligne diagonale=équitabilité maximale (*J'*=1)) **pour les quatre saisons.**

### 4.2.2.3. Traitement statistique des données

#### 4.2.2.3.1. Le test hiérarchique et détermination des unités coenotiques dans le temps

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée sur une matrice de répartition des 140 espèces inventoriées durant les saisons hivernale, printanière, estivale et automnale (Annexe8). Les assemblages des espèces en groupes semblent être en relation avec la dominance des espèces et l'occurrence (Fig. 86), cinq unités coenotiques (UC) sont mis en évidence et renferment entre 6 et 54 espèces.

L'unité UC1 est constituée de six espèces très abondantes (plus de 150 ind.) et présentes au cours de trois à quatre saisons, il s'agit de *Syntomus fuscomaculatus, Microlestes corticalis, Microlestes abeilli, Amblystomus algirinus, Podagrica malvae semirufa* et *Chaetocnema tibialis.*

L'unité UC2 présente vingt et une espèces de moindre abondance (moins de 150ind.) mais à forte occurrence, présentes également dans trois à quatre saisons. Huit espèces de cet assemblage sont à fortes contributions bionomiques *Enochrus bicolor, Laccophilus minutus, Pogonus chalceus, Emphanes axillare occiduum, Laccophilus hyalinus, Ochthebius* sp, *Lagorina scutellata* et *Hygrotus (Coelambus) confluens*, concourent à la formation de cette unité coenotique.

L'unité UC3 est la plus consistante et englobe cinquante-quatre espèces moyennement abondantes (moins de 50 ind.) et moins fréquentes, leur présence est notée essentiellement au cours de deux à trois saisons avec une nette dominance pendant la période printanière dont *Hydroglyphus geminus, Calathus opacus, Calathus fuscipes, Deronectes fairmairei, Stenolophus skrimshireanus* et *Tachys scutellaris.*

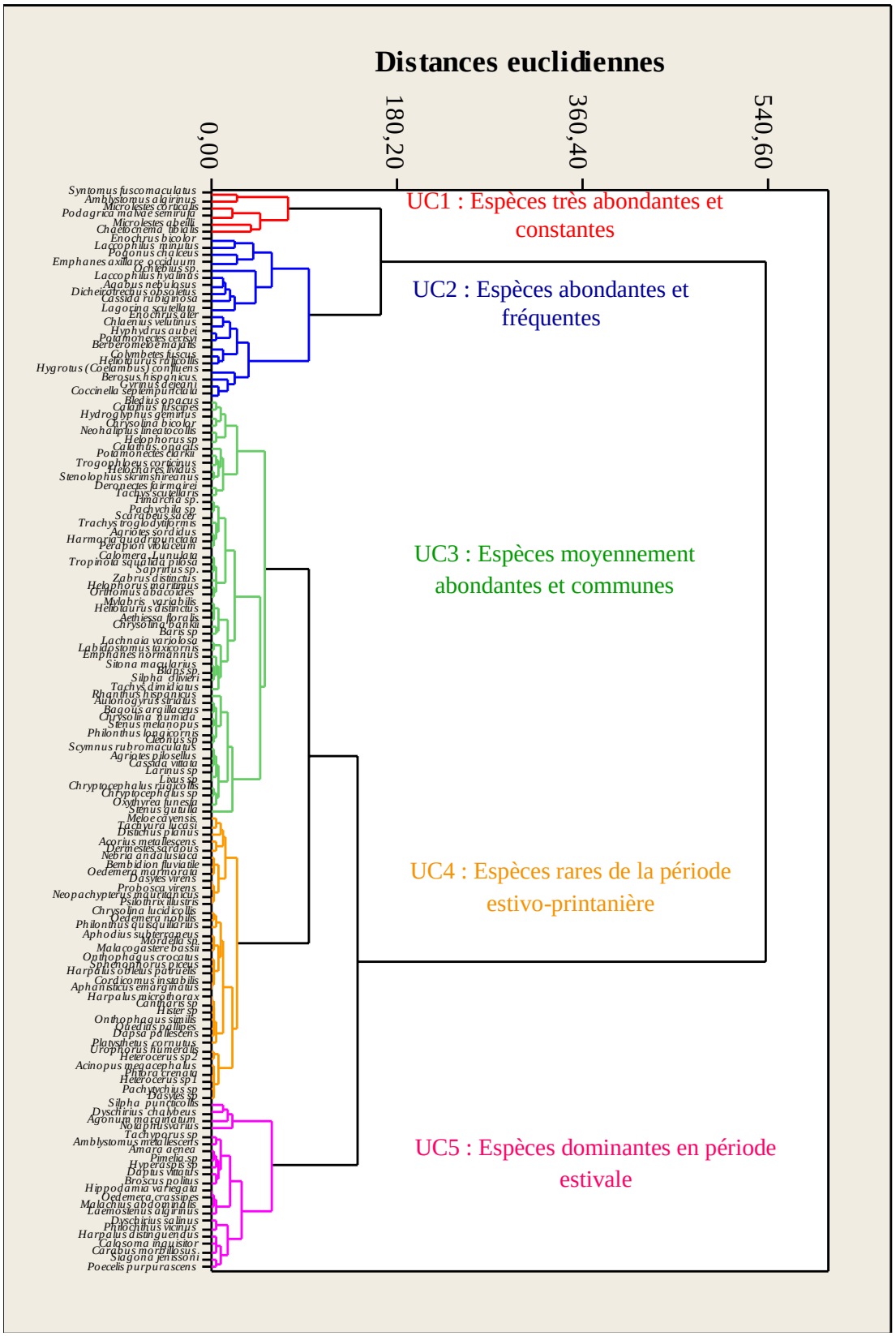



**Figure 86: Dendrogramme issu de la CAH de la matrice de répartition temporelle des espèces**

L'unité UC4 concrétise trente-sept espèces très faiblement représentées en nombre (moins de 20 ind.) mais leur présence est principalement notée au cours de la période printano-estivale. Les six premières espèces contribuant à la formation de cette unité sont *Meloe cavensis, Distichus planus, Nebria andalusiaca, Bembidion fluviatile, Oedemera marmorata* et *Onthophagus crocatus*

L'unité UC5 est composée de vingt-deux espèces à abondances moyennes à forte dominance au cours de la saison estivale. Les espèces les plus représentatives sont *Silpha puncticollis, Dyschirius chalybeus, Agonum marginatum, Amblystomus metallescens, Notaphus varius* et *Amara aenea*.

#### 4.2.2.3.2. Analyse de la matrice de répartition temporelle des abondances

Le traitement des données par l'AFC est réalisée à partir du même tableau binaire croisé de 140 especes et quatre saisons où l'élement de base est l'effectif total d'espèces i recoltée au cours de chaque saison, appliqué sur la CAH (Annexe 8).

Seule la distribution des points lignes et colonnes sur le plan F1x F2 (Fig. 87) est retenue, avec les deux axes qui concentrent le maximum d'information avec 43,79% sur l'axe 1 et 23,69 sur l'axe 2, soit une information totale de 67,48 (Fig. 87).

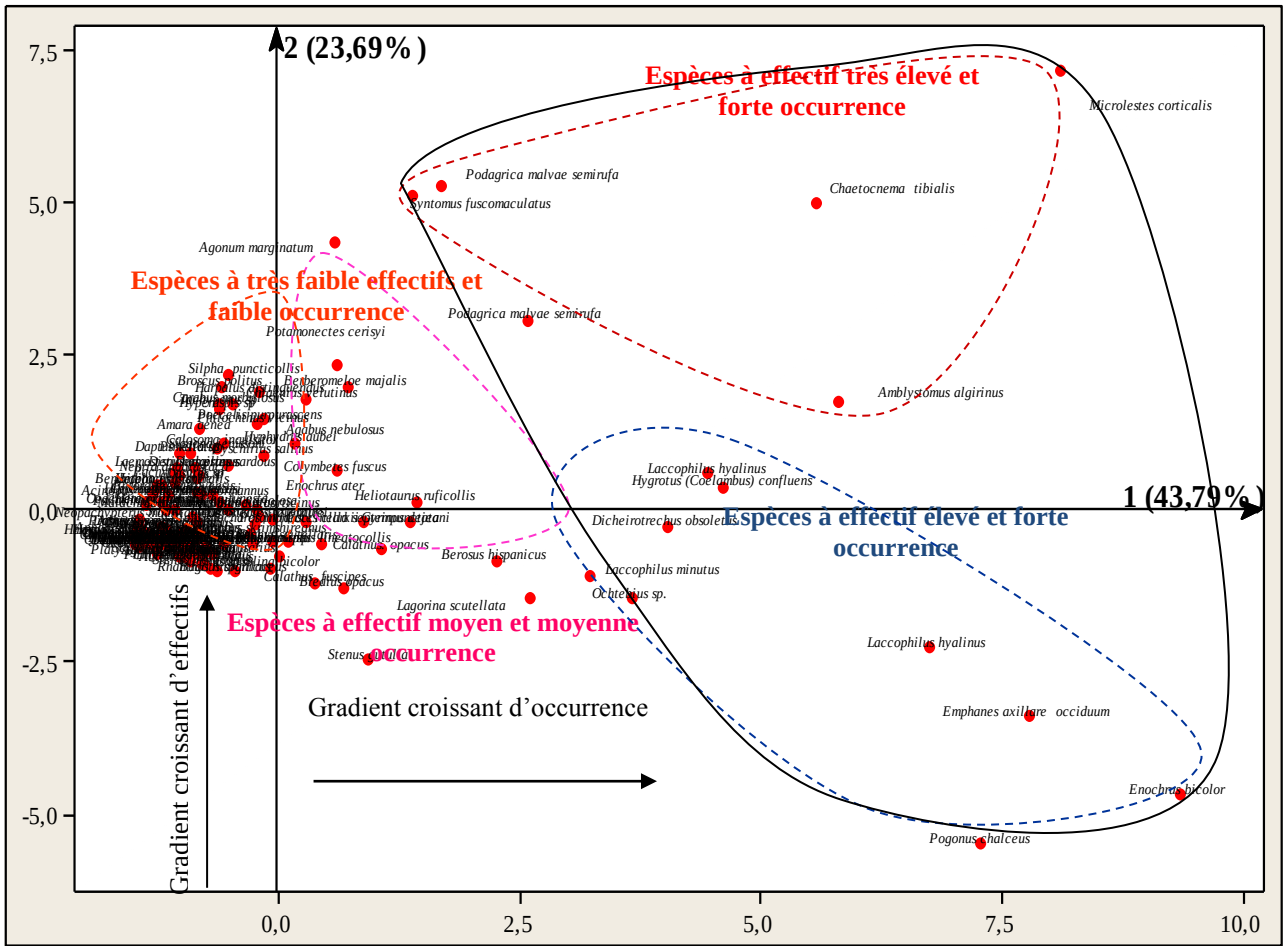



**Figure 87 : Plan factoriel F1xF2 de la matrice de répartition temporelle des espèces**

Sur l'axe 1 représentant un gradient croissant d'occurrence, se succèdent trois grands groupes d'espèces. Un premier groupe de quatorze espèces s'écarte sur le coté positif de l'axe 1 et évoque des espèces présentes pendant les quatre saisons, suivi successivement par un groupe formé de seize espèces qui ne sont rappelées dans trois à quatre saisons, ces deux groupes, sur le côté positif se caractérisent par les espèces les plus fréquentes, ils coïncident avec les unités coenotiques UC1, UC2 et UC5. A l'opposé sur le côté négatif de ce même axe, se concentrent toutes les espèces restantes à plus faible occurrence formant un troisième groupe concordant avec les unités UC3 et UC4.

L'axe 2 matérialise un gradient d'effectifs, il ségrége le premier groupe en deux ensembles. Sur le côté positif, se marginalisent les espèces à très fortes abondances qui contribuent à la construction de cet axe, il s'agit de *Syntomus fuscomaculatus, Microlestes corticalis Microlestes abeillei, Amblystomus algirinus, Podagrica malvae semirufa* et *Chaetocnema tibialis.* A cet ensemble s'opposent les espèces toujours fréquentes mais nettement moins abondantes *Enochrus bicolor, Laccophilus minutus, Pogonus chalceus, Emphanes axillare, occiduum, Laccophilus hyalinus, Hygrotus confluens, Pogonus chalceus, Dicheirotrechus obsoletus* et *Ochthebius* sp. qui divergent vers le côté négatif de l'axe 2.

Il apparait ainsi en terme de cette analyse que le peuplement est dominé essentiellement (65%) par des espèces à faibles effectifs et peu fréquentes face aux espèces à large répartition dans le temps que l'on peut qualifier d'espèces plastiques. Cette constatation prouve encore une fois l'état d'équilibre et de régularité des peuplements de Coléoptères dans le marais salé de l'embouchure de la Tafna.

### 4.2.3. Discussion

Les peuplements dans les différents faciès de végétation sont très peu semblables. Seulement huit espèces en commun entre les points les plus bas et les points les plus hauts ont pu être observées. *Syntomus fuscomaculatus, Microlestes corticalis, Microlestes abeillei, Amblystomus algirinus, Podagrica malvae semirufa, Chaetocnema tibialis, Distichus planus* et *Mordella* sp abondent principalement en période printanière et estivale, après assèchement progressif du marais.

La grande majorité des espèces (84) est représentée par un petit nombre d'individus. Cette même constatation a été faite par SOLDATI (2000) et MENET (1996 a, b et c) sur des inventaires de Coléoptères terricoles. Les Scarabéidés se rencontrent plus facilement dans le groupement à *Suaeda fruticosa* car la structure massive et compacte des secteurs les plus bas empêche l'installation des fouisseurs et des coprophages durant une bonne partie de l'année (CHAVANON et *al,* 1995).

SOUTHWOOD *et al.* (1979), BUTTERFIED (1997), BOULINIER *et al*. (1998), MC CRAKEN (1994) suggèrent que des facteurs environnementaux agissent fortement sur la distribution des Carabidae et qu'il existe un lien étroit entre la végétation et ces populations. D'après HENGEVELD & HOGEWEG (1979), les facteurs édaphiques déterminent les types de distribution des Carabidés et surtout le degré d'humidité du substrat, ce qui explique la distribution des espèces entre les différents habitats. Cette affirmation a été infirmée plus tard par l'un des deux auteurs (HENGEVELD, 1985) et qui révèle dans ces travaux sur les Carabides aux Pays-Bas que la dynamique et la répartition de ces derniers est aussi en fonction des variables climatiques.

Le facteur écologique majeur est le degré d'humidité du substrat, il explique la distribution des espèces entre les différents habitats. La présence de plans d'eau semi-permanents et temporaires provoque un changement de la dominance des espèces terricoles au profit des espèces aquatiques. Ce facteur écologique est aussi celui que LUFF et *al*. (1989), EYRE & LUFF (1990) reconnaissent dans les habitats ouverts. Ce facteur n'est pas le seul facteur écologique constituant un gradient de l'ensemble des données. La richesse spécifique est inversement proportionnelle au taux de salinité, aux biotopes les plus bas est affiliée une faune moins riche qui se caractérise par des espèces très bien adaptées au facteur limitant salinité (PONEL, 1993). Ce type de milieu ouvert attire spécialement les Carabidae, qui y trouvent luminosité et humidité nécessaires. En effet, ce sont des espèces dits photophiles, diurnes, capables de circuler sur la vase en plein soleil (SOLDATI, 2000).

Les groupements hydrophiles à salinité décroissante mais à humidité importante (assurée par le canal d'irrigation) favorise l'installation d'une faune particulière et bien diversifiée qui atteint une abondance maximale en début d'été, lorsque ces milieux commencent à s'assécher et lorsque l'abaissement du niveau de l'eau découvre des plages vaseuses riches en matière organique et en microorganismes. En période printanière, avant assèchement du marais, apparaît une faune abondante de Crustacés qui crée des conditions trophiques favorables à l'installation de Dytiscinae : *Agabus nebulosus, Colymbetes fuscus, Laccophilus hyalinus* et *Laccophilus minutus* (HENGEVELD, 1985).

Les Buprestidae qui apparaissent aussi au printemps sont généralement inféodées à plusieurs plantes. La larve creuse dans le bois ou dans l'écorce des galeries caractéristiques, sinueuses, aplaties et larges (GRETIA. 2009). Certains Buprestidés sont liés à des plantes-hôtes spécifiques et dans le cas de *Trachys troglodytiformis* et d'*Aphanisticus emarginatus* c'est l'*Atriplex halimus* du faciès à *Suaeda fruticosa*.

De nombreuses études ont porté sur les cycles d'activité des carabes en milieu naturel (RYABITSEV, 1997 ; NIEMELÄ *et al.*, 1992 ; EPSTEIN & KULMAN, 1990 ; LOREAU, 1985, 1984a ; LEVESQUE *et al.*, 1979 ; ALLEN & THOMPSON, 1977 ; BOUSQUET & PILON, 1980 ; GOULET, 1974 ; BARLOW, 1970 ; DAWSON, 1965). Les espèces à la fois vernales et estivales

résistant à fois à la température et à la sécheresse des mois les plus chauds ne sont pas très nombreuses, Il s'agit des *Syntomus fuscomaculatus, Microlestes corticalis Microlestes abeillei, Amblystomus algirinus.*

Les espèces *Amblystomus metallescens, Agonum marginatum, Amara aenea,* et *Acorius metallescens* sont très actives en été alors que les espèces de moyenne et de grande taille (*Chlaenius velutinus, Calomera.lunulata, Emphanes normannus, Harpalus distinguendus, Agonum marginatum*) se reproduisent au printemps et au début de l'été.

La structure du peuplement du faciès le plus xérique à *Suaeda fruticosa* a peu de points communs avec les peuplements des autres faciès. Elle s'isole certes en raison des conditions hydrologiques et halines mais également en raison de la composition floristique riche en thérophytes et en plantes rudérales. En effet, une richesse spécifique plus importante de la végétation maintient une richesse spécifique des Coléoptères plus élevée (FADDA *et al*., 2007).

L'étude de la distribution des Coléoptères Carabiques le long de toposéquences dans les prairies humides littorales établie par GEORGES (1999) a également démontré que les secteurs bas inondables et le secteur supérieur peu submergé sont caractérisés par des assemblages d'espèces distincts. Par ailleurs, les résultats de la richesse et la diversité élevée et la structure équilibré des peuplements dans cette zone humide rejoignent les constatations et les hypothèses de HAMMOND (1974, 1992), de HEATH (1974) et de RASMONT& MERSH (1988) pour d'autres groupes d'invertébrés.

Rapport-Gratuit.com

### 4.3. Analyse des groupes trophiques des peuplements

Le régime alimentaire des Coléoptères est un élément fondamental de la niche de nombreuses espèces entre autres celles des Carabidae. Le groupe trophique permet ainsi de définir à la fois la place de ce peuplement dans le marais et le lien trophique entre les diverses espèces au sein des peuplements (LOREAU, 1984). HERVE (2010) a proposé que l'échelle spatiale perçue par un organisme serait dépendante de son niveau trophique. Il s'appuie pour cela sur les considérations suivantes : les plantes seraient sensibles à leur microhabitat, les phytophages couvriraient une zone plus grande mais seraient toutefois confinés dans une communauté locale et les carnassiers engloberaient plusieurs communautés de phytophages, percevant l'espace à une échelle encore supérieure (Fig. 88).

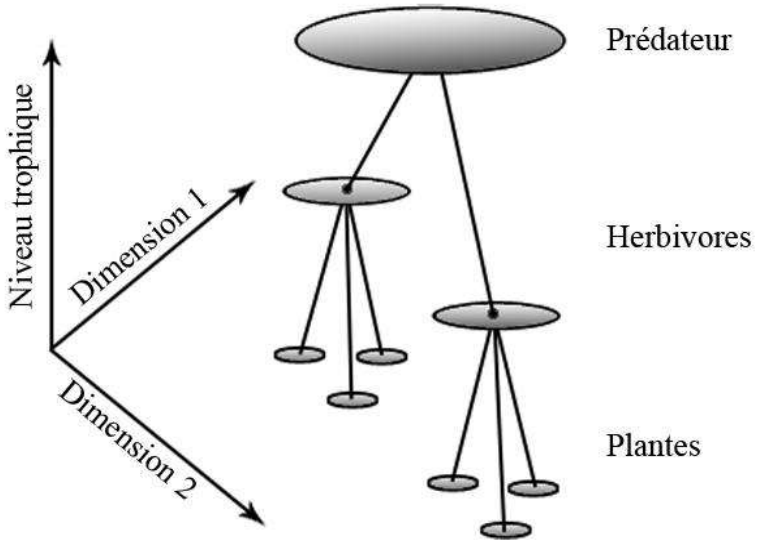



**Figure 88 – Espace perçu à une échelle de la hiérarchie trophique (HOLT, 1996)**

Bien que le spectre alimentaire des larves et des adultes soit variable, on a tenté d'attribuer à chaque groupe trophique les espèces appropriées. On a retenu ainsi cinq groupes fonctionnels (Annexe 9).

#### 4.3.1. Groupes trophiques en fonction de l'abondance et de la richesse spécifique.

Pour bien illustrer les liens trophiques, nous avons pris en considération deux paramètres : l'abondance et le nombre d'espèces dans chaque groupe trophique (Tab. 14).

**Tableau 14: Abondance et richesse spécifique des groupes trophiques de Coléoptère dans le marais.**

| Groupe trophique | Abondance | Nombre d'espèces |
|---|---|---|
| Prédateurs | 2646 | 69 |
| Phytophages | 1059 | 59 |
| Polyphages | 40 | 5 |
| Nécrophages | 72 | 3 |
| Coprophages | 16 | 4 |

Les proportions exprimées en pourcentage, de chaque groupe sont fournies aussi bien en nombre d'individus qu'en richesse spécifique (Fig. 89). Le peuplement global récolté de 3833 individus affiche une nette dominance des prédateurs en nombre (2646 ind.) et en espèces (69) correspondant respectivement à 68,69% et 49% ; ils sont suivis par les phytophages avec 1059 individus et 59 espèces. Les nécrophages dévoilent seulement trois espèces néanmoins bien figurées en nombre (72 ind.) contrairement aux polyphages et aux nécrophages qui sont relativement plus riche en espèces, respectivement 5 et 4 espèces mais qui ne sont représentées que par 40 et 16 spécimens.

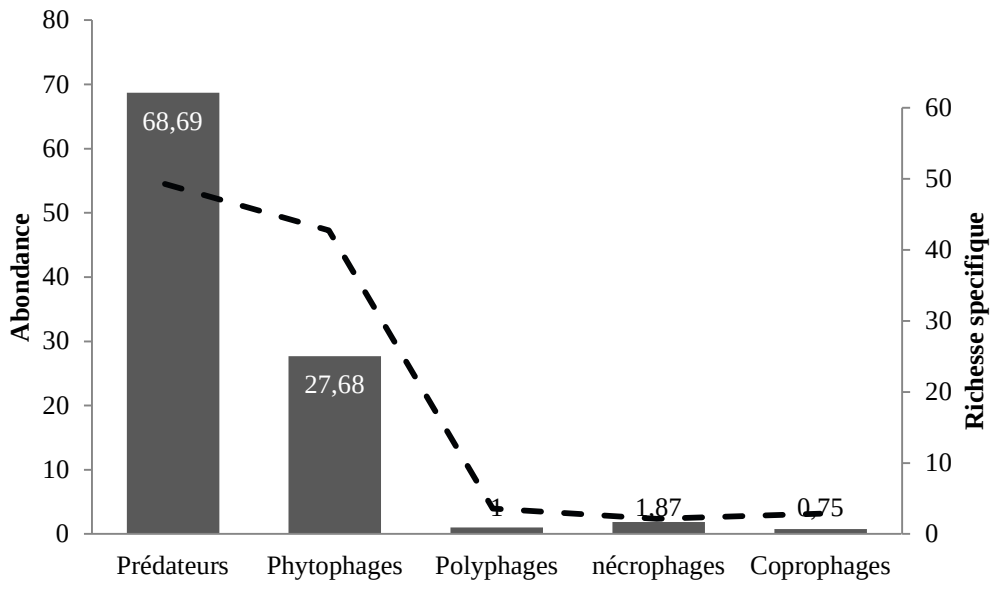



**Figure 89: Fluctuation de l'abondance et de la richesse spécifique des groupes trophiques dans le marais.**

### 4.3.2. Distribution spatiale des groupes trophiques en fonction de l'abondance

Le nombre total des individus de chaque groupe trophique dans les différents faciès de végétation (Tab. 15) et leurs pourcentages relatifs (Fig. 90) relatent la répartition fine des groupes fonctionnels dans notre aire d'étude.

**Tableau 15 : Répartition spatiale des groupes trophiques des Coléoptères dans le marais en fonction de l'abondance.**

| Groupement / Groupe trophique | G.I | G.II | G.III | G.VI | G.V |
|---|---|---|---|---|---|
| Prédateurs | 372 | 1053 | 414 | 393 | 414 |
| Phytophages | 93 | 153 | 100 | 221 | 492 |
| Polyphages | 0 | 7 | 12 | 7 | 14 |
| Nécrophages | 0 | 0 | 13 | 14 | 45 |
| Coprophages | 0 | 0 | 0 | 3 | 26 |

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Ainsi, l'examen de ces deux illustrations met en évidence l'importance des prédateurs au niveau de tous les faciès de végétation, leur importance relative en nombre est plus élevée dans le faciès à *Salicornia fruticosa* avec 1053 individus (27%), suivie par des taux analogues de 11 à 10% pour les faciès restants.

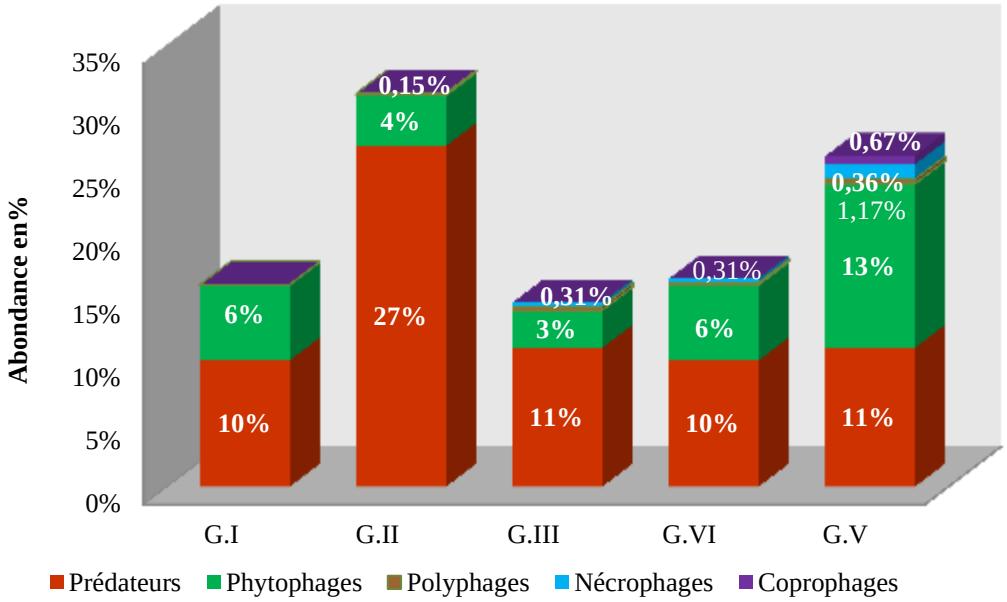



**Figure 90 : Importance relative du nombre d'individus par groupe trophique récoltés dans les cinq faciès individualisés.**

Les prédateurs dominent donc dans la majorité des faciès à l'exception du faciès à *Suaeda fruticosa* où les phytophages, avec plus 13% (492 ind.) l'emportent légèrement. Dans ce même faciès, les autres groupes trophiques sont de moindre importance, les nécrophages sont représentés uniquement avec 1%, toutefois ils constituent une proportion assez consistante (45 ind.) puis diminue progressivement dans les faciès à *Juncus maritimus* et à *Typha angustifolia* jusqu'à disparaitre complètement dans les niveaux hydro-halophiles. Ils sont suivis de très près par les coprophages avec 0,67% et en dernier lieu viennent les polyphages avec 0,36% symbolisant ainsi le taux le plus faible.

Les faciès à *Typha angustifolia*, à *Arthrocnemum glaucum* et à *Juncus maritimus* symbolisent les taux les plus faibles de pratiquement tous les groupes trophiques alors que le taux le plus faible est enregistré chez les coprophages.

Les polyphages et les coprophages sont totalement absents dans le niveau le plus bas et ne sont évoqué que par une faible abondance dans le reste du marais à savoir moins de 2% de l'abondance totale.

L'évolution des abondances des groupes trophiques semble suivre plus un gradient décroissant d'halophilie (Fig. 91) qu'un gradient d'hydromorphie. Les taux d'abondance les plus élevés sont

enregistrés dans les faciès halophiles et hydrophiles G.II et G.V avec une nette augmentation dans le premier, puis diminuent progressivement dans les faciès hydrophiles non halophiles.

L'avantage des prédateurs dans le faciès G.II tend à s'amoindrir dans les niveaux les plus hauts G.III, G.IV et G.V. Les phytophages sont de plus en plus réduits depuis le niveau le plus haut G.V vers les niveaux les plus hydrophiles G.VI et G.III et hydro-halophiles G.II et G.I.

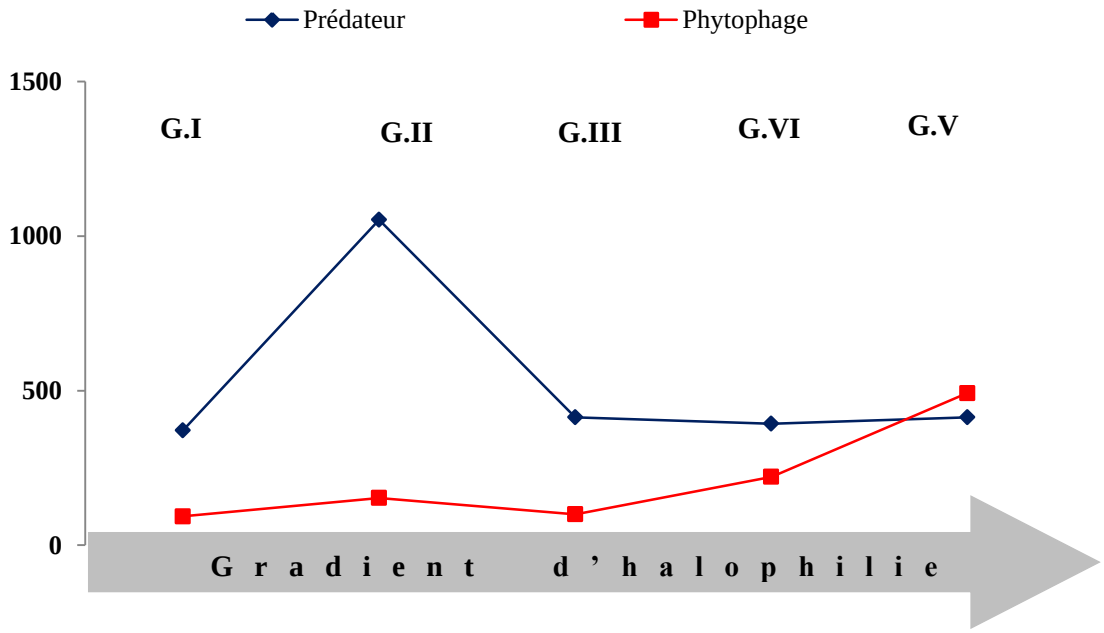



**Figure 91: Evolution de l'abondance des deux principaux groupes trophiques en fonction des faciès de végétation.**

### 4.3.3. Répartition spatiale des groupes trophiques en fonction de leur richesse spécifique totale

La figure 92 permet de résumer l'importance des groupes trophiques face aux différents gradients de salinité et d'hydromorphie ainsi que leur répartition spatiale schématisée à partir la carte des faciès de végétation. En effet, elle illustre les liens trophiques en fonction du nombre total d'espèces de chaque groupe trophique.

L'examen de cette figure fait ressortir la diversité des prédateurs par dans les faciès hydro-halophiles et hydrophiles G.I, G.II et G.III. En revanche, les phytophages sont plus diversifiés et avec un net avantage de 45 espèces dans le faciès G.V. Les polyphages n'apparaissent qu'à partir du faciès G.II contrairement au nécrophages et aux coprophages qui apparaissent successivement à partir des faciès G.III et G.IV.

Comme précédemment, la confrontation de la richesse spécifique aux deux paramètres écologiques fondamentaux montre une spécialisation des groupes trophiques qui semble augmenter en fonction d'un gradient décroissant d'hydromorphie et surtout d'halophilie. Ainsi, dans le faciès G.I des points les plus bas à salinité élevée et hydromorphie importante, la faune ne s'organise qu'en deux groupes fonctionnels, contrairement aux faciès G.IV et G.V des points les plus hauts à

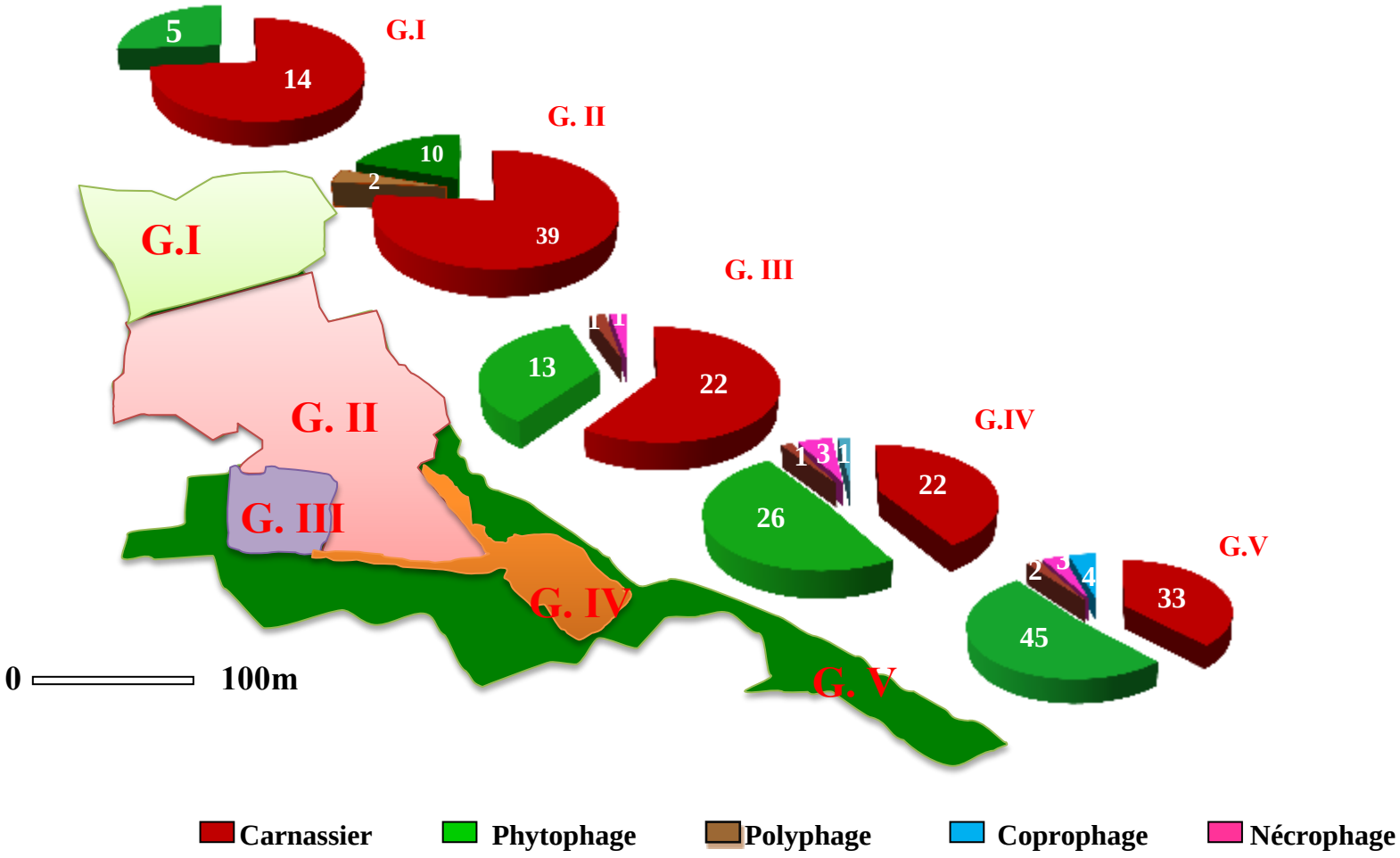



**Figure 92 : Structure fonctionnelle du peuplement des Coléoptères dans le marais en fonction de la richesse spécifique**

salinité et hydromorphie moindres qui laissent apparaitre cinq groupes fonctionnels avec un net avantage des coprophages dans le faciès G.V, passant par les faciès intermédiaires G.III et G.II qui exposent respectivement quatre et trois groupes trophiques.

### 4.3.4. Les tests hiérarchiques et détermination des entités coenotiques des groupes trophiques dans les faciès de végétation

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée pour déterminer des entités coenotiques. L'analyse de la matrice d'entrée est constituée de 140 lignes (espèces) et de vingt colonnes (Annexe V).

Le dendrogrammes issu de CAH (Fig.93) résulte du classement des espèces en fonction de l'abondance et de leur occurrence dans les faciès de végétation et met en évidence deux grandes unités fondamentales, des groupes trophiques à large distribution et d'autres plus inféodées à certains faciès. A un niveau d'analyse plus bas, la même CAH permet de dégager six unités ceonotiques.

Les deux grands noyaux individualisés sont constitués d'un nombre d'espèces allant de vingt-trois espèces dans le noyau NEI des prédateurs à cent dix-sept espèces dans le noyau NE2 des autres groupes trophiques. Ainsi, une ségrégation nette émane de cette analyse montrant l'importance des prédateurs.

NEI réunis deux unités coenotiques. La première unité UC1 renferme trois espèces *Microlestes abeillei*, *Syntomus fuscomaculatus* et *Amblystomus algirinus* prédatrices avec les plus fortes abondances et fortes occurrences, retrouvées dans les cinq faciès de végétation et une abondance de plus de 190 individus. La seconde unité UC2 englobe des prédateurs toujours à fortes abondances mais de plus faibles occurrences, présents dans deux à cinq faciès de végétation. Elle rassemble vingt espèces dont quatre sont à fortes contributions bionomiques, il s'agit de *Berosus hispanicus*, *Dicheirotrechus obsoletus*: *Agabus nebulosus* et *Microlestes corticalis.*

Le groupe fondamental NE2 réunit quatre unités coenotiques. L'unité UC3 englobe trois espèces *Chaetocnema tibialis, Enochrus bicolor, Ochtebius* sp. des phytophages abondants avec plus de 90 individus dans les différents faciès de végétation. Analogue à cette dernière, l'unité UC4 réunit également quatre phytophages (*Podagrica malvae semirufa, Lagorina scutellata, Heliotaurus ruficollis* et *Cassida rubiginosa)* moyennement abondants et présents dans trois à cinq faciès de végétation mais dominants dans les points les plus hauts. En l'occurrence, l'unité UC5 décrit des espèces à faible abondance principalement présentes dans G.V mais toutes prédatrices. Cette unité totalise une richesse spécifique de vingt-deux espèces dont l'espèce pilote est *Coccinella septempunctata.* Les 87 espèces restantes forment l'unité UC6, elles appartiennent indifféremment aux groupes trophiques et se

caractérisent dans l'ensemble par de très faibles abondances, moins de quarante individus et de faibles occurrence, inféodées à un ou deux faciès seulement.

### 4.3.5. Analyse de la matrice de répartition spatiale des abondances des groupes trophiques dans le marais

Le traitement des données acquis pour la représentation des plans factoriles nécessite l'établissement d'un tableau binaire à double entrée de 130 lignes (espèces récoltées) et 20 colonnes correspondants à cinq groupes trophiques x cinq groupes de végétation. Dix espèces *Syntomus fuscomaculatus, Amblystomus algirinus, Microlestes abeillei, Podagrica malvae semirufa* , *Enochrus bicolor, Dermestes sardous, Silpha puncticollis* , *Silpha olivieri* et *Chaetocnema tibialis* à fortes contribution bionomiques ont été écartées de l'analyse et ceci afin d'avoir une meilleure répartition des points les plus déterminants et de dégager les composantes trophiques les plus élémentaire dans chaque faciès de végétation.

Les deux premiers axes totalisent 53,38% de l'inertie totale, avec 35,97% sur l'axe 1 et 28,41% sur l'axe 2 et le plan factoriel est traduit par la figure 94.

L'axe 1 ségrége deux groupes trophiques les prédateurs inféodés aux faciès G.I, G.II, G.III et G.IV et les phytophages de l'ensemble des faciès. Les espèces prédatrices construisant cet axe et de coordonnées négatives, correspondent ainsi à huit espèces nettement dominantes dans les quatre faciès les plus bas halophiles et hydrophiles, il s'agit précisément de *Microlestes corticalis, Laccophilus hyalinus, Laccophilus minutus, Hygrotus (Coelambus) confluens, Agabus nebulosus, Agonum marginatum, Emphanes axillare occiduum* et *Pogonus chalceus.* De coordonnées positives, les phytophages *Enochrus ater, Lagorina scutellata, Berberomeloe majalis, Cassida rubiginosa, Heliotaurus ruficollis, Timarcha rugosa,, Lachnaia variolosa, Chrysolina bicolor, Helophorus.* sp, *Urophorus humeralis* et *Labidostomus taxicornis* se répartissent sur l'axe 1 selon un gradient décroissant des effectifs et dominants depuis les faciès hydrophiles vers les groupements hydrohalophiles.

Sur le côté positif de l'axe 2, se marginalisent les groupes trophiques restants, cependant les points qui construisent cet axe sont essentiellement les deux coprophages, *Scarabeus sacer* et *Aphodius subterraneus* et les deux polyphages *Pachychila* sp. et *Blap*s sp. Ces fortes contributions s'expliquent par une représentativité des espèces par de faibles effectifs face aux phytophages nettement dominants en nombre situés sur le côté négatif.

A ce stade d'analyse, il est possible de retenir les écarts bien marqués du nombre d'individus entre groupes trophiques alors que ces écarts n'apparaissent pas entre les différents faciès de végétation.

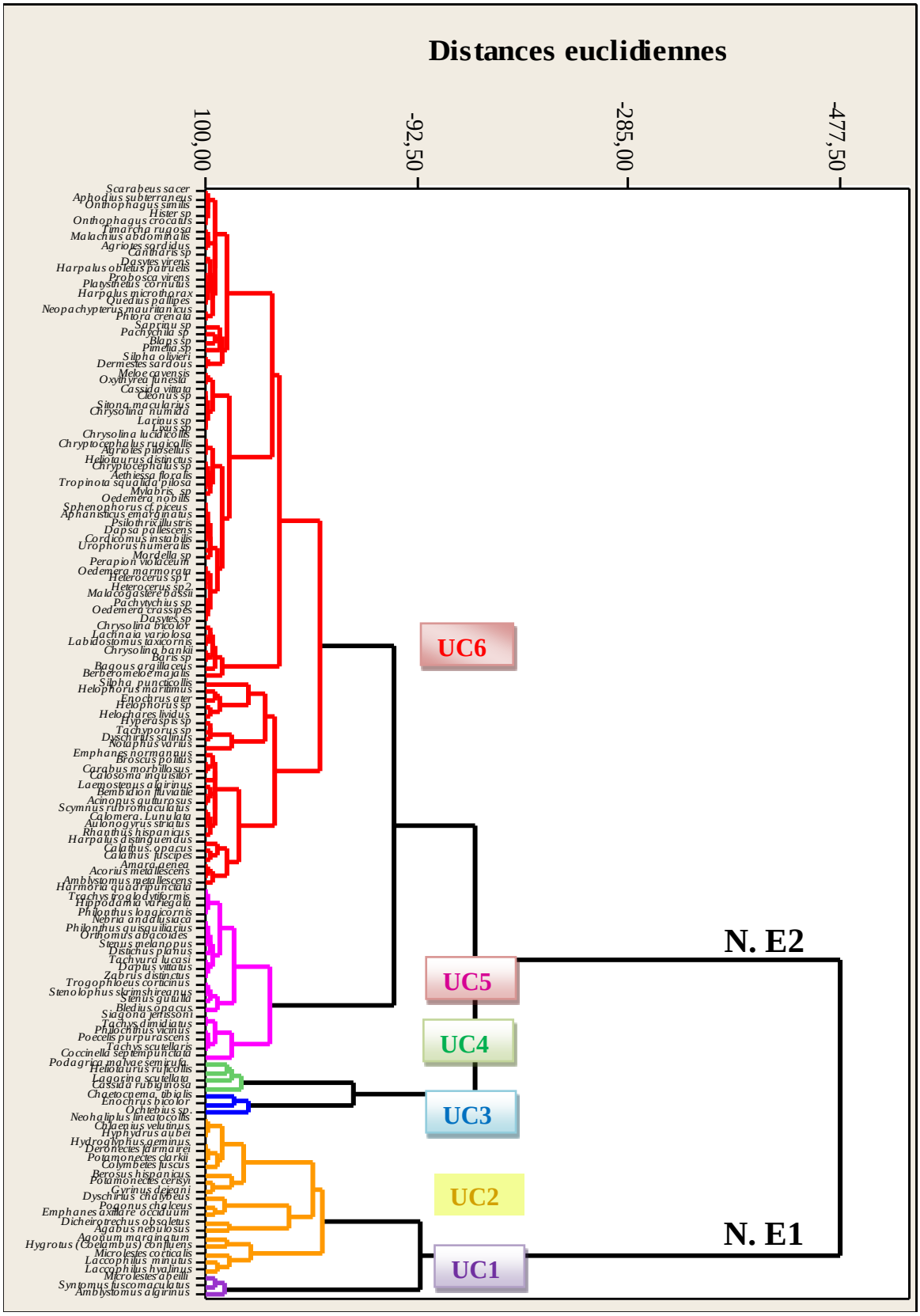
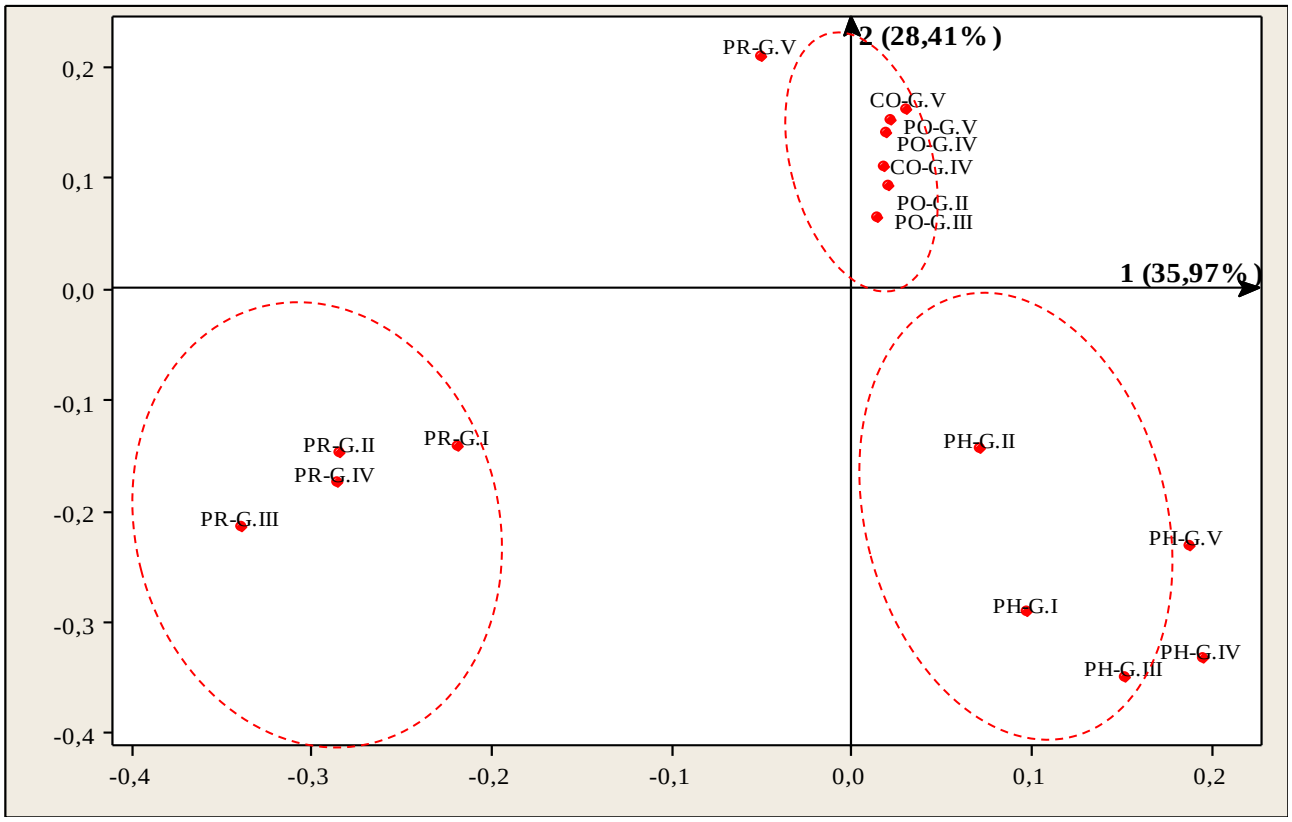



**Figure 93 : CAH de la matrice de répartition des abondances des 140 espèces dans les cinq groupes trophiques dans les cinq faciès végétaux.**


2 (28,41% )
1 (35,97% )
PR-G.V
CO-G.V
PO-G.V
PO-G.IV
CO-G.IV
PO-G.II
PO-G.III
PR-G.II
PR-G.I
PR-G.IV
PR-G.III
PH-G.II
PH-G.V
PH-G.I
PH-G.IV
PH-G.III
0,2
0,1
0,0
-0,1
-0,2
-0,3
-0,4
-0,4
-0,3
-0,2
-0,1
0,0
0,1
0,2

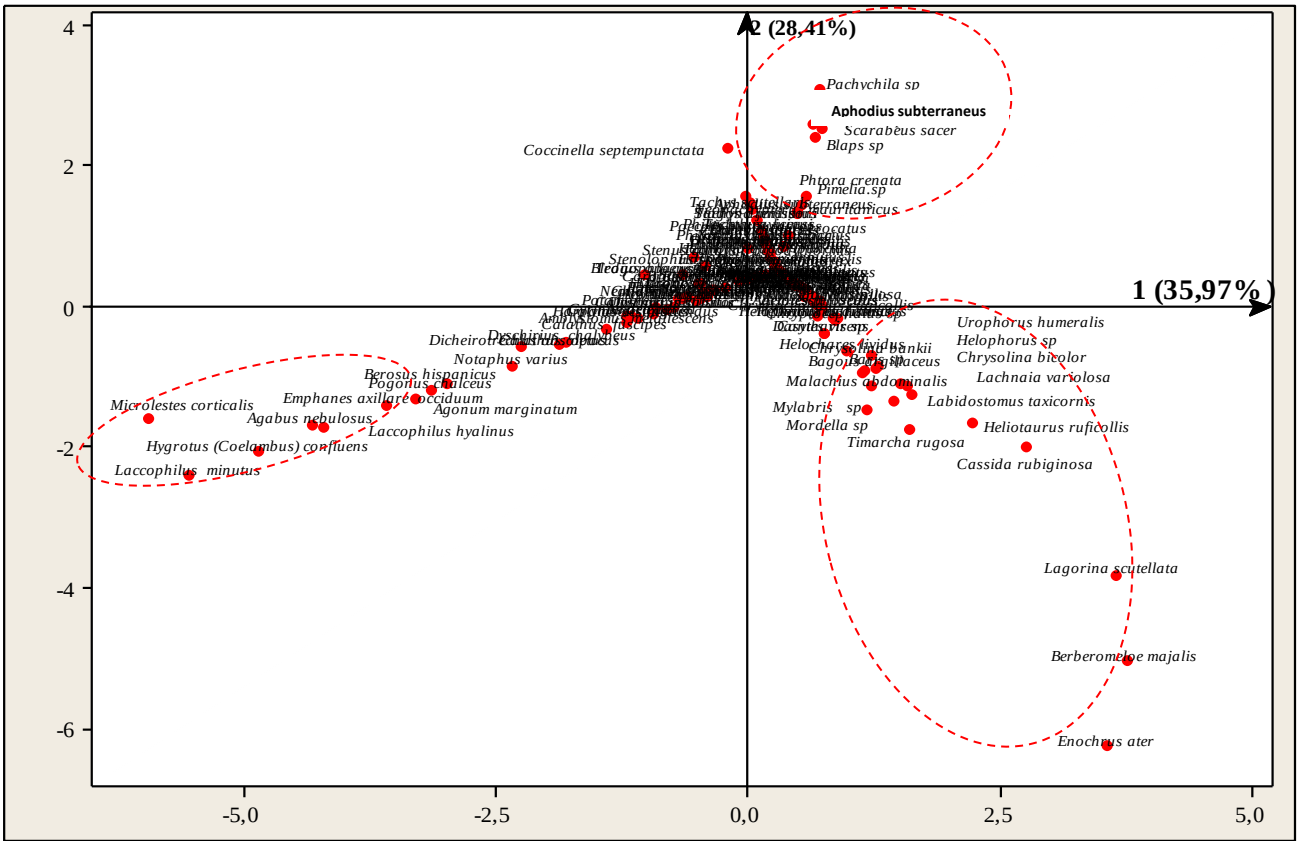

2 (28,41%)
1 (35,97%)
Pachychila sp
Aphodius subterraneus
Scarabeus sacer
Blaps sp
Coccinella septempunctata
Phtora crenata
Pimelia.sp
Urophorus humeralis
Helophorus sp
Chrysolina bicolor
Lachnaia variolosa
Malachius abdominalis
Labidostomus taxicornis
Mylabris sp
Mordella sp
Heliotaurus ruficollis
Timarcha rugosa
Cassida rubiginosa
Lagorina scutellata
Berberomeloe majalis
Enochrus ater
Notaphus varius
Berosus hispanicus
Pogonus chalceus
Emphanes axillare occiduum
Agonum marginatum
Microlestes corticalis
Agabus nebulosus
Laccophilus hyalinus
Hygrotus (Coelambus) confluens
Laccophilus minutus
4
2
0
-2
-4
-6
-5,0
-2,5
0,0
2,5
5,0

**Figure 94 : Représentations graphiques juxtaposées des points lignes et colonnes sur le plan factoriel F1xF2 appliqué à la matrice des abondances des groupes trophiques par faciès de végétation.**

### 4.3.6. Discussion

La spécialisation des Coléoptères constitue un important critère dans le fonctionnement du peuplement. L'augmentation du nombre de groupes trophiques se fait en fonction de la diminution du taux de l'halophilie et semble être en relation directe avec l'augmentation de l'action anthropique dans le niveau le plus haut à *Suaeda fruticosa*.

Si la majorité des Coléoptères sont phytophages, ils se retrouvent à tous les niveaux du réseau trophique avec des espèces prédatrices, saprophages, coprophages et nécrophages (CROWSON, 1981 ; DALY *et al.*, 1998).

Dans le faciès le plus bas à *Arthrocnemum glaucum*, où le milieu est attractif plus particulièrement aux Carabidae, dominent ces grands prédateurs qui sont pour la plupart des insectes terricoles, vivant à la surface du sol où ils se déplacent activement surtout la nuit (LÖVEI & SUNDERLAND, 1996 ; THIELE, 1977). En effet, PENEAU (1906) considère la grande majorité des Carabes comme de redoutables prédateurs de petits invertébrés : mollusques, vers, petits arthropodes, larves.

L'évolution de la spécialisation sur le plan du type de proies consommées augmente depuis les grands carabidés jusqu'aux espèces de taille moyennes. Les espèces de petites tailles *Microlestes abeillei*, *Microlestes corticalis*, *Syntomus fuscomaculatus* et *Amblystomus algirinus*, présentes dans l'ensemble du marais confirment les travaux de PENEAU (1906) sur les Coléoptères de la Loire Inferieure et explique la présence des carabidés de petite taille dans ces différents milieux par une spécialisation moins permise à cause d'une part de leur mode de vie diurne et d'autre part au rapport de taille prédateur / taille proie défavorable, d'où un comportement alimentaire plus large. Ainsi la disponibilité des proies ne détermine pas seulement les variations du régime alimentaire de chaque espèce, mais elle est à l'origine des caractéristiques générales des niches trophiques occupées par différentes espèces de Coléoptères (TILMAN, 1997). Une préférence alimentaire au dépend d'une catégorie bien précise de proies, exemple des collemboles, devient plus avantageuse pour les carabidés de taille moyenne à cause de l'abondance et la permanence de ce type de proies dans ces milieux.

Par ailleurs, la polyphagie permet au contraire aux grandes espèces de compenser leurs proies peu abondantes (PENEAU, 1906) dans ces milieux considérés comme extrêmes et hostiles pour la plupart des êtres vivants et particulièrement les Coléoptères d'où la présence de polyphages dans les différents faciès hydro-halophiles et hydrophiles.

Rapport-Gratuit.com

Les Dytiscidés retrouvés dans les faciès à *Salicornia fruticosa* et *Juncus maritimus* sont de féroces carnassiers, tant à l'état larvaire qu'à l'état adulte, se nourrissant de petits animaux tels que des vers de vase et des têtards retrouvés dans ces niveaux, ils laissent difficilement apparaitre les Haliplidés (dont la présence est liée à celle des algues filamenteuses qui constituent la nourriture des larves) retrouvés en nombre assez réduit dans ce biotope.

Les Helophoridés sont en majorité phytophages, consommant activement les lentilles d'eau, les myriophylles et autres plantes aquatiques dont ils limitent la prolifération, diminuant ainsi l'eutrophisation (JOFFRE, 1955) dans ces milieux. Ce groupe a relativement peu d'importance dans notre inventaire en raison d'absence de ces conditions.

L'absence de Coléoptères coprophages dans les niveaux les plus bas s'explique par la texture limono-argileuse inadaptée à leur inféodation et surtout pour creuser sous l'excrément un nid pédotrophique essentiellement pour les espèces fouisseuses (*Ontophagus)* (LUMARET, 1989). La nature du sol, très compacte, empêche l'installation des coprophages fouisseurs dans les faciès les plus bas durant une bonne partie de l'année et ceci corrobore les résultats obtenus par CHAVANON *et al.* (1995) dans la sansouire de la Moulouya qui ont montré que l'accumulation des dépôts très importants de matières fécales est due à l'inefficacité de ces coprophages. Ces données sont confirmées également par les résultats pédologiques obtenus qui témoignent d'une activité biologique très réduite (rapport C/N faible), suite aux conditions hostiles de salinité et d'hydromorphie. Ces deux facteurs sont la cause principale d'une décomposition très lente de la matière organique dans la majorité de l'aire d'étude sauf dans le groupement à *Suaeda fruticosa* (rapport C/N supérieur à 25) et qui permet l'inféodation exclusive des six espèces de coprophages.

Selon GRETIA (2009), les nécrophages représentés par les Silphidae ne peuvent caractériser un milieu spécifique ni son évolution, mis à part le fait qu'une espèce soit plutôt forestière ou liée aux cultures. Les Silphidés ne peuvent donc être utilisés comme bio-indicateurs, contrairement aux Carabes. Leur présence dans le marais de l'embouchure de la Tafna s'explique par la présence de micromammifères (rats, souris), selon ce même auteur cette présence est le signe d'un milieu équilibré et riche.

L'augmentation de la diversité végétale dans le faciès le plus xérique à *Suaeda fruticosa* entraîne une augmentation de la diversité des phytophages et en conséquence de leurs prédateurs (SOUTHWOOD *et al.*, 1979 ; TILMAN, 1997 et HARMAN *et al.*, 2000 in BANK, 2003). En effet, les espèces de type rudéral (GRIME, 2001) qui dominent dans ce faciès sont de manière générale consommées par les insectes phytophages (FRAZER & GRIME, 1999). De plus, on observe une relation positive entre la richesse végétale qui s'impose dans ce niveau et la richesse d'espèces phytophages (BUSE & GOOD,

1996). Cette corrélation repose sur la relation plante hôte / espèce phytophage associée, et sur la création de nouvelles niches écologiques liée au nombre d'espèces végétales.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

# CONCLUSION GÉNÉRALE

Le marais salé de l'embouchure de la Tafna présente plusieurs originalités liées, d'une part à sa situation naturelle en tant que zone éponge de la zone d'estuaire du bassin versant de la Tafna et d'autre part à son état perturbé engendré par une action anthropique intense (mise en place de l'usine d'aquaculture et agriculture).

L'hydrologie de surface a révélé des niveaux de submersion différents, ainsi le marais est soumis à des inondations fréquentes déterminant une unité de mise en eau naturelle représentée par trois secteurs : (i) le secteur submersible semi-permanent, situés aux points les plus bas et à salinité très élevées qui atteint 52,6g/Kg de terre sèche; (ii) le secteur temporaire à submersion intermittente, celle-ci dure entre trois et quatre mois et à salinité moyenne de 24g/kg de terre sèche; (iii) les secteurs éphémères qui se mettent en eau suite aux fortes précipitations et à salinité qui ne dépassent pas les 15g/kg de terre sèche. L'unité de mise en eau artificielle engendrée par le canal d'irrigation se localise au niveau des deux faciès de végétation intermédiaires *Juncus maritimus* et *Typha angustifolia*.

Les cinq faciès de végétation individualisés à partir de l'espèce différentielle la plus représentative sont : (i) trois faciès hydrophiles halophiles qui se succèdent du Nord au Sud, selon un gradient décroissant d'hydromorphie et de salinité, depuis *Arthrocnemum glaucum* jusqu'à *Suaeda fruticosa*, passant par *Salicornia fruticosa*; (ii) deux faciès hydrophiles non halophiles correspondant à *Juncus maritimus* et *Typha angustifolia.*

L'analyse de la composition faunistique globale du marais salé a conduit à la détermination d'une collection de 3833 individus appartenant à 140 espèces, pour un bilan de 560 échantillons récoltés pendant la période d'étude allant d'octobre 2009 à septembre 2010. Ces espèces sont inégalement réparties entre 31 familles, 50 sous familles, 113 genres. Dans cette communauté, les Carabidae dominent aussi bien en nombre d'individus qu'en richesse spécifique. Ils représentent plus du quart de la faune analysée avec 29% des espèces récoltées et son importance relative par rapport à l'abondance totale est de 45% (1730 individus).

La faune du marais de l'embouchure de la Tafna appartient à la zone paléarctique. L'établissement et le classement des cartes a permis de mettre en évidence trois grands groupes de cartes composés d'un nombre variable d'espèces : (i) Le premier groupe englobe les espèces à très large répartition géographique signalées dans 29 à 54 pays de la région paléarctique ; (ii) Le deuxième grand groupe réunit le plus grand nombre d'espèces à large répartition présentes dans moins de 29 pays ; (iii) Le troisième groupe est celui des espèces à répartition géographique limitée, signalées dans moins de onze pays.

Du point de vue biogéographique, le peuplement est constitué de contingents différents d'espèces. Les espèces cosmopolites à large répartition en Europe et en Asie de l'Est sont les plus dominantes avec plus de 44% de la collection totale alors que les 13 espèces ibériques maghrébines constituent 11% du peuplement. Les espèces méditerranéennes représentent 32% de l'ensemble des Coléoptères dont 8 % sont des espèces endémiques à la Méditerranée occidentale et 9 % des espèces endémiques d'Afrique du Nord dont deux espèces non encore citées en Algérie, *Bembidion fluviatile unctulum* et *Psilothrix illustris*. Parmi cette faune endémique exceptionnelle, une espèce remarquable *Dapsa pallescens* est une endémique des côtes méditerranéennes d'Algérie et du Maroc, en revanche, *Orthomus abacoïdes* est une endémique d'Algérie.

L'analyse de la structure et la micro-organisation des peuplements dans le marais a permis de mettre en évidence la variabilité spatiale aussi bien de la richesse spécifique que la richesse en nombre. Le nombre d'espèces est plus faible, dans le faciès à *Arthrocnemum glaucum* situé dans les points les plus bas, avec 19 espèces et il atteint sa valeur maximale dans les points les plus hauts à *Suaeda fruticosa* où elle est de 87 espèces. Le nombre d'individus total oscille avec de grands écarts d'un faciès à un autre. La valeur maximale de l'abondance est notée dans le faciès halophile à *Salicornia fruticosa* représentant ainsi 31,64% du peuplement global alors que le faciès le plus bas à *Arthrocnemum glaucum* affiche la valeur minimale avec seulement 465 individus.

Les différents indicateurs de diversité utilisés pour l'étude descriptive de la structure et dans l'espace et dans le temps des peuplements de Coléoptères récoltés dans cinq faciès de végétations a mis en relief les particularités des peuplements en place. Ainsi, les valeurs de l'indice de diversité H' de Shannon-Wiener et de l'indice de Simpson D, fortement corrélées et variant de manière synchrone entre les différents faciès de végétation. Ces deux indices exposent un gradient similaire établi comme suit : faciès à *Arthrocnemum glaucum* > faciès à *Juncus maritimus* > faciès à *Typha angustifolia* > faciès à *Salicornia fruticosa* > faciès à *Suaeda fruticosa*.

L'équitabilité spatiale *J'* très peu corrélée à l'indice de diversité H', laisse apparaître un ordre de classement différent : faciès à *Juncus maritimus* > faciès à *Salicornia fruticosa* et faciès à *Suaeda fruticosa* > faciès à *Salicornia fruticosa* > faciès à *Suaeda fruticosa*. Quant à l'équitabilité de Simpson D, elle dévoile une augmentation de la régularité des peuplements de Coléoptères de l'aval vers l'amont du marais, l'ordre retenu va depuis le faciès à *Suaeda fruticosa* > faciès à *Salicornia fruticosa* > faciès à *Juncus maritimus* > faciès à *Typha angustifolia* > faciès à *Salicornia fruticosa* > faciès à *Suaeda fruticosa*.

Les valeurs de l'indice de Hill proches de 1 confirment une grande diversité et une régularité des peuplements dans l'ensemble des faciès mais également du peuplement global du marais.

L'analyse spatiale des paramètres structuraux (richesse spécifique, l'indice de diversité H' et l'équitabilité) approchée par le modèle de DIMO, a permis de fournir une image synthétique de la structure de la faune du marais. Le modèle montre une évolution spatiale de type 2 «eveness-type» qui traduit une richesse spécifique et une diversité changeantes mais une régularité constante. La confrontation entre les cinq variables du milieu (l'élévation, la richesse floristique, le taux de recouvrement, la durée de submersion et la salinité) et les indices de diversité à travers une régression simple a révélé que seule la richesse floristique est significativement ($r^2$=0,91 et p=0,029) corrélée à l'indice de diversité de Simpson. Les autres indices ne montrent aucune corrélation significative (p inférieur à 0,05) avec le milieu.

Les diagrammes Rang- fréquence des peuplements de Coléoptères dans les différents faciès de végétation appliqués au modèle de FRONTIER et au modèle de MOTOMURA, traduisent une diversité et régularité élevée des peuplements dans les cinq faciès de végétation témoignant ainsi d'une maturité du site d'étude.

L'application de l'AFC et de la CAH ainsi que le calcul des FDM ont permis d'identifier six entités coenotiques. Ces entités définissent trois principaux assemblages d'espèces selon un gradient décroissant des valeurs de FDM : (i) des espèces plastiques communes à tous les faciès de végétation et indifférentes aux fluctuations de l'hydromorphie et la salinité, avec deux espèces pilotes *Microlestes abeillei* et *Amblystomus algirinus ;* (ii) des espèces halophiles et hydrophiles dont deux à forte contribution bionomique *Pogonus chalceus et Emphanes axillare occiduum* spécifiques aux faciès les plus halophiles à *Arthrocnemum glaucum* et *Salicornia fruticosa* ; (iii) des espèces à faibles valeurs de FDM se répartissant entre un sous-peuplement de 31 espèces retrouvées uniquement dans le faciès à *Suaeda fruticosa.* Le trait essentiel à ressortir de l'approche spatiale est l'absence totale d'un degré d'exclusivité des espèces vis-à-vis des entités des peuplements. Ainsi, sur le plan spatial, les limites entre les groupes d'espèces ne sont pas tranchées et les changements graduels de l'hydromorphie et de la salinité se traduisent par une modification des dominances spécifiques plutôt que par un changement radical de la composition des peuplements des Coléoptères. Seulement huit espèces en commun entre les points les plus bas et les points les plus hauts ont pu être observées.

La variabilité spatio-temporelle des paramètres de structure, principalement la richesse spécifique et l'abondance, montre que la saison printanière et en second lieu la saison estivale sont les plus riches principalement dans le niveau le plus haut à *Suaeda fruticosa.* Le suivi temporel dévoile d'une part, un état appauvri dans le marais en périodes automnale et hivernale et un accroissement de la richesse spécifique en période estivale et surtout printanière, lorsque l'abaissement du niveau de l'eau découvre des plages vaseuses riches en matière organique et en microorganismes et d'autre part, un état

équilibré dans l'ensemble des faciès approuvé par l'equitabilité *J'* qui témoigne de la régularité des peuplements.

L'organisation trophique des peuplements de Coléoptères repose essentiellement sur cinq groupes trophiques catalogués dans le marais. La spécialisation de ces groupes augmente en fonction d'un gradient décroissant d'hydromorphie et surtout d'halophilie. La structure trophique quantitative et qualitative reste dominée par les prédateurs dans l'ensemble du marais à l'exception du niveau le plus xérique où les phytophages dominent quantitativement.

Dans cette zone humide, bien que de petite taille, l'enjeu au niveau écologique est très important car elle constitue une composante fonctionnelle majeure de l'hydrosystème, en garantissant une fonction hydrologique (zone éponge assurant une régulation des crues) mais également des fonctions biologiques (diversité faunistique et floristique élevée). L'étude réalisée sur les Coléoptères de cette zone humide constitue une première en Algérie. Elle a permis de signaler les caractéristiques toutes particulières de cette faune : son originalité dans sa composition et son degré de régularité exceptionnelle révélée aussi bien par les indices de diversité que par ses groupes trophiques. La singularité de ces biotopes en termes d'importance de la biodiversité qu'ils hébergent et la présence d'espèces endémiques remarquables fait que cette faune particulière mérite d'être protégée. Les menaces sont sérieuses car dans le secteur le plus bas à halophytes, cette faune est menacée par la mise en place d'une usine d'aquaculture et les périodes sèches prolongées qui règnent dans de cette région font que le secteur le plus haut à *Suaeda* laisse graduellement la place aux cultures.

Il faut souhaiter que ce travail puisse constituer un appui solide pour mener une action rapide de protection de cette zone humide, les principaux résultats ont déjà été publiés dans une revue d'écologie de renommée internationale (BOUKLI HACENE et al, 2012). Cependant, il est loin d'être achevé, l'inventaire doit impérativement continuer et un suivi devrait être mis en place si l'on veut raisonnablement pouvoir parler de gestion d'espaces naturels. Notre perspective est donc d'élargir les recherches sur d'autres groupes zoologiques et sur un nombre supplémentaire de biotopes similaires dans le Nord de l'Algérie. Les recherches en perspective devraient se concrétiser par plusieurs axes menés à court et moyen termes correspondants essentiellement à :

- la réalisation d'une collection de référence des Coléoptères d'Algérie et plus spécifiquement celle des zones humides ;
- la détermination des menaces potentielles qui pèsent sur ces espèces de Coléoptères et la faune en général et leurs habitats dans le seul but de sauvegarder la biodiversité de ces zones humides, avec l'établissement d'une liste des espèces à protéger à soumettre aux Instances Nationales et Internationales.

# BIBLIOGRAPHIE

**1.** ABELLÂN, P. J., GOMEZ-ZURITA, A. MILLAN., D. SANCHEZ-FERNANDEZ, J. VELASCO., J. GALIAN, I & RIBERA, I. (2007).– Conservation genetics in hypersaline inland waters : mitochondrial diversity and phylogeography of an endangered Iberian beetle (Coleoptera : Hydraenidae). *Conservation Genetics*, 81: 79-88.

**2.** AFLI, A. & GLEMAREC, M. (2000).– Fluctuation à long terme des peuplements macrobenthiques de la partie orientale du golf du Morbihan (Bretagne, France). *Cah. Biol. Mar*., 41 : 67-89.

**3**. AGTAY, F. (1983).– La Communauté des Arthropodes des bords de mares a niveau variable de la Crau (Bouches-du-Rhône). *Thèse de troisième cycle. Université d'Aix- Marseille III.*

**4**. AGUESSE, P. & BIGOT, L. (1979).– Contribution à l'étude des Coléoptères coprophages de la région de Casablanca, Maroc. *Bull. Inst. Sci.,* Rabat, 4, 69-80.

**5**. AGUILERA DELGADO, M. (2004) .– Cartographie des habitats de zone humide à l'aide des données de télédétection. Application aux habitats de la réserve nationale de Camargue (PACA-FRANCE). *Mémoire de stage « Mastère Foresterie Rurale et Tropicale* ».1-64p.

**6**. AIME, S.(1991).– Etude écologique de la transition entre les bioclimats sub- humides , semi-aride et arides dans l'étage thermo-méditerranée du tell oranais (Algérie Nord occidentale ).*Thèse doct. Es-Sci.,* Univ. Aix- Marseille III, 185p + annexe.

**7.** ALCARAZ, C.(1982).– La végétation de l'Ouest Algérien. *Thèse, Doct, és- Sc*, Univ, Aix-Marseille, Fac.Sc et Thec , St Jérôme , 415p +Annexes.

**8**. ALLEN, R. T. & THOMPSON, R. G. (1977). –Faunal composition and seasonal activity of Carabidae (Insecta: Coleoptera) in three different woodland communities in Arkansas." *Annals of the Entomological Society of America* **70**: 31-34.

**9.** ANONYME (2002) .– Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationale. Ministère de l'agriculture et du développement rural. Direction générale des forêts: 89p.

**10**. AUBERT, G. (1976) .– Les Ericacées en provence : Répartition édaphologie phytosociologie croissance et floraison . *Thèse. Doct .Es* . Univ. Aix- Marseille III, 286p + annexe.

**11**. AUBERT, L. (1999).– Atlas des coléoptères de France. Tome I. *Edition Boubée*, Paris, 232 p.

**12**. AUDISIO, P. & DE BIASE, A. (1996). -Taxonomic revision, phylogeny and biogeography of the beetle genus *Dapsa* Latreille (Coleoptera Endomychidae). *Memorie della Societa Entomologica Italiana, Genova*, 74: 65-130.

**13**. BABINOT, M. (1982). –Promontoire orientale du grand Rhône (embouchure). Etude de la végétation et cartographie écologique des aires culicidogénes à *Aedes (O) caspius* en milieu instable. *Thèse Doc. Univ*. AIX-MARSEILLE : 226 p.

**14**. BACHELET, G. (1979).– *Dynamique de la macrofaune benthique et production des lamellibranches de l'estuaire de la Gironde*. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, 163p+annexes.

**15**. BAGNOULS, F. & GAUSSEN, H. (1953). – Saison et indices xérothermiques. *Doc . Car. Prod*. Veg. Serv. Gén. II, 1, art. VIII, Toulouse: 47p + 1carte.

**16**. BANK, J. L., OLSON, R. K. & VITOUSEK, P. M. (1980). – Nutrient uptake by a diverse spring ephemeral community. *Oecologia* 47: 96-98.

**17**. BARAUD, J. (1985). – Coléoptères Scarabaeoidea .Faune du nord de L'Afrique du Maroc au Sinaï. *Editions LECHEVALIER*. Paris. 1- 651p.

**18**. BARAUD, J. (1992) .– Faune de France et des régions limitrophes Coléoptères Scarabaeoidea d'Europe. *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Editions LECHEVALIER*. Paris. 1-856p.

**19**. BARBAULT, T. R. (1992).– Ecologie des peuplements : structure, dynamique et évolution. *Masson ed.,* Paris, 273p.

**20.** BARLOW, C. A. (1970). – Phenology and distribution of some *Pterostichus* (Coleoptera: Carabidae) of eastern Canada. *Journal of the New York Entomological Society* **78**: 215-236.

**21**. BARNEY, R. J. & PASS, B. C. (1986).- Ground beetle (Coleoptera- carabidae) population in Kentucky alfalfa and influence of tillage. J. *Econ. Entomol*. 79: 511- 517.

**22.** BAYED, A. (1991).– Etude écologique des écosystèmes de plages de sable fin de la côte atlantique marocaine. Modèle de zonation, biotypologie, dynamique des populations. *Thèse Doctorat d'Etat*, Université Mohammed V, Rabat (Maroc) : 229p.

**23.** BAZAÏRI, H. (1999).– La faune macrobenthique de la lagune de Moulay Bousselham : Structure et successions spatio-temporelles. *Thèse Doctorat, Université Mohammed V, Rabat(Maroc)* : 199p.

**24**. BAZAÏRI, H., BAYED, A., HILY, C. & GLEMAREC, M. (2003).– Spatial organisation of macrozoobenthic communities as a response to environmental factors in a coastal lagoon of North West African coast (Merja Zerga, Morocco). *Oceanologica acta*, 26 : 457-471

**25**. BEDEL, L., (1895). - Catalogue raisonné des coléoptères du nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie, et Tripolitaine avec notes sur la faune des iles canaries et de Madère. *PARIS SOCIÉTÉ ENTOMOLOGIQUE DE FRANCE* .1-402p.

**26.** BENNAS, N. (2002).– Coléoptères Aquatiques Polyphaga du Rif (Nord du Maroc) : faunistique, Ecologie Biogéographie. *Thèse en Sciences Biologiques, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences de Tetouan :* 383 p.

Rapport-Gratuit.com

**27**. BENNAS, N. E., SÁINZ-CANTERO, C. & OUAROUR, A. (2001) .- Nouvelles données sur les coléoptères aquatiques du Maroc: les *Hydraenidae* Mulsant, 1844 (*Coleoptera*) du Rif. *Zool. baetica*, **12:** 135-168.

**28.** BENSALAH, M. (1989).– L'Eocène continental de l'Algérie, importance de la tectogénèse dans la mise en place des sédiments et des processus d'épigénie dans leur transformation. *Thèse. Doct. Univ*. Claude Bernard. Lyon. 140p.

**29**. BENZECRI, J.P. (1973).– L'analyse des données. I : La taxinomie. II : L'analyse des correspondances. *Dunod ed., Paris*, 615p. /619p.

**30**. BERRAHOU, A., CHAVANON, G., & RICHOUX, P. (2000)._ Études sur la Basse Moulouya (Maroc oriental): 6. Les Coléoptères aquatiques de l'oued Zegzel. *Bull. mens. Soc. Linn. Lyon*. 69 (3), 44-50.

**31**. BIGOT, L. (1965). – Etudes écologiques et éthologiques des invertébrés haliophiles de dunaires dans les formations littorales du sud-ouest malgache. *Rapport de mission.*

**32**. BINET, D. & DESSIER A. (1972).– Premières données sur les copépodes de la région congolaise. III- Diversité spécifique. *Cahiers ORSTOM, série Ocz .,ogr,;* 10 (3) pp. 21 9-242.

**33**. BINET, D. (1984).– Copépodes planctoniques du lagon de Nouvelle-Calédonie: facteurs écologiques et associations d'espèces. *Mar. Biol*. 82, 143-156.

**34**. BLONDEL, J., (1979).–Biogéographie et écologie. *Masson ed., Paris*, 173p.

**35**. BOLBAPOCĂ, D. S. & JÄNTSCHI, L. (2006).–Pearson vers Spearman. Kendell's Tau correlation analysis on Structure. Activity Relationschips of Biologic Active Compounds. *Leonardo Journal of Sciences. ISSN* 1583- 0233 .P. 179-200.

**36**. BORGES, A. & MERIGUET, B. (2005).– Espace naturel sensible : Marais de Frocourt Inventaire Entomologique : Coléoptères. *OPIE-1*.

**37**. BOUANANI, A .(1991) .– Eude du bilan hydrologique hydro- géologique et géochimique du bassin versant de la Sebkha d'Arzew , *Mém. Magister*. Univ. Oran,332p.

**38**. BOUKLI HACENE, S. & HASSAINE, K. (2009).– Bioécologie des peuplements de Coléoptères des milieux salés et humides de l'Ouest algérien. *Matériaux Orthoptériques et Entomocénotiques*, 14 : 103-109 p.

**39**. BOUKLI HACENE, S. & HASSAINE, K. (2010).– Apport à la connaissance de Bioécologie des Coléoptères des milieux salés et humides de l'Ouest algérien. *Actes de la CIFE VI.* Tome I.31-36 p.

**40.** BOUKLI HACENE, S., HASSAINE, K. & PONEL,P. (2012) .– Les peuplements des Coléoptères du marais salé de l'embouchurede la Tafna (Algérie). *Rev. Écol. (Terre Vie),* vol. 67, 11 115p.

**41**. BOULINIER, T., NICHOLS, J.D., SAUER, J.R., HINES, J.E. & POLLOCK, K.H., (1998). – Estimating species richess: the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecology* 73 (3) the Ecological Society of America: 1018.

**42**. BOUROCHE, I.M . & SAPORTA, G.(1980) .– L'analyse des données. Presses *universitaires de France, Paris Coll. »Que sais-je* » n°1854,127p.

**43**. BOUSQUET, Y. & PILON, J. G. ( 1980). – Habitat et cycle biologique des *Sphaeroderus* du Québec (Coleoptera: Carabidae: Cychrini). *Naturaliste canadien* **107**: 175-184.

**44**. BRAGUE-BOURAGBA, N., BRAGUE, A., DELLOULI, S. & LIEUTIER, F. (2007).– Comparaison des peuplements de Coléoptères et d'Araignées en zone reboisée et en zone steppique dans une région présaharienne d'Algérie. *Elsevier, Paris*, FRANCE. vol. 330, n°12, pp. 923- 939.

**45**. BUSE, A. & GOOD, J .(1996). –Synchronization of larval emergence in winter moth (*Operophtera brumata* L.) and budburst in pedunculate oak (*Quercus robur* L.) under simulated climate change. *Ecological Entomology*, **21**, 335–343.

**46**. BUTTERFIED, J. (1997). – Carabid community succession during the forestry cycle in conifer plantations. *Ecography* **20**: 614-625.

**47**. BUTTERFIELD, J. E. L. & COULSON, J. C. (1983).– The carabid communities on peat and upland grasslands in northern England. *Holartic Ecology*, 6 : 163-174.

**48**. CARRON, G., PALLAIX, A. & CASTELLA, E. (2007). Les coléoptères aquatiques de la zone alluviale du Rhône à Belley (France: Ain, Savoie): inventaire et observations préliminaires sur les effets des mesures de restauration. — Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 80: 191–210..

**49**. CHAOUTI, A. & BAYED, A. (2005).– Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir . *Travaux de l'Institut scientifiques*, *Rabat*, série générale, n°4 : 33-42.

**50**. CHAOUTI, A. (2003).– Biotypologie du macrozoobenthos de la lagune méditerranéenne de Smir, Analyses spatiale et spatio-temporelle. *Doctorat, Univ. Mohammed V. (Rabat).* 302p.

**51**. CHARDY, P. GLEMARC, M. (1977).– Evolution dans le temps des peuplements de sables envasés en baie de Concarneau (Bretagne) ; in *KEEGAN B.F., P.O. CEIDIGH ., P.J.S. BOADEN (eds.) : Biology of benthic organisms.* Pergamon Press., New York : 165-172.

**52**. CHARDY, P., GLEMARC, M . & LAUREC, A. (1976).– Application of inertia methods to benthic marine ecology : pratical implications of the basic options. *Estuarine and coastal marine Science*, 4; 176- 205.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

**53**. CHAVANON, G. & MAHBOUB, M. (1998) .– Etudes sur la Basse Moulouya (Maroc oriental) : 5 . Les Carabiques des berges du fleuve et de son affluent l'oued Za: corrections et additions. *L'Entomologiste*, 54 (3): 119-127.

**54**. CHAVANON, G., RAHOU, I. & CHAVANON, L. (1995).– Etudes sur la Basse Moulouya (Maroc Oriental). 4 : Les carabiques des berges de l'oued Zeghzel. *Bull. mens. Soc. linn. Lyon, 64 (4)* : 188-192.

**55**. CHERKAOUI, E., BAYED, A. & HILY, C. (2003).– Organisation spatiale des peuplements macrozoobenthiques subtidaux d'un estuaire de la côte atlantique marocaine : l'estuaire du Bou Regreg. *Cah. Bio. Mar*. 22: 339-352.

**56**. CHEVROLAT, L. A.(1861).– Descriptions de Coléoptères nouveaux de l'Algérie. *Revue et Magasin de Zoologie* (2) 13, pp. 118-126, 147-155, 205-208, 264-270, 306-312.

**57**. COJOCARU, I . & POPESCU, I. E. (2004).– La diversité des Coleoptres aquatiques A (INSECTA, COLEOPTERA) du marais de Vacărești (Bucarest). *Analele Ştiinţifice ale Universităţii Al.I.Cuza" Iaşi, s. Biologie animală,* Tom L78.83p.

**58**. CROWSON, R.A. (1981).–The Biology of Coleoptera. *Academic Press, London*. 802 pp.

**59**. DAJET, J. (1976).– Les modèles mathématiques en écologie, *Masson ed*., Paris, 172p.

**60**. DAJOZ, R. (1971) .– Précis d'écologie. *2éme édition. Dunod*. Paris. 549P.

**61**. DAJOZ, R. (1976) .– Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliqué. *Edition Dunod*. Paris. 195P.

**62**. DALY, H.V., DOYEN, J.T. & PURCELL, A.H. (1998).– *Introduction to Insect Biology and Diversity*. Oxford : Oxford University Press.

**63**. DAUSSE, A. (2006).– Dynamique de la végétation et des flux inter-systèmes d'un polder reconnecté à la mer. Eléments pour la restauration des fonctions écologiques d'un marais salé. *Doctorat, Univ*. RENNES 1 ;202p

**64**. DAWSON, N. (1965).- A comparative study of the ecology of eight species of fenland Carabidae (Coleoptera*). Journal of Animal Ecology* **34**: 299-314.

**65**. DE GROOT R., STUIP, M., FINLAYSON, M . & DAVIDSON,N. (2007) .– Évaluation des zones humides Orientations sur l'estimation des avantages issus des services écosystémiques des zones humides. *Rapport technique Ramsar nº 3 Série des publications techniques de la CBD nº 27*.

**66**. DE MARTONNE, E. (1926).– Traité de géographie physique. Vol.1. A. Colin, Paris.

**67.** DEBRACH, J. (1953) .– Notes sur les climats du Maroc occidental. Maroc méridional . 32 : 1122-34.

**68**. DEN BOER, P. J. (1970).– On the significance of dispersal power for populations of Carabid beetles (Coleoptera, Carabidae). *Œcologia* (Berlin), 4 : 1-28.

**69**. DERVIN, A. (1988).– Comment interpréter les résultats d'analyse en composantes principales ? ITCF (Institut technique des céréales et des fourrages) .Manuel STAT- ITCF, 63p.

**70**. DESENDER, K., DUFRENE, M., DUFRENE, M., LOREAU, M., LUFF, L.M. & MAELFAIT, J-P., (1994) .–Long term dynamics of carabid beetles in Belgium : a preliminary analysis on the influence of changing climate and land use by means of a database covering more than a century". *Carabid Beetles Ecology and Evolution*. P. (Eds). Kluwer Academic Publishers. 247-252.

**71**. DESPREZ, M. (1981) .– Etude du macro benthos intertidal de l'estuaire de la seine . Thèse Doctorat 3émé cycle. Université de Rouen ( France) : 186p.

**72**. DU CHATENET, G. (2000) .– Coléoptères phytophages d'Europe. *N.A.P*. éditions.1-359p.

**73**. DU CHATENET, G. (2002) .– Coléoptères phytophages d'Europe Tome 2. Chrysomelidae, *N.A.P*. éditions.1-359p.

**74**. DU CHATENET, G. (2005) .– Coléoptères d'Europe, Carabes, Carabiques et Dytiques. Tome 1. Adephaga. *N.A.P*. éditions.1-359p.

**75**. DUBUIS, A. & SIMONNEAU, P. (1957) .– Travaux des sections pédologie et agrologie. Les unités phytosociologiques des terrains salés de l'Ouest Algérien. *Bulletin n° 3.* 1- 23p.

**76**. DUCHEZ, J. & LOY, M. (2005).– La classification ascendante hiérarchique. Projet d'analyse de données .Insa ; Rouen.

**77**. EMBERGER, L. (1930) .– La végétation de région méditerranéenne . Essai d'une classification des groupements végétaux. 38 p., 1 graphique. *Revue générale de botanique.* (Paris) ,vol. 42.

**78**. EMBERGER, L. (1955) .– Une classification biogéographique des climats . *Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Serv. Bot Montpelier* 1955 ; 7 : 3-43.

**79**. ENNABILI, A . & GHARNIT, N.(2003) .–Effets d'aménagement du littoral Tétouanais (Nord-Ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (Spermatophyta). *Acta Bot. Barc.,* 48: 199-216p.

**80**. EPSTEIN, M. E. & KULMAN. H. M. (1990). –Habitat distribution and seasonal occurrence of carabid beetles in east-central Minnesota. *American Midland Naturalist* **123**: 209-225.

**81**. EYRE, M.D. & LUFF, M.L.(1990).– A preliminary classification of European grassland habitat using Carabid beetles. In: Stork, N. E. (Ed.), "The Role of Ground Beetles in Ecological and Environmental Studies", Intercept, Andover, 217-226.

**82**. FADDA, S. (2007).– Organisation des communautés de coléoptères terricoles en en écosystèmes multi-perturbé : Le cas des écosystèmes des pelouses. *Thèse. Doct. Univ . Paul Cézanne Fac. Sc. Tech.*154p.

**83**. FAUCHEUX, M.J. (2009) .– Coléoptères Ténébrionidés du Maroc atlantique : Prospections de 1996 à 2006. Considérations morphologiques et écologiques. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest de la France, nouvelle série*, tome 31 (4).155-178.

**84**. FISCHER, G. (1992) .– Insecta; Coleoptera ; Hydrophiloidea ( Helophorus) 1-303p.

**85**. FLOATE, K. D., DOANE, J. F. & GILLOTT, C. (1990).- Carabid predators of the weat midge (Diptera- Cecidomyiidae) in Saskatchewan. Environ. Entomol. 19: 1503- 1511.

**86**. FRAZER, L.H. & GRIME, J.P. (1999). – Interacting effects of herbivory and fertility on a synthesized plant community. J. Ecol., 87, 514– 525.

**87**. FRONTIER, S. & VIALE, D. (1992).– Ecologie et systématique. 224-247. In Y. Le Gallou et B. Bouchon- Meunier édit, Systématique. Théorie et application. *Technique ., Documentation- Lavoisier* ; 341p

**88**. FRONTIER, S. (1976). – Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr*., **1** (3) : 35-48.

**89**. FRONTIER, S. (1985).–Diversity and the structure in aquatic ecosystems. *Oceanogr. mar. Biol. A. Rev.*

**90**. FRONTIER, S. (1990).– Ecosystèmes . Structure, Fonctionnement et Evolution.*2éme édition DUNOD*.1-428p

**91**. GARDNER, S. M. (1991).– Ground beetle (Coleoptera : Carabidae) communities on upland heath and their association with heatland flora. *Journal of Biogeography*, 18 : 281-289.

**92**. GAUBIL, J. (1849).– Catalogue synonymique des coléoptères d'Europe et d'Algérie / Volume 1 : 297 p in-8

**93**. GENTIL, L. (1903).– Etude géologique du bassin versant de la Tafna (Algérie). *Bull. Ser Carte. Geol. Algerie*. 425p *v.*

**94**. GEORGES, A. (1999).– Les peuplements de Coléoptères carabiques dans les prairies anciennes des marais littoraux: Assemblages d'espèces et espèces indicatrices (Coleoptera : Carabidae). *Bulletin de la Société entomologique de France* 35: 255-258.

**95.** GLEMARC, M. (1964) -. Bionomie benthique de la partie orientale du Golfe du Morbihan. *Cahiers de Biologie marine* 5. 33- 96.

**96**. GOMEZ , R., HURTADO, I., SUAREZ, M.L. & VIDAL-ABARCA, M.R. (2005) .–Ramblas in south-east Spain: threatened and valuable ecosystems. *Aquatic Conservation*, **15**: 387–402.

**97**. GOULET, H. (1974). – Biology and relationships of *Pterostichus adstrictus* Eschscholtz and *Pterostichus pensylvanicus* Leconte (Coleoptera: Carabidae). *Quaestiones entomologicae* **10**: 3-33.

**98**. GRALL, J. & GLEMARC, M. (1997a) .–Biodiversité des fonds de maërl en Bretagne : approche fonctionnelle et impacts anthropiques. *Vie Milieu,* **47** (4*)* : 339-349.

**99**. GRALL, J. & HILY, C. (2003)-.Traitement des donnés situationnelles (Faune) . *Rebint. FT*.10-2003 -01. Doc.

**100**. GRECO, J.(1966) .– L'érosion, défense et la restauration des sols, et le reboisement en Algérie. *Min. Agri. Ref. Agr*. Alger, 303p.

**101**. GRETIA. (2009) - Etat des lieux des connaissances sur les invertébrés continentaux des Pays de la Loire *; bilan final*. Rapport GRETIA pour le Conseil Régional des Pays de la Loire. 395 p.

**102**. GUARDIA, P. (1975) -. Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie Nord-occidentale, relations structurales et paléogéographiques entre le Tell extrême et l'avant pays Atlassique. Thèse. Doct. Univ. Nice. 285p + carte au 1/100000

**103**. GUIGNOT, F. (1947)– Faune de France 48 les Coléoptères Hydrocanthares. *Edition LECHEVALIER* Paris.

**104**. HALOTI., S, JANATI-IDRISSI., A, CHERGUI., H. & LUMARET, J.P. (2006). - Structure des communautés de Scarabéidés coprophages du Maroc nord-occidental (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Bulletin de l'Institut Scientifique,* Rabat, section Sciences de la Vie, n°28, 25-34.

**105**. HAMMOND, P. M. (1974).– Changes in the British Coleopterous fauna. *In*: D. L., Hawksworth (Ed.), *The Changing Flora and Fauna of Britain*. Academic Press, London, 323-369.

**106**. HAMMOND, P. M. (1992).– Species inventory. *In*: Groom bridge B. (Ed.), *Global Biodiversity: Status of the Earth's Living Resources.* Chapman ., Hall, Londres, pp. 17-39

**107**. HARANT, H . & RIOUX, J.K.(1964) .– Note sur l'écologie des diptères Culicidés. II ; Biotope des *Aedes* halophiles. Annales des écoles d'agriculture de Montpellier .Tome XXIX. Fascicule II et IV

**108.** HASSAINE, K. (2002).– Biogéographie et biotypologie des Culicides (Dipera- Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes *Aedes caspius, Aedes detritus, Aedes mariae* et *Culex pipiens)* de la région occidentales algérienne.. Mem . Doct, Univ. Tlemcen, 191p

**109**. HEATH, J. (1974).– A century of change in the Lepidoptera. In: Hawksworth, D.L. (Ed.), *The Changing Flora and Fauna of Britain* Academic Press, London, New York, 275-292.

**110**. HENGEVELD, R. & HOGEWEG, P. (1979). - Cluster analysis of the distribution patterns of dutch Carabid species (Col.). In "*Multivariate Methods in Ecological Work*", Orloci, L., Rao, C.R. ., Stiteler, W.M. (Eds.) International Cooperative Publishing House, Fairland, 65-86.

**111**. HENGEVELD, R. (1985). - Dynamics of Dutch beetles species during the twentieth century (Coleoptera, Carabidae). *Journal of Biogeography*, 12 : 289-411.

**112**. HERVE, M. (2010).– Effet du paysage sur la diversité des espèces généralistes et spécialistes.

**113**. HILY, C. (1983). – Spatio-temporal variability of *Chaetozone setosa* (Malmgren) populations on an organic gradient in the Bay of Brest, France. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.Volume 112, 201-216p.

**114**. HILY, C. (1984) .– Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest . *Thèse. Doctorat d'état. Université. Bretagne Occidentale, Brest (France*) : 696p.

**115**. HILY, C., POTIN, P. & FLOCH, J.Y. (1992). – Structure of subtidal algal assemblages on soft-bottom sediments: fauna/flora interactions and role of disburbances in the Bay of Brest, France. *Mar. Ecol. Prog. Ser*., 85: 115–130.

**116**. HOFFMANN, A. (1954). – Faune de France Coléoptères Curculionidés Deuxième partie. *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Pierre André imp*.488-1208p.

**117**. HOFFMANN, A. (1958). – Faune de France Coléoptères Curculionidés Troisième partie.

**118**. HOLT, R. D. (1996).– Food webs in space: an island biogeographic perspective. Pages 313-323 *in* Polis, G. and K. Winemiller, editors. Food webs: contemporary perspectives. Chapman and Hall, London.*Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Pierre André imp*.1209-1839p.

**119**. HOTELLING, H. (1933) "Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components", *Journal of Educational Psychology*, 24, 417-441 and 498-520.

**120**. HOTELLING, H. (1936) . – Relations Between Two Sets of Variates", *Biometrika*, 28, 321-337.

**121**. INAGAKI, H. (1967). –Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive. *Vie Milieu 18, (1-B),* 153-166p.

**122**. JACQUEMIN, G. (2002).– Les marais salés de Lorraine. Premier bilan entomologique. *Bull. Soc.lorr. Entomol.*, 8 : 6-11.

**123**. JEANNEL, R. (1941). – Faune de France. Coléoptères Carabiques première partie *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Pierre André imp.* 1-571p.

**124**. JEANNEL, R. (1942). – Faune de France. Coléoptères Carabiques première partie *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Pierre André imp.* 572-1173p.

**125**. JOFFRE, P. (1955).– Contribution à l'étude de la faune aquicole du Nord de la France. L'Entomologiste, 11 (4): 91-97.

**126**. KOCHER L. (1958 a) .– Catalogue commenté des coléoptères du Maroc. Fasc. VI: Ténébrionidés. *Trav. Inst. Sci. chérif., sér. Zool.* n° 12, 185 p.

**127**. KOCHER L. (1958 b) .–Catalogue commenté des coléoptères du Maroc. Fasc. VII: Lamellicornes. *Trav. Inst. Sci. chérif., sér. Zool.* n° 16, 83 p.

**128**. KOCHER L. (1958 c).–Catalogue commenté des coléoptères du Maroc. Fasc. VIII: Phytophages. *Trav. Inst. Sci. chérif., sér. Zool.* n° 19, 172 p.

**129**. KOCHER L. (1963) .–Catalogue commenté des coléoptères du Maroc. Fasc. I: Carabiques. *Trav. Inst. Sci. chérif., sér. Zool.* n° 27, 170 p.

**130**. KROMP, B. (1999). – Carabid beetles in Sustainable agriculture: A review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric. Ecosystem*. Environ. 74: 187- 228.

**131**. LASSALLE, B. &JAFFREZIC, O (2005).– Les *Macrothorax* de l'ouest Algérien. *Le coleopteriste* 8 (2).

**132**. Le BRIS, H. (1988). –Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine. *Thèse Doctorat 3ème cycle, Université de Bretagne Occidentale*, Brest (France) : 311p.

**133**. LE GUEN, M. (1999) .–Enseignement de la Statistique, Voir, Apprendre, Comprendre Autrement. *Courrier des Statistiques, n°90, juin 1999*, INSEE, pp37-38..

**134**. LE HOUEROU, HN ; CLAUDIN, J. & POUGET, M. (1977) .– Etude bioclimatique des steppes algériennes Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord. 68 (3-4).

**135**. LE MOAL, L. (2002) .– L'analyse en composantes principales . *LACP sous SPSS*.

**136**. LEBART, L., MORINEAU, A. & FENELON, J .P. (1982).– Traitement des données statistiques méthodes et programmes ; *Dunod édition. Paris*. 518p.

**137**. LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. (1979).– Ecologie numérique 1. Le traitement multiple des données écologiques,. Paris: Masson- *Presses de l'université du Québec*. 197 p.

**138**. LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P.(1984).– Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques ; II. La structure des données écologiques. *2ème ed., Masson ., Presses de l'Université du Québec,* Paris : 260p./335p.

**139**. LEVEQUE, C. (1996) .– Ecosystème aquatique , les fondamentaux. *Ed, Hachette*, Paris : 160P.

**140**. LEVESQUE, C. PILON, J.–G ., DUBE, J. (1979). – Phénologie et activité locomotrice de Coléoptères Carabidae des Laurentides (Québec). *Nat. Can*. 106: 355-368.

**141**. LOREAU, M. (1984).– Les niches écologiques des Carabidae en milieu forestier. Composante trophique et organisation générale des niches. *Bulletin de la classe des sciences 5° série*. Tome LXX: 480-525p.

**142**. LOVEI, G.L. & SUNDERLAND K.D. (1996).– Ecology and behaviour of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, 41: 231–256.

**143**. LUFF, M. L., EYRE, M. D. & RUSHTON, S. P. (1989).– Classification and ordination of habitats of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in North-East England. *Journal of Biogeography*, 16: 121-130.

**144**. LUMARET.J.P. (1989).– Sécheresse et stratégies comportementales chez les scarabéides coprophages, *bulletin écologique*, 20(1), 51–57p.

**145**. LÖBL, I. & SMETANA, A. (2003).– *Catalogue of Palaeartic Coleoptera 1. Archostemata – Myxophaga – Adephaga*.Apollo Books, Stenstrup, 819p.

**146**. LÖBL, I. & SMETANA, A. (2004).– *Catalogue of Palaeartic Coleoptera 2. Hydrophiloidea – Histeroidae – Staphylinoidae.* Apollo Books, Stenstrup, 942p.

**147**. LÖBL, I. & SMETANA, A. (2006).– *Catalogue of Palaeartic Coleoptera 3. Scarabaeoidea – Scirtoidae – Dascilloidae – Buprestoidae - Byrrhoidae*. Apollo Books, Stenstrup, 690p.

**148**. LÖBL, I. & SMETANA, A. (2007).– *Catalogue of Palaeartic Coleoptera 4. Elateroidea – Derodontoidae – Bostrichoidae – Lymexyloidae – Cleroidae - Cucujoidae*. Apollo Books, Stenstrup, 935p.

**149**. LÖBL, I. & SMETANA, A. (2008).– *Catalogue of Palaeartic Coleoptera 5. Tenebrionoidae.* Apollo Books, Stenstrup, 670p.

**150**. LÖBL, I. & SMETANA, A. (2010).– *Catalogue of Palaeartic Coleoptera 6. Chrysomeloidae*. Apollo Books, Stenstrup, 924p.

**151**. MC CRAKEN, D.I. (1994) .–A fuzzy classification of moorland ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and plant communities.” *Pedobiologia* **38**: 12-27.

**152**. MENET, D. (1996).– Contribution à l’inventaire entomologique du marais de Romelaëre. Coléoptères récoltés pendant les années 1995 et 1996, 33 p.

**153**. METGE, M. (1977). – Etude synécologique de la dépression du Viguierat. Essai d’écologie quantitative en milieu hydromorphe et halophyle. *Thèse d’Univ, Aix- Marseille III* : 463p.

**154**. MORA, J., PLANAS, M. & SILVA, R. (1989).– Impacto de la contaminación orgánica en la Enseneda de Lourizán (Proyecto ESCORP) : 1- El medio físico y la macrofauna bentónica. *Cah. Biol.Mar.*, **30** (2) : 181-199.

**155**. MOUILLOT, D. (1999).– Simulation de répartition spatiales de populations et de peuplements. Application à l’étude de propriétés statiques d’agrégation et d’indice de diversité taxinomique. *Thèse Universitaire de Corse*.300p.

**156**. NICHOLAS, J.D., BOULINIER, T., HINES, J.E., POLLACK, K.H. & SAUER, J.R., (1998). – Estimating rates of local species extinction, colonization and turnover in animal communities- Ecological applications. *Ecological Society of America*, 8 (4) : 1213 p.

**157**. NIEMELÄ, J. SPENCE, J. R. & SPENCE, D. H. (1992). – Habitat associations and seasonal activity of ground-beetles (Coleoptera, Carabidae) in central Alberta." *Canadian Entomologist* 124: 521-540.

**158**. NORMAND (H.), 1935.– Contribution au catalogue des Coléoptères de Tunisie. *Fasc.*7, *Bulletin de la Société d´Histoire Naturelle de l´Afrique du Nord*, 26 : 86-304.

**159**. O.N.M., (2006).– Résumé annuel du temps Algérie. Volume II. Centre Climatologique. National. Alger (1990-2006).

**160**. ODEGAARD, F. (2000).– How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71 : 583-597.

**161**. PATIL, G.P. & TAILLIE, C. (1982).– Diversity as a concept and its measurement JASA Vol77.Pp.548-561.

**162**. PAULIAN, R. & BARAUD, J (1982). – Faune des coléoptères de France Lucanoidea et Scrabaeoidea. *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Edit LECHEVALIER.*1-473p.

**163**. PAULIAN, R. (1941). –Faune de France. Coléoptères Scarabéidés .*Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Pierre André imp.* 1-243p.

**164**. PEARSON, TH. A & ROSENBER, R. (1978). – Macrobenthic successions in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and marine biology.* Rev 16:229-311.

**165**. PENEAU, J. (1906). – Coléoptères de la Loire Inférieure. Bulletin de la Société de Sciences Naturelles de l'ouest, 2e série, Tome IV, Fasc.III.

**166**. PERRIER, R. (1977).– La faune de France illustrée . V. Coléoptère 1$^{ere}$ partie. *Edt Delagrave* .1-188p.

**167**. PEYERIMHOFF, P. (1927). - Etude sur la systématique des Coléoptères du nord-africain. I : Les *Pachychila* (Tenebrionidae). *L'Abeille*, 34 :1-57.

**168**. PEYERIMHOFF, P. (1933). - Description de quatre Tenebrionidae du sahara central. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 24 (9) : 344-356.

**169**. PEYERIMHOFF, P. (1935). - Coléoptères marocains récoltés par M. Ch. Rungs. *Bulletin de la Société des Sciences naturelles du Maroc*, 15 : 19-25.

**170**. PEYERIMHOFF, P. (1939). - Coléoptères nouveaux ou mal connus de Berbérie. XII : Le genre *Belopus* Gebien. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 44 : 25-28.

**171**. PEYERIMHOFF, P. (1943). - Matériaux pour un catalogue des coléoptères sahariens. II : Descriptions d'espèces nouvelles. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord*, 34*(Maroc)* : 199p.

Rapport-Gratuit.com

**172**. PEYERIMHOFF, P. (1947). - Etudes et descriptions de Coléoptères marocains (II). *Bulletin de la Société des Sciences naturelles du Maroc*, 25-27 : 248-308.

**173**. PIELOU, E. C. (1966).– The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. theor. Biol.* 13, 131-144p.

**174**. PONEL, P. (2001). –Coléoptères de l'étang de Bolmon et du cordon du Jaï. Intérêt patrimoniale et mesure de conservation. OPIE /PROVENCE. Alpes du Sud. *Muséum d'histoire naturelle de Marseille*. Boulevard Longchamp. 13004 - MARSEILLE

**175.** PONEL, P. (1993).– Coléoptères du Massif des Maures et de la dépression permienne périphérique. *Faune de Provence*, 14 : 5-23.

**176**. PUPIER, R. (2005).– Contribution au catalogue des coléoptères carabiques d'Algérie. *Cahiers scientifiques* - Muséum d'histoire naturelle de Lyon Y. 2005, No. 9, pages 65-78P.

**177**. QINGHONG, L. (1995).– A model for species diversity monitoring at community level and its application. *Environmental monitoring and assessment*, 34 : 271-284.

**178**. QUEZEL, P. & SIMONNEAU, P.(1960).–Quelques aspects de la végétation des terrains salés de l'Oranie orientale. Essaie sur les rapports entre les groupements végétaux et les teneurs en sels solubles. Bull. Trav. Pédo. Agro. 6 :11-28.

**179**. RAMADE, F. (2003).– Elément d'écologie. Ecologie fondamentale.*3éme édition* . *Dunod*. Paris. *Rapport bibliographique.* Ecole doctorale Vie-Agro-Santé Université de Rennes. 23p.

**180**. RASMONT, P. & MERSCH, PH. (1988).– Première estimation de la dérive faunique chez les Bourdons de la Belgique (Hymenoptera : Apidae). *Annales de la Société royale zoologique de Belgique*, 118 : 141-147.

**181**. ROTH, F. X. (1980) .– Micro-organisms as a source of protein for animal nutrition. *Anim. Res. Dev*., 12: 7-19.

**182**. RYABITSEV, A. V. (1997). –Long-term, seasonal, and diurnal dynamics of the activity of predatory coleopterans in northern Yamal. *Russian Journal of Ecology* **28**: 168-173.

**183**. SADRAN, G. (1952). – Les roches cristallines du littoral Oranais ; XIXème Congrès Géologique international. Monographie régionale, 1serie ; n°18 , 84 p, 16Fig. Algérie.

**184**. SAN MARTIN, G., ADRIAENS, T., HAUTIER, L. & OTTART, N.(2005) - la Coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* . *I n s e c t e s 11*. n ° 1 3 6.

**185**. SERVANT, R. (1975).- Contribution à l'étude pédologique des terrains halomorphes. *Thèse, doc Montpellier* . 2 tomes I. 194p. + annexes.

**186**. ŚLIPINSKI, A. (2007).– Australian Ladybird Beetles (Coleoptera: Coccinellidae) Their biology and classification. *Australian Biological Resources Study*.

**187**. SOLDATI, F. & JAULIN, S. (2002) .–Etude de la faune invertébrée des milieux halophiles du littoral du Languedoc-Roussillon : Coléoptères Carabiques, Scarabaeoidea et Tenebrionidae des complexes dunaires littoraux. *OPIE-LR*, 1: 1-50.

**188**. SOLDATI, F. (2000).– Etude des peuplements de coléoptères terricoles de quatre formations naturelles du nord de la France. *OPIE-LR*, 2: 1-38.

**189**. SOUTHWOOD, T. R.E. BROWN, V. K . & READER, P.M. (1979).– The relationships of plant and insect diversities in succession. *Biological Journal of the Linnean Society* **12**: 327-348.

**190**. SPANGLER, P. WARREN, E. & STEINER, JR. (2005).– A new aquatic beetle family, Meruidae, from Venezuela (Coleoptera: Adephaga). *Systematic Entomology.* 30, 339–357p.

**191**. TEMPÈRE, G . & PÉRICART, J. (1989).– Faune de France Coléoptères Curculionidae quatrième partie Compléments aux trois volumes d'Adolphe Hoffmann Corrections, Additions et Répertoire. *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Louis jean imp*.1-527p

**192**. THERY, A. (1942) .– Faune de France Coléoptères Buprestidae. *Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Louis jean imp*.1-226p.

**193**. THIELE, H.U. (1977). –Carabid beetles in their environments." Springer-Verlag, Berlin. 369p.

**194**. THINTHOIN, R. (1948) .– Les aspects physiques de l'Oranie. Essaie de morphologie du pays semi-aride de Fougue *ed Oran*, 618p.

**195**. THOIRON, P., LABBE, D. & SERANT, D (1988). –Etude sur la richesse et la structure lexicales. Genève-Paris : Slatkine-Champion.

**196**. TILMAN, D., KNOPS, J., WEDIN, D., REICH, P., RITCHIE, M. & SIEMANN, E. (1997). –The Influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes. *SCIENCE. VOL*. 2. 29-19.1300-1302p.

**197**. TOUAYLIA, S., BEJAOUI., M., BOUMAÏZA., M . & GARRIDO., J. (2009).– Nouvelles données sur la famille des Hydraenidae Mulsant, 1844, de Tunisie (Coleoptera). *Bulletin de la Société entomologique de France*, 114 (3) : 317-326 p.

**198**. VALLADARES, L.F. (1988).–Los Palpicornios acuáticos de la provincia de León (Coleóptera, Hydrophiloidea). *Memoria de Tesis Doctoral.* Universidad de León : 454 p.

**199**. WILLIAMS, W. D. (2002).– Environmental threats to salts lakes and the likely status of inland saline ecosystems. *Environnement Conservation*, **29**: 154-167.

**200**. YOUNESSE, G. & SAPORTA,G.(2004).– Une méthodologie pour la comparaison des partitions. *Revue de statistique appliquée*

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES