

Table des matières

INTRODUCTION	1
1. LE CRIQUET PÈLERIN ET SON ENVIRONNEMENT	9
1.1. Le Criquet pèlerin	9
1.1.1. Bibliographie et études disponibles sur le Criquet pèlerin en Mauritanie	9
1.1.2. Données acridiennes anciennement disponibles	12
1.1.3. Données acridiennes récentes du CNLA (1988-2007)	16
1.1.3.1. Origine et méthode de collecte des données acridiennes (1988-2007)	16
1.1.3.2. Caractéristiques, structure et reconditionnement des données	20
1.1.3.2.1. La base RAMSES originelle	20
1.1.3.2.2. La table complémentaire : descripteurs synthétiques	22
1.1.3.2.3. Caractéristiques générales des données	27
1.1.3.3. Analyse des données	32
1.1.3.4. Cartes d'occurrence	35
1.1.3.4.1. Cartes d'occurrence des états phasaires et phénologiques	35
1.1.3.4.2. Cartes de fréquence mensuelle	36
1.1.3.5. Analyses comparatives	38
1.1.3.5.1. Cartes trimestrielles comparées des périodes 1988-2002 et 2003-2006	38
1.1.3.5.1.1. Larves solitaires	38
1.1.3.5.1.2. Larves <i>transiens</i>	42
1.1.3.5.1.3. Larves grégaires	43
1.1.3.5.1.4. Ailés solitaires	46
1.1.3.5.1.5. Ailés <i>transiens</i>	48
1.1.3.5.1.6. Ailés grégaires	49
1.1.3.5.2. Comparaison en fonction de la situation acridienne	50
1.1.3.5.2.1. Occurrence des larves	50
1.1.3.5.2.2. Occurrences des ailés	55
1.1.3.6.3. Carte globale des solitario- <i>transiens</i>	60
1.1.3.6.5. Synthèse nationale : les acrido-régions	60
1.1.3.6.5.1. L'aire de reproduction estivale des solitaires	61
1.1.3.6.5.2. Aire mixte de reproduction des solitaires d'été-automne	63
1.1.3.6.5.3. Aire de reproduction automnale des solitaires	63
1.1.3.6.5.4. Aire mixte de reproduction des solitaires d'automne-hiver	64
1.1.3.6.5.5. Aire de reproduction hivernale des solitaires	64
1.1.3.6.5.6. Aire de reproduction et/ou de dispersion des grégaires	65
1.1.3.6.5.7. La Majabât Al Koubra	65
1.1.4. Conclusion partielle	66
1.2. L'environnement du Criquet pèlerin en Mauritanie	67
1.2.1. Contexte géomorphologique	67
1.2.1.1. Les grands ensembles géologiques	67
1.2.1.1.1. Le socle pédiplané	67
1.2.1.1.2. L'ensemble sédimentaire paléozoïque	68
1.2.1.1.3. Le bassin sénégalo-mauritanien	69
1.2.1.1.4. Le Quaternaire	69
1.2.1.2. Les grands ensembles géomorphologiques	69
1.2.1.2.1. Les pénéplaines à eglab	70
1.2.1.2.2. Les plateaux et les dhar	70

1.2.1.2.3. Les ergs	70
1.2.1.2.4. Les sebkhas	72
1.2.1.2.5. Les zones d'épandage (grara, graïr)	73
1.2.1.2.6. Les vallées d'oueds	73
1.2.1.2.7. Le lac de Rkiz (Sud du Trarza)	73
1.2.1.2.8. Conclusion	74
1.2.2. La biogéographie	75
1.2.2.1. Les divisions biogéographiques	75
1.2.2.2. La zone saharienne	76
1.2.2.3. La zone saharo-sahélienne	76
1.2.2.4. La zone sahélienne	76
1.2.2.5. Conclusion	77
1.2.3. Les climats	79
1.2.3.1. La circulation générale de l'atmosphère sur l'Afrique intertropicale	79
1.2.3.2. Données stationnelles	81
1.2.3.2.1. Sélection des données	81
1.2.3.2.2. Les données disponibles	82
1.2.3.2.2.1. La pluviométrie	84
1.2.3.2.2.2. Les températures	84
1.2.3.2.2.3. Les diagrammes ombrothermiques	87
1.2.3.2.2.4. Analyses fréquentielles	89
1.2.3.2.2.5. Conclusion	90
1.2.4. Référentiel biogéographique	90
1.2.4.1. Les paramètres	90
1.2.4.2. Les UTEH	91
1.2.4.1. Domaine Nord	93
1.2.4.1.1. Macro-région Tiris Zemmour	94
1.2.4.1.2. Macro-région Khatt El Hank	95
1.2.4.2. Domaine Centre-Ouest	95
1.2.4.2.1. Macro-région du Nord-Ouest (Essahel)	96
1.2.4.2.2. Macro-région de L'Adrar	97
1.2.4.3. Domaine Sud	97
1.2.4.3.1. Macro-région Aftout	97
1.2.4.3.2. Macro-région Sud-Ouest	98
1.2.4.3.3. Macro-région Khatt	99
1.2.4.3.4. Macro-région Aftout Lakhdar	99
1.2.4.3.5. Macro-région des reliefs	100
1.2.4.3.6. Macro-région Sud-Est	100
1.2.4.3.7. Macro-région Rguiba-Hodhein	101
1.2.4.3.8. Macro-région Aoukar Aïoun	101
1.2.4.3.9. Macro-région Aouana	102
1.2.4.4. Domaine désertique (Majabat-al Koubra)	102
1.2.4.4.1. Macro-région Majabatt Alkoubra	102
1.2.4.4.2. Macro-région Tassaret-Adafer	102
1.2.4.5. Domaine du Chemama	103
1.2.4.6. Domaine Littoral	103
1.2.4.6.1. Macro-région Essahel	103
1.2.4.6.2. Macro-région de l'Aftout-es-Saheli	103
1.2.5. Conclusion partielle	104

2. LES ZONES PILOTES D'ÉTUDE	105
2.1. Le choix des zones de haute et basse fréquences de reproduction	105
2.1.1. Justification du choix	105
2.1.2. Le criquet dans les zones de haute et basse fréquences	105
2.1.3. Description des zones	106
2.1.4. Les itinéraires	107
2.1.4.1. Accès aux stations	107
2.1.4.2. Collecte des données	108
2.1.5. Les contraintes	108
2.1.5.1. Absence de données sur la zone	108
2.1.5.2. Absence de données météorologiques	109
2.1.5.3. Accessibilité	109
2.1.5.4. Difficultés d'installation et de maintien du dispositif exploratoire	110
2.1.5.5. La recrudescence 2003-2005	110
2.2. Méthodes et moyens d'investigation	110
2.2.1. Itinéraire méthodologique	110
2.2.2. Les méthodes spatiales	111
2.2.2.1. Le choix des satellites	113
2.2.2.2. Le choix des images satellites	113
2.2.3. Relevés de terrain : éléments structurels des biotopes acridiens	114
2.2.3.1. Description des unités spatiales géomorphologiques	114
2.2.3.2. Mise en évidence et description des unités de végétation (annuelle et pérenne)	115
2.2.3.3. Les relevés floristiques, le tableau phytosociologique	117
2.2.4. Relevés de terrain : composante dynamique de l'environnement acridien	121
2.2.4.1. Protocole de calibrage du réseau des stations	121
2.2.4.2. Protocole d'installation du réseau des stations	122
2.2.4.3. Problèmes de collecte des données	123
2.3. Structure des biotopes des zones de haute et basse fréquences	125
2.3.1. Les unités géomorphologiques	125
2.3.1.1. Description des unités spatiales géomorphologiques	126
2.3.1.2. Caractérisation géomorphologique de la zone de haute fréquence	127
2.3.1.3. Caractérisation géomorphologique de la zone de basse fréquence	128
2.3.1.4. Conclusion partielle	129
2.3.2. Le tapis végétal	129
2.3.2.1. Analyse structurale de la strate herbeuse	129
2.3.2.2. Les groupements floristiques	133
2.3.2.2.1. Particularités	134
2.3.2.2.1.1. Nombre d'espèces par relevé	134
2.3.2.2.1.2. Nombre d'espèces par famille/zones	136
2.3.2.2.1.3. Abondance relative des types biogéographiques	137
2.3.2.2.1.4. Abondance relative des types biomorphologiques de Raunkier	138
2.3.2.2.1.5. Abondance relative des types morphologiques	139
2.3.2.2.2. Tableau phytosociologique	141
2.3.2.2.2.1. Présence des 157 espèces dans les 138 relevés	141
2.3.2.2.2.2. Nombre d'espèces par relevé et par classe floristique	142
2.3.2.2.2.3. Structure générale du tableau phytosociologique	142
2.3.2.2.3. Conclusion partielle	146
2.3.3. Les signalisations acridiennes	149
2.3.4. Les biotopes acridiens	149
2.3.5. Discussion et Conclusion	153

2.3.6. Conclusion partielle	154
2.4. Données météorologiques relatives aux zones de haute et de basse fréquences	155
2.4.1. Introduction	155
2.4.2. Structure des données	157
2.4.3. Précipitations	158
2.4.4. Évaluation des pluies dans les deux zones	159
2.4.5. Les données pluviométriques déductibles de l'imagerie METEOSAT	160
2.4.6. Humidité du sol	161
2.4.7. Températures	162
2.4.8. Conditions anémométriques	162
2.4.9. Météorologie comparée avec les stations de la Météorologie nationale	164
2.4.10. Météorologie du réseau comparé avec METEOSAT	166
2.4.11. Conclusions partielles	166
2.5. Conclusion	167
2.5.1. Sur le plan géomorphologique et cartographique	167
2.5.2. Sur le plan floristique	168
2.5.3. Sur le plan météorologique	168
2.5.4. Sur le plan acridien	169
2.5.5. Synthèse des relations entre les divers paramètres (acridien, climat, flore et géomorphologie)	169
3. DISCUSSION	171
3.1. La gestion des données dans le cadre de la surveillance et de la lutte préventive	171
3.1.1. Climat, météorologie, Criquet pèlerin en Mauritanie	172
3.1.2. Limites spatiales et temporelles des biotopes acridiens	174
3.2. Le Criquet pèlerin en Mauritanie	176
3.2.1. Statut acridien de la Mauritanie	176
3.2.1.1. Statut acridien de la Mauritanie à l'échelle régionale	177
3.2.1.2. Implications et perspectives institutionnelles et organisationnelles	178
CONCLUSION GÉNÉRALE	181
ANNEXE I : Fiche de prospection RAMSES standardisée	187
ANNEXE II : Données climatiques des stations météorologiques de référence de Mauritanie	189
ANNEXE III : Tableau phytosociologique	201
BIBLIOGRAPHIE	205

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figures :

Fig. 1 : Présentation de la Mauritanie.	XXII
Fig. 2 : Aire de distribution du Criquet pèlerin et zones de transformation phasaire.	2
Fig. 3 : Fréquence et durée des invasions du Criquet pèlerin (Lecoq 2001).	3
Fig. 4 : Zones de reproduction complémentaire du Criquet pèlerin.	3
Fig. 5 : Carte de dynamique spatio-temporelle annuelle du Criquet pèlerin.	5
En rouge, les zones de reproduction estivales. En bleu, les zones de reproduction hivernales et printanières	5
Fig. 6 : Signalisation d'essaims et de bandes larvaires de Criquet pèlerin en Mauritanie de 1985 à 2008.....	6
Fig. 7 : Synthèse des prospections réalisées en Mauritanie de 1939 à 1987 (d'après l'Atlas FAO, Popov 1992).	15
Fig. 8 : Comparaison des performances en matière d'information acridienne entre les pays. ...	17
Fig. 9 : Structure relationnelle de la base RAMSES v3.....	21
Fig. 10 : Composition des populations en fonction de la situation acridienne globale.	24
Fig. 11 : Compositions relatives des populations en fonction de la situation acridienne globale.	25
Fig. 12 : Abondance des 21 catégories de populations acridiennes en fonction des stades phénologiques et des états phasaires en présence.	26
Fig. 13 : Présence/absence acridienne dans les relevés, en fonction des campagnes.....	28
Fig. 14 : Distribution mensuelle des relevés en fonction des contextes technico-administratifs.....	29
Fig. 15 : Carte de distribution géographique des enregistrements disponibles.....	30
Fig. 16 : Carte de distribution géographique des enregistrements où le Criquet pèlerin est présent.....	31
Fig. 17 : Nombre d'enregistrements par région selon les trimestres en comparaison avec la pluviométrie.....	34
Fig. 18 : Carte de situation des principales régions de Mauritanie.....	35
Fig. 19 : Cartes d'occurrence des observations des trois états phasaires et deux états phénologiques.	37
Fig. 20 : Cartes trimestrielles comparées des occurrences de larves solitaires, <i>transiens</i> et grégaires par degré carré.	41
Fig. 21 : Cartes trimestrielles comparées des occurrences d'ailés solitaires, <i>transiens</i> et grégaires par degré carré.	45
Fig. 22 : Cartes d'occurrence des larves solitaires, <i>transiens</i> , et grégaires en fonction des 4 types de situation acridienne.....	53
Fig. 23 : Cartes d'occurrence des ailés solitaires, <i>transiens</i> et grégaires en fonction des 4 types de situation acridienne.	57
R : rémission. S : resurgence. C : recrudescence/invasion. D : déclin.	57
Fig. 24 : Localisation des foyers de grégation par une co-occurrence de solitaires et de <i>transiens</i> (population solitario- <i>transiens</i>) en période de rémission ou de resurgence.	61
Fig. 25 : Les acrido-régions.	62
Fig. 26 : Carte des isohyètes moyens en Mauritanie.....	68
Fig. 27 : Chorologie de <i>Sclerocarya birrea</i> , espèce soudano-sahélienne.	77
Fig. 28 : Chorologie de <i>Cenchrus biflorus</i> , espèce sahélienne.....	77
Fig. 29 : Chorologie de <i>Nucularia</i> spp., espèce méditerranéenne.....	78
Fig. 30 : Chorologie de <i>Hyoscyamus muticus</i> , espèce saharo-méditerranéenne des zones humides.	78

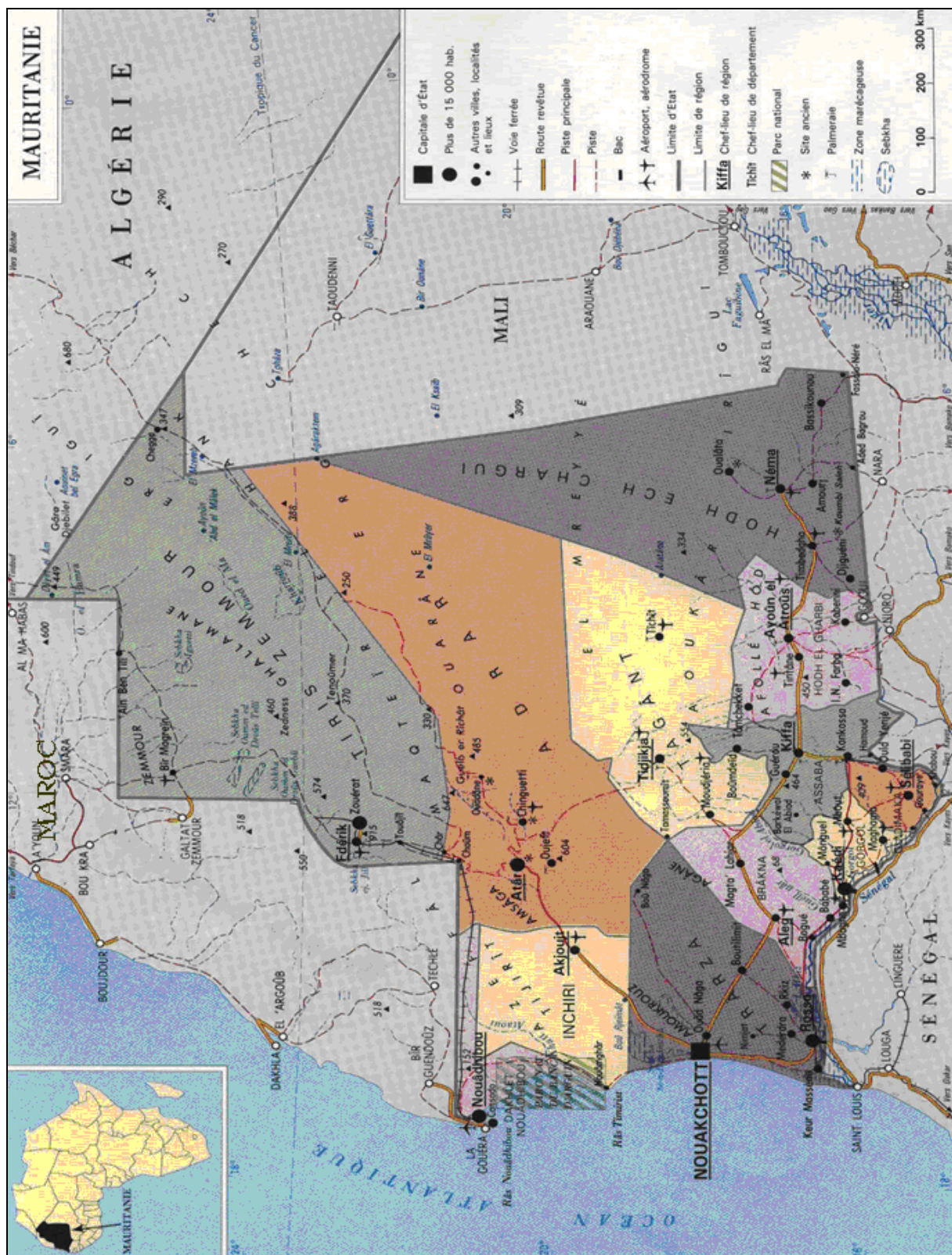
Fig. 31 : Chorologie de <i>Panicum turgidum</i> , espèce eury-saharienne.	78
Fig. 32 : Chorologie de <i>Stipagrostis pungens</i> , espèce psammophile saharienne.	78
Fig. 33 : Chorologie de <i>Capparis decidua</i> , espèce saharienne.	79
Fig. 34 : Réseau météorologique national mauritanien et Acrido-régions.	82
Fig. 35 : Pluviométrie trimestrielle relative de 15 stations mauritaniennes classées de gauche à droite en fonction des latitudes décroissantes.	84
Fig. 36 : Graphe des températures mensuelles moyennes en °C des stations climatiques de Mauritanie.	86
Fig. 37 : Estimation des températures moyennes vers 18h00 pour 5 localités du Nord de la Mauritanie.	87
Fig. 38 : Diagrammes ombrothermiques et de bilan hydrique simplifiés de 6 stations de Mauritanie.	88
Fig. 39 : Diagrammes ombrothermiques de cinq stations climatiques de Mauritanie.	89
Fig. 40 : Carte des unités territoriales écologiquement homogènes (UTEH) de Mauritanie.	91
Fig. 41 : Localisation de la zone d'étude englobant les 2 quarts de degré carré de référence, de haute et de basse fréquences.	106
Fig. 42 : Points de relevés sur la zone d'étude.	107
Fig. 43 : Calibrage des stations météorologiques semi-automatiques.	122
Fig. 44 : Les 14 unités géomorphologiques mises en évidence dans région de l'Aouker Lebken.	124
Fig. 45 : Abondance moyenne des touffes par transect de <i>P. turgidum</i> (n=60), <i>S. pungens</i> (n=68) et des deux ressources combinées (n=79) dans les zones de haute et basse fréquence du Criquet pèlerin en Mauritanie.	130
Fig. 46 : Moyenne des diamètres et hauteurs maximales des touffes de <i>P. turgidum</i> (n=267) et <i>S. pungens</i> (n=351) dans les zones de haute et basse fréquences du Criquet pèlerin en Mauritanie.	130
Fig. 47 : Distributions spatiales de <i>P. turgidum</i> (n=60), <i>S. pungens</i> (n=68) et des deux ressources combinées (n=79) dans les zones de haute et basse fréquences du Criquet pèlerin en Mauritanie.	131
Fig. 48 : Nombre d'espèces par relevé pour l'ensemble des groupements, les groupements des quarts de degré carré de haute ou basse fréquence et les relevés effectués hors de la zone d'étude.	134
Fig. 49 : Nombre d'espèces par famille en fonction des zones de relevés.	136
Fig. 50 : Abondance relative des types biogéographiques.	138
Fig. 51 : Abondance relative des types biomorphologiques de Raunkier.	139
Fig. 52 : Abondance relative des types morphologiques.	140
Fig. 53 : Présence des 157 espèces dans les 138 relevés.	141
Fig. 54 : Nombre d'espèces par relevé et par classe floristique.	142
Fig. 55 : Occurrence relative des classes floristiques dans chaque type de zone.	147
Fig. 56 : Fréquence des classes floristiques en fonction des zones.	147
Fig. 57 : Carte des relevés acridiens dans la zone d'étude.	148
Fig. 58 : Analyse factorielle des correspondances liant la présence des 3 phases des larves de Criquet pèlerin avec les entités géomorphologiques mises en évidence par photo-interprétation.	150
Fig. 59 : Position et performances relatives des 8 stations météorologiques semi-automatiques.	156
Fig. 60 : Station météorologique grand modèle avec téléchargement de données (à droite).	157
Fig. 61 : Pluviométrie mensuelle mesurée dans les zones de haute et basse fréquences.	158
Fig. 62 : Moyenne mensuelle de l'humidité édaphique (en kpa).	161
Fig. 63 : Températures moyennes mensuelles dans les zones de haute et basse fréquences de juin 2002 à octobre 2004.	162
Fig. 64 : Moyenne des roses des vents de mois disponibles en 2003 et 2004.	163
Fig. 65 : Roses des vents réalisées entre 18h00 et 22h00 à partir des données mensuelles disponibles en 2003 et 2004.	163

Fig. 66 : Comparaison de la pluviométrie mensuelle mesurée en 2003 dans la zone de basse fréquence et les stations d'Akjoujt et d'Atar.	164
Fig. 67 : Diagramme de dispersion bioclimatique.	165
Fig. 68 : Comparaison de la pluviométrie mensuelle mesurée en 2003 dans la zone de haute fréquence et les stations de Boutilimit et Tidjikja.	165
Fig. 69 : Comparaison des températures mensuelles moyennes entre les stations de la zone d'étude et 4 stations du réseau national de juin à octobre 2003.	166

Tableaux :

Tab. I : Chrono-structure globale des données acridiennes : occurrence des états phénologiques et phasaires.	22
Tab. II : Distribution des enregistrements en fonction des contextes technico-administratifs.	23
Tab. III : Distribution des enregistrements en fonction de la situation acridienne globale pour un pas de temps trimestriel.	23
Tab. IV : Distribution des stades phénologiques et des états phasaires en fonction de la situation acridienne globale.	24
Tab. V : Différentes compositions phasaires et phénologiques des populations acridiennes.	25
Tab. VI : Champs de la table MS-ACCESS complémentaire utilisant des descripteurs synthétiques.	26
Tab. VII : Présence acridienne selon les campagnes.	27
Tab. VIII : Présence/absence acridienne mensuelle, en fonction des contextes technico-administratifs.	29
Tableau IX : Structure des populations acridiennes en fonction des campagnes.	33
Tab. IX : Stations et données météorologiques utiles pour la caractérisation des climats.	82
Tab. X : Tableau synthétique des données pluviométriques.	83
Tab. XI : Tableau synthétique des données de températures.	85
Tab. XII : Nombre de mois humides sur 15 stations météorologiques en Mauritanie.	88
Tab. XIII : Classes de pluviosité.	90
Tab. XIV : Liste des unités territoriales écologiquement homogènes de Mauritanie.	92
Tab. XV : Implantation des stations météorologiques semi-automatiques.	121
Tab. XVI : Schéma d'implantation des stations météorologiques semi-automatiques.	121
Tab. XVII : Structure des données disponibles.	123
Tab. XVIII : Caractéristiques des 15 classes géomorphologiques mises en évidence dans l'Aouker Lebken (scène Landsat path 203 X row 047).	126
Tab. XIX : Tableau comparatif des caractéristiques paysagères des ZBF et ZHF.	129
Tab. XX : Distribution spatiale des touffes de <i>P. turgidum</i> , <i>S. pungens</i> et des deux ressources combinées dans les zones de haute et basse fréquences du Criquet pèlerin en Mauritanie.	130
Tab. XXI : Synthèse des abondances de <i>Panicum</i> et de <i>Stipagrostis</i>	133
Tab. XXII : Répartition des relevés floristique en fonction des zones d'investigation.	134
Tab. XXIII : Compositions floristiques globales comparées entre les différentes zones de relevés floristiques.	135
Tab. XXIV : Occurrence des types biogéographiques pour les 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.	137
Tab. XXV : Occurrence des types biomorphologiques de Raunkier pour les 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.	139
Tab. XXVI : Occurrence des types morphologiques pour les 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.	140
Tab. XXVII : Occurrence des 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.	141
Tab. XXVIII : Occurrence des présences pour les espèces végétales participant aux relevés, en fonction des groupements floristiques mis en évidence.	142

Tab. XXIX : Classes phytosociologiques.	143
Tab. XXX : Occurrences des classes phytosociologiques en fonction des zones d'étude.	147
Tab. XXXI : Tableau comparatif des caractéristiques des groupements floristiques des zones à haute et basse fréquences.	148
Tab. XXXII : Matrice de co-occurrence entre les trois phases de Criquet pèlerin et les entités géomorphologiques mises en évidence par photo-interprétation.	149
Tab. XXXIII : Occurrence des différentes phases du Criquet pèlerin dans les unités géomorphologiques de la zone de haute fréquence.	151
Tab. XXXIV : Occurrences des différentes formes du Criquet pèlerin dans les unités géomorphologiques de la zone de basse fréquence.	151
Tab. XXXV : Occurrences des différents stades et phases du Criquet pèlerin dans les zones de haute et basse fréquence.	152
Tab. XXXVI : Performances relatives globales des sondes des stations météorologiques semi-automatiques.	157
Tab. XXXVII : Corrélation entre le cumul pluviométrique et la durée d'humidité édaphique du sol dans la zone de haute fréquence. Cumul mensuel entre juin 2002 et décembre 2003.	159
Tab. XXXVIII : Corrélation entre le cumul pluviométrique et la durée d'humidité édaphique du sol dans la zone de basse fréquence. Cumul mensuel entre juin 2002 et janvier 2004.	159
Tab. XL : Pluviosité comparée de 8 stations durant la première année et la deuxième année de recrudescence avec la moyenne inter-annuelle pour la période 1972-2005.	173



INTRODUCTION

Les locustes sont de longue date perçus comme une menace majeure pour les ressources agro-pastorales des pays chauds et tempérés, dont ceux situés au Sud du Sahara. Parmi les locustes, le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) de la famille des *Acrididae* et de la sous-famille des *Cyrtacanthacridinae*, a toujours été de loin le plus craint de ces locustes. Les premiers écrits en font mention il y a plus de 3 000 ans (la Tourah, la Bible et le Coran). La citation de ce fléau est faite sous forme d'une sanction de Dieu dont l'exemple le plus connu est la huitième plaie d'Égypte dans la Bible (Exode, X, 13-15) et la seconde des Cinq sanctions de Dieu dans le Coran (Partie 9, Hisbe 17 « Kale Elmeloue », Sourate Elaerave, Aye 133). Durant l'exercice de cette sanction, le fléau est resté 7 jours, il a ravagé toute leur agriculture, les fruits, les arbres, les toits des maisons, les portes, le bois, les habits, les bagages. Il a mangé les clous métalliques qui servaient dans les portes. Le fléau a été pris par une faim inassouvie. Sur chaque abdomen de criquet était inscrit « L'armée suprême de Dieu » (El Khazim 1896). Le fléau acridien a été également cité une deuxième fois dans le Coran (Partie 27, Hisbe 53 « Kale Vema Khatboukoum », Sourate Elkamar, Aye 7), sous forme d'une échelle de comparaison de l'indénombrable exprimant l'importance de l'étendue du nombre. L'exemple de référence est la quantité de personnes ressuscitées qui surgissent massivement de leurs tombeaux le jour de la résurrection comme les criquets répandus où peut être on peut imaginer leurs ressemblances aux éclosions massives des bandes larvaires (Ould Babah, interprétation personnelle).

Le naturaliste romain Pline l'Ancien, dans son Histoire Naturelle (livres X & XXXV) note qu'en 125 avant Jésus-Christ une invasion par des essaims venant du Sahara causa la mort de 800 000 personnes en Cyrénaïque et de 300 000 autres personnes en Tunisie. Par ailleurs, de nombreuses chroniques attestent que ces ravages ont continué du Moyen-Age jusqu'à nos jours sous forme de fléaux intermittents (Popov *et al.* 1991).

En période d'invasion, le Criquet pèlerin, en phase grégaire, peut contaminer des territoires d'une superficie allant jusqu'à 29 millions de kilomètres carrés, de la côte occidentale de l'Afrique jusqu'à l'Inde, soit la totalité de l'Afrique du Nord, la Péninsule Arabique et l'Asie du Sud-Ouest (Popov *et al.* 1991). La menace pèse alors sur l'agriculture et les pâturages de plus de 60 pays couvrant près de 25 % des terres émergées, habité par le dixième de la population mondiale (Steedman 1988). Les ravages de ce fléau s'étendent à la majorité des pays arides et semi-arides. Duranton *et al.* (1982) puis Roffrey & Magor (2003) considèrent que les invasions du Criquet pèlerin constituent un risque intermittent pour environ cinquante pays d'Afrique, du Moyen-Orient et du Sud-Ouest de l'Asie. Ce fléau phytophage peut être extrêmement destructeur et causer des pertes considérables sur les cultures et les pâturages (Bashir *et al.* 1998, Popov 1958, Uvarov 1977, Van Huis 1994). La FAO a chiffré les dégâts pour 12 pays pendant la période 1949-1957 à 42 millions de dollars US. Ces chiffres semblent être en deçà de la réalité (Popov *et al.* 1991).

La dynamique des populations du Criquet pèlerin alterne des périodes de rémission (phase solitaire), de résurgence, de recrudescence (phase *transiens*) et d'invasion (phase grégaire). En période de rémission, le Criquet pèlerin reste dispersé, sous une forme solitaire ou *transiens*, avec des possibilités de reproduction dans des zones restreintes à moins de 40 % de l'aire d'invasion et couvrant les zones désertiques allant de l'Afrique de l'Ouest au Sud-Ouest de l'Asie (Waloff 1966). En cas d'invasion, il menace de façon cyclique l'agriculture et les pâturages d'environ 25 pays dont ceux des pays les plus pauvres du monde (Hemming *et al.* 1979). Ces pays sont localisés dans la partie centrale et aride de sa zone de distribution, s'étalant de la

Mauritanie, en Afrique de l'Ouest, jusqu'à l'Inde à l'Est (Popov 1997, Popov *et al.* 1991, Roffey & Magor 2003). Ces auteurs estiment cette superficie des zones de reproduction d'environ 13,6 millions de km² (figure 2).

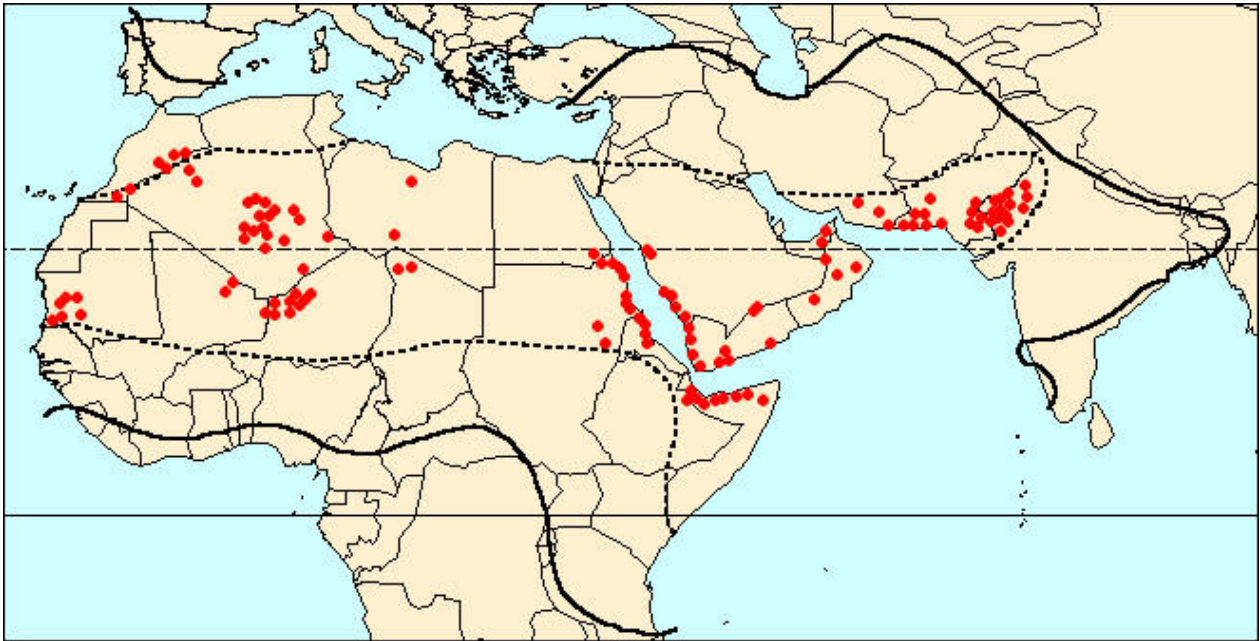


Fig. 2 : Aire de distribution du Criquet pèlerin et zones de transformation phasaire.

En pointillé : limites de l'aire de répartition des solitaires. En continu : limites de l'aire de répartition des grégaires. Les points rouges correspondent aux signalisations de transformation phasaire.

Les échanges de populations entre les différentes sous-unités des aires grégaires et en particulier entre l'Afrique de l'Est et l'Afrique de l'Ouest sont nombreux et fréquents (Waloff 1962). Ils sont saisonniers et réguliers entre les zones saharo-sahéliennes et l'Afrique du Nord Ouest (Ould Mohamed Sidya 1973b). L'aire de distribution du Criquet pèlerin est divisée en trois régions (occidentale, Centrale et orientale) (Mahjoub 1988).

Chaque invasion peut coûter excessivement cher au plan économique mais aussi au plan environnemental. Depuis 1860, huit périodes d'invasion généralisée, avec des durées variables de 3 à 22 ans, se sont succédées (figure 3). En outre, au cours des trente dernières années, trois recrudescences majeures ont été observées : 1968, 1987-1988 et 1993-1995 et 1995 (Van Huis 1995). La dernière recrudescence 2003-2005 a été également très importante. Les résultats d'une évaluation indépendante de cette recrudescence montrent qu'au Sahel, **plus de 8 millions de personnes** ont souffert de cette invasion alors que les pertes agricoles affectent de 80 à 100 % des récoltes escomptées, en fonction des pays. L'invasion a rendu la sécurité alimentaire à long terme des populations locales encore plus incertaine car elle a aggravé la pauvreté et la vulnérabilité des ménages vivant déjà dans des conditions très précaires, là où l'insécurité alimentaire est presque structurelle (Brader *et al.* 2006).

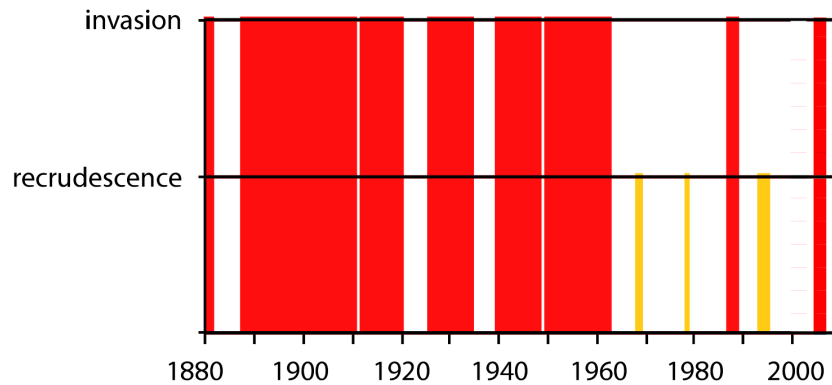


Fig. 3 : Fréquence et durée des invasions du Criquet pèlerin (Lecoq 2001).

En 1987-88, l'invasion du Sahel et de l'Afrique du Nord a coûté plus de 350 millions de dollars US et plus de 15 millions de litres de pesticides ont été épandus. La recrudescence de 2003-2005 a démarré uniquement à partir de la région occidentale. Elle a nécessité le traitement de plus de 13 millions d'ha. Son coût a été évalué à environ 400 millions de dollars US (Brader *et al.* 2006) et à 500 millions de dollars US par Belayneh (2005) avec l'utilisation de 13 millions de litres de pesticides appliqués en couverture totale.

Pour faire face à ce fléau, en cas d'invasion les possibilités sont encore limitées aux produits chimiques. Cette méthode de lutte est, toutefois, difficile, coûteuse et agressive pour l'environnement. Les pays concernés par les invasions du Criquet pèlerin ont adopté lors de la 13^{ème} session du comité FAO de lutte contre le Criquet pèlerin (DLCC), tenue à Rome du 6 au 10 octobre 1969, la stratégie de lutte préventive qui consiste à surveiller en permanence les aires grégarigènes potentielles et à détruire rapidement les foyers primaires de grégarisation (Figure 4) : sites où la densité atteint ou dépasse le seuil de grégarisation qui est de l'ordre de 500 imagos/ha pour le Criquet pèlerin (Duranton & Lecoq 1990).

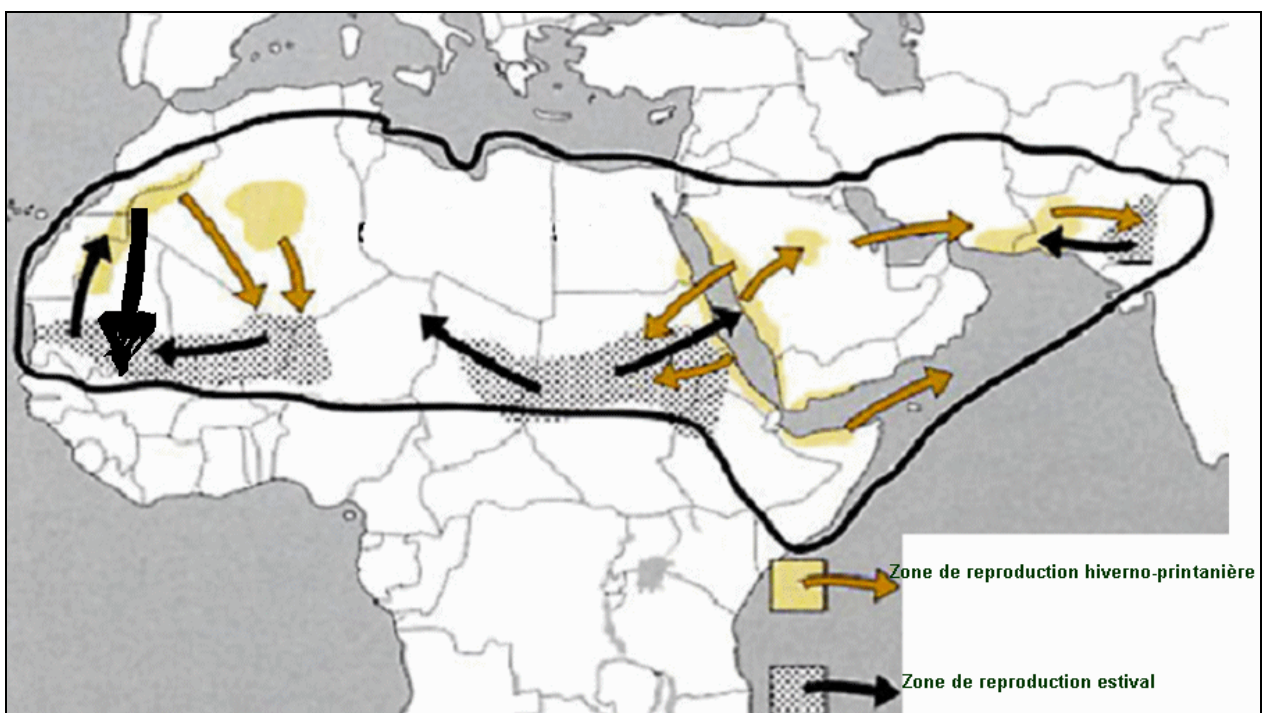


Fig. 4 : Zones de reproduction complémentaire du Criquet pèlerin.

Cette approche préventive – la surveillance des populations en période de rémission et leur maîtrise avant la formation d'essaims – a amené des changements radicaux en quelques années depuis sa mise en application pendant les années 1960 (figure 3). Elle est devenue possible grâce à une connaissance minimale de la bioécologie des principales espèces de locustes mais aussi par l'introduction des applications UBV (Ultra Bas Volume : insecticides rémanents en formulation huileuse, appliqués à moins de 5 litres/ha sous forme de barrières distantes de plusieurs centaines de mètres), divers insecticides ont été utilisés ; la fréquence et de la durée des invasions ont été significativement réduites, limitant les coûts et l'impact sur l'environnement (Lecoq 2005). Pour mener à bien l'application de cette stratégie, les pays de la zone de rémission doivent rester vigilants, durablement bien équipés institutionnellement, matériellement et humainement, ce qui fait défaut depuis le début d'affaiblissement des organisations régionales suivie d'une restructuration en 1989 de l'OCLALAV (Organisation Commune de la Lutte Antiacridienne et Antiaviaire).

La dynamique du fléau du Criquet pèlerin en Afrique occidentale comme son environnement ont été décrits pour la période 1920-1999 par Magor *et al.* (2007) tandis que pour la période 1960-1995 on trouvera l'information chez Popov (1991, 1997). Magor *et al.* (2007) dénombrent à travers le Monde durant la période 1920-1999, 6 invasions généralisées sur les différentes régions de reproduction du Criquet pèlerin. En plus d'un certain nombre de résurgences et recrudescences en période de rémission dont 10 en région occidentale, 12 en région centrale et 11 en région orientale. Le démarrage de la majorité de ces événements est simultané dans deux ou trois régions en fonction des cas. L'importance de la région occidentale est, par conséquent, clairement établie. En particulier, si on y ajoute la dernière recrudescence de 2003-2005 à partir de populations autochtones, ce qui constitue une première observation depuis le début du XX^{ème} siècle.

Popov (1992) décrit la dynamique spatiotemporelle des événements acridiens dans cette région ; le gros de la reproduction estivale en Afrique occidentale, se produit entre les isohyètes annuels de 200 à 600 mm. Ces zones correspondent aux reliefs majeurs, notamment l'Adrar mauritanien, l'Adrar des Iforas au Mali, les montagnes de l'Aïr au Niger et l'Ennedi/Darfur à l'est du Tchad et l'Ouest du Soudan. Dans ces différentes zones, l'humidité du sol est fortement renforcée par l'effet combiné des pluies orographiques et des écoulements, ce qui peut favoriser l'extension de la zone de reproduction à l'isohyète 100 mm, voire moins, particulièrement dans le Sahara occidental, où il y a des reliefs favorables (Adrar de Soutouf, Zemmour et El Hank). Ces dernières zones peuvent bénéficier de pluies hiverno-printanières exceptionnelles et occasionnellement créer des conditions favorables à la reproduction comme en octobre 1987-mars 1988 ou encore entre 1994-1995 mais pour cela il faut que l'apport de populations *transiens* ou grégaires) allochtones.

Au fil des temps se sont révélées des complémentarités multiples, en particulier entre la région occidentale (Afrique de l'Ouest-Sud de la méditerranée) d'une part et l'Afrique de l'Est (pourtour de la Mer rouge) d'autre part. Ainsi des apports exogènes peuvent certaines années, bouleverser la situation une situation locale. L'exemple de juillet 1993 est particulièrement significatif : des populations essaimantes issues de l'Arabie Saoudite ont rapidement traversé tout le Nord-Sahel où les conditions étaient défavorables pour arriver massivement jusqu'en Mauritanie et s'y reproduire en maintenant leur grégarité. Cet exemple démontre également que la région occidentale, peut aussi amplifier certains phénomènes exogènes.

La Mauritanie, située à l'extrémité Ouest de l'aire de distribution du Criquet pèlerin en Afrique occidentale, est un pays vaste : 1 035 000 km², soit l'équivalent de plus de deux fois la France. Elle constitue un trait d'union entre le Maghreb et l'Afrique sahélienne sous forme d'un carrefour entre trois influences climatiques :

- influence de type méditerranéen (pluies hivernales), au Nord,

- influence de type tropical (pluies estivales), au Sud et à l'Ouest,
- influence saharienne (pluies rares et erratiques) au centre-Est.

Le territoire s'étale sur 12 degrés de latitude entre (15°N à 27°N) et sur 12 degrés de longitude (5°W à 17°W). La figure 1 montre l'emplacement de la Mauritanie en Afrique ; la figure 5 montre la position clef de la Mauritanie entre le Sahel et le Maghreb pour l'enchaînement des reproductions du Criquet pèlerin.

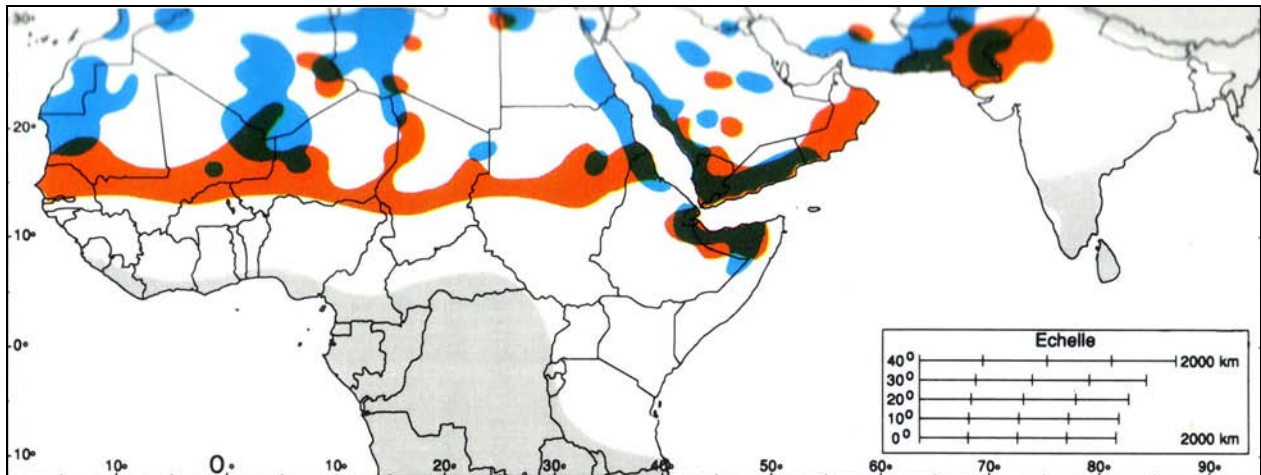


Fig. 5 : Carte de dynamique spatio-temporelle annuelle du Criquet pèlerin.

En rouge, les zones de reproduction estivales. En bleu, les zones de reproduction hivernales et printanières

La Mauritanie constitue, pour ce fléau, un habitat quasi permanent avec trois saisons et zones de reproduction complémentaires couvrant l'ensemble du territoire (Ould Ahmedou 2002, Ould Babah 2003). C'est également un carrefour très actif en période de recrudescence et d'invasion, entre le Sahel et le Maghreb, principalement avec le Maroc. La Mauritanie peut également être envahie à partir de la région centrale comme ce fut le cas en 1993 (Ould Babah & Leffler 1995).

Le problème du Criquet pèlerin est très ancien dans le pays. Les chroniques de la cité de Oualata en font déjà état dès le XV^{ème} siècle. Des citations orales, non documentées, indiquent qu'il a été consommé par les hommes durant les périodes de famine. Il est naturellement perçu comme une menace pour l'agriculture et les pâturages pour lesquels il est considéré comme une catastrophe, par les paysans et les éleveurs malgré le fait qu'ils disent que l'année du Criquet est une année du bien « d'*Elkheir* » soit de bons pâturages, insinuant par là ainsi que le criquet vient et se développe surtout au cours des années de bonnes pluies.

La Mauritanie a fait face durant les 20 dernières années, à deux invasions, une recrudescence majeure et plusieurs reproductions d'échelles variables avec des intervalles de deux à trois ans (Ould Babah 1997b) (figure 6). Ces événements acridiens ont des impacts sociaux économiques importants sur les ressources agricoles et pastorales. En 2003-2004, les dégâts sont estimés par la FAO à 70 % sur les cultures avec un impact d'appauvrissement sur plus de 700 000 personnes, malgré les efforts fournis par le pays et ses partenaires (Brader *et al.* 2006).

En Mauritanie, comme dans tous les pays saharo-sahéliens d'Afrique occidentale, les ravages causés par ce locuste sont inestimables, calamiteux. Dans ces pays en effet le secteur primaire occupe entre 65 et 90% de la population active et la production agricole qui, ne suffit pas en temps normal, à couvrir les besoins de la population peut être réduite à néant à la suite d'une invasion acridienne.

Le risque au niveau du pays constitue également une préoccupation pour les pays du Maghreb en particulier le Maroc et l'Algérie mais aussi au Sud pour le Sénégal, le Cap-Vert, les autres pays sahéliens et accessoirement les Iles Canaries. En effet, il constitue bien souvent, l'ultime rempart avant l'invasion de ces différents pays lors des périodes de recrudescence.

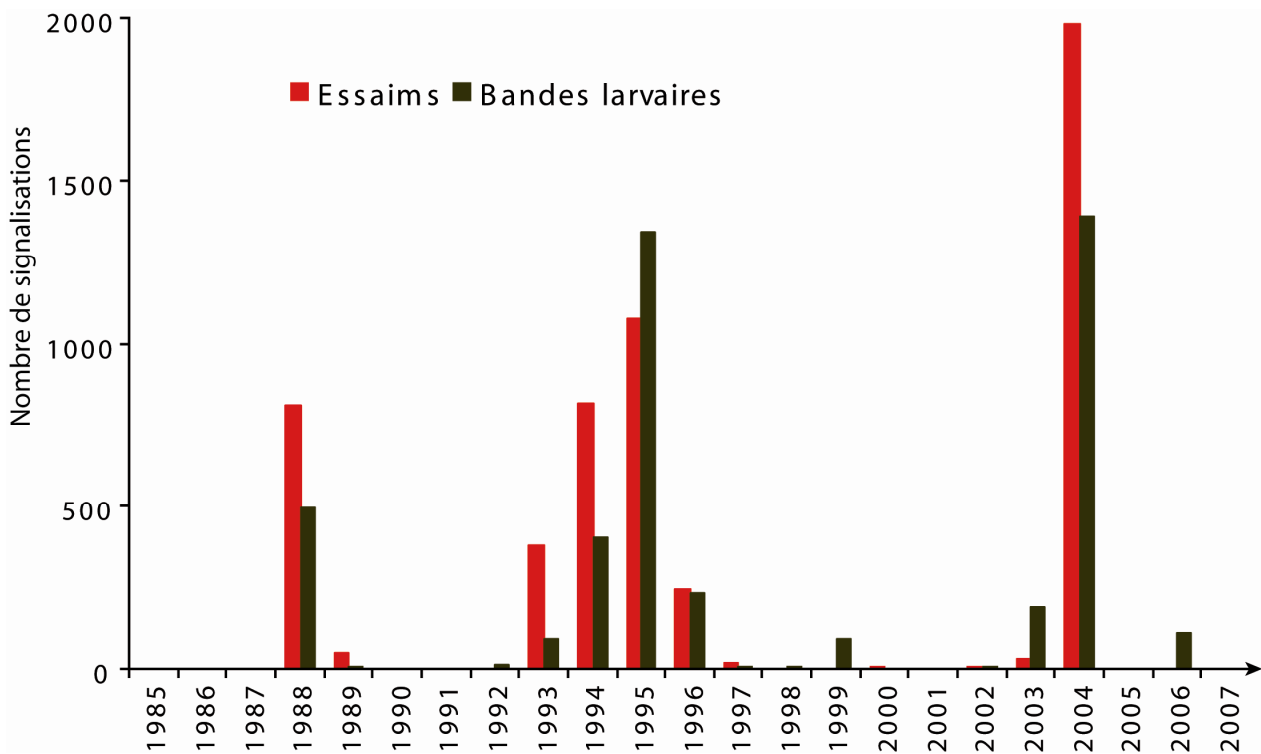


Fig. 6 : Signalisation d'essaims et de bandes larvaires de Criquet pèlerin en Mauritanie de 1985 à 2008.

Ces données sont issues de la base de données acridiennes RAMSES pour la Mauritanie.

Jusqu'en 1985, les prospections acridiennes étaient conduites par l'OCLALAV qui a été relayé par le CLAA (Centre de Lutte Antiacridien de Mauritanie) qui a centralisé au niveau national les archives acridiennes. Une base de données géo- et chrono-référencées de plus de 50 000 enregistrements (signalisations) a été mise en place et est aujourd'hui fonctionnelle. Elle a permis de dresser la figure 6.

La stratégie de lutte préventive, bien que la moins coûteuse à terme, implique néanmoins des coûts non-négligeables pour la surveillance régulière des zones de reproduction et de grégarisation. Les foyers de grégarisation primaire (là où s'opèrent les transformations phasaires initiales avec l'apparition des solitaro-*transiens*) sont à l'origine des départs de recrudescence mais ils sont encore assez mal connus, rarement bien localisés, mal caractérisés dans leurs structures et leur fonctionnement. Une meilleure connaissance de la dynamique de ces sites particuliers permettrait d'optimiser les stratégies de surveillance et de lutte préventive et de réduire l'importance des moyens à mettre en œuvre car plus les interventions sont précoces plus elles sont rentables et productives : là réside l'enjeu du travail entrepris.

Telles sont les raisons de cette étude. En s'appuyant sur l'analyse détaillée et croisée des archives disponibles et des données collectées pendant les nombreuses missions de prospection et de lutte menées sur l'ensemble du territoire mauritanien, cette étude se propose de préciser les connaissances sur la bioécologie du Criquet pèlerin, la dynamique spatio-temporelle des sites de reproduction et de transformation phasaire (les foyers de grégarisation) qui caractérisent les zones de haute fréquence d'apparition des *transiens* et des solitaires. Il s'agit en outre de

préciser la dynamique saisonnière et événementielle des populations des solitaires, *transiens* et grégaires, à l'état larvaire et l'état imaginal et la localisation des foyers grégarigènes définis par l'ensemble de leurs caractères morphopédologiques, hydriques, floristiques. **C'est-à-dire de dresser une biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie.**

Notre démarche passe par l'étude précise de deux zones pilotes, peu éloignées l'une de l'autre mais très contrastées d'un point de vue acridien. Une zone de « haute fréquence » et une zone de « basse fréquence » de signalisation de *transiens* dont nous avons analysé les différences.

Ce faisant, nous avons pour ambition de rendre compréhensible le fonctionnement des biotopes où se réalisent les reproductions assorties de transformation phasaire. C'est à cette condition que nous pourrions mieux organiser des interventions de surveillance et de lutte plus précoces, plus efficaces et moins onéreuses, généralisables à l'ensemble des régions identiques à la Mauritanie ou aux pays limitrophes.

Cette thèse comprend trois parties. Dans la première nous analysons et croisons les archives acridiennes disponibles en Mauritanie de façon à préciser la dynamique saisonnière et événementielle des populations de Criquets pèlerin sur toute l'étendue du territoire national et à mettre en évidence les principaux foyers de grégarisation. Nous décrivons ensuite globalement l'environnement du criquet en précisant les caractères climatiques, biogéographique et géophormologiques et en insistant sur l'évolution récente de cet environnement.

La deuxième partie est consacrée à la comparaison d'une zone de haute fréquence de signalisation de *transiens* et une zone de basse fréquence où le fait acridien n'est pas patent. Ces deux zones très proches l'une de l'autre se situent dans la partie orientale de l'Awkar Lebkem. Les caractères structuraux et dynamiques de l'environnement sont précisés et comparés à partir de la collecte, de l'analyse et de la cartographie des éléments qui le définissent.

Dans la troisième partie, l'ensemble des résultats sont analysés de façon critique et discursive en vue d'affiner les prospections futures et d'améliorer les modalités de la lutte anti-acridienne. Il s'agit de proposer des plans et des méthodes de surveillance globalement plus efficaces et moins coûteuses généralisables à d'autres régions affrontées au risque acridien.

1. LE CRIQUET PÈLERIN ET SON ENVIRONNEMENT

1.1. Le Criquet pèlerin

Le présent chapitre fait un rappel exhaustif de l'état des lieux des travaux de recherche, d'études et de prospections effectuées en Mauritanie sur le Criquet pèlerin et en fait la synthèse, entres autres celles relatives aux résultats des prospections faites en Mauritanie durant la période 1939-1986. Il traite également des données acridiennes anciennement disponibles et de l'analyse qui en est faite. Il s'agit de la partie des données acridiennes du CNLA (ex-CLA) couvrant la période de 1988-1999 soit 18 429 enregistrements et 253 descripteurs (Ould Babah 2003) ainsi que son complément pour la période 1999-2006. Il réactualise la mise à jour, l'exploitation et l'analyse des données du Criquet pèlerin en Mauritanie pour la période 1988-2007, auxquelles s'ajoutent des données partiellement saisies de 1965-1968 (période OCLALAV), soit un total de 51 014 enregistrements et 400 variables pour cette dernière période. Ce travail a pour finalité de ressortir les tendances de la distribution spatio-temporelles de ce fléau sur une base fréquentielle selon des pas de temps décennaires, mensuels, trimestriels ou annuels et selon une maille géographique d'un quart de degré géographique carré.

1.1.1. Bibliographie et études disponibles sur le Criquet pèlerin en Mauritanie

Selon Ould Babah (1998), plus d'une quarantaine de missions d'étude et de recherche, ont été effectuées en Mauritanie pour étudier le fléau, du Criquet pèlerin depuis le début des années 30 et au total 169 références sur la recherche acridienne en Mauritanie ont été listées. À commencer par les missions de recherche spécifiques sur le Criquet pèlerin de Zolotarevsky (1937, 1934, 1938b) et Murat (1939) suivies de celle de Bruneau de Miré (1952). Chopard (1952) a étudié le peuplement général des Orthoptères en Mauritanie. Roy (1971) en a observé une partie à Rosso (au Sud-Ouest du pays). Ensuite, la FAO a mené, plusieurs programmes de recherches en Mauritanie à travers des projets, financés sur le fond spécial des Nations Unies sur le Criquet pèlerin pour la période allant des années 50 aux années 70. Ces recherches ont couvert plusieurs thèmes (l'écologie, la climatologie, la prospection, la lutte chimique. La majorité des études écologiques et biologiques ont été réalisées par Popov, Roy, Rossetti et Besnault (Besnault *et al.* 1962) pour la période 1951-1963. Ces recherches ont couvert également des observations sur la végétation, la distribution des pontes et des pullulations de *Schistocerca gregaria* signalées entre 1950 et 1961 en Afrique occidentale.

L'Organisation Commune de Lutte Anti-acridienne (OCLA) a mené des missions de prospection en 1961 dans les zones situées dans les parties frontalières entre la Mauritanie et le Mali. Elle a fait une analyse sur la distribution des occurrences et des signalisations acridiennes qu'elle avait trouvées incomplète en Mauritanie. Elle a montré que les bandes larvaires qui dévoraient les cultures de la région de Nioro, Balle, Nara, viennent souvent du territoire mauritanien.

L'OCLALAV a également effectué des recherches à travers son unité de recherche à la base d'Aioun EL Atrouss de 1965 à 1976. Cette unité de recherche était dirigée par Ould Mohamed Sidiya qui a effectué de multiples et précieuses contributions dans le domaine de l'écologie et de l'acridologie de terrain (Ould Mohamed Sidiya 1973a), en particulier lors de la prospection exploratoire en Mauritanie méridionale, orientale et aux confins maliens (octobre 1971) et la prospection dans le Nord-Ouest de la Mauritanie et au Sahara espagnol en (février et mars-avril 1971).

D'autres études évènementielles ont été faites par Skaf (1978, 1973) dans le cadre de l'OCLALAV et de la FAO ; en particulier, l'étude sur les cas de grégarisation du Criquet pèlerin en 1974 dans le Sud-Ouest mauritanien et au Tamesna malien.

Le professeur Pasquier a également dirigé des prospections conjointes algéro-mauritaniennes et mauritano-maliennes en 1970 (Anonyme (OCLALAV) 1970b, Anonyme (OCLALAV) 1970a). Pasquier a fait d'intéressantes suggestions quant aux prospections de la Mauritanie au Sud du 18^{ème} parallèle et à l'organisation du travail des équipes sur le terrain et à leur équipement scientifique.

Des missions de prospection écologiques et acridiennes ont été également faites sur le terrain par Popov (1974). L'étude compilatrice de Popov, Duranton et Gigault couvre la Mauritanie (Popov *et al.* 1991). L'atlas préparé pour la FAO (Popov 1992, Popov 1997) constitue un document de synthèse qui couvre les zones de reproduction et les principaux axes de déplacement des essaims en période d'invasion et de rémission sur l'ensemble de l'aire de distribution du Criquet pèlerin dont la Mauritanie. Enfin, Popov a aussi participé aux travaux préliminaires de terrain en vue de l'élaboration d'une carte des biotopes acridiens de la région d'Akjoujt par la GTZ (Voss & Dreiser 1994, Voss & Krall 1993).

Trois thèses doctorales ont été réalisées par Ghaout (1990), Ould Taleb (1996) et Ould Ahmedou (2002) sur la bioécologie du Criquet pèlerin en Mauritanie. Elles ont contribué à la caractérisation des biotopes du criquet et à mieux comprendre les relations insectes/plantes et les effets des substances secondaires de certaines plantes. Deux autres thèses ont été réalisées à l'ICIPE au Kenya sur les méthodes alternatives de lutte par Ould Ely (2005) et Kane (2005). Des travaux diplômants de 3^{ème} cycle ont été réalisés par Ould El Hadj (1997) sur la biologie et l'écologie de *Schistocerca gregaria* et de ses plantes hôtes en Mauritanie et une sur les possibilités d'utiliser la télédétection en vue d'améliorer les performances de la surveillance contre le Criquet pèlerin par Routier (2000). Ould Ahmedou (2002) a procédé une analyse écologique des formations grégaires de larves du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* et leur impact sur les ressources végétales en Mauritanie. Ould Babah (2003) a étudié la Biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie et en 2004 sur les relations entre la grégarisation et la distribution des ressources locales à travers une large échelle spatiale (Ould Babah & Sword 2004). Culmsee (2002) a également réalisé un travail sur la relation végétation-criquet. Enfin, Kibasa (2006) s'est penché sur l'utilisation des images Spot 5 pour identifier la présence des criquets. Ce dernier travail n'a pas pu distinguer les criquets des sols

Ces études, bien que très souvent réalisées, à travers des descriptions évènementielles de telle ou telle situation acridienne ou tel ou tel habitat ou biotopes acridiens, ont contribué à des échelles variables, à l'acquisition des résultats importants sur Criquet pèlerin. Ce qui a permis l'amélioration globale des connaissances sur l'écologie générale, la biologie et la dynamique du Criquet pèlerin ainsi que leurs relations avec le milieu végétal en Mauritanie.

Parallèlement à ces travaux, les recherches acridiennes se sont intensifiées à partir des années 90 après les invasions de 1987 et 1988 grâce principalement aux projets financés par la GTZ « *Lutte biologique et intégrée contre les acridiens* » (1992-1999) (Wilps & Nasseh 1994) : Essais sur le terrain avec des substances végétales, des myco-acridicides et des inhibiteurs de la synthèse de la chitine. Peveling a réalisé plusieurs travaux d'écotoxicologie sur le criquet et la faune non cible (Peveling *et al.* 1994, Peveling & Ould Ely 1998a, Peveling & Ould Ely 1998b, Peveling & Ould Ely 1998c, Peveling & Sy 1997). D'autres travaux ont été effectués en collaboration avec l'équipe des scientifiques d'Oxford (Simpson, Sword, Despland, etc) sur différents aspects des relations plantes insectes (Sword *et al.* 2000). Krall & Lefler ont participé à l'exécution de ces projets (Krall *et al.* 1997).

Des travaux de recherches ont été également réalisées par la FAO, entre septembre 1996 et décembre 2001, grâce à un appui norvégien, le projet « GCP/INT/651/NOR – Sur l'amélioration des techniques d'application des pesticides utilisés en lutte contre le Criquet pèlerin » (Aston 1999), certains de ces travaux ont continué depuis 2006 avec l'appui de la Banque Mondiale et le programme FAO Empres, principalement sur les produits alternatifs, l'environnement et l'écologie.

Par ailleurs, il y a lieu de signaler les rapports de campagnes anti-acridiennes réalisés par les équipes de l'OCLALAV, les équipes mixtes OCLALAV-Maroc les équipes mixtes de la force maghrébine qui ont commencé en 1989 jusqu'à 1995 suivies des équipes mixtes mauritano-algériennes et mauritano-marocaines.

Des consultants FAO sont passés plus ou moins régulièrement en Mauritanie depuis le début des années 90 jusqu'à 2000 pour l'appui aux campagnes. Il s'agit en particulier de Lagnaoui, Chara, Balmat, Duranton, Magema, etc. Ceux-ci ont produit des rapports saisonniers plus ou moins détaillés sur leurs activités et sur les situations acridiennes et anti-acridiennes dans le pays.

Certains membres de l'équipe du CIRAD-Prifas (Madame Monard, Messieurs Duranton, Rachadi, Foucart) ont effectué des missions dans des cadres variés d'assistance technique (ECOFORCE, CIRAD, FAO, etc.) dans le pays en particulier en 1993-94 et 2003 puis en 2005, ils ont alors rédigé des rapports de leurs activités et de leurs observations.

La majorité de ces travaux ont été colligés dans les 2 rapports synthétiques sur les activités de la CLCPANO durant les 25 dernières années en Mauritanie (Ould Babah 1998) et le recueil des recherches effectuées sur le Criquet pèlerin en Mauritanie (Ould Bouna 1998).

Ces travaux ont permis d'obtenir des données utiles à l'amélioration de la stratégie de surveillance, des techniques d'application, de protection de l'environnement et des produits et méthodes alternatives de lutte. Ils ont aussi montré que la Mauritanie, présente des aires complémentaires de reproduction (estivale et hiverno-printanière) et des conditions favorables presque sur toute l'année permettant d'effectuer un grand nombre de programmes d'investigation.

Conclusion partielle

Ces recherches diversifiées nous fournissent une situation de référence dans le domaine des connaissances sur la dynamique des populations du Criquet pèlerin et les milieux qu'il hante ainsi que les techniques et méthodes de lutte alternatives utilisables. Ces travaux restent souvent spécifiques à des thèmes précis ou analytiques et une synthèse critique des données disponibles est indispensable pour progresser dans la connaissance de la biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie.

D'autre part, force est d'admettre qu'il y a eu de profondes transformations de l'environnement acridien, en Mauritanie au cours du dernier quart du XX^{ème} siècle sous l'effet de la sécheresse et de la désertification qui ont marqué progressivement et profondément le paysage et le couvert végétal. Il est ainsi clair, que la majorité des observations et résultats de recherches écologiques réalisées durant les périodes antérieures doivent être examinés dans cette perspective évolutive, à partir des années 80. En effet, le Sahara a avancé vers le Sud, parallèlement à un tassement du gradient des isohyètes et par conséquent a induit de profondes modifications des limites du Sahel et de la chorologie des espèces animales et végétales de ces régions. Les changements peuvent, difficilement, être considérés sans effet sur la dynamique

spatio-temporelle du Criquet pèlerin. Dans ce sens l'étude préliminaire d'Ould Babah (2003), apporte le niveau de référence le plus récent sur la dynamique spatio-temporelle.

1.1.2. Données acridiennes anciennement disponibles

Les données acridiennes disponibles pour la période antécédente à 1986, sont en majorité issues des résultats de travail des équipes de l'OCLA (1959) et plus tard de l'OCLALAV après fusion avec l'OCLAV, en 1965 (Roy 2001).

Ces données restent aujourd'hui consignées dans des cahiers de messages radio, manuscrits jalousement conservés au siège de l'OCLALAV à Dakar et les informations restent ainsi malheureusement toujours inaccessibles pour les pays à part quelques fragments de messages récupérés dans les bases ("Groupements") disséminés dans les pays par exemple à la base d'Aïoun (ex-OCLALAV) où ces archives sont malheureusement incomplètes.

Certaines données ont, toutefois été en partie archivées sous une forme synthétique par le service de l'information acridienne du centre de recherche anti-acridienne d'Angleterre (ARLC remplacé par le COPR en 1970) et plus tard par le service de l'information acridienne de la FAO. Dans un premier temps, Waloff (1966), cartographie la distribution des périodes de récessions (1920-25, 1934-37, 1938-39, 1948, 1963-64), les périodes de recrudescence et d'invasion (1940-41, 1949-50) et enfin les périodes de déclin (1946-47, 1960-62) et les décrit soit par infestation d'essaims ou simplement "essaims" ou "infestations" des larves ou bandes larvaires ou adultes, groupes d'adultes ou dispersés ou groupes de larves sans préciser explicitement le statut phasaire.

Un autre travail cartographique synthétique a été réalisé d'abord par Pedgeley (1981) en collaboration avec Walloff, Roffey, Steedman, Betts, Paton sous forme d'un manuel pour les prévisions acridiennes. Ce manuel propose, entre autres, 24 cartes mensuelles couvrant l'ensemble des pays de l'aire d'invasion montrant le nombre de fois où les essaims ou des bandes larvaires ont été observés à l'échelle du degré géographique carré entre 1939 et 1975, soit 37 ans.

L'analyse de ces archives a ensuite été reprise, approfondie et élargie par Popov en 1992 dans son Atlas des aires de reproduction du Criquet pèlerin (Popov 1997, Popov 1992). Cet atlas comprend 8 cartes de distribution et de fréquence qui concernent la Mauritanie. Une zone de haute fréquence dans le Nord-Ouest Tagant a été identifiée par Ould Babah (2003), elle est délimitée dans un degré carré : 18°N-19°N et 12°W-13°W. L'analyse des occurrences dans cette zone de haute fréquence dans les cartes de Popov se résume en 11 points :

1. Carte 1a : zone de reproduction et principaux axes de déplacement des essaims en période d'invasion sur l'ensemble des pays :

En Mauritanie, en période d'invasion :

- 3^{ème} trimestre : des populations acridiennes viennent de l'est en juillet, se reproduisent au Sud
- 4^{ème} trimestre en octobre-décembre certaines descendent et se reproduisent au Sénégal, d'autres plus nombreuses, remontent progressivement vers le Nord du pays
- 1^{er} trimestre : le Centre-Ouest abrite de notables reproductions en janvier février.
- 2^{ème} trimestre : en avril-juin, elles sont au Nord mais certaines descendent au Sud.

La Mauritanie apparaît donc comme une plaque tournante où les populations grégaires se reproduisent et se dispersent soit vers le Nord soit vers le Sud selon les saisons et les conditions aérologiques.

2. Carte 1b : zone de reproduction et principaux axes de déplacement en période de rémission sur l'ensemble des pays :

En Mauritanie, en période de rémission :

- durant le 3^{ème} trimestre : les populations, se reproduisent dans le Sud-Est, dans une petite zone.
- durant le 4^{ème} trimestre : elles se reproduisent au Centre et à l'Ouest, mais il subsiste quelques signalisations au Sud-Est.
- durant le 1^{ème} trimestre : elles peuvent se reproduire au Nord-Ouest, aux confins de l'ex-Sahara espagnol.
- durant le 2^{ème} trimestre : il n'y a pas de signalisation de reproduction en Mauritanie.

Les populations solitaires se reproduisent en Mauritanie : dans le Sud-Est mais surtout dans le Centre-Ouest et secondairement dans le Nord-Ouest, il semble que les reproductions estivales et automnales soient quelque peu tributaires des apports de populations allochtones.

3. Carte 2a : zone de répartition des hautes fréquences de reproduction en période d'invasion 1939-1963 (sauf pour l'Afrique de l'Ouest 1939-61) :

La carte 2a précise la localisation des reproductions en période d'invasion. Elles ont lieu au Sud entre juillet et septembre dans les régions suivantes : Hodh Elgharbi, Assaba et Tagant (incluant la zone de haute fréquence), le Brakna et le Trarza (où il y a également une reproduction en avril-juin). Enfin elles ont lieu vers le Nord de Nouakchott entre janvier et mars.

4. Carte 3a : répartition des hautes fréquences de reproduction en période de rémission 1961 à 1986 (sauf 1968 et 1978) :

Les zones de haute fréquence se trouvent en majorité situées entre le 10^{ème} et le 16^{ème} méridien et le 17^{ème} et 20^{ème} parallèle avec une forte concentration entre le 18^{ème} et le 20^{ème} parallèle et le 12^{ème} et 15^{ème} méridien. Au centre se trouve la zone de haute fréquence du Nord-Ouest Tagant qui fonctionne principalement entre octobre et décembre. Avant (juillet à septembre) et après (janvier à mars), seules de faibles reproductions y sont observées.

5. Carte 4a : données OCLA de répartition annuelle des pontes et des infestations larvaires 1950-61 (Besnault *et al.* 1962) :

Année 1950 : Aucune observation dans la zone de haute fréquence du Nord-Ouest Tagant (seul un relevé au Sud du 18^{ème} parallèle Nord et entre le 12^{ème} et le 13^{ème} méridien Ouest).

Année 1951 : La zone de haute fréquence est classée en 5^{ème} catégorie sur 6. Ce classement reflète que cette zone est occasionnellement visitée par des services acridiens.

Année 1951 : pas de signalisation en Mauritanie.

6. Carte 4b : données OCLA de répartition annuelle des pontes et des infestations larvaires 1950-61 (Besnault *et al.* 1962) :

Année 1953 : reproduction estivale mais aucune observation dans la zone de haute fréquence.

Année 1954 : reproduction estivale mais aucune observation dans la zone de haute fréquence.

Année 1955 : reproductions estivale et hivernale mais aucune observation dans la zone de haute fréquence.

7. Carte 4c : données OCLA de répartition annuelle des pontes et des infestations larvaires 1950-61 (Besnault *et al.* 1962) :

Année 1956 : reproduction estivale faible et aucune observation dans la zone de haute fréquence.

Année 1957 : fortes reproductions estivale et hivernale, 3 signalisations de bandes larvaires dans la zone de haute fréquence.

8. Carte 4d : données OCLA de répartition annuelle des pontes et des infestations larvaires 1950-61 (Besnault *et al.* 1962) :

Année 1959 : Aucune observation dans la zone de haute fréquence. Quelques reproductions en juin-novembre dans les Hodh Elgharbi sur la frontière mauritano-malienne, au Centre de l'Assaba, l'Ouest du Brakna et le Sud Ouest du Trarza avec un relevé de ponte aux environs de Nouakchott.

Année 1960 : Aucune observation dans la zone de haute fréquence. Quelques bandes larvaires dans le Tagant et l'extrême Sud-Ouest du Trarza

Année 1961 : Aucune observation dans le pays.

9. Carte 5a : principaux biotopes du Criquet pèlerin en Mauritanie et au Sénégal :

La zone de haute fréquence située à l'Ouest de 12°30' de longitude Ouest est classée comme une steppe désertique à végétation dans les interdunes d'un paysage dunaire. La pluviosité annuelle moyenne est comprise entre 150 et 200 mm. Ce dernier niveau a baissé aujourd'hui à moins de 100 mm.

10. Carte 5b : répartition larves et pontes en période de remission en Mauritanie, 1964-87 :

La zone de haute fréquence est située à l'est d'une zone supposée de convergence de vent. La zone de haute fréquence est globalement classée en dessous de l'isohyète 150 mm.

Aucune signalisation n'est reportée en dessous du 17^{ème} parallèle de juillet à septembre. La zone de haute fréquence est assez active entre septembre et octobre.

NB : cette carte de Mauritanie est tronquée à partir du 9^{ème} méridien à l'est ainsi qu'à partir du 23^{ème} parallèle Nord.

11. Carte 5c : répartition des larves et des pontes au cours des invasions en Mauritanie.

Trois bandes larvaires sont enregistrées sur la zone de haute fréquence.

La distribution des reproductions s'étend du 9^{ème} méridien Ouest jusqu'au littoral dans la partie Sud-Ouest jusqu'au Nord-Ouest du Sénégal, puis de façon discontinue tout au long du littoral.

La zone de haute fréquence apparaît donc beaucoup plus active en période de rémission qu'en invasion.

À signaler également le travail d'exploitation des données du SWARM/FAO (1930-1987) de Tratalos (2001) selon une maille géographique d'un degré carré couvrant l'ensemble des pays de l'aire de distribution regroupés suivant les 4 régions acridiennes sur une périodicité mensuelle.

Conclusion partielle :

L'analyse du travail cartographique réalisé par Pedgeley *et al.* (1981), pour ce qui concerne la Mauritanie fait ressortir presque les mêmes tendances majeures de la dynamique saisonnière des populations larvaires qui existent actuellement avec toutefois une faible couverture spatiale des occurrences au cours des deux saisons de novembre-janvier et février-juin. Une grande partie du Nord et du Nord-Est reste sans occurrence durant les périodes étudiées. Aucune précision n'est apportée sur la présence/absence des phases solitaires et *transiens* de même que leurs stades phénologiques, bien que l'on puisse imaginer qu'en période de rémission il s'agit de l'un ou de l'autre. L'absence de ces précisions sur les phases est regrettable vue l'importance de la localisation des sites préférentiels d'apparition des *transiens* pour la conception et l'exécution de la stratégie de lutte préventive.

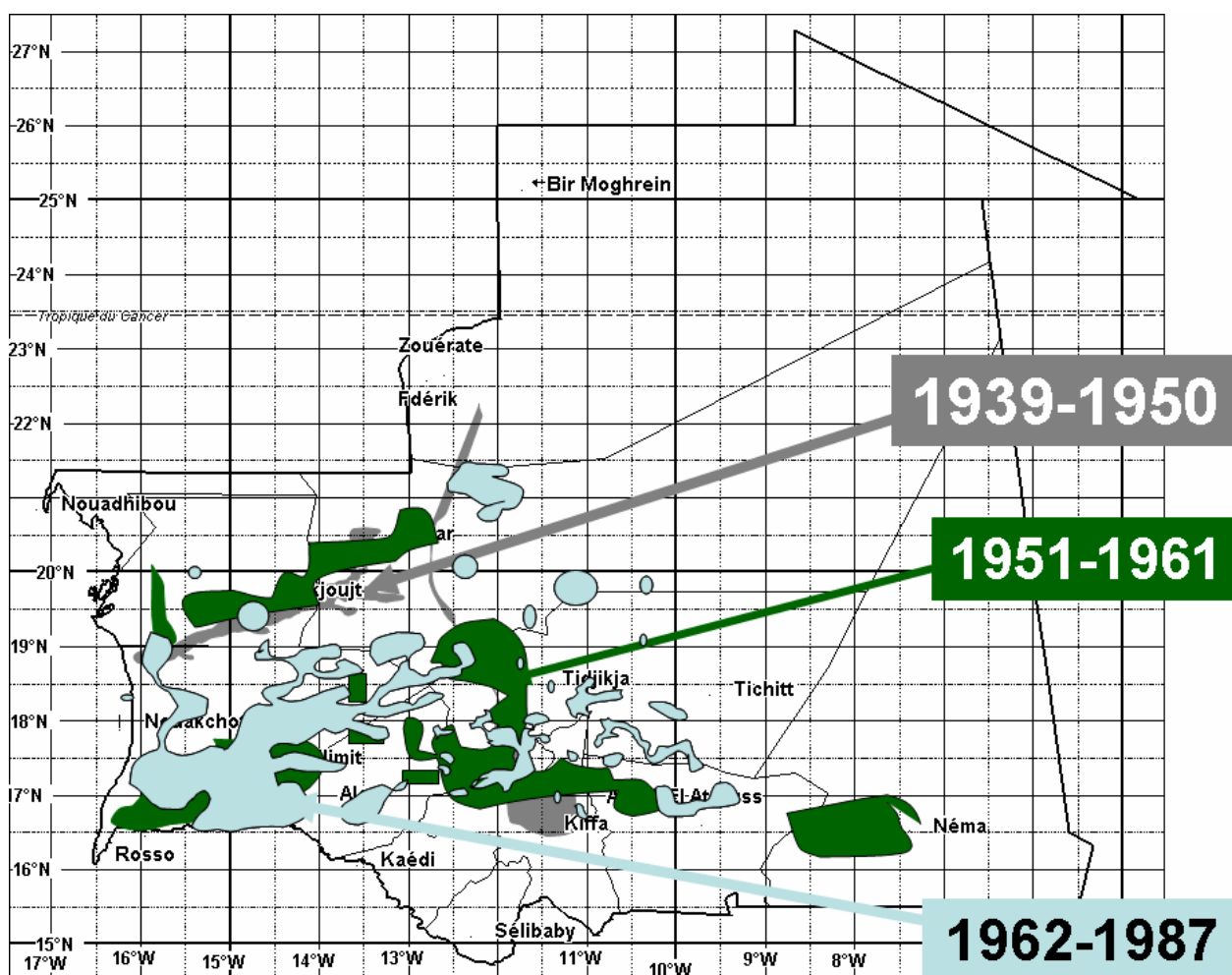


Fig. 7 : Synthèse des prospections réalisées en Mauritanie de 1939 à 1987 (d'après l'Atlas FAO, Popov 1992).

Par contre l'analyse des informations consacrées à la Mauritanie pour la période 1939-87 à partir de l'Atlas Popov (1997) en comparaison avec la période (1987-2006) souligne les aspects suivants (figure 7) :

- Les prospections menées durant ces 48 ans (1939-87) n'ont couvert qu'environ moins d'un quart du territoire mauritanien et moins d'un tiers par rapport à ce qui a été prospecté durant les 20 ans (1987-2006) sur le plan spatial et occurrence.

- Les zones prospectées entre (1939-87) sont en majorité dans le centre-Ouest du pays avec des maillages parfois assez grands non couverts entre les zones prospectées.
- Ces prospections montrent globalement que les zones de haute fréquence en période de rémission ont toujours fonctionné plus ou moins dans le même endroit au Centre du pays (Nord-Ouest du Tagant) et plus ou moins dans la même période (octobre à décembre).
- Par contre en période d'invasion la dynamique spatiotemporelle globale du Criquet pèlerin n'est que partiellement semblable à celle qui est observée durant les 20 dernières années. Ainsi les invasions peuvent venir en juillet de l'Est mais aussi revenir du Nord, comme cela a été observé durant la dernière invasion (2004), pour aller vers le Sud du pays et traverser vers le Sénégal et le Mali. En septembre elles se retrouvent au Sud mais surtout dans sa partie Ouest. Le maintien des populations au Centre en janvier-février n'est pas toujours vérifié. En avril-juin les populations sont localisées au Nord mais elles peuvent aussi descendre au Sud.

Il faut bien admettre que la courte période d'observation du Criquet pèlerin (moins d'un siècle) est insuffisante pour croire tout connaître de sa bioécologie et surtout des multiples variantes de la dynamique spatio-temporelle de ses populations, d'autant que les modifications environnementales sont importantes dans son aire de distribution.

1.1.3. Données acridiennes récentes du CNLA (1988-2007)

Les données de terrain accumulées depuis 1988 par le service anti-acridien mauritanien ont été informatisées sous forme de base de données relationnelle, dans un premier temps avec le logiciel FOXBase puis à partir de 2003 sous MS-ACCESS pour constituer une sous base de la base de données RAMSES élaborée à la demande de la FAO (Ould Babah 2003). Les données acridiennes et mésologiques sont issues des cahiers de messages radio quotidiens que les équipes terrestres et aériennes transmettent depuis 1988.

En fin de campagne 2006-07, la base de données regroupe plus de 51 000 enregistrements propres à la Mauritanie, de plus de 400 descripteurs chacun. Elle constitue la plus grande base des données dans le domaine acridien à l'échelle d'un pays et elle est considérée comme l'une des plus importantes (figure 7). La qualité de ces données a toujours été bien évaluée par le service de l'information de la FAO et le programme EMPRES avec des niveaux de performance dépassant les 88 % (Anonyme (FAO) 1996), suivi des rapports de réunions annuelles des chargés de liaison d'EMPRES. Des données historiques (quelques centaines d'enregistrements), pour l'essentiel, étrangères à la Mauritanie figurent aussi dans cette base de données.

1.1.3.1. Origine et méthode de collecte des données acridiennes (1988-2007)

Les équipes terrestres fournissent la plus grande partie des informations. Des équipes parcourent régulièrement les parties accessibles des zones de reproduction du pays. Ces zones sont prospectées pendant leurs périodes de fonctionnement liées à la pluviosité effective en fonction d'un calendrier saisonnier.

D'une année à l'autre, le nombre d'équipes déployées est variable en fonction des périodes de rémission ou d'invasion. En période de rémission, 4 à 10 équipes, en moyenne, prospectent la zone de reproduction estivale pendant 4 à 6 mois et 2 à 3 équipes explorent la zone de

reproduction hiverno-printanière pendant 2 à 4 mois, tandis qu'en période d'invasion le nombre d'équipe peut atteindre ou dépasser 40.

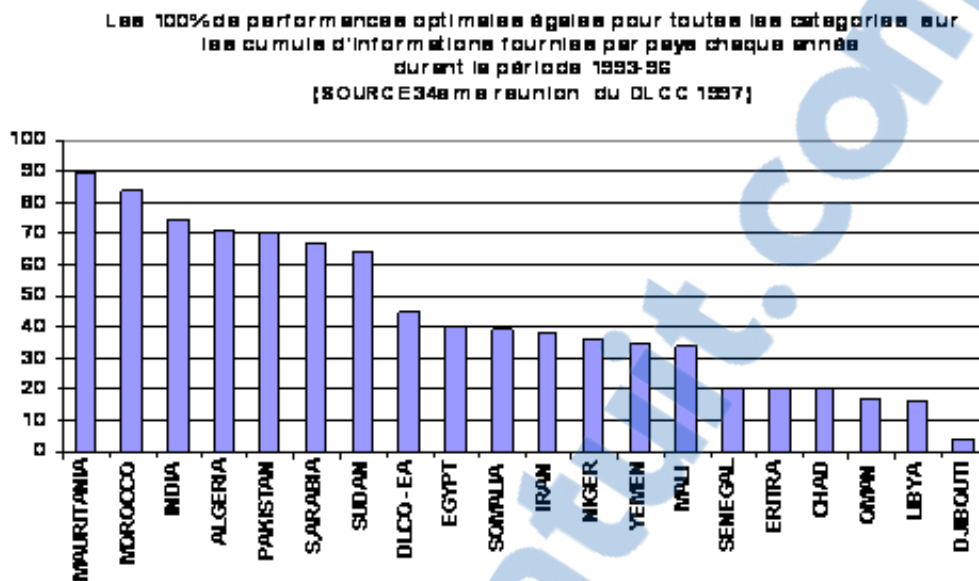


Fig. 8 : Comparaison des performances en matière d'information acridienne entre les pays.

Les éléments de base, nécessaires à l'aide à la décision de la planification du calendrier de la campagne de surveillance et de lutte anti-acridienne et au suivi de la collecte des données sur la dynamique des populations acridiennes dans le pays se résument aux 3 points suivants :

1. **L'évolution des conditions écométéorologiques** : le dispositif de surveillance est déployé en fonction des espaces de la distribution saisonnière des pluies puis progressivement en fonction du développement de la végétation.

La campagne de surveillance estivale commence soit en début juillet soit en début août et dure jusqu'à fin octobre, elle couvre le Sud et le Sud-Est du pays. La campagne hiverno-printanière la relaye de novembre à décembre en couvrant le Centre-Ouest du pays puis de janvier à avril dans le Nord.

2. **L'évolution de l'augmentation du nombre d'équipes** : en fonction de la situation, le CNLA entame les démarches nécessaires pour la mise en place de la campagne. Elle peut être rapide ou lente selon la gravité de la situation qui prévaut, d'une part et de la disponibilité des moyens financiers selon la rapidité et de l'importance de la mobilisation nationale et internationale, d'autre part.

3. **L'évolution de la situation acridienne** : La corrélation entre l'augmentation du dispositif et l'évolution de la situation acridienne, en période de recrudescence-invasion est symétrique, car au fur et à mesure du renforcement des équipes sur le terrain, la couverture des superficies infestées devient plus importante, ce qui accroît la collecte des informations sur le Criquet pèlerin.

D'une manière générale les campagnes de surveillance et de lutte prennent de l'ampleur dans les années de recrudescence et de déclin. En période d'invasion, la campagne dure presque toute l'année car le territoire est alors susceptible de se trouver concerné en permanence par le fléau acridien.

La composition de l'équipe en personnel, en véhicule et en matériel varie en fonction du rayon d'action et du niveau d'activité acridienne (invasion ou rémission) et des difficultés de

progression donc des risques encourus. Une équipe, quelle que soit sa taille, est toujours dirigée par un seul technicien ou ingénieur appelé prospecteur, ou chef-prospecteur. Celui-ci est formé aux différentes techniques de prospection et de lutte anti-acridiennes. Certains prospecteurs ont plus de 30 années d'expérience.

En mission, l'équipe travaille 7 jours sur 7. Elle effectue un déplacement quotidien d'environ 50 à 150 km, en fonction de l'accessibilité du terrain et de la présence ou l'absence de populations acridiennes ou des zones écologiquement favorables. Ces parcours n'incluent pas l'acheminement ou le rapatriement entre le lieu d'intervention et la base logistique.

La durée de séjour d'une même équipe sur le terrain est variable (de quelques semaines à plusieurs mois) en fonction de l'activité acridienne. Les arrêts pour observations sont effectués en fonction de la présence d'acridiens ou de conditions écométéorologiques plus ou moins favorables.

Toutes les observations sont notées par le prospecteur dans son carnet de mission. Le format de base initiale pour la collecte et la transmission de ces observations a été conçu en 1989, sur la base des structures d'informations acridiennes et écologiques contenues dans le Manuel du prospecteur de la CLCPANO/FAO (Fao 1975), de la structure des messages de l'OCLALAV, ainsi que de références bibliographiques scientifiques, des besoins et des contraintes de la description des structures de population et de gestion courante des opérations en lutte anti-acridienne. En 2000, une nouvelle version de la fiche standardisée d'observation a été adoptée pour répondre aux besoins de la base de données RAMSES (Reconnaissance And Management System of the Environnement of *Schistocerca*) et faciliter la transmission des informations par radio BLU (annexe I). Par la suite, cette fiche a été légèrement remaniée pour répondre aux besoins et remarques des prospecteurs comme des utilisateurs (Duranton 2005). Chaque message précise la position de l'équipe, résume l'itinéraire parcouru, les observations acridiennes, écologiques, météorologiques et les activités de lutte menées, toutes les signalisations récoltées pendant la journée, ainsi que les problèmes rencontrés et le programme de la journée suivante.

Les équipes disposent de quelques outils de navigation (boussoles, cartes et GPS), de collecte de données météorologiques (psychromètres, anémomètres, *etc.*) et biologiques (filets de captures, couches, *etc.*).

Les données météorologiques (températures minimales et maximales, hygrométrie, direction et vitesse du vent, humidité et texture du sol) sont relevées trois fois par jour (à 07:00 h, 12:00 h et 18:00 h). La température et l'hygrométrie sont mesurées à 1,50 m de la surface du sol, tandis que l'humidité du sol est évaluée sommairement à l'aide d'un double décimètre à partir de la surface du sol en descendant en profondeur en appréciant l'épaisseur des horizons secs ou humides dans les 30 à 50 cm supérieurs. La nature du sol est notée. La vitesse et la force du vent sont mesurées par des anémomètres DWYER en mètres par seconde, la direction (la provenance) est évaluée à la boussole. Les pluies sont estimées sur la base d'un indice de quatre classes (traces, faible, moyenne, bonne ou forte).

La végétation est évaluée en pourcentage de verdure, de couverture et le développement est décrit suivant deux échelles de 5 classes chacune. Les espèces annuelles et pérennes sont notées par ordre de dominance décroissant. Un nombre minimal de trois espèces par catégorie est trop souvent cité par le seul nom de genre, parfois par le nom d'espèce, en fonction des connaissances du prospecteur.

Les informations acridiennes sont récoltées de façon détaillées sur leur apparence phasaire, leur stade, leur comportement, leur développement sexuel et leur densité, ainsi que la superficie occupée ou infestée. Les évaluations de densité sont réalisées avec les méthodes

courantes en fonction du niveau des populations : transect, densité moyenne intermédiaire ou quadrats. Les codes conventionnels de la FAO sont utilisés.

Des signalisations issues d'autres sources : les voyageurs, les nomades, les transporteurs, les touristes sont également collectées et éventuellement vérifiées par les équipes et transmises au niveau central.

Les traitements pesticides effectués sont notés avec précision : localisation (coordonnées géographiques du bloc), qualité et quantité des produits utilisés, nature des cibles et superficies traitées, protocole d'application, degré d'efficacité ou pourcentage de mortalité, le temps passé avant l'apparition de la mortalité.

Un message résumé de toutes ces observations est ensuite rédigé en fin de journée et transmis par radio le lendemain au niveau central de l'unité acridienne. En cas d'urgence opérationnelle, le message peut être transmis immédiatement. Trois à six rendez-vous d'écoute par jour, en fonction des périodes d'activité acridienne, sont fixés entre les équipes et le niveau central. La durée de transmission d'un message varie entre 5 à 15 minutes, en fonction de l'activité acridienne, de la position par rapport au lieu de réception, ainsi que des conditions météorologiques (vent de sable, chaleur, etc).

Des informations parviennent aussi au Centre en provenance d'autres structures régionales du Ministère, ou en dehors de celui-ci (l'Administration territoriale, l'Armée, etc.). Elles sont également validées, traitées et archivées.

Les messages radio reçus sont consignés dans le « Carnet Radio ». Les carnets sont soigneusement conservés et les données archivées dans la base Ramses (Base de données relationnelles **chrono- et géo-référencées**).

Les messages sont traités et analysés immédiatement par le Centre et les actions nécessaires sont prises en fonction de leur degré d'urgence et de risque. Chaque donnée a un identifiant unique et attribuée à un point géographique avec la précision de coordonnées GPS (latitude et longitude) pour une date précise.

Ce format de collecte des données a été adopté depuis 2000 par l'ensemble des pays de la région occidentale sous forme de fiche appelée « fiche de la région Occidentale » (annexe I). Cette fiche a ensuite été simplifiée, puis informatisée dans un micro-ordinateur de terrain appelé « E-locust » et transmise via Radio HF. Enfin depuis 2005, dans une version n°2 d'E-locust sur lequel cette fiche peut être remplie et envoyée par l'équipe en utilisant, cette fois-ci le satellite via un système d'antenne connexe appelé Wayscor. La transmission parvient à un ordinateur central à travers l'Internet soit sous forme de courriel ou directement sous un format accepté directement par la base de données RAMSES. Ce système peut aussi être couplé à Google Earth. Ce qui permet de visualiser l'itinéraire suivi par chaque équipe à travers les positions géo-référencées d'où elles envoient les messages et celles dans lesquelles elles ont fait des enregistrements, des "arrêts" pour observations, etc.

L'analyse en temps réel de ces données conduit à produire des bulletins de synthèse rédigés en français et en anglais et parfois en arabe par l'unité centrale et rediffusés électroniquement en fonction de la période d'activité acridienne, sur un pas de temps journalier, hebdomadaire ou décadaire, au niveau national, régional et international et aussi mis sur le site internet du CNLA (www.claa.mr).

La qualité et la régularité de la diffusion de ces informations a été en progression permanente jusqu'en 2006. Il est à noter que les anciennes données sont moins bien structurées et organisées que les plus récentes. La quantité des détails des archives est

également en nette progression durant la dernière décennie. La gestion et l'analyse de ces données s'est beaucoup améliorée après la mise en œuvre, par la FAO, de la base RAMSES et l'élaboration et la diffusion de la fiche standard de surveillance et de lutte. Parallèlement la pression d'échantillonnage a fluctué et fluctue encore en fonction de la gravité de la situation acridienne, des périodes de rémission étant sous échantillonnées par rapport aux périodes de recrudescence, d'invasion ou de déclin.

1.1.3.2. Caractéristiques, structure et reconditionnement des données

1.1.3.2.1. La base RAMSES originelle

Les types et quantités des données de la base du CNLA sont issus des différentes sources suivantes :

1. **Période 1965-1968.** Une faible partie mais significative car c'est une période d'invasion importante, provient de l'archive du NRI ex-ALRC, du COPR et de L'OCLALAV. Ces données originales de plus de 2000 enregistrements au total (seuls 300 enregistrements sont situés en Mauritanie), sont disponibles dans le logiciel Ramses qui est une base de données FAO conçue par le NRI sous MS-ACCESS et ArcView. Tratalos (2001) signale qu'elles sont introduites par le NRI mais en cite un nombre différent qu'il détaille comme suit :
 - **1032 enregistrements** pour toute la région occidentale digitalisés par Adrian Porter (Université de Greenwich) à partir des cartes produites par le NRI en utilisant les rapports sur papier originaux,
 - **1036 enregistrements** de la région de l'Est Africain, introduites directement depuis le SIG par son auteur Nicolas Buss (originellement du NRI)
 - **2518 enregistrements**, en région centrale Nord et Sud introduites par l'auteur et vérifié par Judith Pender.
 - **521 enregistrements** (52 pages) qui devaient être traduite de l'Arabe original.
2. **Période 1969-1987** n'est malheureusement pas renseignée dans la base par manque de données, à l'exception de quelques fragments dans les carnets des messages des équipes récupérés à la base d'Aïoun (ex-OCLALAV). Ces données sont dans les archives de l'OCLALAV à Dakar mais encore inaccessibles pour le pays malgré plusieurs lettres de réclamation envoyées à cette organisation interafricaine.
3. **Période 1988-2007.** Les données acridiennes disponibles pour la période 1988-2007 ont été collectées en majorité par des équipes terrestres ou aériennes de surveillance. Elles sont détaillées comme suit :
 - Un total de 18 429 enregistrements de 253 descripteurs chacun, couvrant la période 1988- 1999. La saisie et l'informatisation de ces données a été initiée en janvier 1999, sous forme d'une base de données DBaseIV / intitulée Locdat en collaboration avec le Projet GTZ de lutte biologique et l'Université de Bâle (Suisse). Les écrans de saisie ont été établis en fonction du contenu type du message quotidien des équipes. La saisie des données a été effectuée par des agents de l'unité de l'information acridienne pendant une durée de deux ans (en discontinu). Le traitement de ces données a fait l'objet d'une analyse préliminaire (Ould Babah 2003).
 - Le complément couvrant la période 1999-2006 a été progressivement saisi au jour le jour dans le logiciel à l'exception de l'année 2000 qui a été accidentellement perdue ; plus de 30 000 enregistrements Ramses, le nombre de descripteurs est alors passé à près de 420 par enregistrement.

Au total, 53 440 enregistrements sont disponibles pour la période 1965-2007 mais des données encore non-accessibles existent pour la période 1969-1987, couvrant essentiellement une situation de rémission, une recrudescence en 1974 (Skaf 1978) ainsi qu'une autre (1986-87). Il convient également de souligner que 2003 correspond à une rupture dans la pression d'échantillonnage puisque près de 25 000 enregistrements ont été effectués entre 2003 et 2007 soit plus de 50 % des données disponibles.

La base RAMSES (figure 9), actuellement exploitée par le CNLA mauritanien, est issue d'une évolution progressive. Il s'agit de la version 3 du progiciel qui associe une base MS-ACCESS avec un SIG (ArcView 3.2) afin d'accéder, de façon simple, à des sorties cartographiques standardisées d'événements acridiens.

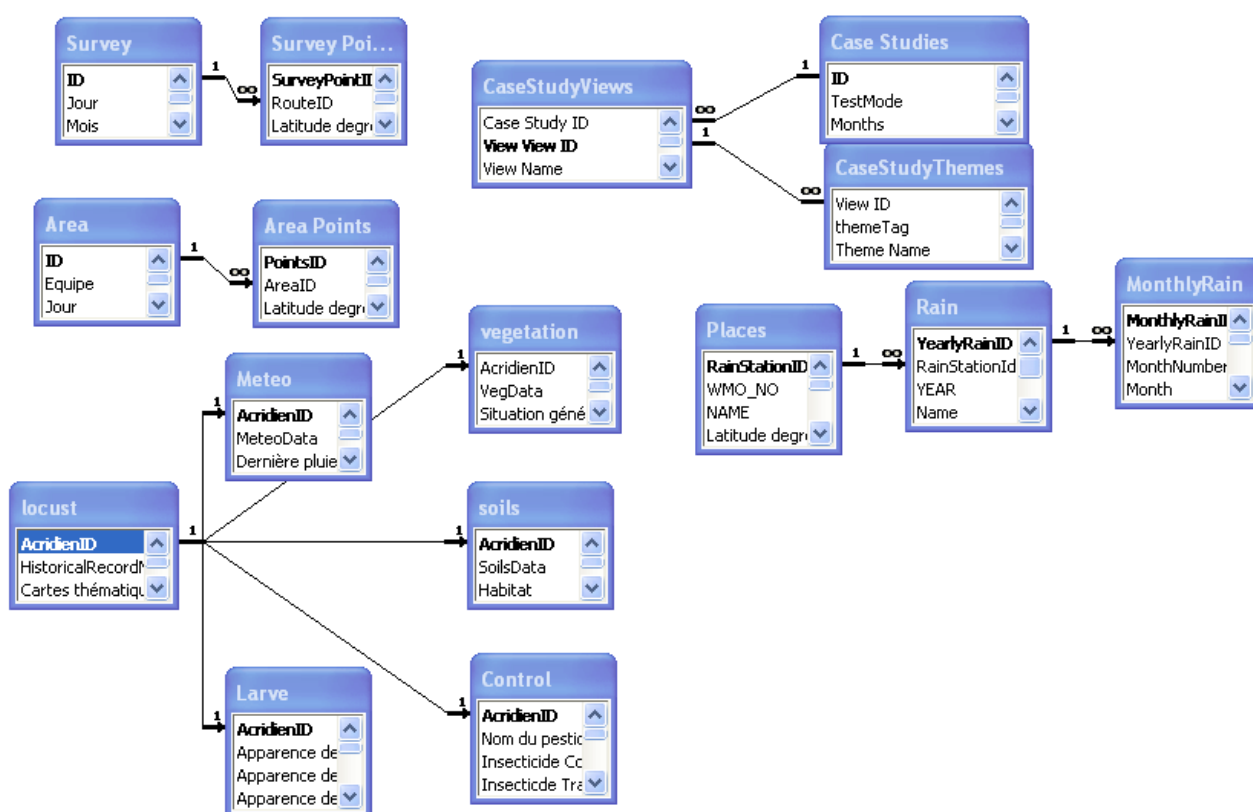


Fig. 9 : Structure relationnelle de la base RAMSES v3.

La structure chronologique des données est précisée dans le tableau I où l'occurrence des états phénologiques et phasaires est indiquée pour chaque année disponible. Pour 339 relevés (sur les 51 014) les références sont incomplètes, ce qui rend ces relevés inexploitable.

Tab. I : Chrono-structure globale des données acridiennes : occurrence des états phénologiques et phasaires.

Année	Enregistrements				Phénologie		Phase		
	Total	-99*	0**	1***	Larves	Ailés	Sol.	Trans.	Greg.
1965	27			27	14	13	27		
1966	67			67	19	48	62	5	
1967	131		22	109	14	95	108	1	
1968	150			150	15	135	93	11	46
1988	1 160	25	57	1 078	489	799	2		1 076
1989	496	3	347	146	28	120	9	1	136
1990	678	1	675	2	1	1	1	1	
1991	356	3	347	6	6	2	6		
1992	353	12	309	32	27	8	19	15	
1993	1 286	7	470	809	372	592	6	11	793
1994	3 514	37	2 409	1 068	415	820	22	63	1 042
1995	4 186	108	1 800	2 278	1 305	1 103	10	47	2 233
1996	2 162	69	1 518	575	326	256	87	3	486
1997	988	1	954	33	11	22	7	25	1
1998	833	5	809	19	17	3	12	7	
1999	2 232	14	1 922	296	252	104	38	246	20
2000	466		371	95	25	88	70	26	3
2002	26		7	19	9	15	7	14	4
2003	2 129	6	636	1 487	819	1 275	1 411	1 086	243
2004	9 069	39	3 511	5 519	2 198	4 777	1 482	1 546	4 550
2005	12 506	1	11 098	1 407	534	1 261	1 377	157	16
2006	5 906	7	3 370	2 529	624	2 279	2 473	158	2
2007	2 293	1	1 830	462	75	441	462		
	51 014	339	32 462	18 213	7 595	14 257	7 791	3 423	10 651

* -99 : références incomplètes.

** 0 : relevé sans présence acridienne.

*** 1 : relevé où le criquet est présent.

1.1.3.2.2. La table complémentaire : descripteurs synthétiques

À ce stade, il est apparu nécessaire de créer une table complémentaire permettant de structurer plus facilement les données pour en extraire des informations synthétiques et en assurer la cohérence globale. Les champs (descripteurs) ont été créés pour prendre en compte la stratification des analyses envisagées (tableau VI) en fonction du chronoréférencement, du géoréférencement et des caractéristiques fondamentales des populations acridiennes.

En premier lieu le chronoréférencement fondé sur l'année civile (janvier à décembre) est complété par un chronoréférencement reposant sur "l'année acridienne" communément appelée "campagne" qui est callée sur la climatologie : elle est réputée commencer en juillet pour se terminer en juin de l'année suivante.

Pour le contexte technico-administratif, trois périodes ont été retenues sur la base des campagnes acridiennes :

- 1965-68 (période A) : période OCLALAV,
- 1988-2002 (période B): période transitoire de mise en place d'un service anti-acridien mauritanien,
- 2003-07 (période C): période liée à la dernière recrudescence, à la mise en œuvre du CNLA qui a pu ajuster les moyens à la situation et mobiliser un nombre d'équipes adéquat.

Tab. II : Distribution des enregistrements en fonction des contextes technico-administratifs.

Période	Occurrences absolues	Occurrences relatives en %
Période A : 1965-1968	375	0,8
Période B : 1988-2002	18 736	36,7
Période C : 2003-2007	31 903	62,5
Total	51 014	100

La situation acridienne dominante (Sitacrid) est également prise en compte. Cinq types de situation acridienne ont été retenus sur une base de temps trimestrielle qui correspond à la durée approximative d'une génération acridienne :

- R_0 : situation de "Rémission" sans aucune intervention de traitement au cours de la période,
- R_1 : situation de "Rémission" nécessitant quelques interventions de traitement, surface inférieure à 10 000ha par campagne,
- S : situation de "Résurgence" les surfaces à traiter dépassent, 10 000 ha, population majoritairement solitaire et *transiens*,
- C : situation de "Recrudescence/Invasion" : les surfaces à traiter sont considérables, les populations sont majoritairement *transiens* et grégaires,
- D : situation de "Déclin", effectifs et densités déclinent ; les populations sont très hétérogènes.

Tab. III : Distribution des enregistrements en fonction de la situation acridienne globale pour un pas de temps trimestriel.

Situation acridienne	Relevés		Incomplet -99	Absent 0	Présent	
	Occurrences	%			Occurrences	%
R_0	13 001	25,5	17	10 042	2 942	16,2
R_1	4 738	9,3	17	2 872	1 849	10,2
S	1 191	2,3	11	759	421	2,3
C	20 724	40,6	222	8 398	12 104	66,5
D	11 360	22,3	72	10 391	897	4,9
Total	51 014	100	339	32 462	18 213	100

Un descripteur a été construit pour connaître l'état phasaire de chaque population :

- S : solitaire,
- T : *transiens*,
- G : grégaire.

Un autre descripteur pour connaître le stade phénologique présent :

- L : larve,
- A : imago (aîlés) sont identifiés puis regroupés en 6 groupes élémentaires :
 - ▣ larves solitaires,
 - ▣ imago solitaires,
 - ▣ larves *transiens*,
 - ▣ imagos *transiens*,
 - ▣ larves grégaires,
 - ▣ imagos grégaires.

Un bilan de la présence des différentes catégories acridienne en fonction des situations acridiennes globales fait l'objet du tableau IV ; ce bilan est illustré par la figure 10.

Tab. IV : Distribution des stades phénologiques et des états phasaires en fonction de la situation acridienne globale.

Situation acridienne	Total Relevés	Larves			Ailés			Solitaires			Transiens			Grégaires		
		0*	1**	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%	0	1	%
R_0	13 001	12 167	834	11	10 326	2 675	18,8	10 128	2 873	36,9	12 747	254	7,4	12 996	5	0,0
R_1	4 738	3 999	739	9,7	3 293	1 445	10,1	3 222	1 516	19,5	4 355	383	11,2	4 713	25	0,0
S	1 191	1 120	71	0,9	825	366	2,6	785	406	5,2	1 174	17	0,5	1 191		0,0
C	20 724	15 146	5 578	73,4	11 488	9 236	64,8	17 982	2 742	35,2	17 961	2 763	80,7	10 741	9 983	93,7
D	11 360	10 987	373	4,9	10 825	535	3,8	11 106	254	3,3	11 354	6	0,2	10 722	638	6,0
	51 014	43 419	7 595	100	36 757	14 257	100	43 223	7 791	100	47 591	3 423	100	40 363	10 651	100
			51 014			51 014			51 014			51 014			51 014	

* 0 : relevés sans la catégorie de criquet

** 1 : relevés où la catégorie de criquet est présente

Structure des populations selon la situation acridienne globale

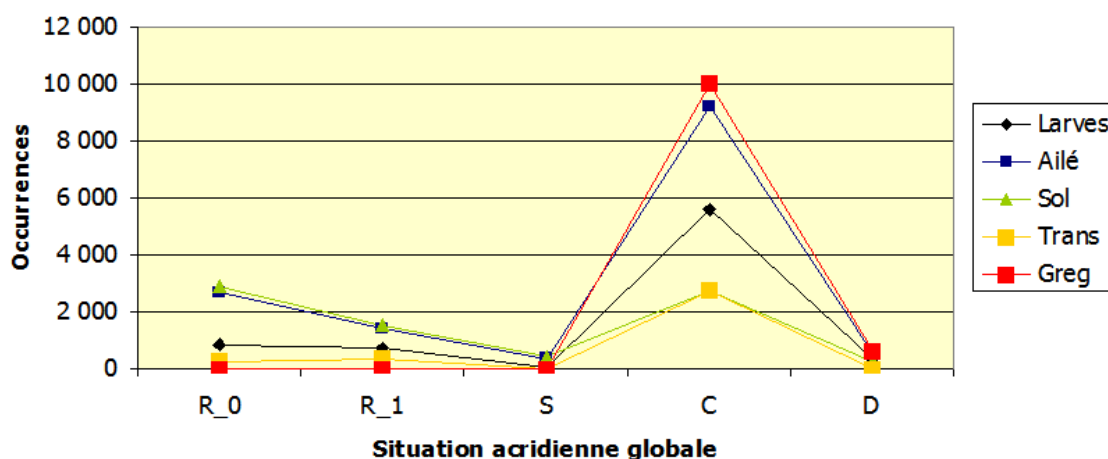


Fig. 10 : Composition des populations en fonction de la situation acridienne globale.

La figure 10 montre une dynamique des phases bien cohérente dans la logique de transformation phasaire. Ainsi, en **période de rémission** (R_0 et R_1), les populations solitaires sont plus importantes que celles de toutes les autres phases. Leurs nombres baissent proportionnellement, plus on avance vers les premières pullulations (R_1), résurgences (S) au profit des *transiens* qui deviennent progressivement aussi importants et atteignent leurs niveaux maximum en périodes de recrudescence/invasion. Ce qui s'explique par la transformation phasaire des solitaires vers les grégaires suivant cette dynamique. En **période de recrudescence et d'invasion**, ce sont les grégaires qui reprennent la place et occupent la majorité absolue suivant un coefficient de 4/5 par rapport aux autres phases. En **période de déclin**, le niveau de l'ensemble des phases baisse, relativement, suivant la même intensité.

Dans toutes les phases et les périodes, le nombre d'ailés observés reste plus important que celui des larves sauf en période de résurgence (S) où les nombres se rapprochent probablement à cause des regroupements de transformation phasaire.

La figure 11 confirme la dynamique observée dans le précédent graphique. En période de rémission absolue (R_0), le pourcentage de solitaires atteint son maximum avec très peu de *transiens* et globalement beaucoup d'ailés et peu de larves. En période de rémission à un début de pullulation, le pourcentage des solitaires baisse en faveur des *transiens* et des grégaires. En **période de résurgence**, la situation se complique car le pourcentage de solitaires réaugmente

et laisse très peu de place aux *transiens*. L'inverse aurait été plus logique. Ce qui souligne que cette période est peut-être mal décrite par les données disponibles. Le pourcentage de la phase grégaire monte en **période de recrudescence**, en se maintenant parallèlement à des présences de pourcentages de *transiens* et de solitaires presque équivalentes. En **période de déclin**, le pourcentage de grégaires augmente avec un certain niveau de solitaires alors que les *transiens* disparaissent complètement. Ce qui est tout à fait logique ; car les périodes de déclin arrivent après le pic de grégarisation qui absorbe les phases intermédiaires que sont les *transiens*. En effet comme le déclin arrive aussitôt après, ils n'ont plus ni le temps ni les conditions écologiques pour se reconstituer et, par conséquent, disparaissent d'autant plus rapidement que la lutte peut être intense à ces périodes.

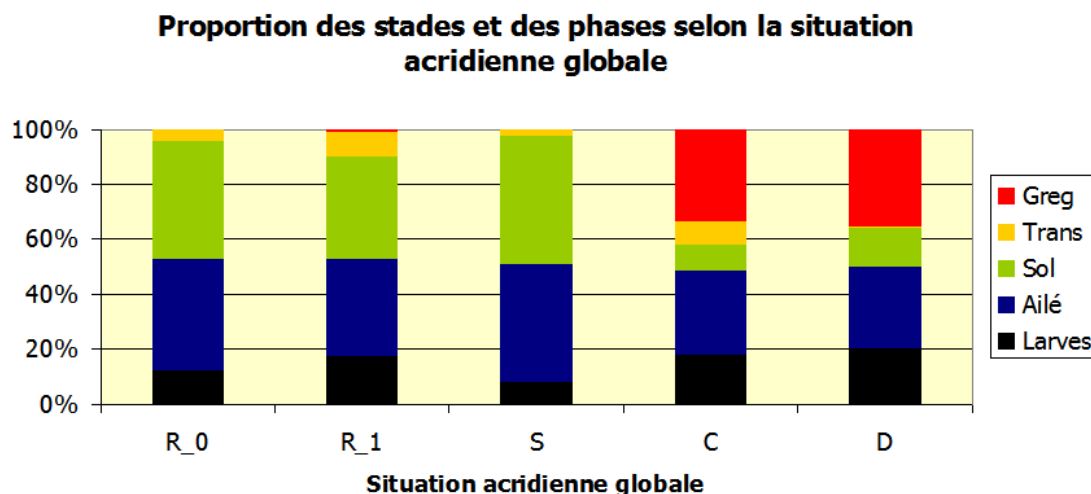


Fig. 11 : Compositions relatives des populations en fonction de la situation acridienne globale.

Il est bien évident que de nombreuses situations acridiennes stationnelles sont complexes. Ce qui conduit à créer une variable Pheno-Phase qui reflète la composition de la population acridienne de chaque enregistrement, 21 cas sont possibles (tableau V) auxquels il faut adjoindre l'absence d'acridien (00_000) ou l'indétermination (-99 : données incomplètes).

Tab. V : Différentes compositions phasaires et phénologiques des populations acridiennes.

	_000	sol (S00)	sol+tran (ST)	sol+gré (SG)	tran (T)	sol+tr+gré (STG)	tr+gré (TG)	gré (G)
00_	00_000	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99
lar (L0)	-99	L0_S00	L0_ST0	L0_S0G	L0_0T0	L0_STG	L0_0TG	L0_00G
ail (0A)	-99	0A_S00	0A_ST0	0A_S0G	0A_0T0	0A_STG	0A_0TG	0A_00G
lar-ail (LA)	-99	LA_S00	LA_ST0	LA_S0G	LA_0T0	LA_STG	LA_0TG	LA_00G

La structure finale de la table complémentaire ainsi créée est détaillée dans le tableau VI.

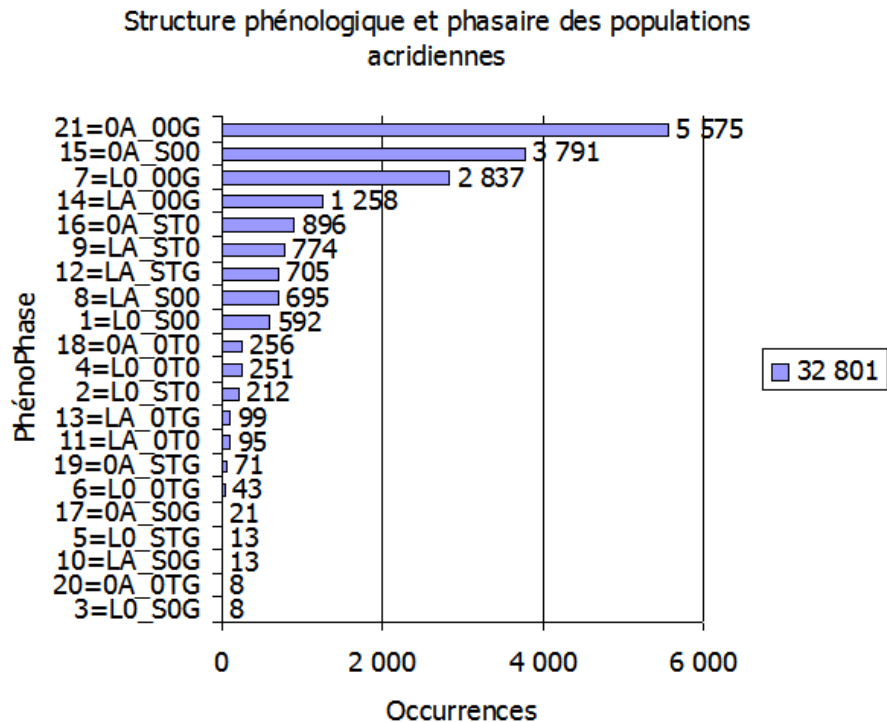


Fig. 12 : Abondance des 21 catégories de populations acridiennes en fonction des stades phénologiques et des états phasaires en présence.

Tab. VI : Champs de la table MS-ACCESS complémentaire utilisant des descripteurs synthétiques.

Champ	Descriptif
AcridienID	Identifiant
Jour	
Mois_Num	1 à 12
An	Année civile
Decade36	Décade
Trimestre	
Campagne	Trm_3, Trm_4, Trm_1, Trm_2, : année acridienne.
Sitacrid	Rémission sans traitement (R_0), Rémission avec traitement (R_1), Résurgence (S), Recrudescence/invasion (C), pour chaque trimestre.
Ctx_Admin	Contexte de la collecte de donnée A (1965-8), B (1988-2002), C (2003-2007), sur la base des campagnes acridiennes
Latitude	en degrés décimaux
Longitude	en degrés décimaux
Quart_Dg	Quart de degré carré géographique carré
Pb	Eventuels problèmes rencontrés lors de la création de la nouvelle table
Surf_prospect	en hectares
Surf_infest	en hectares
Lutte	P/A d'intervention de lutte au moment des observations
SGR_PA	Criquet pèlerin : présence ou absence
L_S	P/A larves solitaires/population plus ou moins diffuse
L_T	P/A larves transiens /population plus ou moins diffuse
L_G	P/A larves grégaire /population plus ou moins diffuse
L_dmoy	densité moyenne de larve (population ±diffuses)
Bd_PA	bande larvaire : présence ou absence
Bd_dmoy	bande larvaire : densité moyenne par m ²

Champ	Descriptif
Bd_Tmoy	bande larvaire : taille moyenne en ha
A_S	P/A ailés solitaires /population plus ou moins diffuse
A_T	P/A ailés transiens /population plus ou moins diffuse
A_G	P/A ailés grégaires /population plus ou moins diffuse
A_dmoy	Densité moyenne d'ailés en ha (populations \pm diffuses)
Ess_PA	Essaims : présence ou absence
Ess_dmoy	Essaims : densité moyenne par m ²
Ess_Tmoy	Essaims : taille moyenne en hectares
Larve	Présence de Larves : L
Aile	Présence d'ailés : A
Sol	Présence de Solitaires : S
Tran	Présence de <i>transiens</i> : T
Greg	Présence de grégaires : G
PhenoPhase	Situation globale, phénologique et phasaire : 22 possibilités
Nat_Pop	pm, autre évaluation de Phénophase
LS_Num	P/A larves solitaires
AS_Num	P/A ailés solitaires
LT_Num	P/A larves transiens
AT_Num	P/A ailés transiens
LG_Num	P/A larves grégaire
AG_Num	P/A ailés grégaires

1.1.3.2.3. Caractéristiques générales des données

Dès lors la structure des données peut être précisée en utilisant certains descripteurs nouveaux.

La **chrono-distribution des prospections par campagne** fait l'objet du tableau VII.

Tab. VII : Présence acridienne selon les campagnes.

Campagne	Nb Relevés	Incomplets	Absents	Présents	% / camp	% des présences
1965-1966	94			94	100,0	0,5
1967-1968	189		22	167	88,4	0,9
1968-1969	92			92	100,0	0,5
1987-1988	331	24	26	281	84,9	1,5
1988-1989	1 030	4	98	928	90,1	5,1
1989-1990	295		280	15	5,1	0,1
1990-1991	678	1	675	2	0,3	0,0
1991-1992	418	4	403	11	2,6	0,1
1992-1993	291	11	253	27	9,3	0,1
1993-1994	1 938	14	677	1247	64,3	6,8
1994-1995	5 005	130	2 824	2051	41,0	11,3
1995-1996	2 678	18	1 739	921	34,4	5,1
1996-1997	2 030	59	1 435	536	26,4	2,9
1997-1998	648	1	635	12	1,9	0,1
1998-1999	788	5	768	15	1,9	0,1
1999-2000	2 580	14	2 175	391	15,2	2,1
2001-2002	16		3	13	81,3	0,1
2002-2003	10		4	6	60,0	0,0

Campagne	Nb Relevés	Incomplets	Absents	Présents	% / camp	% des présences
2003-2004	4 945	30	1 225	3 690	74,6	20,3
2004-2005	10 863	15	7 503	3 345	30,8	18,4
2005-2006	10 312	2	8 263	2 047	19,9	11,2
2006-2007	4 236	7	2 219	2 010	47,5	11,0
2007-2008	1 547		1 235	312	20,2	1,7
Total	51 014	339	32 462	18 213	35,7 %	100 %

La figure 13 met l'accent sur la proportion de relevés où le Criquet pèlerin est présent.

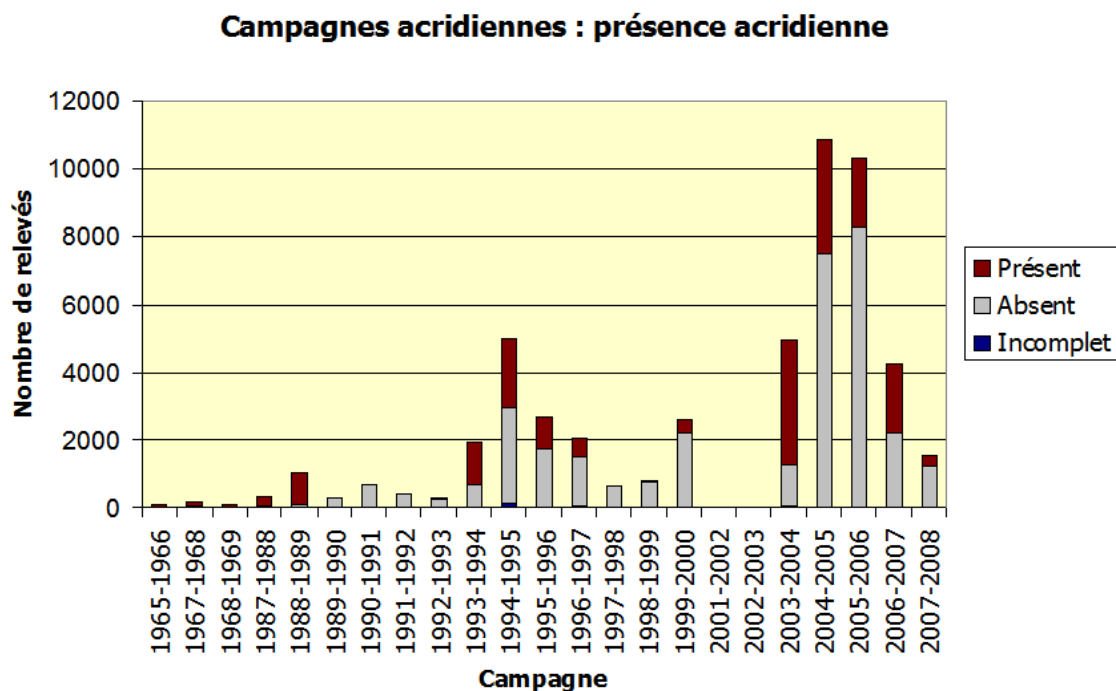


Fig. 13 : Présence/absence acridienne dans les relevés, en fonction des campagnes.

Ce graphique reflète l'évolution de la situation de la prise en charge de la surveillance et la lutte anti-acridienne. Ainsi on voit qu'en 1987-1988, les efforts possibles étaient concentrés sur la lutte puisque tous les relevés sont effectués là où le criquet est présent. Ensuite, au fil des ans les efforts ont été progressivement mis sur la prospection avec la mise en place régulière et l'augmentation du nombre d'équipes parallèlement à la lutte soit la confirmation d'une surveillance évolutive.

La **chrono-distribution mensuelle des prospections** fait l'objet du tableau VIII en dresse le bilan en fonction des contextes technico-administratifs.

La figure 14 souligne que les efforts mensuels ou saisonniers de prospection sont similaires pour les trois contextes technico-administratifs mais l'intensité des prospections s'accroît progressivement au fil des ans. Le pic des occurrences mensuelles se situe en octobre sur deux des trois périodes, le dernier quadrimestre de l'année concentre toujours les efforts de prospection.

Tab. VIII : Présence/absence acridienne mensuelle, en fonction des contextes technico-administratifs.

Mois_Num	SGR_PA	Total		Avant 1987-88]		[1987-88 à 2002-3]		Après 2002-03	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Total partiel	-99	339	100,0	0	0,00	285	100,0	54	100,0
01-janv	Abs	3 316	10,2		0,00	1 031	8,6	2 285	11,2
02-fev	Abs	1 963	6,0		0,00	392	3,3	1 571	7,7
03-mars	Abs	1 738	5,4		0,00	350	2,9	1 388	6,8
04-avr	Abs	1 180	3,6		0,00	283	2,4	897	4,4
05-mai	Abs	1 162	3,6		0,00	296	2,5	866	4,2
06-juin	Abs	820	2,5		0,00	316	2,6	504	2,5
07-juil	Abs	1 971	6,1		0,00	1 025	8,5	946	4,6
08-aout	Abs	4 299	13,2		0,00	1 106	9,2	3 193	15,6
09-sept	Abs	4 454	13,7	1	4,5	2 053	17,1	2 400	11,7
10-oct	Abs	4 090	12,6	12	54,5	2 033	16,9	2 045	10,0
11-nov	Abs	3 546	10,9	3	13,6	1 532	12,8	2 011	9,8
12-dec	Abs	3 923	12,1	6	27,3	1 578	13,2	2 339	11,4
Total partiel	Abs	32 462	100,0	22	100,0	11 995	100,0	20 445	100,0
01-janv	Prés	1 397	7,7	39	11,0	584	9,0	774	6,8
02-fev	Prés	1 337	7,3	40	11,3	560	8,7	737	6,5
03-mars	Prés	1 347	7,4	17	4,8	645	10,0	685	6,0
04-avr	Prés	983	5,4	15	4,2	472	7,3	496	4,3
05-mai	Prés	338	1,9	13	3,7	106	1,6	219	1,9
06-juin	Prés	251	1,4	1	0,3	110	1,7	140	1,2
07-juil	Prés	436	2,4	44	12,5	175	2,7	217	1,9
08-aout	Prés	1 030	5,7	10	2,8	279	4,3	741	6,5
09-sept	Prés	2 471	13,6	6	1,7	591	9,2	1 874	16,4
10-oct	Prés	3 467	19,0	93	26,3	1 250	19,4	2 124	18,6
11-nov	Prés	3 289	18,1	27	7,6	1 110	17,2	2 152	18,9
12-dec	Prés	1 867	10,3	48	13,6	574	8,9	1 245	10,9
Total partiel	Prés	18 213	100,0	353	100,0	6 456	100,0	11 404	100,0
Total		51 014		375		18 736		31 903	

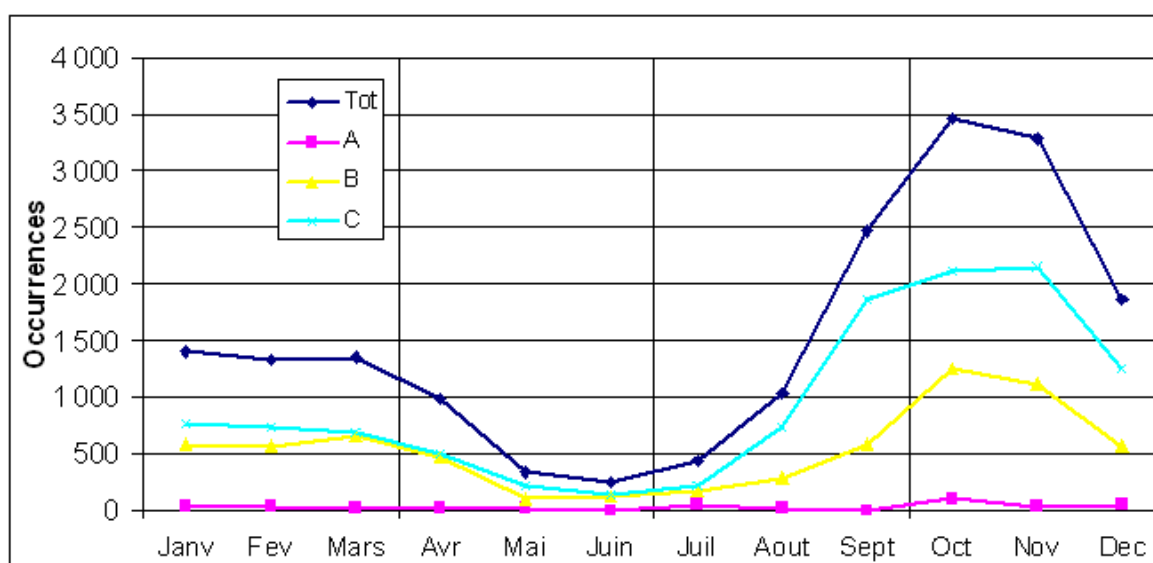


Fig. 14 : Distribution mensuelle des relevés en fonction des contextes technico-administratifs.
(A : avant 1987-8, B : entre [1987-8 et 2002-3], C : après 2002-3).

La géo-distribution des 51 014 enregistrements. La figure 15 montre la répartition spatiale des 51 014 enregistrements en fonction des 425 degrés carrés où s'inscrit la Mauritanie, 324 degré carré ont fait l'objet d'au moins 1 relevé. Le nombre maximal est de 1 105 relevés dans le même degré carré. Certains degrés carrés périphériques ne comportent qu'une infime surface en territoire mauritanien et de ce fait n'ont pas fait l'objet de prospection. Dans d'autres degrés carrés frontaliers la fréquence des signalisations est affectée par la surface plus ou moins limitée en territoire mauritanien.

La zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) de reproduction identifiée, comme telle, durant la période 1988-1999 s'est confirmée être celle de plus haute fréquence de prospection (1 105 relevés). Elle s'élargit sur une demi-douzaine de quarts de degré carré riverains avec des fréquences moyennes à très haute fréquence. Le tout se juxtapose avec une demi-douzaine de quarts de degré carré de basse fréquence situés dans la partie Nord et Nord-Ouest constituant, ainsi un bloc qui fera l'objet d'une attention particulière.

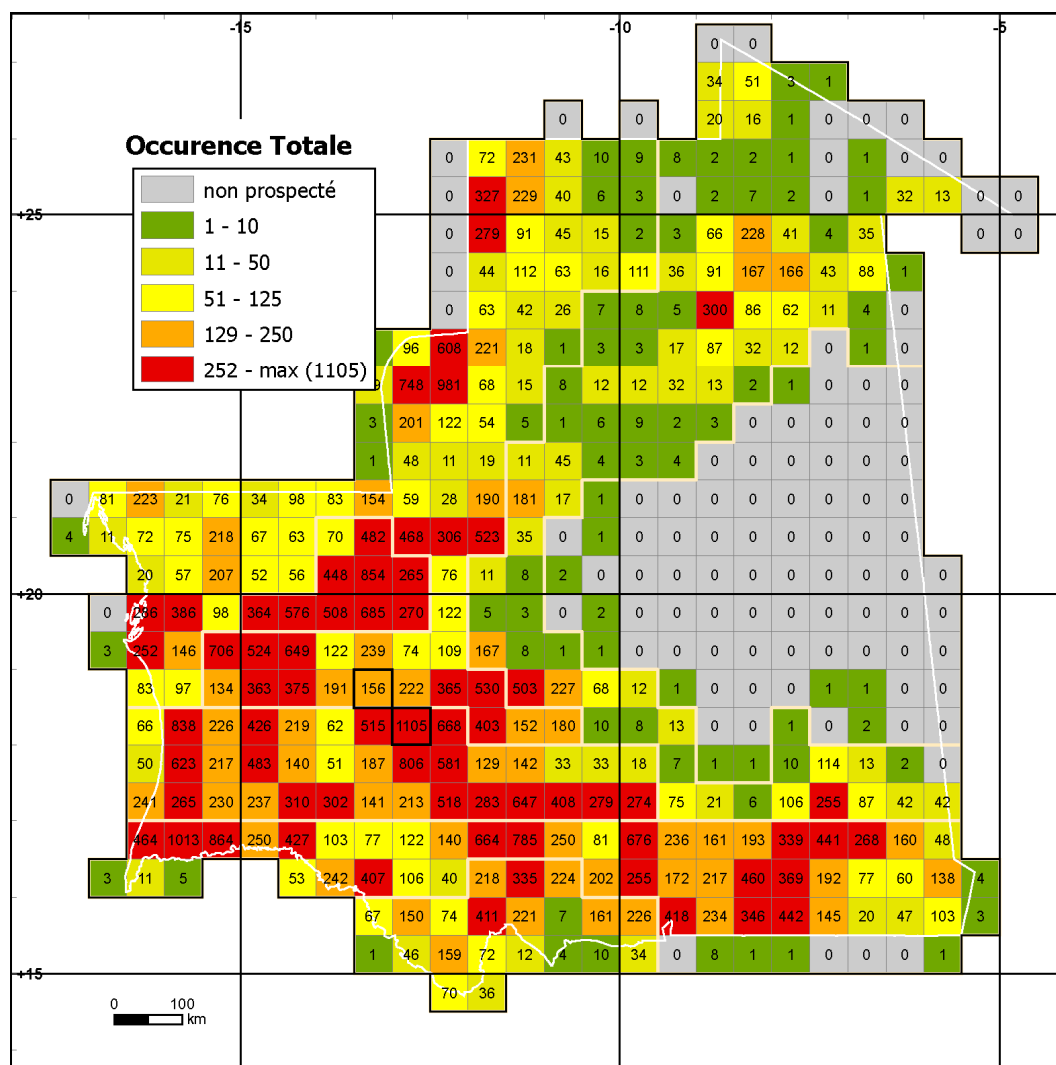


Fig. 15 : Carte de distribution géographique des enregistrements disponibles.
La zone de haute fréquence est signalée en noir.

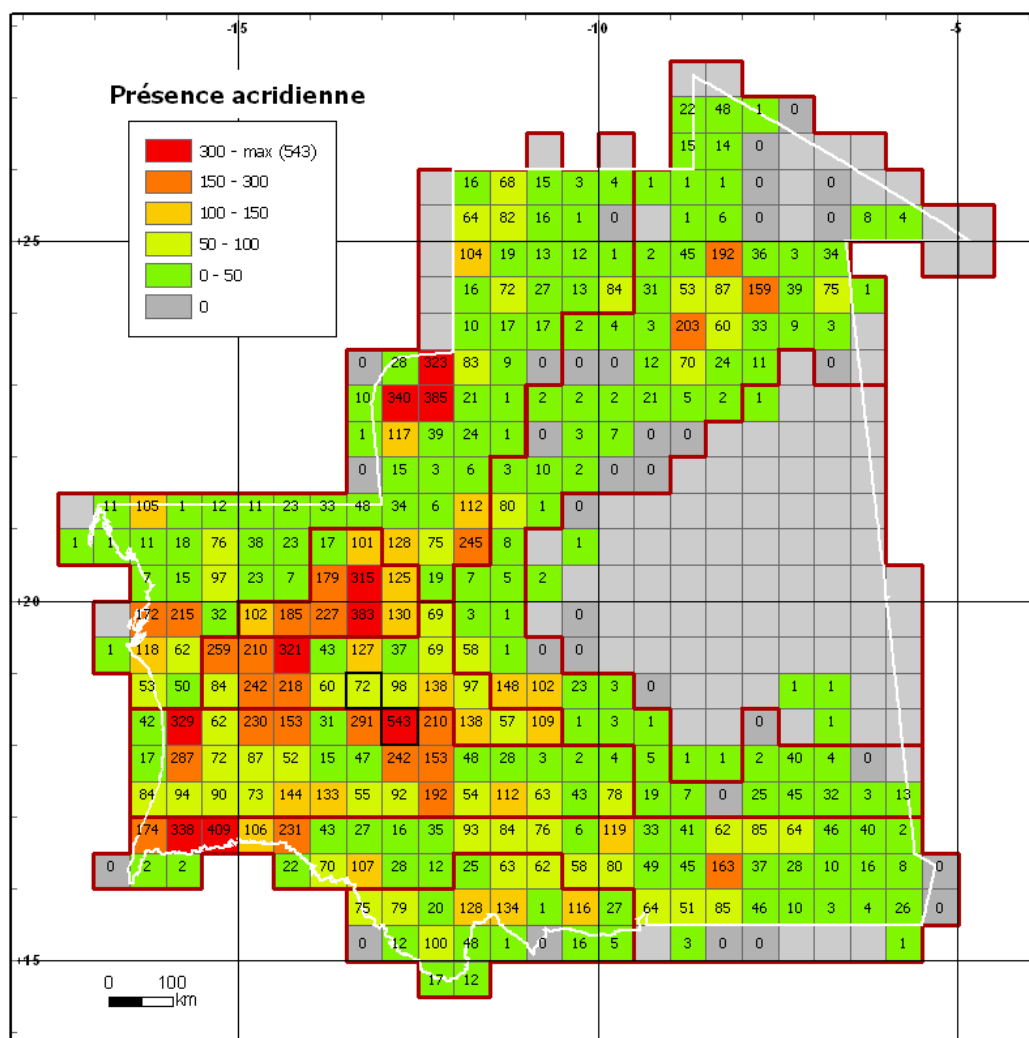


Fig. 16 : Carte de distribution géographique des enregistrements où le Criquet pèlerin est présent.

La zone de haute fréquence est signalée en noir.

La figure 16 visualise la présence acridienne toutes structures de population confondues. Il apparaît que le Criquet pèlerin est omniprésent en Mauritanie avec une probabilité de rencontre variable d'un quart de degré carré à l'autre.

Conclusion partielle

Au cours de la période 1988 à 2007, 51 014 points de prélèvements (présences /absences) ont été prospectés par les équipes de lutte anti-acridienne en Mauritanie. La cartographie de ces points de prélèvements (figure 15) montre que près de plus des trois quarts du territoire sont concernés (324/425 degré carré) par les opérations de prospection et que seule la zone inaccessible du Centre-Est (Majabatt Alkoubra) n'est pas surveillée. Elle montre également que rares sont les quarts de degré carré qui n'ont pas été prospectés. Ces territoires se limitent à :

- un seul quart de degré carré au Sud-Est de Ain Bintili (25°00'N-25°30'N et 9°00'W-9°30'W),
- 3 autres, proches des frontières de l'Algérie, du côté de la frontière vers Tindouf (25°00'N-26°30'N et 07°00'W-07°30'W) où l'accès est restreint pour des raisons militaires. La moitié de trois quarts de degré carré situés sur la frontière algéro-mauritano-maliennes est impossible à cause des montagnes.

Ces zones prospectées ont toutes été occupées par des criquets à un moment ou un autre, sauf 4 quarts de degré carré sur la frontière entre l'Adrar et le Tiris sur le début des escarpements d'El Hank et une partie de Gallaman.

Les analyses cartographiques confirment, que les tendances d'occurrence géographique observées durant la période 1988-1999 (avec 18 400 enregistrements) sont similaires à celles de la période 2003-2007 en dépit d'une forte augmentation de la pression d'échantillonnage (plus de 30 000 enregistrements).

La couverture spatiale a aussi, globalement augmenté par rapport à la période 1988-1999. Ainsi l'espace couvert a augmenté de 27 quarts de degré carré en majorité sur la zone approchant le pourtour de la Majabât El Koubra ainsi que la partie Sud de Ainbintilli au Tiris, dans l'Angle de Dakhlett Nouadhibou et des deux angles Sud avec la frontière malienne et le Sud-Est et Sud (Guidimaka). Sur ces 27 quarts de degré carré, 18 seulement présentent des occurrences acridiennes.

Les principaux apports de connaissances sur la biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie ont donc été acquis durant le dernier quart du XX^{ème} siècle.

1.1.3.3. Analyse des données

Dans un premier temps, les données indispensables à l'étude en cours ont été validées et reconditionnées (tableau VI) sous forme d'une table complémentaire pour confronter leur répartition temporelle et leur distribution géographique, en fonction des caractéristiques phasaires et phénologiques des populations.

La base MS-ACCESS a été associée à un SIG (ArcView 9.2) pour spatialiser les phénomènes soit de façon standardisée (processus RAMSES) soit à la demande pour affiner les analyses et répondre aux besoins particuliers.

Les principales difficultés rencontrées résident dans l'hétérogénéité de données issues de sources différentes et dans l'évolution des niveaux de précision pour des informations collectées sur près d'un demi-siècle. Sans oublier les questions d'échelle quand il s'agit de croiser des informations d'origine différentes (climatologie, pédologie, agronomie, géographie, etc.) pour un territoire de plus de 1 038 000 km² alors que la taille des biotopes acridiens s'évalue en centaines, voire en dizaines d'hectares. Sans oublier, qu'en plus, la couverture météorologique du pays est assez faible, plus particulièrement, au Nord et au Centre et qu'elle est, pratiquement, quasi absente à l'échelle de ces biotopes.

Ainsi, la comparaison cartographique entre les événements acridiens et entre leurs étapes d'évolution doit aider d'une manière globale à élucider la dynamique spatio-temporelle des infestations acridiennes sur l'ensemble du territoire. Les cartes produites sur des pas de temps, mensuels, trimestriels et annuels, doivent permettre de mieux tracer, classer ou caractériser les événements acridiens sur la base des dynamiques phasaires et phénologiques des populations du Criquet pèlerin, en fonction des types de situation (rémission, recrudescence, invasion déclin) ou en fonction des contextes technico-administratifs.

Cette série de traitements a été répétée autant de fois pour couvrir les six états de l'insecte (larves solitaires, larves *transiens*, larves grégaires, aîlés solitaires, aîlés *transiens*, aîlés grégaires) suivant les pas de temps annuels, mensuels ou saisonniers (4 saisons ou trimestres) qui constituent des ensembles écométéorologiques majeures et cohérents :

- Saison ou Trm_1 : juillet- août-septembre ;
- Saison ou Trm_2 : octobre-novembre-décembre ;
- Saison ou Trm_3 : janvier-février-mars ;
- Saison ou Trm_4 : avril-mai-juin.

La maille géographique retenue est le quart de degré géographique. La Mauritanie s'inscrit approximativement dans 425 degrés carrés. Sur les frontières, certains étant fort peu concernés, il faudra en tenir compte lors de la lecture des cartes car les faibles surfaces induisent une faible probabilité d'observation des phénomènes étudiés.

Durant cette période, trois années acridiennes intenses ont marqué cette période. Il s'agit de 1988, 1994 et 2004. Ces années ont été liées à des invasions ou à des recrudescences et toutes les trois ont été suivies par un déclin tandis que deux années ont été précédées par une invasion et une année par une recrudescence tel que détaillé dans le tableau IX. La colonne du nombre total d'observation peut être supérieure au nombre d'enregistrement effectués dans l'année. En effet, il est possible sur un même enregistrement d'observer plusieurs stade et/ou phase de Criquet pèlerin.

Tableau IX : Structure des populations acridiennes en fonction des campagnes.

Campagne	Enregistrements	Enregistrement avec SGR	LS	AS	LT	AT	LG	AG	Total d'observations
R_1965-1966	94	94	33	56	0	5	0	0	94
S_1967-1968	189	167	24	142	0	1	0	0	167
C_1968-1969	92	92	0	35	0	11	5	41	92
C_1987-1988	331	305	0	0	0	0	107	241	348
D_1988-1989	1 030	932	2	0	1	1	396	673	1 073
R_1989-1990	295	15	9	0	0	0	2	4	15
R_1990-1991	678	3	0	1	1	0	0	0	2
R_1991-1992	418	15	11	4	0	0	0	0	15
R_1992-1993	291	38	10	5	14	2	0	0	31
C_1993-1994	1 938	1 261	12	5	2	11	466	983	1 479
C_1994-1995	5 005	2 181	7	10	49	32	1 277	911	2 286
D_1995-1996	2 678	939	10	8	3	38	340	597	996
D_1996-1997	2 030	595	83	1	4	18	229	209	544
R_1997-1998	648	13	3	3	4	2	0	0	12
R_1998-1999	788	20	9	0	6	1	0	0	16
S_1999-2000	2 580	405	46	67	225	118	12	19	487
R_2001-2002	16	13	1	2	6	7	1	3	20
R_2002-2003	10	6	3	4	3	3	1	1	15
C_2003-2004	4 945	3 720	1 535	2 593	1 562	2 335	1 035	1 485	10 545
C_2004-2005	10 863	3 360	39	93	53	82	1 103	2 582	3 952
D_2005-2006	10 312	2 049	574	1 881	151	177	0	0	2 783
S_2006-2007	4236	2 017	535	1 762	108	60	2	1	2 468
R_2007-2008	1547	312	66	294	0	0	0	0	360
Total	51 014	18 552	3 012	6 966	2 192	2 904	4 976	7 750	27 800

L : larves. A : ailé. S : solitaires. T : *transiens*. G : grégaires.

R : rémission, S : résurgence, C : recrudescence/invasion, D : déclin.

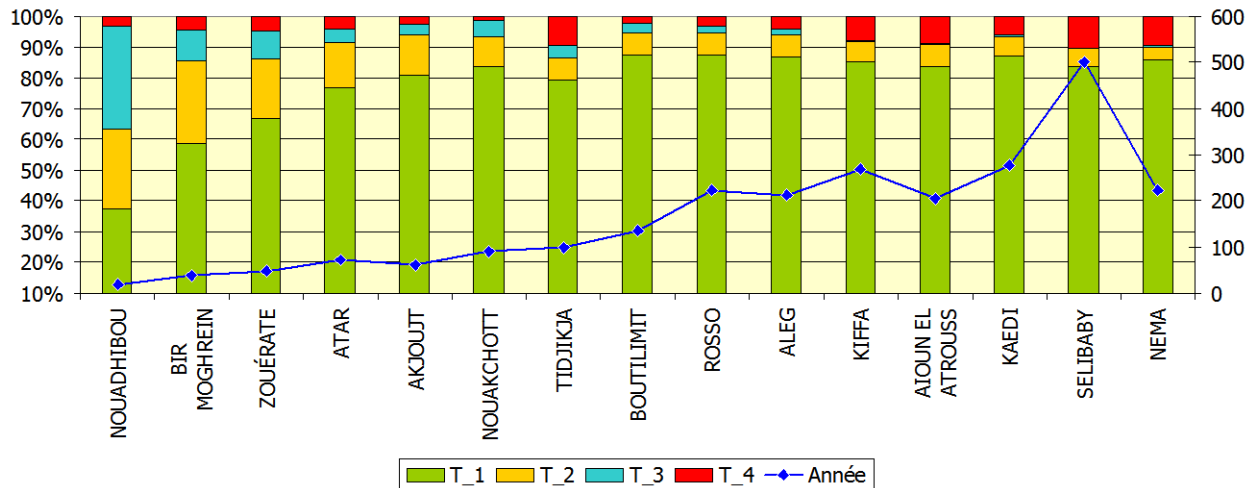


Fig. 17 : Nombre d'enregistrements par région selon les trimestres en comparaison avec la pluviométrie.

La pluviométrie faible correspond à un nombre d'enregistrement fort pour le 2^{ème} et le 3^{ème} trimestre. Dans les zones à pluviométrie élevée (sud du pays), les enregistrements au 1^{er} et 4^{ème} trimestre dominant. Cette projection rend compte de la diversité spatio-temporelle des enregistrements. Pour arriver à utiliser ces données pour **comprendre l'origine des invasions**, ou les lieux de la transformation phasaire, il faut éclater nos données sur tout le territoire en fonction de paramètres spatiaux, temporels et phasaire des populations (en focalisant notre regard sur les populations solitaires et *transiens*).

Les événements acridiens sont soit mineurs (petites reproductions) soit majeurs (recrudescence et invasion). Les reproductions mineures ont eu lieu tous les deux ou trois ans durant les dernières 20 années tandis que les événements majeurs tous les 5 à 8 ans. L'année 1986 bien que connue comme une année de recrudescence avec 40 000 ha traités, n'a pas encore été introduite dans la base de données (manque d'enregistrements).

La stratégie adoptée consiste à croiser les informations spatialisées en fonction de trois paramètres :

- le temps :
 - les saisons ou trimestres, pour prendre en compte le cycle annuel de l'espèce ;
 - les situations acridiennes globales pour prendre en compte les fluctuations inter annuelles des effectifs et des phases: Rémission, résurgence, recrudescence, déclin ;
 - les contextes technico-administratifs pour prendre en compte l'évolution des stratégies et des moyens de prospection ;
- l'état des populations en fonction de l'état phénologique (larve / ailés ou imagos) et l'état phasaire (solitaire, *transiens*, grégaire) ;
- l'espace, est exploité selon une maille d'un quart de degré carré.

L'objectif étant :

- d'identifier et caractériser les principales entités spatio-temporelles qui régissent la dynamique des populations du Criquet pèlerin en Mauritanie,
- de localiser les sites privilégiés où existe une probabilité significative d'occurrence de la transformation phasaire, ceux où apparaissent plus ou moins régulièrement des populations solitaires-*transiens*.

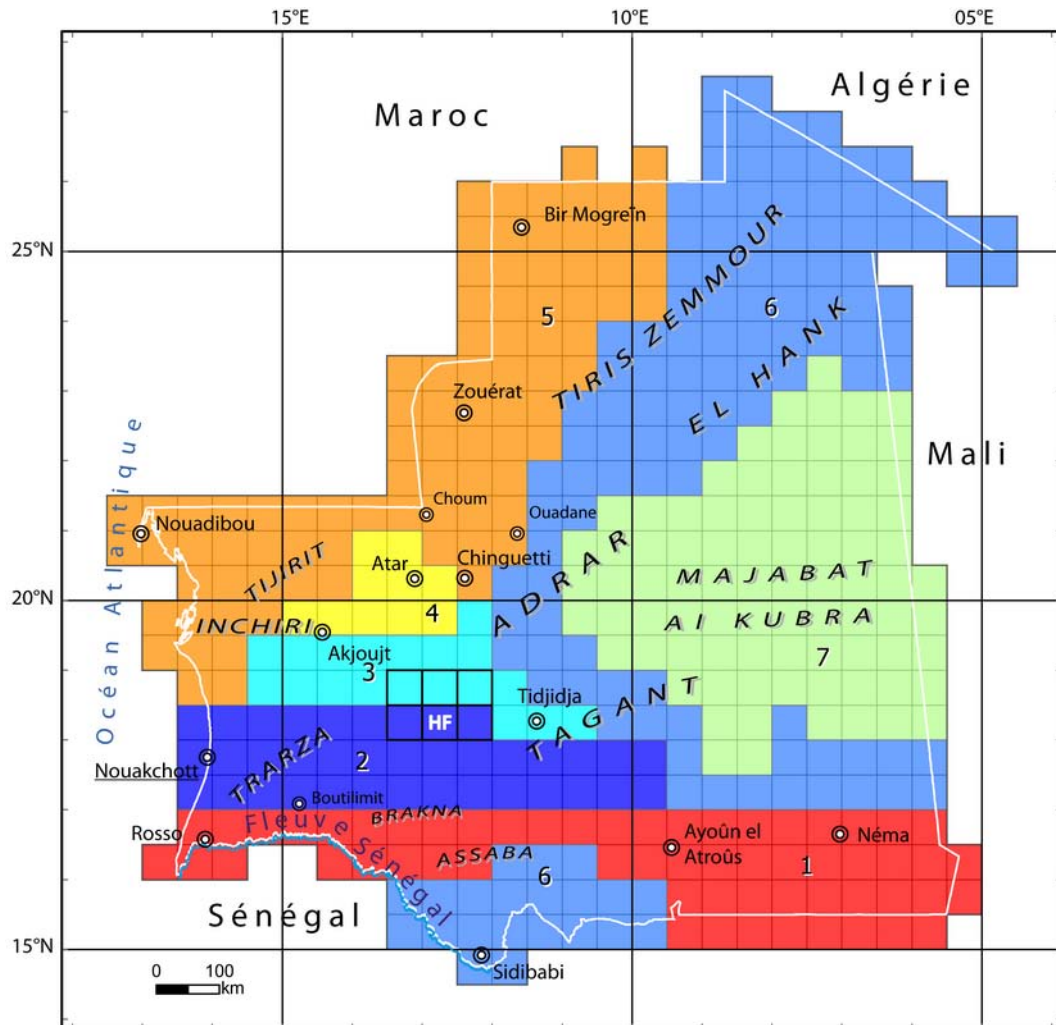


Fig. 18 : Carte de situation des principales régions de Mauritanie.

HF : Zone de haute fréquence. Les numéros et les couleurs font références aux acrido-régions décrites figure 25.

1.1.3.4. Cartes d'occurrence

1.1.3.4.1. Cartes d'occurrence des états phasaires et phénologiques

Occurrence des larves solitaires

La délimitation des zones de haute fréquence des larves solaires est primordiale pour la lutte préventive, car elle permet de cerner les zones de reproduction des populations solitaires. Les larves solitaires sont, en majorité regroupées dans l'Ouest et le Nord-Ouest du pays au dessus du 17°N et à l'Ouest du 11^{ème} méridien, exception faite de 2 quarts de degré carré aux environs de Rosso (rive droite du fleuve Sénégal). Des occurrences à moindre fréquence sont localisées à l'est de cette zone (au Sud-Est).

Les zones de haute fréquence pour les larves solitaires se trouvent :

- au centre du pays dans les mêmes zones de haute fréquence déjà identifiées sur le croisement des frontières administratives des wilayas de Brakna-Tagant-Adrar avec une extension sur les deux côtés est et Ouest ;
- dans les limites quasi-circulaires de la zone du Sud de l'Adrar de l'est de l'Inchiri (Aguilale Faye, inclus) et de la zone Nord du Brakna et de l'Ouest du Tagant ;
- enfin un quart de degré carré à l'est de Tidjikja.

Tout autour de ces zones, les concentrations continuent mais en moyenne fréquences. La zone de Zouerate fonctionne, aussi en haute fréquence sur un triangle de 3 quarts de degré carré.

Occurrence des larves *transiens*

Les occurrences des larves *transiens* les plus fortes se concentrent à l'Ouest et l'extrême Nord-Ouest du pays sur quatre zones principales :

- sur la zone de haute fréquence déjà identifiée au Nord-Ouest du Tagant, sur les deux quarts de degré carré situés sur le 18^{ème} parallèle et entre 12°30'W et 13°30'W.
- dans la zone d'Aguilal Faye et d'Amlil, localisée entre 14°00'W et 15°30'W et une partie de la zone située entre 18°N et le 19°N.
- sur deux quarts de degré carré au Sud-Ouest de l'Adrar.
- sur la zone de Zouerate, sous forme d'un triangle de trois quarts de degré carré qui entoure Zouerate, à l'est.

Les zones de moyenne fréquence se situent entre ces différentes zones mais aussi aux extrémités notamment, au Centre est Adrar, aux environs de Ouadane et dans le Sud est (dans l'Awker au Nord d'Aïoun) Ainsi qu'à l'extrême Nord-Ouest du côté de Bir Moghrein.

Occurrence des larves grégaires

Les occurrences de larves grégaires se dispersent sur l'ensemble du territoire, sauf dans certaines parties des angles frontaliers Sud et est du pays (Hodh Echarghui et Dakhlett Nouadhibou).

Les occurrences les plus élevées se concentrent dans le Centre-Sud et Sud-Ouest à partir de l'Ouest de 7°30'W. Le Sud-Ouest du Trarza, la zone du littoral au Sud de Nouakchott, le Gorgol, le Sud de l'Assaba, le Nord-Est d'Aïoun. Au centre et à côté, de la zone de haute fréquence, dans les parties Ouest et est de l'Adrar, dans la zone de Zouerate, de Bir Moghrein et au Nord d'El Hank qui se trouve jusqu'au niveau de la frontière (24°00'N- 06°30'W).

La distribution des fortes occurrences exclue, un léger espace au centre du pays entre l'Adrar et le Brakna et un autre espace sous forme de lignes obliques discontinues au centre du pays qui s'étale entre le littoral, l'Adrar et le Tiris au niveau d'El Hank.

1.1.3.4.2. Cartes de fréquence mensuelle

Les cartes mensuelles sur la période 1988-99 ont été produites et analysées par Ould Babah (2003) couvrant toutes les trois états phasaires (solitaires, *transiens*, grégaires) et les deux stades phénologiques (larves et ailés), soit 72 cartes. Ce travail a permis de déceler les principales tendances de la dynamique spatiotemporelle des différents stades phénologiques selon un pas de temps mensuel. Les zones de haute fréquence dont on parle ici et qui feront l'objet d'études détaillées ont ainsi clairement été identifiées.

Ce qui laisse, aujourd'hui, la place, à l'utilisation d'un autre pas temporel, en l'occurrence, trimestriel ajoutant une couche saisonnière voire générationnelle additionnelle qui permet de mieux comprendre la dynamique spatio-temporelle du Criquet pèlerin.

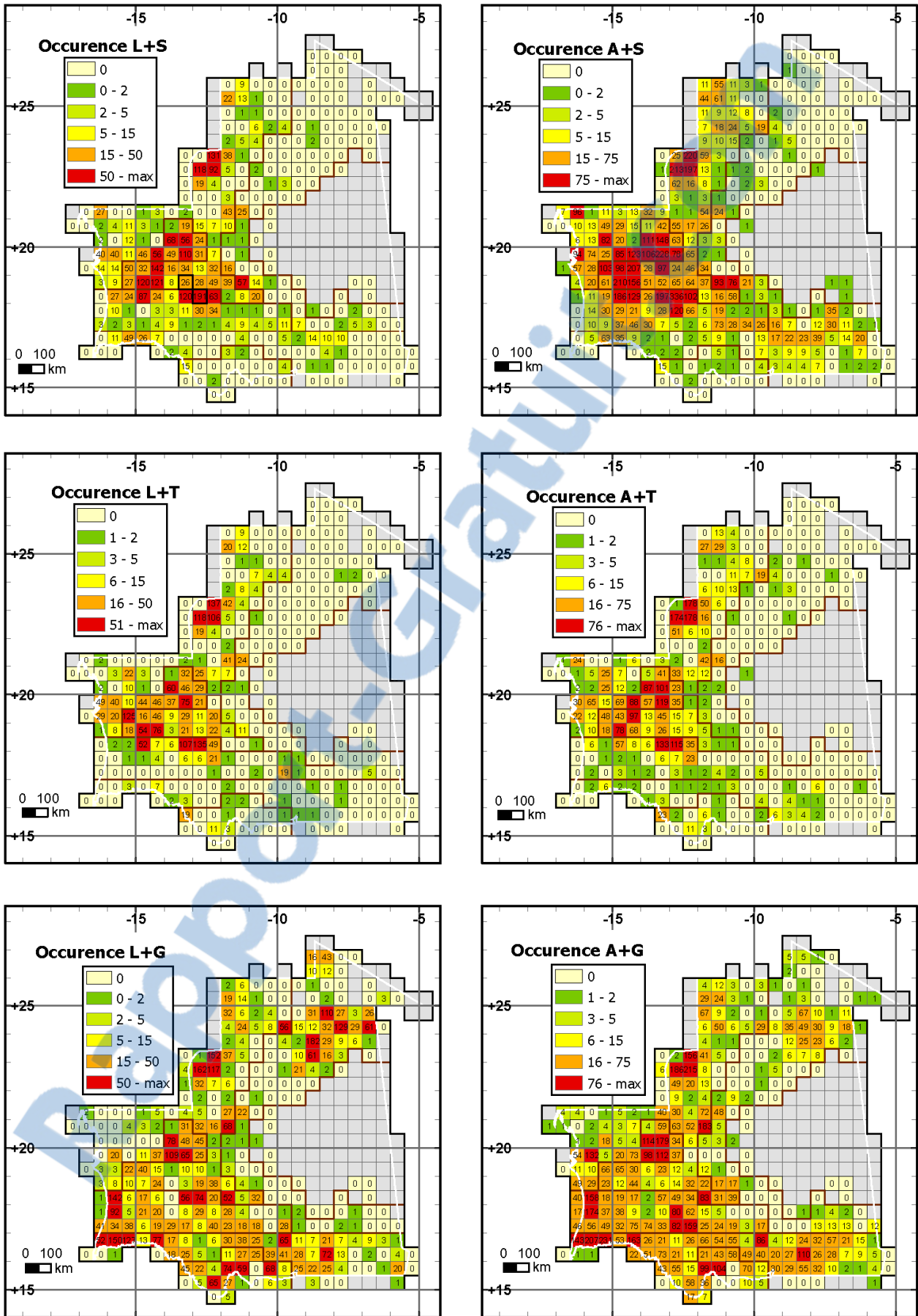


Fig. 19 : Cartes d'occurrence des observations des trois états phasaires et deux états phénologiques.

L : larves, A : ailés. S : solitaires. T : *transiens*. G : grégaires.

Un regroupement des périodes 1988-99 avec 2000-2002 sera effectué, étant donné que cette dernière période n'a pas connu une très grande activité acridienne et par conséquent pas une forte pression d'échantillonnage. Ensuite cette période sera comparée avec la période 2003-2006. Cette dernière période a connu une explosion de la pression d'échantillonnage soit 30 000 enregistrements sur un total de plus de 51 000.

1.1.3.5. Analyses comparatives

1.1.3.5.1. Cartes trimestrielles comparées des périodes 1988-2002 et 2003-2006

Pour faciliter la présentation des résultats de ce paragraphe certaines conventions ont été adoptées.

Les cartes saisonnières suivantes sont expliquées en fonction du nombre d'occurrences acridiennes observées en fonction de leur phénologie : larves, ailés et de leur phase : solitaires, *transiens*, grégaires, synthétisé dans le terme phéno-phases.

Les occurrences des larves et des ailés *transiens* sont variables dans le temps et dans l'espace et elles sont plus ou moins nombreuses ou fréquentes. Elles peuvent varier pour les occurrences trimestrielles de 1 à 250 alors que pour les occurrences totales peuvent atteindre jusqu'à plus de 1100.

Aussi, les classes suivantes ont été retenues :

- 1** : 1 à 10 ;
- 2** : 11-50 ;
- 3** : 51-125 ;
- 4** : 129 : 250 ;
- 5** : 250-1105.

L'unité géographique utilisée est le quart de degré géographique carré (30 mn x 30 mn, soit environ 50 km x 50 km), appelé le quart de degré carré.

Dans le texte on qualifiera la fréquence de :

- faible** : 1 à 50 occurrences par degré carré,
- moyenne** : 51 à 150 occurrences par degré carré,
- forte** : 150 à 250 occurrences par degré carré,
- très forte** : 251 à 1100 occurrences par degré carré.

Ci-après, nous appellerons la période 1988-2002, période I. Au cours de cette période a lieu la recrudescence majeure de 1995. La période suivante 2003-2006 est appelée période II, elle couvre la dernière invasion de 2003-2005. Nous avons vu que la séparation en ces deux périodes était plus logique pour respecter des pressions d'échantillonnages différentes. Mais elles permettent aussi de comparer les dernières recrudescences majeures qu'a connu la Mauritanie.

1.1.3.5.1.1. Larves solitaires

Trimestre 3 : juillet à septembre

Les occurrences des larves solitaires en période II vont s'élargir dans l'espace et sur le plan de l'intensité relative par rapport à la période I. Elles atteignent 19°W et 30°N, au lieu de

15°30'W et 19°N, tandis qu'au Sud-Est, la présence des larves était limitée à 7°30'W, atteint 6°E (au Centre, extrême Sud-Ouest et Nord du Trarza). Au Sud, la bande Sud du Brakna et Guidimaka voit apparaître la présence des solitaires pour la première fois. À l'intérieur, la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) constitue un nouveau bloc sur son pourtour avec des nouvelles fortes fréquences. Au Nord-Est du Centre, les occurrences atteignent 19°N et 11°W.

Trimestre 4 : octobre à décembre

Les occurrences de larves se recentrent sur le centre et l'Ouest en période II par rapport à la période I au dessus de 17°N dans la partie Ouest du pays. En majorité à l'Ouest de 11°W au lieu de 9°W enregistré durant la période I avec des concentrations nouvelles à l'Ouest du Tagant, au Nord du Brakna et du Trarza ainsi, à l'est et l'Ouest de l'Adrar ainsi qu'aux environs de Nouakchott, du Centre de l'Inchiri et des environs de Zouerate jusqu'à 24°N au lieu de 23°N tel qu'enregistré dans la même zone durant la période I. À noter toutefois que durant la période I, quelques enregistrements ont été faits au Nord-Est, au niveau de 24°30'N et 8°30'W.

Trimestre 1 : janvier à mars

La présence de larves se décale nettement vers le Nord entre Bir Moghreïn et Zouerate en s'étirant aussi vers l'Est. Les occurrences sont plus étirées vers l'est, en période II, qu'en période I.

Cette concentration nouvelle continue au Centre-Ouest, dans certaines parties au Sud d'Akjoujt, au Nord-Est de l'Adrar (aux environs de Chinguitti et de Ouadane, dans la zone de Tijrit, Akchar à l'Ouest de l'Inchiri). Le tout au dessus de 18°N dans la partie Ouest du pays sauf une partie qui est parallèle au littoral au Sud de Nouakchott. Certaines occurrences enregistrées en période I en dessus de 18°30'N sur le littoral au Sud de Nouakchott et qui descendent jusqu'à 16°N et 16°W n'ont pas été observés en période II de même que des occurrences de fréquences élevées enregistrées sur toute la zone de Tijrit et sur la frontière à l'Ouest de Choum.

Trimestre 2 : avril à juin

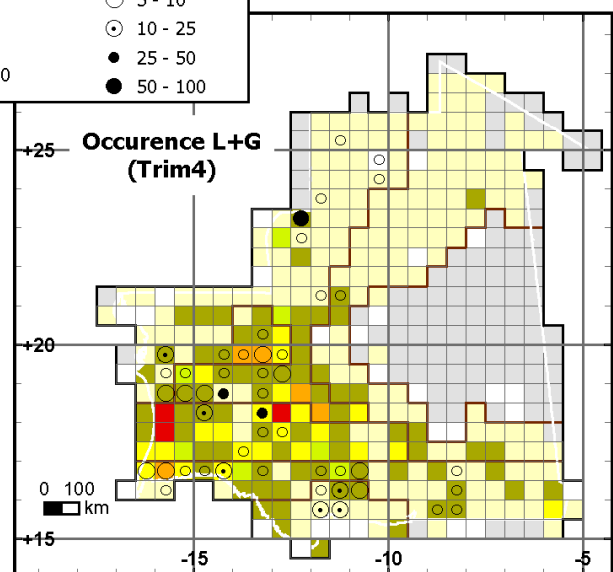
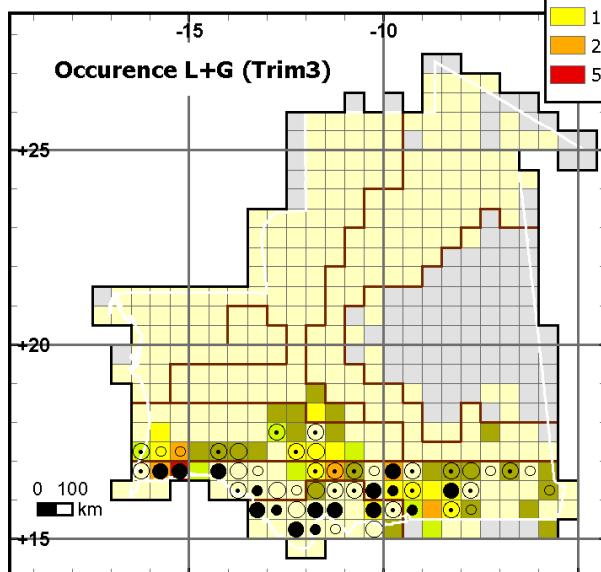
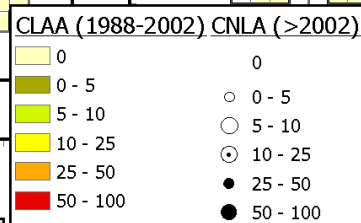
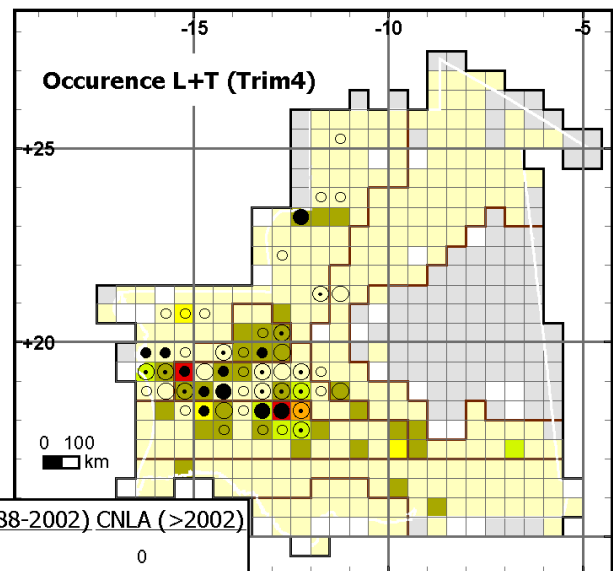
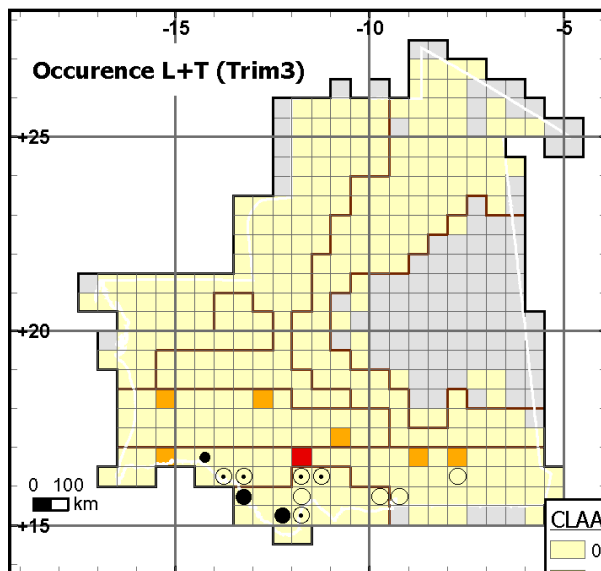
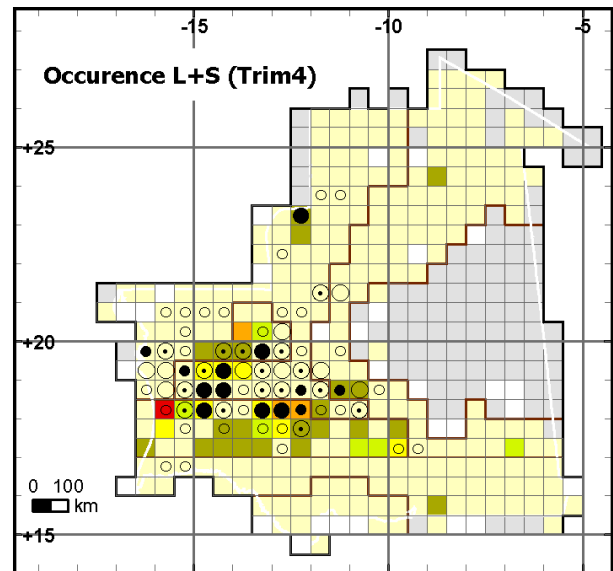
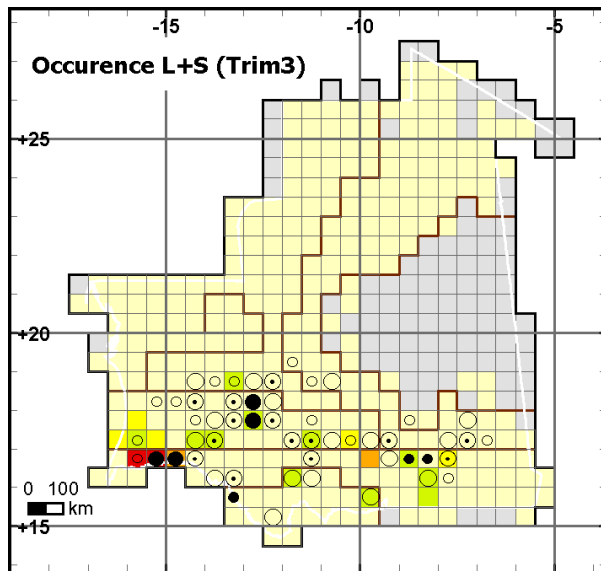
Au cours du trimestre 2, la disparité est grande, la répartition des occurrences est presque opposée. Au moment où les occurrences des larves se maintiennent au Nord entre Bir Moghreïn et Zouerate, dans le Nord-Est de l'Adrar et Dakhlett Nouadhibou durant la période II. Les présences observées durant la période I sont absentes dans ces zones et se limitent à une demi-douzaine de quarts de degré carré dont deux à l'est de Ouadane et 3 entre l'Ouest d'Atar et Akjoujt et un au niveau de Tidjikja.

Seuls 4 quarts de degré carré d'occurrence à l'Ouest d'Atar et deux à l'est de Ouadane coïncident pour les deux périodes.

Synthèse

La distribution des occurrences des larves solitaires est localisée dans la partie médiane du Sud du pays durant le trimestre 3 pour la période I et s'élargit un peu vers le Nord en période II tout en restant sur le niveau de l'Adrar. Durant le trimestre 4, la concentration des occurrences se limite dans le centre et l'Ouest du pays, durant les deux périodes.

Au cours du trimestre 1, pour les deux périodes, la distribution se limite dans la partie Nord de l'Ouest et l'extrême Nord-Ouest. Ceci reste valable pour le trimestre 2 où le nombre d'occurrence globale baisse nettement mais les occurrences dans le Nord deviennent beaucoup plus importantes dans la période II. Cette progression septentrionale est certainement l'effet d'une meilleure pression d'échantillonnage.



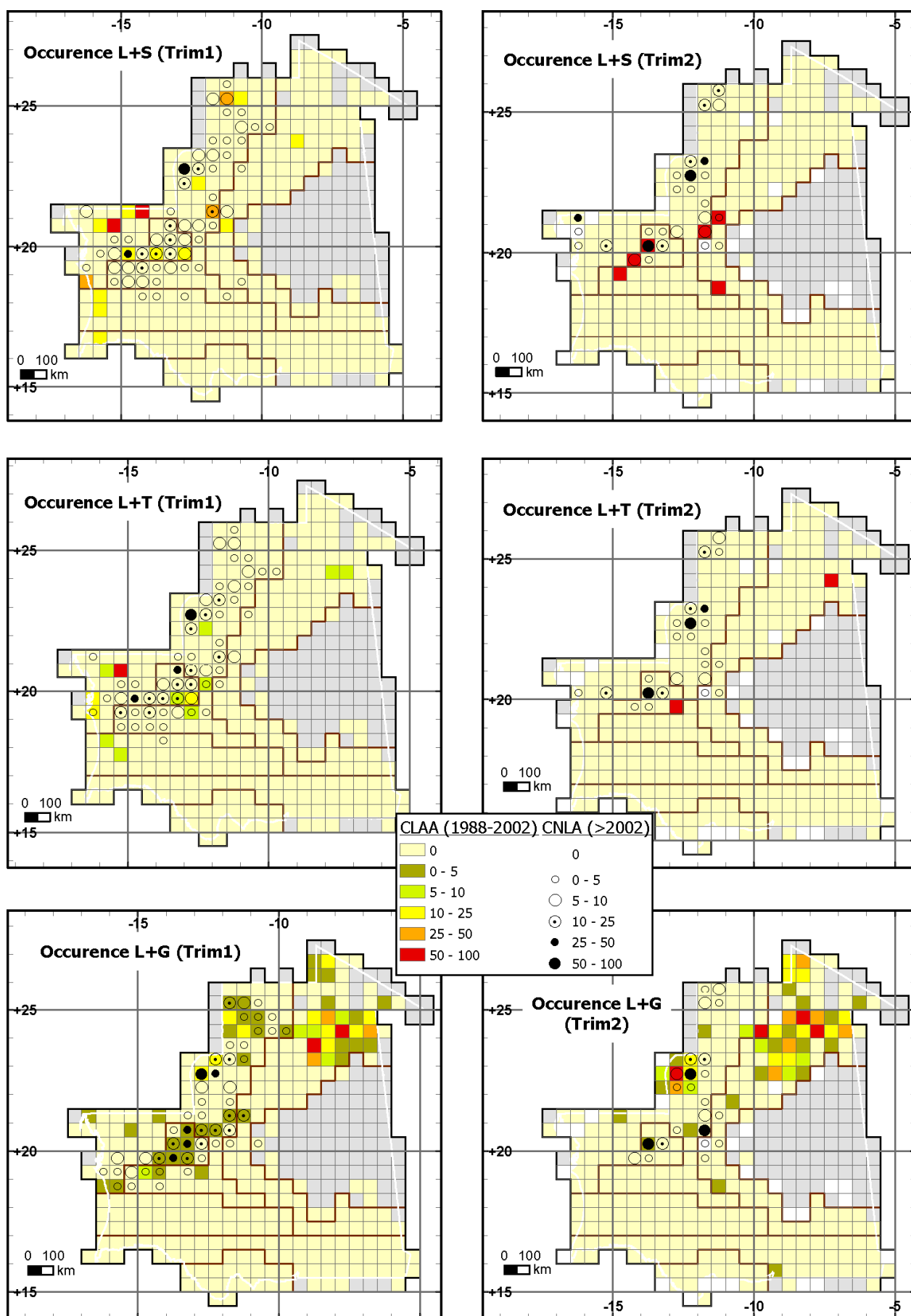


Fig. 20 : Cartes trimestrielles comparées des occurrences de larves solitaires, *transiens* et grégaires par degré carré.

1.1.3.5.1.2. Larves *transiens*

Trimestre 3 : juillet à septembre

Les occurrences des larves *transiens* sont globalement faibles et dispersées. Celles observées en période II durant le trimestre 3, couvrent un espace, une fois et demi plus grand que ce qui est observé durant la période I. Aucun chevauchement spatial n'existe entre ces deux périodes. Ce qui pose éventuellement un problème de la définition d'une larve *transiens* au cours du temps. Les occurrences nouvelles sont toutes localisées en dessous 16°N, dans la partie Sud-Ouest d'Assaba, Nord-Est du Guidimaka et dans la zone Sud du Gorgol, contrairement à celles de la période I qui sont distribuées d'est en Ouest entre 16°30'N et 18°30'N.

Trimestre 4 : octobre à décembre

Les occurrences des larves *transiens* enregistrées pour le trimestre 4 sont beaucoup plus importantes que celles observées dans le trimestre 3, voire plus que pour les deux autres trimestres. C'est donc au cours du Trimestre 3 qu'a lieu l'essentiel des phénomènes de grégation. Au cours de la période II les occurrences se superposent sur la majorité de l'espace couvert durant la période I.

Les zones de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) se chevauchent aussi bien avec celles déjà connues et leurs environs et une dans le Sud de Tijrit. Des fréquences moyennes sont observées au Centre dans l'Aftout Faye et à Zouerate.

Les occurrences enregistrées durant la période 1988-2002, sont toutefois plus étendues dans vers l'Est et le Sud-Ouest que celles de la période II. Les distributions sont en majorité au dessus de 17°N et se concentrent progressivement dans l'Ouest et vers l'extrême Nord-Ouest.

Trimestre 1 : janvier à mars

Les occurrences des larves *transiens* observées en période II durant le trimestre 1 couvrent un espace deux fois plus grand que celui qui est observé durant la période I. Tout en se maintenant dans la limite du périmètre couvert par la période I dans le centre, elles descendent jusqu'à 18°N avec une concentration la plus élevée aux environs de Zouerate, suivie du centre et le Nord-Est de l'Adrar et l'Ouest de Bir Moghreïn. Les occurrences de la période I dépassent la zone vers le Sud au niveau de 16°W et descendent jusqu'à 16°30'N.

Trimestre 2 : Avril-mai-juin

Les occurrences des larves *transiens* observées en période II durant le trimestre 2, couvrent un espace de 25 quarts de degré carré au lieu de 3 à la période I. Ces observations ne se chevauchent entre les deux périodes que sur un seul quart de degré carré au Sud de l'Adrar. Les nouvelles occurrences apparaissent autour de certains endroits dont Bir Moghreïn, Zouerate, Choum (Nord-Ouest Adrar), Ouadane (Nord-Est Adrar) et Tijrit (Ouest Inchiri) et Sud-Est Inchiri.

Synthèse

Les larves *transiens* sont rares et dispersées dans le Sud du pays durant le trimestre 3 durant la période I et s'étalent un peu plus vers le Sud en période II tout en restant en dessous du parallèle 18°30'N. Durant le trimestre 4, les occurrences se limitent dans le centre et l'Ouest du pays avec de plus une présence localisée dans la région de Zouerate.

Au cours du trimestre I, la distribution se limite dans la partie Nord de l'Ouest et l'extrême Nord-Ouest avec une concentration autour de l'Adrar pour les deux périodes. Au cours de la période II, les occurrences s'étendent à l'extrême Nord-Ouest jusqu'aux environs de Bir

Moghrein. C'est une nouvelle zone de grégarisation qui a fonctionné durant la recrudescence de 2003. Ceci est valable pour le trimestre 2 sauf que la distribution globale baisse mais les zones d'occurrences de la limite Sud de la distribution deviennent beaucoup plus fortes que dans le Nord sauf sur trois points dont deux sur la région de Zouerate et l'autre sur le Nord d'El Hank. Cette couverture est presque entièrement issue de la période II.

Cette délimitation permet déjà de cerner les zones et les de transformation phasaire et aussi les périodes : essentiellement pendant les trimestres 4 et 1. Les larves solitaires sont elles très souvent signalées pendant le trimestre 3, ce qui n'est pas le cas des larves transiens. Ce retard d'un trimestre équivaut à une génération. Les larves *transiens* ne peuvent apparaître qu'après une génération de solitaires en conditions groupés.

1.1.3.5.1.3. Larves grégaires

Trimestre 3 : juillet à septembre

Les occurrences des larves grégaires enregistrées en période II au cours du trimestre 3 ne couvrent qu'une grande partie de la zone enregistrée durant la période I. Cette zone est en dessous de 18°N alors que l'ancienne zone va jusqu'à 19°N mais seulement entre 11°W et 12°W.

Par contre, la période II montre un spectre de fréquences d'occurrences beaucoup plus élevé et une couverture spatiale nouvelle d'occurrences, quasi continue, dans le centre du pays particulièrement entre le Sud-Est du Trarza, le Sud du Brakna, le Gorgol, le centre et le Nord du Guidimaka.

Trimestre 4 : octobre à décembre

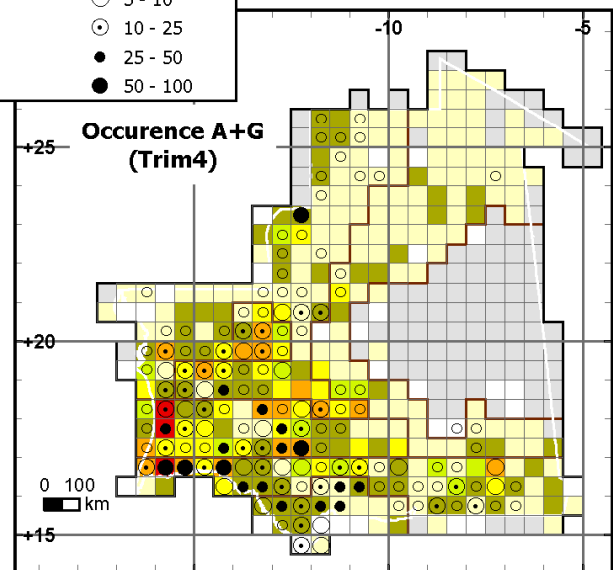
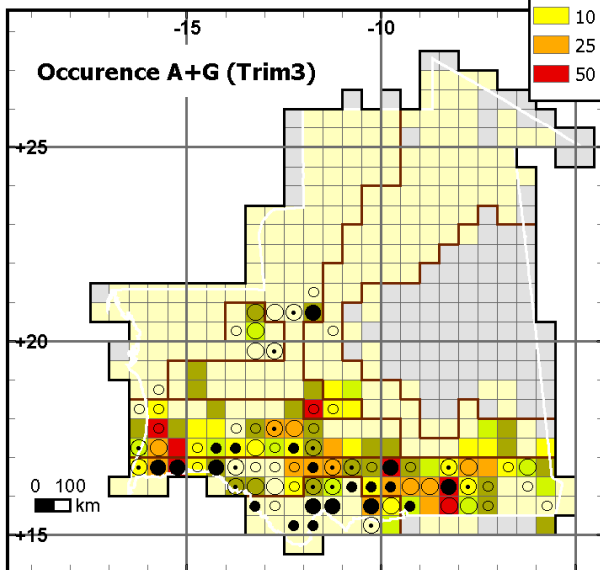
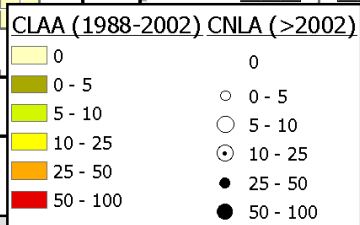
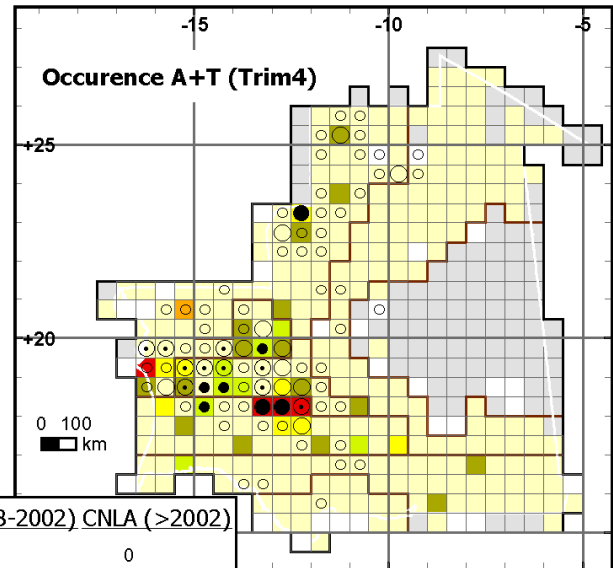
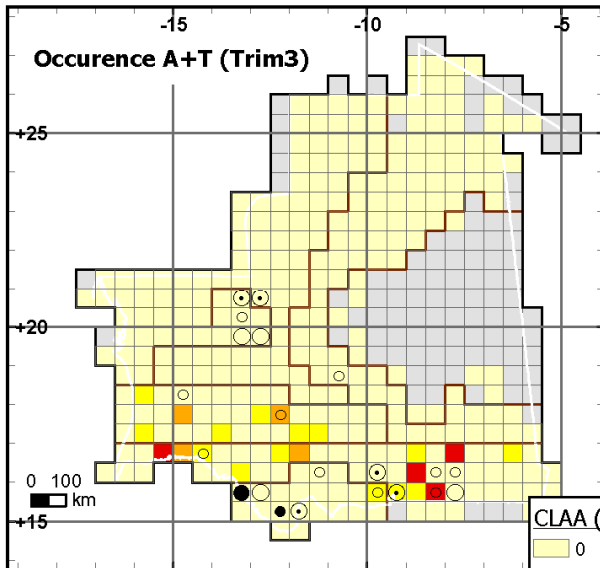
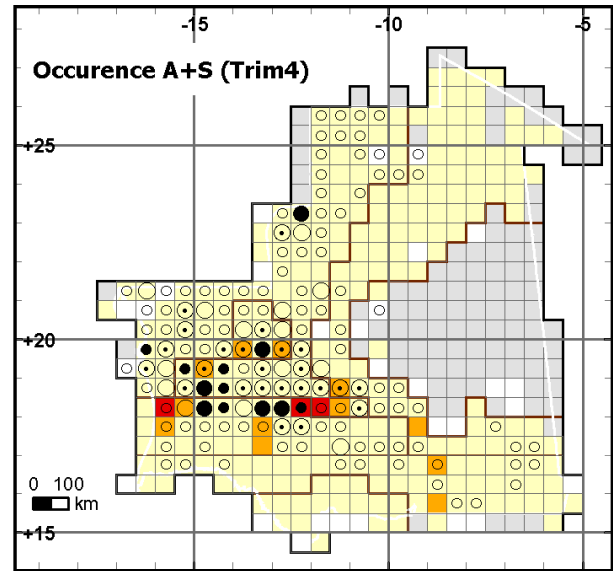
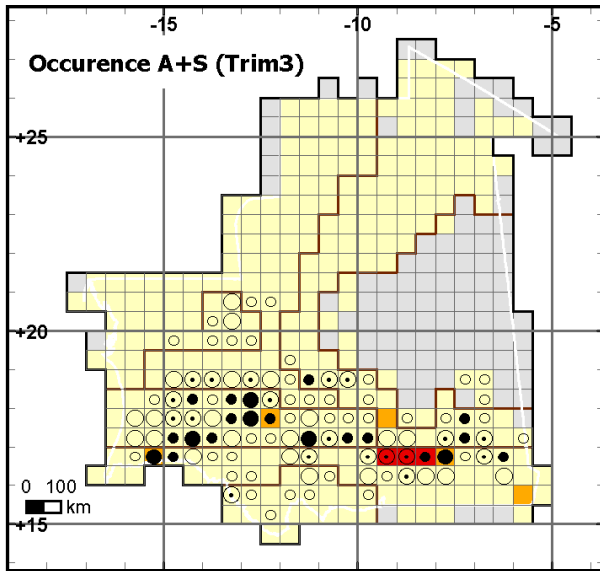
Les occurrences des larves grégaires enregistrées en période II au cours du trimestre 4 ne couvrent qu'une très faible partie de la zone d'occurrence enregistrée durant la période I ainsi qu'un spectre de fréquences globalement moins important sauf 3 fréquences à Zouerate, à l'Ouest de la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant), Aguilal Faye (au Nord de Boutilimitt). Un faible nombre d'occurrences nouveau est distribué sur 9 quarts de degré carré dont la majorité éparpillés dans le Nord.

Trimestre 1 : janvier à mars

Les occurrences des larves grégaires enregistrées en période II, au cours de ce trimestre ne couvrent qu'une partie de la zone d'occurrence enregistrée durant la période I.

Il s'agit de la zone centrale de l'Inchiri (aux environs d'Akjoujt), au centre de l'Adrar – Chinguetti-Ouadane et Atar, celle de Zouerate, Bir Moghreïn alors que la zone du Nord-Est à partir de 22°30'N aux environs d'El Hank du Tiris-Zemmour, enregistrée durant la période I échappe entièrement à cette dernière période malgré des pics de haute fréquence.

La période II affiche par contre de hautes fréquences à Zouerate et au centre et au Sud de l'Adrar. De plus 25 nouveaux quarts de degré carré à faible fréquence apparaissent sur des quarts de degrés carrés aux alentours de la ligne des occurrences Bir Moghreïn-Nord de Nouakchott.



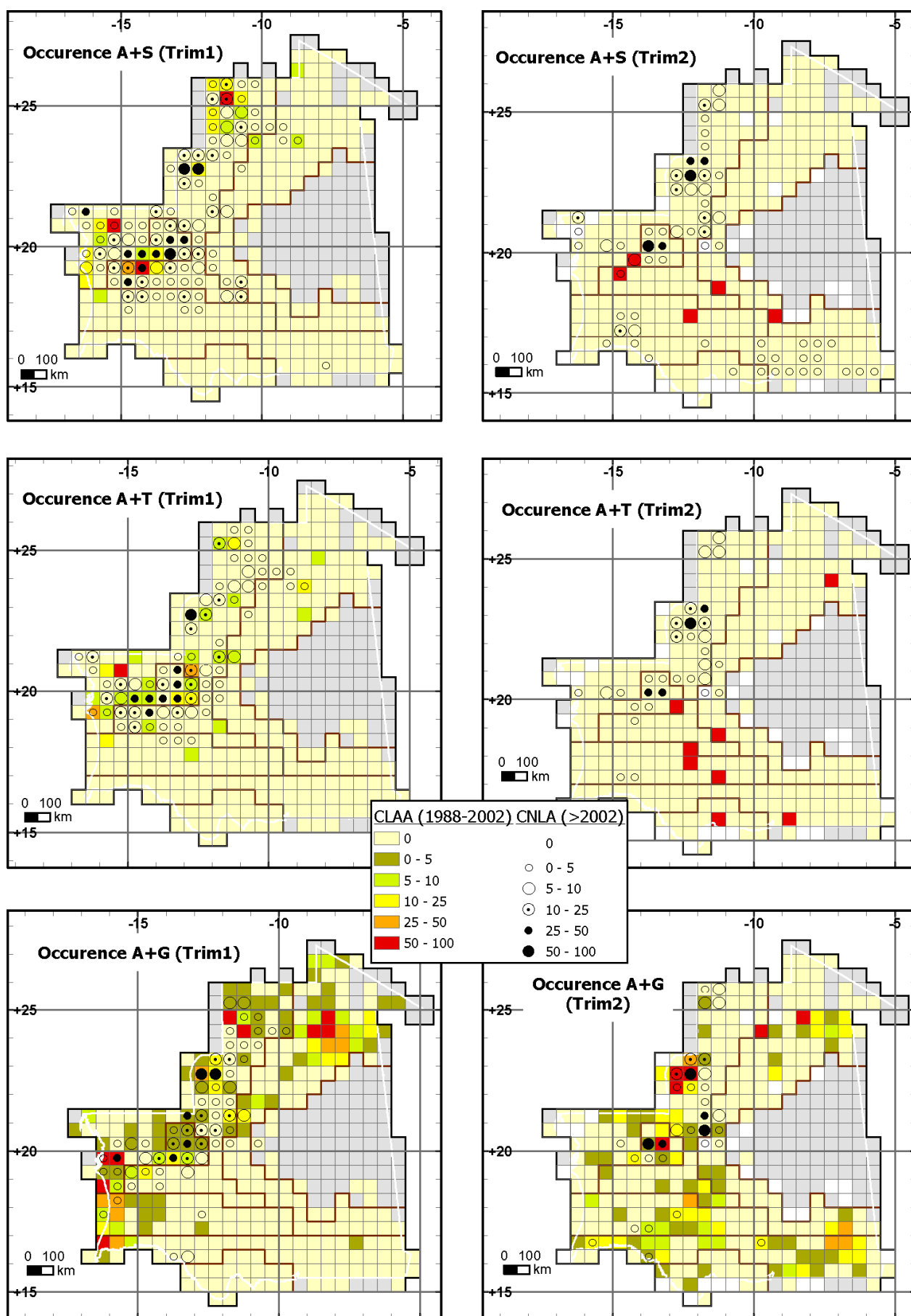


Fig. 21 : Cartes trimestrielles comparées des occurrences d'ailés solitaires, *transiens* et grégaires par degré carré.

Trimestre 2 : avril à juin

Les occurrences des larves grégaires en période II, enregistrées au cours du trimestre 2 ne couvrent qu'une partie, relativement réduite de la zone d'occurrences enregistrée durant la période I (la zone de Zouerate et d'Atar). Ces occurrences affichent toutefois des nouvelles zones non couvertes en période I, au cours de ce trimestre, dans la zone de Bir Moghrein, des environs de l'Adrar Est, Sud-Est et Sud-Ouest.

La zone du Nord-Est, à partir de 22°30'N, aux environs d'El Hank du Tiris-Zemmour, enregistrée durant la période I échappe entièrement à cette dernière période malgré des pics de haute fréquence.

Synthèse

Pour les trimestres 1 et 2, des larves grégaires au cours de la période I ont été fréquemment signalées dans le Nord-Ouest (El Hank), alors qu'aucune signalisation n'est reportée pour la période II. Ce qui montre clairement qu'une reproduction des populations grégaires y est possible, mais pas obligatoire. En 1995 des bandes larvaires ont dû être traitées dans cette zone soumise aux influences climatiques méditerranéennes.

Durant les trimestres 3 et 4, il y a peu de variation entre les zones de reproduction des grégaires. Même si récemment (période II), il semble que les larves grégaires se soient développées plus au Sud.

Pour chaque trimestre, en visualisant la figure 19 de haut en bas, il est surprenant de constater l'augmentation des zones concernées par les 3 phases. Ceci démontre clairement l'adaptation des transiens et surtout des grégaires à des conditions écologiques beaucoup plus variées. Les solitaires sont confinées à de petites surfaces spécialisées, alors que les grégaires peuvent se reproduire presque partout. Ce constat est un argument de poids pour la mise en œuvre de la lutte préventive qui doit se concentrer sur des surfaces restreintes, alors que la lutte curative doit couvrir de vastes surfaces pour lutter contre les bandes larvaires.

1.1.3.5.1.4. Ailés solitaires

Trimestre 3 : juillet à septembre

Les occurrences d'ailés solitaires observées en période II pour les 4 trimestres et durant le trimestre 3 en particulier, couvre une plus grande surface avec ce qui est observé durant la période I : seulement 9 quarts de degré carré contre plus de 100. Les occurrences sont localisées en majorité, dans la zone en deçà de 19°N, sur toute la bande Sud, sauf sa partie en deçà de 16°N et ses deux extrêmes Ouest et Sud-Ouest du pays d'une largeur d'un quart de degré carré. Une partie moindre des occurrences existe dans la zone de l'Adrar et un peu dans l'Inchiri qui s'élargit à 21°N et entre 12°W et 14°W. La valeur des occurrences s'étale de faible à fort.

Trimestre 4 : octobre à décembre

Les occurrences des ailés solitaires observés en période II durant ce trimestre, couvre un très grand espace incomparable avec ce qui est observé durant la période I qui n'est que de 16 contre plus de 200 quarts de degré carré répartis de l'extrême Nord au Centre, le Nord-Ouest, l'Ouest, tout en maintenant des concentrations au Centre et localement à l'Ouest. La majorité des 16 quarts de degré carré couverts par ceux de la période II dont la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) se superpose à une nouvelle et cotoie à l'Ouest de nouvelles zones de haute fréquence.

Trimestre 1 : janvier à mars

Les occurrences des ailés solitaires observés en période II durant le trimestre 1, couvre un espace plus large d'une fois et demi ce qui est observé durant la période I. Toutes les zones d'occurrences de la période I se superposent à celles de la période II, à l'exception de deux quarts de degré carré situés au Sud-Ouest et au Nord. Les concentrations sont en majorité au dessus de 18°N, dans le Nord-Ouest (Sud-Ouest Adrar, l'Inchiri, Tijrit, Banc d'Arguin et parfois aux environs de Nouakchott, un peu à Zouerate et beaucoup plus tout autour de Bir Moghreïn. Le nouveau spectre de fréquence est globalement moyen à fort. Les fréquences hautes sont sur 9 quarts de degré carré situés dans l'Ouest de l'Adrar et la zone de Zouerate, dont 1 seule se superpose avec une ancienne.

Trimestre 2 : avril à juin

Les occurrences des ailés solitaires observés en période II durant le trimestre 2, couvrent un espace beaucoup plus large que ce qui est observé durant la période I. La dernière couverture spatiale couvre de Bir Moghreïn jusqu'à l'extrême Sud-Est du pays avec des ruptures fortes dans la continuité sur toute une bande d'est en Ouest entre 17°N et 19°N et aussi en dessous de cette zone, entre les 10°W et 14°W.

Synthèse

Logiquement, les zones de présence des ailés solitaires recoupent celle des larves en un peu plus large.

La distribution des occurrences des ailés solitaires est localisée dans la partie médiane et Sud du pays durant le trimestre 3 ainsi que plus au Nord dans l'Adrar. Cette distribution apparaît beaucoup plus large durant la période II qu'en période I. Ce qui démontre surtout une intensification de l'échantillonnage, les conditions structurelles au développement des ailés solitaires n'ayant pas évoluées autant en une dizaine d'années.

Durant le trimestre 4, la superficie recouverte par les ailés solitaires s'élargit en couvrant tout le Nord-Ouest parallèlement à un maintien dans le Centre et de façon plus discontinue à l'Est durant les deux périodes I et II. La zone de haute fréquence du Nord-Ouest du Tagant fonctionne quelque soit la période.

Au cours du trimestre 1, la distribution est divisé en deux grandes zones : la partie Ouest autour de l'Adrar et de l'Inchiri d'une part et dans l'extrême Nord-Ouest d'autre part. Au cours du trimestre 2 les ailés solitaires disparaissent pratiquement partout. Ils persistent seulement dans le Nord-Ouest et commencent à apparaître dans l'extrême Sud-Est. C'est donc au cours de ce trimestre 2 que les ailés solitaires se déplacent vers le Sud, où ils vont se reproduire au Trimestre 3 (début de la campagne).

Au cours du trimestre 2, la distribution globale se retrécit et baisse en fréquence (1 à 6 occurrences par quart de degré carré). Quelques faibles occurrences sont déjà observées dans le Sud, indiquant un début de déplacement des ailés solitaires vers le Sud.

La distribution des occurrences des ailés solitaires confirme les tendances déjà observées pour les larves. Finalement la distribution des ailés brouille les données puisque ceux ci ont une bonne capacité de dispersion. Pour comprendre le cycle biogéographique annuel moyen du Criquet pèlerin à l'échelle de la Mauritanie, la distribution des larves seule permet de cerner les zones de reproduction et leur évolution spatio-temporelle.

1.1.3.5.1.5. Ailés *transiens*

Trimestre 3 : juillet à septembre

La couverture totale des occurrences des ailés *transiens* durant ce trimestre est clairsemée et se trouve exclusivement, en dessous de 21°N.

Les occurrences observées en période II, couvrent un nombre presque égal à celui de la période I (environ une vingtaine de quarts de degré carré) mais qui ne se recouvrent que partiellement.

Les nouvelles occurrences pour la période II sont observées dans le Sud de l'Adrar, dans la zone Gorgol-Guidimaka avec des fréquences moyennes à hautes, tandis que les zones de haute et moyenne fréquences repérées durant la période antérieure sont localisées aux environs de l'est de Rosso, de l'Ouest de Boutilimitt, sur le triangle Tagant-Brakna-Adrar et dans le pourtour d'Aïoun.

Trimestre 4 : octobre à décembre

La couverture totale des occurrences des ailés *transiens* durant le trimestre 4 est relativement dense. Il s'agit en effet du trimestre qui a les plus hautes de fréquences d'occurrence. La distribution des occurrences s'étale du Nord au centre et à l'Ouest du pays et couvre des zones réparties un peu partout dans le Sud et le centre du pays à l'exception de l'extrême Sud-Est (au Sud de Nema), le Sud de l'Assaba et très peu le Guidimaka avec une relative concentration moyenne dans le Nord et l'Ouest de l'Assaba. Le Nord (dans la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) qui s'étale vers l'Ouest le centre et le Sud-Ouest du Brakna, dans le Trarza aux environs de Boutilimitt et de Nouakchott et d'une façon moins importante dans l'Adrar.

Les occurrences observées en période II, couvrent un nombre légèrement plus élevé que ce qui est observé durant la période I. Le chevauchement des zones d'occurrences se fait globalement sur l'ensemble des mêmes zones et avec pratiquement les mêmes niveaux de fréquence.

Trimestre1 : janvier à mars

Les ailés *transiens* sont présents dans le Nord-Ouest et l'extrême Nord-Ouest avec la concentration la plus élevée aux environs de Zouerate puis au centre de l'Adrar et à l'Ouest de Bir Moghreïn.

Trimestre 2 : avril à juin

Les ailés *transiens* observés durant le trimestre 2 sont dans des zones totalement différentes entre les périodes I et II. Ce qui montre des différences dans les foyers de grégarisation entre les 2 périodes.

Synthèse

Les différences de présence d'ailés *transiens* entre les 2 périodes sont parfois nombreuses. Elles démontrent des variations spatiales dans le fonctionnement des foyers de grégarisation. Mais dans certaines zones, les ailés *transiens* sont présents quelque soit la période, c'est le cas de zone de haute fréquence du Nord-Ouest du Tagant. Finalement pour au cours des 2 périodes, la cyle annuel entre les 4 trimestres reste le même et a de nombreuses similarité avec celui des solitaires.

Durant le trimestre 3, la distribution des occurrences des ailés *transiens* est localisée dans certaines parties du Sud en période I et en Adrar en période II. Durant le trimestre 4, la répartition s'élargit à tout le Nord-Ouest et à l'extrême Nord-Ouest parallèlement à un maintien

dans le centre et de façon plus discontinue à l'Est du pays. Au cours du trimestre I, la répartition des *transiens* se recentre dans la partie Ouest autour de l'Adrar et l'Inchiri et l'extrême Nord-Ouest. Au cours du trimestre 2, comme pour les imagos solitaires, les *transiens* sont moins nombreux. Ils se déplacent aussi jusque vers le Sud-Est, mais ils se maintiennent plus longtemps dans l'extrême Nord-Ouest, ce qui dénote le début de leur adaptation à des conditions environnementales moins strictes que les solitaires.

1.1.3.5.1.6. Ailés grégaires

Trimestre 3 : juillet à septembre

La couverture totale des occurrences des ailés grégaires durant ce trimestre est relativement concentrée au Sud. Elle s'étale du centre à l'Ouest du pays et couvre des zones sur toute la bande Sud du pays, d'Est en Ouest, en dessus du parallèle 18°30'N.

Avec, en plus, un maintien restreint dans la zone de l'Adrar entre les parallèles 19°30'N et 21°00'N et des concentrations de zones de hautes à moyennes fréquences dans le Sud-Est le Centre-Sud et le Sud-Ouest.

Les occurrences observées en période II, couvrent un nombre légèrement moins élevé que ce qui est observé durant la période I, avec un chevauchement sur presque toute la partie centrale de la bande d'occurrences malgré des différences dans le spectre des fréquences. Les occurrences dans le Guidimaka et le Gorgol apparaissent pour la première fois lors de la période II.

Trimestre 4 : octobre à décembre

La couverture totale des occurrences des ailés grégaires durant le trimestre 4 est dense. Elle s'étale de l'extrême Nord, au centre, à l'Ouest, au Sud et Sud-Est du pays.

Les occurrences les plus importantes sont localisées dans l'Ouest du pays à partir de 10°W avec une forte concentration dans l'angle Sud-Ouest du pays parallèlement à une forte présence au centre du pays.

Une plus faible présence est localisée en dehors, de cette partie, notamment à l'extrême Nord-Ouest et extrême Nord-Est et Sud-Ouest.

Les occurrences observées en période II, se chevauchent, en très grande majorité, avec ce qui est observé durant la période I sauf pour l'extrême Nord-Est et extrême Sud-Est du pays issu de la période I. Par contre la période II affiche des fréquences nouvelles mais faibles dans l'extrême Nord au Sud-Est de Bir Moghreïn, dans la zone de Dakhlett Nouadhibou et dans le Guidimaka au Sud.

Trimestre 1 : janvier à mars

La couverture totale des occurrences des ailés grégaires durant ce trimestre est dense. Elle s'étale, sous forme de bande oblique, de l'extrême Nord-Ouest, au Nord-Est dans le Tiris-Zemmour parallèlement à un maintien de forte intensité dans le centre d'Adrar, l'Ouest Inchiri et sur le littoral à partir du parallèle 18°30'N.

Les occurrences observées en période II, se chevauchent, à moitié, avec ce qui est observé durant la période I, en dehors de l'extrême Nord-Est (environs d'El Hank et frontière Nord avec l'Algérie) et une partie du Sud-Ouest du pays (le centre de l'Inchiri, le Banc d'Arguin, le Littoral jusqu'à l'angle Sud-Ouest du littoral à Ndiago), issues de l'ancienne période et qui constituent deux des 4 zones de haute fréquence enregistrées au cours de ce trimestre. Par

contre la nouvelle période affiche des fréquences nouvelles faibles dans l'extrême Nord, au Sud-Est de Bir Moghreïn, au centre et au Sud-Est de l'Adrar.

Les occurrences se concentrent dans la zone Nord à partir du parallèle 22°30'N aux environs d'El Hank exclusivement durant la période I parallèlement à un maintien fort des occurrences durant les deux périodes dans le centre de l'Inchiri (aux environs d'Akjoujt) et à l'Ouest dans le banc d'Arguin), au centre de l'Adrar (Chinguetti et Atar) et ceux de Zouerate et Bir Moghreïn.

Trimestre 2 : avril à juin

La couverture totale des occurrences des ailés grégaires durant le trimestre 2, s'étale sur 5 zones réparties sur l'ensemble du territoire à des densités variables. Il s'agit de l'extrême Nord-Ouest (Environs de Zouerate et de Bir Moghreïn à des fréquences moindres), le Nord-Est (Zone du Nord d'El Hank dans le Tiris-Zemmour) le centre (l'Adrar et l'Ouest de l'Inchiri), le Tagant, le Nord-Est du Tagant, le Brakna-Nord-Ouest Gorgol et le Sud-Est du pays (Hodh Elgharbi et Ouest Hodh Echarghui).

Les occurrences observées en période II, se chevauchent, à moitié, avec que ce qui est observé durant la période I presque exclusivement dans, le Nord et le Centre.

Synthèse

La distribution des occurrences des ailés grégaires est beaucoup plus éclatée que celle des autres phases durant les 4 trimestres et pour les 2 périodes. La zone recouverte par les occurrences d'ailés est, comme pour les deux autres phases, supérieure à celle couverte par les larves.

Durant le trimestre 3, elle est localisée de façon plus ou moins homogène dans la partie Sud du pays, en majorité, en dessous de 19°N, sauf pour la zone de l'Adrar. Durant le trimestre 4, la concentration des occurrences s'élargit au Centre Sud-Ouest et au Nord-Ouest (Bir Moghreïn) et au Nord-Est (El Hank). Au cours du trimestre 1, la distribution couvre de l'angle frontalier du Sud-Ouest jusqu'à l'extrême Nord-Est à des fréquences variables. La partie extrême du Nord-Est n'est pas couverte par la période II ainsi qu'une partie du Sud-Ouest.

Au cours du trimestre 2 la distribution continue à se concentrer dans l'extrême Nord- Est en période I parallèlement à une présence importante durant les deux périodes dans l'Ouest (Zouerate) et dans l'Adrar au centre, au Sud et au Sud-Est. Le chevauchement au cours de ce trimestre pour les deux périodes est observé principalement dans les zones, de l'Adrar, de Zouerate et de Bir Moghreïn.

1.1.3.5.2. Comparaison en fonction de la situation acridienne

Les données ont été regroupées en fonction des 4 types de situation acridienne, rémission, resurgence, recrudescence/invasion, puis déclin (figures 21 et 22).

1.1.3.5.2.1. Occurrence des larves

Occurrences des larves solitaires en période de rémission (R)

Les occurrences de larves solitaires, en période de rémission, sont en majorité regroupées à l'Ouest de 7°30'W et en majorité entre 17°30'N et 21°30'N, à l'exception du Nord d'Aïoun et des environs de Rosso. Deux zones de haute fréquence des solitaires se distinguent dont celle déjà identifiée dans le Nord-Ouest du Tagant avec une contiguïté d'un quart de degré carré et une au

Sud-Est d'Akjoujt de 3 quarts de degré carré. Des présences réduites sont à signaler aux environs de Bir Moghreïn et Zouerate.

Occurrences des larves *transiens* en période de rémission

Les occurrences de larves *transiens*, en période de rémission, sont en majorité à l'Ouest du méridien 12°30'W et en majorité entre 17°30'N et 20°00'N, à l'exception du Nord-Ouest de l'Inchiri ou un quart de degré carré constitue une zone de fréquence moyenne (Zone Nord de Tijrit).

Deux zones de haute fréquence se distinguent : celle déjà identifiée au Nord-Ouest du Tagant et une au Sud-Ouest d'Akjoujt, d'un quart de degré carré (Benichab).

Des présences réduites sont éparpillées autour de cette zone et aux environs de Zouerate et d'El Hank.

Occurrences des larves grégaires en période de rémission

Les occurrences de larves grégaires, en période de rémission, sont quasi absentes. Seuls 7 quarts de degré carré sont concernés par 1 à 6 occurrences. La zone du Nord-Ouest de l'Inchiri (zone Nord de Tijrit) et celle du Sud-Ouest de l'Ouest d'Akjoujt d'un quart de degré carré (Benichab). Une occurrence apparaît à côté d'El Hank.

Occurrences des larves solitaires en période de résurgence

Les occurrences de larves solitaires, en période de rémission, sont réduites en intensité. Les occurrences maximales ne dépassent pas 6 par quarts de degré carré. Leur distribution est en majorité regroupée à l'Ouest de 8°W et en majorité entre 17°00'N et 21°30'N.

Elles sont variables dans le centre du pays. Une fréquence de 5 occurrences est repérée dans la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant). Quelques quarts de degré carré d'une occurrence chacune s'étalent du Nord d'Aïoun, du Tagant, au Centre de l'Adrar et de l'Inchiri et du centre du Trarza, à l'exception du Nord d'Aïoun et des environs de Rosso. Deux zones de haute fréquence se distinguent dont celle déjà identifiée au Nord-Ouest du Tagant avec une contiguïté d'un quart de degré carré et une au Sud-Est d'Akjoujt de 3 quarts de degré carré.

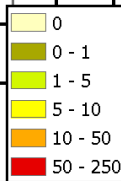
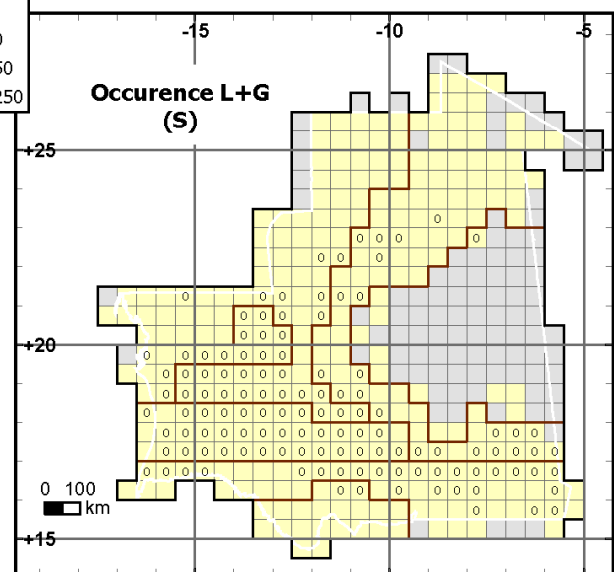
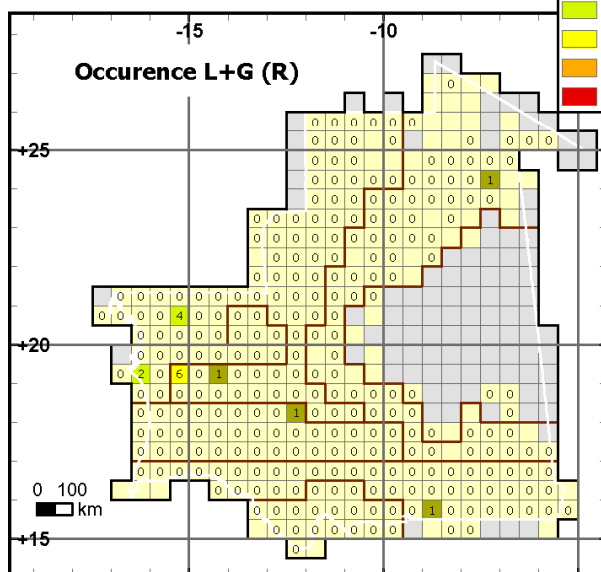
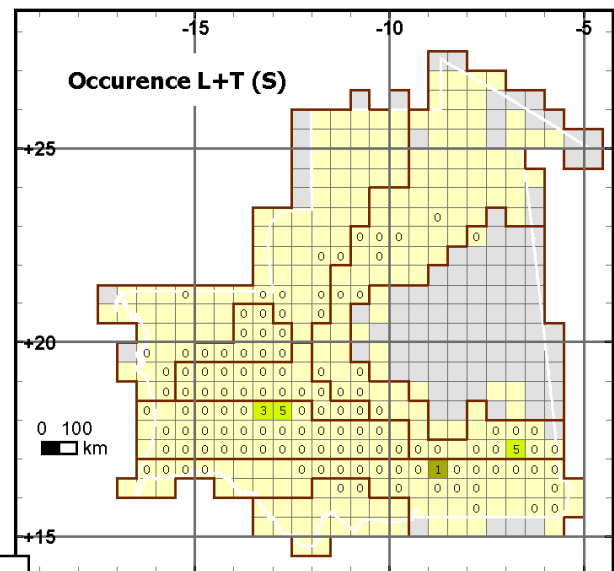
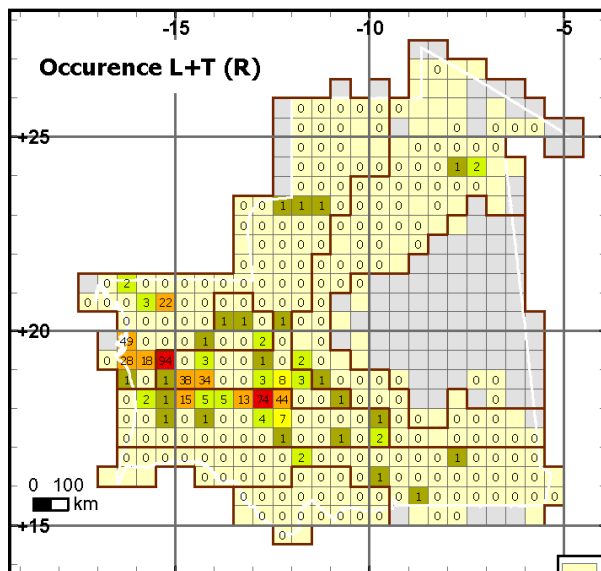
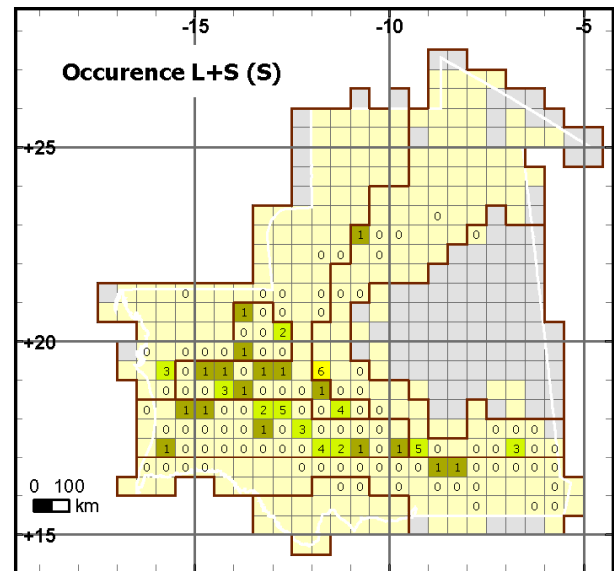
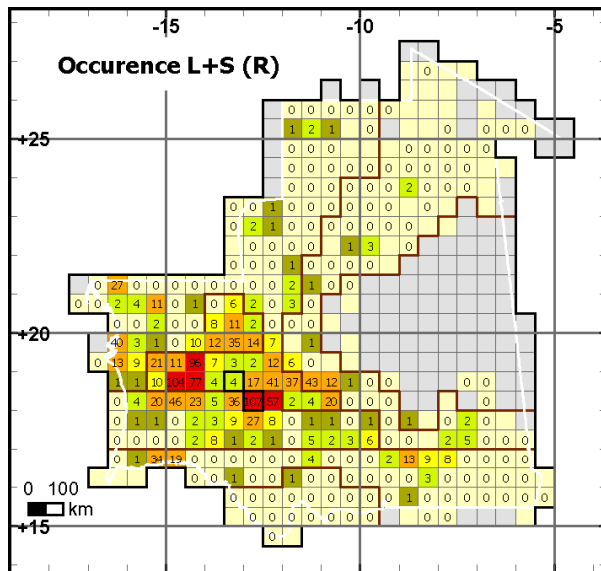
Des présences réduites sont éparpillées autour de cette zone et aux environs de Bir Moghreïn et Zouerate.

Occurrences des larves *transiens* en période de résurgence

Les occurrences de larves *transiens*, en période de résurgence, sont absentes, à l'exception de 4 quarts de degré carré avec une occurrence maximale de 5 dont une se trouve dans la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) et l'autre au Nord de Oualata.

Occurrences des larves grégaires en période de résurgence

Les occurrences de larves grégaires en période de résurgence, sont inexistantes.



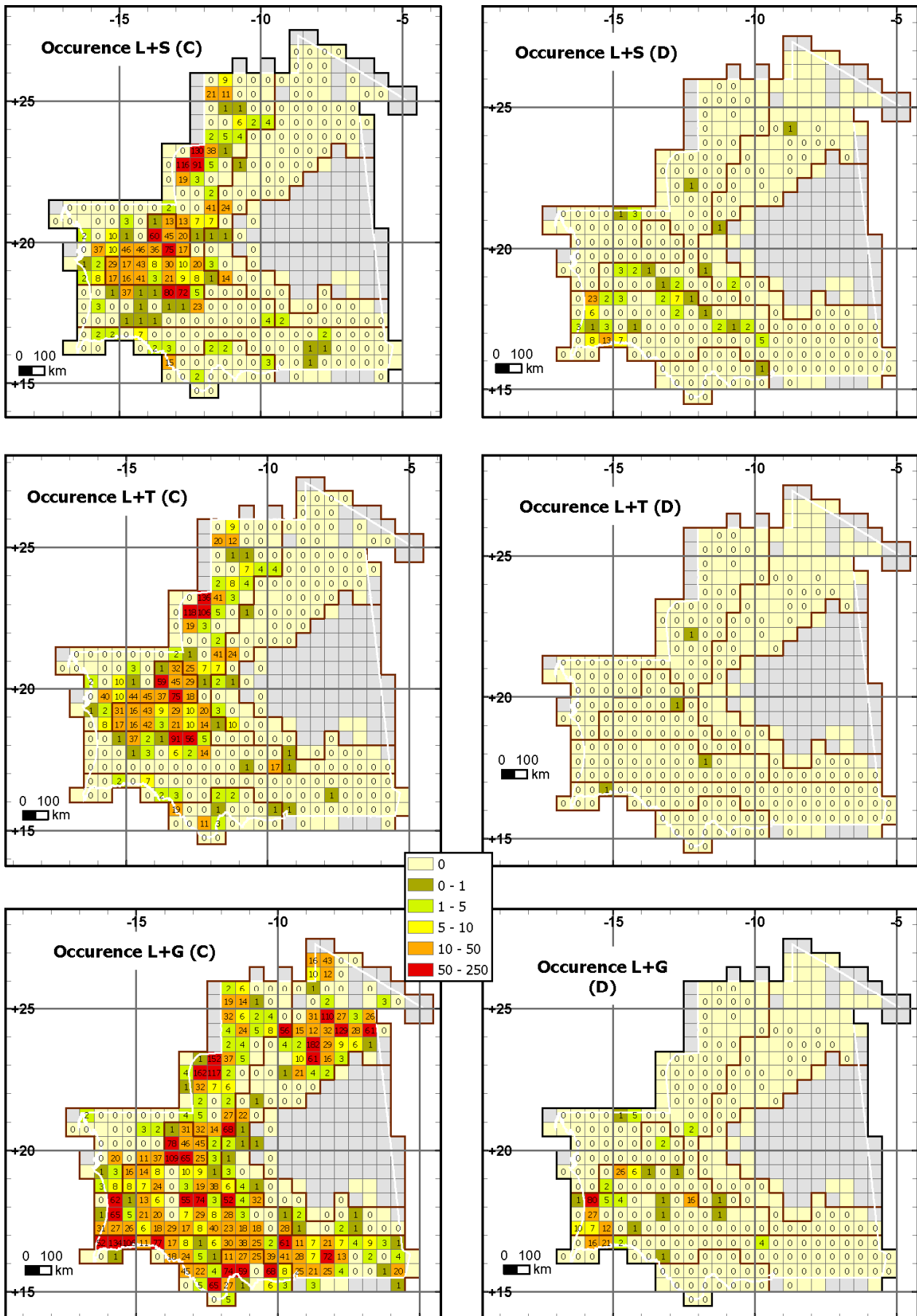


Fig. 22 : Cartes d'occurrence des larves solitaires, *transiens*, et grégaires en fonction des 4 types de situation acridienne.

R : rémission. S : resurgence. C : recrudescence/invasion. D : déclin.

Occurrences des larves solitaires en période de recrudescence/invasion

Les occurrences des larves solitaires, en période de recrudescence/invasion, sont situées en majorité à l'Ouest de 11°30'W et entre 17°30'N et 25°30'N, en s'étalant sur une bande oblique couvrant la partie centrale de l'Ouest et longeant la frontière Nord-Ouest, jusqu'à Bir Moghreïn exception de tout l'angle de Dakhlett Nouadhibou. Cette bande d'occurrences est entrecoupée de zones d'occurrences faible ou nulles d'un côté, entre l'Adrar et la zone de Zouerate et d'un autre, entre Zouerate et Bir Moghreïn. Trois zones de haute fréquence apparaissent, l'une est constituée du quart de degré carré de l'ancienne zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) avec un quart de degré carré contigu à l'Ouest, l'autre est située au Sud-Ouest d'Atar, de 2 quarts de degré carré et la troisième autour de Zouerate de 3 quarts de degré carré. De faibles autres occurrences sont situées dans le Sud et le Sud-Est.

Occurrences de larves *transiens* en période de recrudescence/invasion

Les occurrences des larves *transiens*, en période de recrudescence/invasion, sont situées presque dans la même zone que celle des solitaires avec pratiquement les mêmes fréquences. Elles sont localisées en majorité à l'Ouest de 11°30'W et 17°30'N et 25°30'N, en s'étalant sur une bande oblique couvrant la partie centrale de l'Ouest et longeant la frontière Nord-Ouest jusqu'à Bir Moghreïn, à l'exception de tout l'angle de Dakhlett Nouadhibou. Cette bande d'occurrences est entrecoupée de zones d'occurrences faibles ou nulles ; d'un côté, entre l'Adrar et la zone de Zouerate et d'un autre, entre Zouerate et Bir Moghreïn. Les trois zones de haute et de basse fréquences des solitaires sont pratiquement les mêmes que pour les *transiens*, avec presque les mêmes composition numériques et configurations spatiales (1 quart de degré carré de l'ancienne zone de haute fréquence avec 1 quart de degré carré contigu à l'Ouest, 2 quarts de degré carré au Sud-Ouest d'Atar et 3 quarts de degré carré autour de Zouerate). Trois zones de fréquences moyennes sont toutefois localisées dans le Sud et l'Ouest du Gorgolet au niveau d'un quart de degré carré au Nord d'Aïoun. D'autres faibles occurrences sont situées dans le Sud et le Sud-Est.

Occurrences des larves grégaires en période de recrudescence/invasion

Les occurrences des larves grégaires se dispersent sur l'ensemble du territoire, sauf dans certaines parties de l'angle frontalier de Dakhlett Nouadhibou où elles n'ont pas été observées.

L'intensité des occurrences les plus élevées se concentre dans le Sud-Centre et Sud-Ouest à partir de l'Ouest de 7°30'W. Le Sud-Ouest du Trarza, la zone du littoral au Sud de Nouakchott, le Gorgol, le Centre du Guidimaka, le Sud de l'Assaba, le Nord est d'Aïoun. Au Centre et à côté, de la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant), dans la partie Ouest et est de l'Adrar, dans la zone de Zouerate, le Nord d'El Hank et de Bir Moghreïn. Les zones de concentration sont séparées par des espaces intermédiaires discontinus et irréguliers. Ces espaces séparent la bande Sud d'avec l'Adrar, et l'Adrar et le Tiris et des blocs à l'intérieur de Tiris (un bloc au Nord du Hank, un bloc aux environs de Zouerate, un mini bloc aux environs de Bir Moghreïn et un autre dans le pic extrême Nord sur la frontière avec l'Algérie).

La zone qui affiche les fréquences les moins élevées d'occurrences de larves grégaires se situe dans le Sud-Est du pays.

Occurrences des larves solitaires en période de déclin

Les occurrences des larves solitaires, en période de déclin, sont très rares. Seuls 33 quarts de degré carré sur 425 affichent des occurrences en cette période.

Les occurrences varient entre 1 à 7 à l'exception de deux quarts degré carré où leur nombre a atteint 13 et 23. Elles constituent une ligne oblique qui s'étire du Nord du Hodh El Gharbi jusqu'au Sud de l'Adrar et dans le Trarza.

Occurrences des larves *transiens* en période de déclin

Les occurrences de larves *transiens*, en période de déclin, sont quasi-inexistantes seuls 3 quarts de degré carré apparaissent avec une occurrence par quarts de degré carré carré chacun.

Elles sont dispersées entre le Sud-Ouest, le Centre et le Nord.

Occurrences des larves grégaires en période de déclin

Les occurrences de larves grégaires, en période de déclin, sont aussi relativement réduites sur le plan spatial. Seuls 27 quarts de degré carré sont occupés à des niveaux variables dont 5 entre 16 et 27 occurrences, une exceptionnelle à 80, tandis que le reste plafonne entre 1 à 10 occurrences. L'ensemble de ces occurrences se retrouvent surtout au Sud de 21°30'N avec une dispersion dans le centre et l'Ouest du pays.

1.1.3.5.2.2. Occurrences des ailés

Occurrences des ailés solitaires en période de rémission

Les occurrences des ailés solitaires, en période de rémission, sont étalées d'est en Ouest avec une très forte concentration dans le centre et l'Ouest du pays et des concentrations au Nord-Ouest (environs de Zouerate et de façon moindre, Bir Moghreïn). La bande Sud située au Sud de 16°30'N se caractérise par l'absence presque absolue des solitaires.

Une dizaine de zones de haute fréquence, apparaît, y incluses, celle déjà identifiée avec 4 quarts de degré carré qui lui sont contiguës, un grand bloc de haute fréquence au Sud-Est d'Akjoujt de 7 quarts de degré carré qui descend jusqu'à Aguilal Faye, une zone le long du Banc d'Arguin de 2 quarts de degré carré, une zone d'un quart de degré carré aux environs de Rosso, une zone d'un quart de degré carré aux environs de Dakhlett Nouadhibou ; une zone d'un quart de degré carré dans le Tijrit, deux zones d'un quart de degré carré chacune à l'est d'Akjoujt séparées par un quart de degré carré. Un triangle de 3 quarts de degré carré à l'est de Tidjikja. Une zone d'un quart de degré carré aux environs de Zouerate et une au Nord-Ouest de Kiffa.

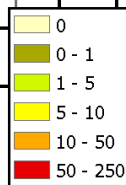
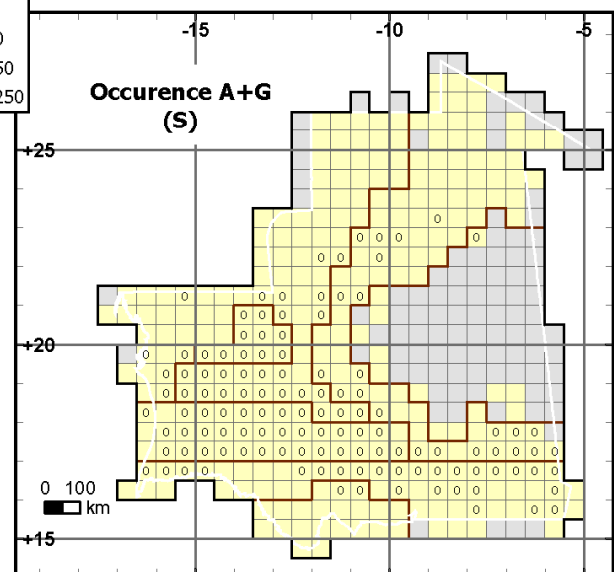
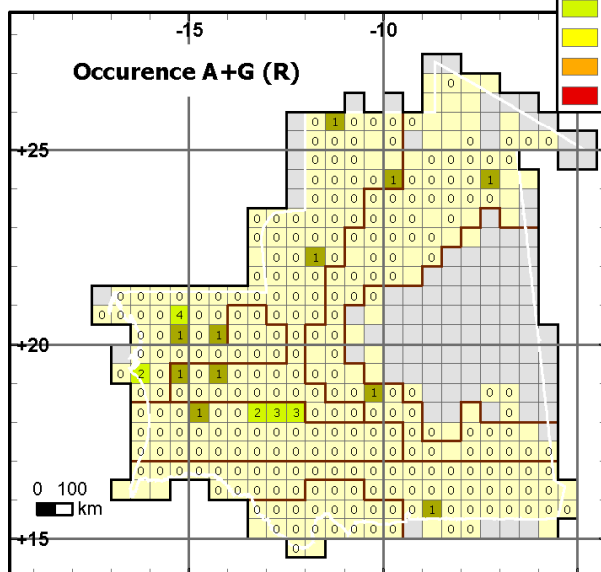
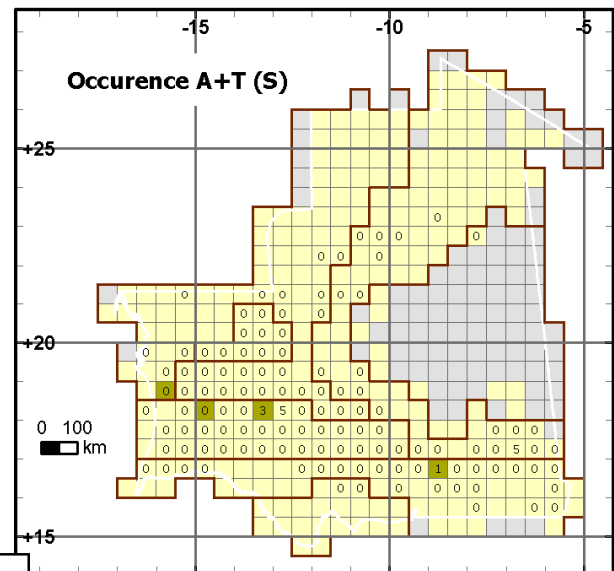
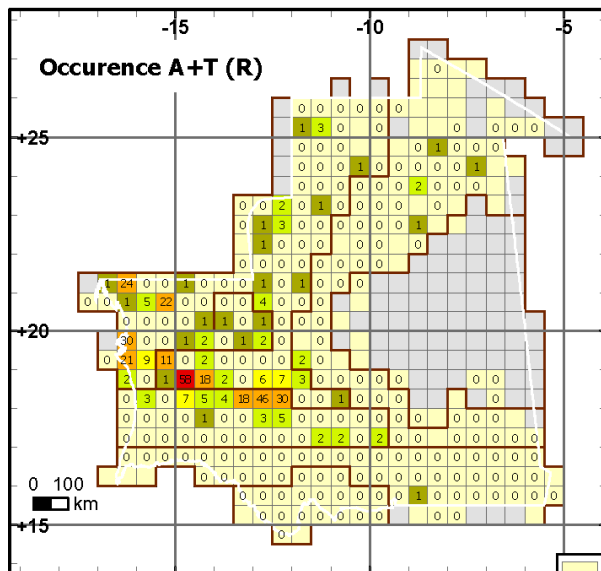
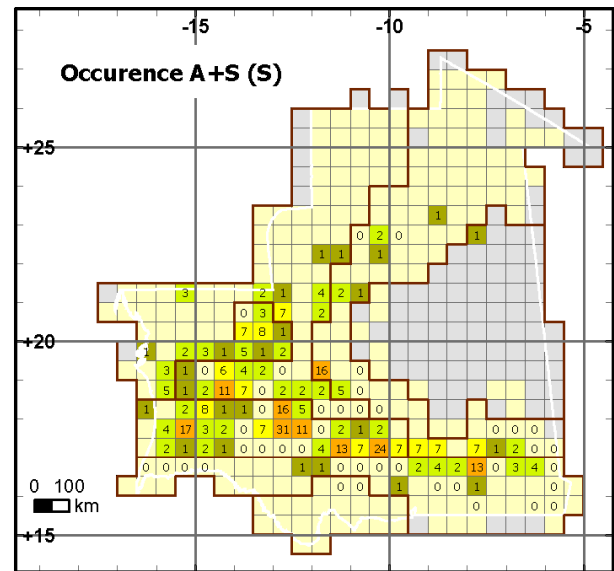
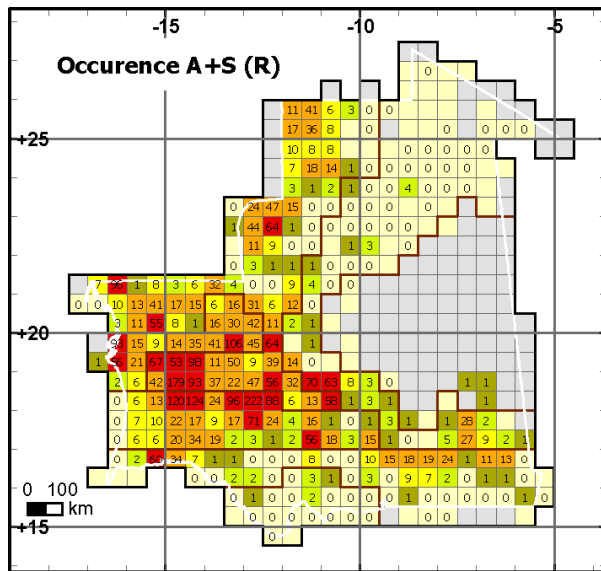
Des présences moindres sont signalées autour de Bir Moghreïn.

La partie Nord-Est du pays n'enregistre aucune présence de solitaires probablement à cause de la barrière thermique et ou peut être les biotopes de survie qui n'existent pratiquement pas en dehors de la zone d'El Hank.

Occurrences des ailés *transiens* en période de rémission

Les occurrences des ailés *transiens*, en période de rémission, sont faibles.

En tout, 55 quarts de degré carré sont occupés par des ailés *transiens* localisés, en majorité, dans le centre-Ouest du pays dans une zone limitée, en majorité, à l'Ouest de 12°W et entre les parallèles 18°00'N et 21°30'N. La zone de haute fréquence la plus élevée contient 58 occurrences et est située au Sud-Ouest d'Akjoujt aux environs de Benichab. Elle est suivie, en termes de nombre d'occurrences, par la zone de haute fréquence déjà identifiée (Nord-Ouest Tagant) à 46 fréquences avec deux quarts de degré carré contiguës à des valeurs moins importantes. D'autres zones de fréquence moyenne sont localisées dans la zone du Banc d'Arguin, de l'Ouest-Inchiri dans la zone d'Amatlich et d'Aguilal Faye ainsi qu'une dans le Tijrit et une à l'est de Nouadhibou.



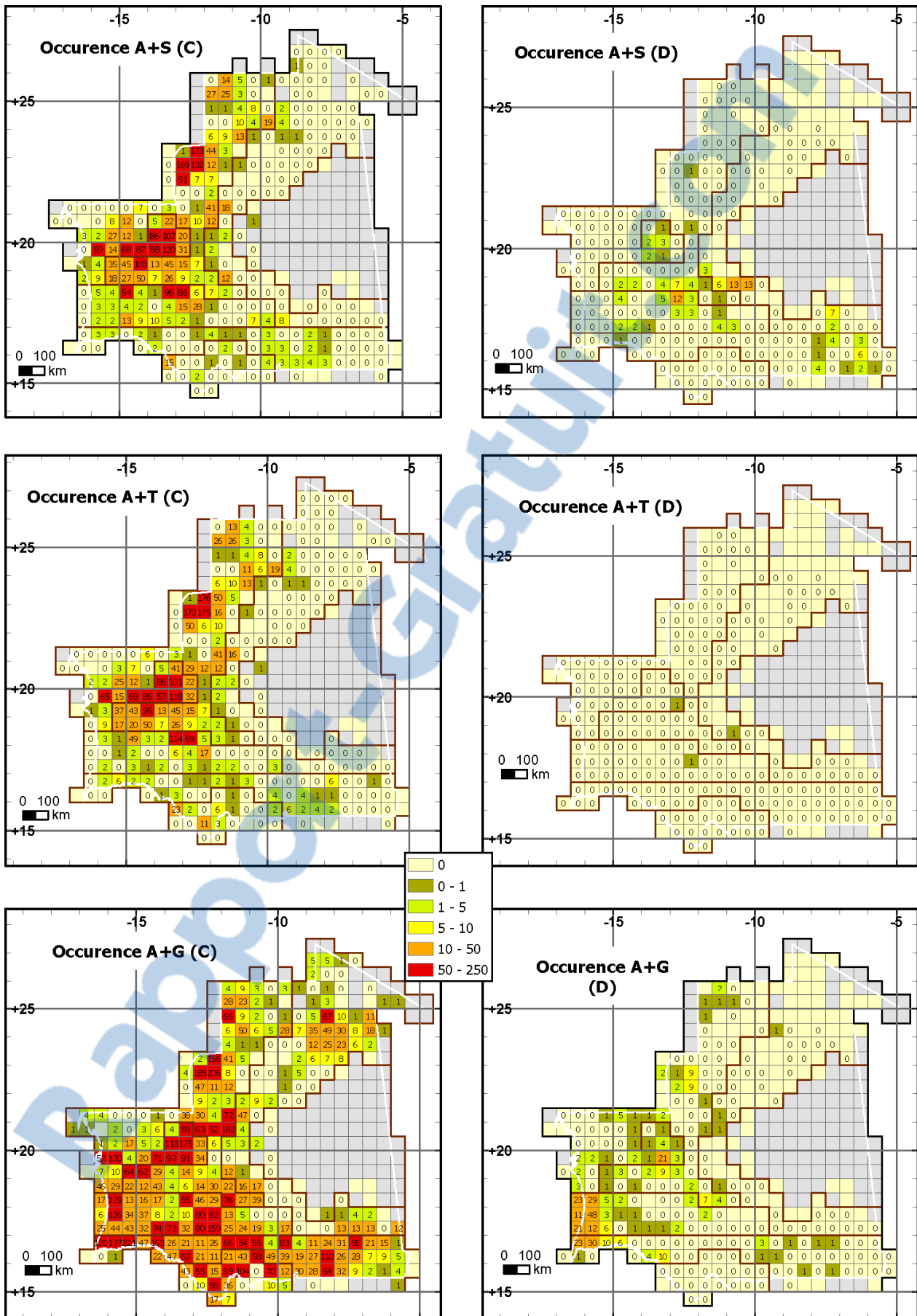


Fig. 23 : Cartes d'occurrence des ailés solitaires, *transiens* et grégaires en fonction des 4 types de situation acridienne.

R : rémission. S : resurgence. C : recrudescence/invasion. D : déclin.

Des présences réduites se dispersent autour de cette zone et aux environs de Zouerate, Bir Moghreïn et d'El Hank à raison d'une à 3 occurrences par quart de degré carré.

Occurrences des ailés grégaires en période de rémission

Les occurrences d'ailés grégaires, en période de rémission, sont quasi absentes. Seuls 13 degrés carrés se caractérisent par 1 à 3 occurrences. On les rencontre dans l'Inchiri autour de la zone de haute fréquence, Tidjikja, Sud d'Aïoun et dans le Tiris.

Occurrences des ailés solitaires en période de résurgence

Les occurrences des ailés solitaires, en période de résurgence, varie entre 1 à 34 dans l'espace limité par les parallèles 18°N et 20°N. Elles sont dispersées dans le centre du pays. Une fréquence de 16 occurrences est repérée dans la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) limitée au Sud par deux quarts de degré carré dont l'un abrite la plus haute fréquence acridienne (Nord-Ouest Tagant). À l'est du Tagant, le Sud-Ouest de l'Inchiri, le Nord de Boutilimitt, deux au Nord d'Assaba et entre Nema et Aïoun, il ya 6 quarts de degré carré avec des occurrences moyennes.

La distribution continue au Nord avec des occurrences plus faibles de 1 à 7 jusqu'à 23°N se limitant dans la zone de l'Adrar le Sud-Est du Tiris-Zemmour.

Occurrences des ailés *transiens* en période de résurgence

Les ailés *transiens*, en période de résurgence sont quasi absents, à l'exception de 4 quarts de degré carré avec une occurrence maximale de 5 dont une se trouve dans la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) et l'autre au Nord de Oualata.

Occurrences des ailés grégaires en période de résurgence

Les ailés grégaires en période de résurgence sont inexistantes.

Occurrences des ailés solitaires en période de recrudescence/invasion

Les occurrences des ailés solitaires, en période de recrudescence/invasion, sont situées, en majorité, à l'Ouest de 11°W, entre 17°00'N et 26°30'N, en s'étalant sur une bande oblique couvrant la partie centrale de l'Ouest et longeant la frontière Nord-Ouest jusqu'à Bir Moghreïn exception de tout l'angle de Dakhlett Nouadhibou qui est quasiment vide dans sa bande Nord et son angle Ouest. Cette bande d'occurrences est entrecoupée de zones tampon qui séparent des zones de fréquences fortes, d'un côté, entre l'Adrar et la zone de Zouerate et d'un autre, côté entre Zouerate et Bir Moghreïn.

Cinq zones de haute fréquence apparaissent, l'une est constituée de 2 quarts de degré carré dont l'ancienne zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) et une contigüe à l'Ouest, une située au Sud-Ouest d'Atar, un block de 6 quarts de degré carré qui s'étale jusqu'à Akjoujt et au Sud-Est de cette localité, une troisième autour de Zouerate de 4 quarts de degré carré. Deux autres, d'un quart de degré carré chacune sont à l'est de Nouakchott et dans la zone de Tijrit. Au milieu des ces zones se trouvent une multitude de zones de moyenne fréquence, ainsi qu'à l'est de l'Adrar, de Zouerate et des environs de Bir Moghreïn.

De faibles autres occurrences sont situées dans le Sud, le Sud-Ouest le Sud-Est jusqu'au 7°W.

Occurrences des ailés *transiens* en période de recrudescence/invasion

Les occurrences des ailés *transiens*, en période de recrudescence/invasion, sont situées, au Centre, en majorité, à l'Ouest de 12°W et entre 17°30'N et 23°00'N, au Nord à l'Ouest de 9°W et entre 21°N et 25°N. Le tout s'étalant, sous forme de bande oblique couvrant la partie centrale de l'Ouest et longeant la frontière Nord-Ouest jusqu'à Bir Moghreïn exception faite de l'angle de Dakhlett Nouadhibou qui est quasiment vide dans sa bande Nord et son angle Ouest. Cette

bande d'occurrences est entrecoupée de zones tampons qui séparent les zones de forte fréquence. D'un côté, entre l'Adrar et la zone de Zouerate et de l'autre, entre Zouerate et Bir Moghreïn quatre zones de haute fréquence d'ailés *transiens*, qui sont pratiquement sur les plans géographiques, composition et configuration, les mêmes que ceux occupés par les solitaires en pareille période soit, un quart de degré carré de l'ancienne ZHF avec une contiguïté à l'Ouest, 2 quarts de degré carré au Sud-Ouest d'Atar et 3 quarts de degré carré autour de Zouerate.

Au milieu de ces zones se trouvent une multitude de zones de moyenne fréquence, ainsi qu'au Sud-Est de la zone de haute fréquence, à l'est de l'Adrar, de Zouerate et des environs de Bir Moghreïn.

Deux autres zones à fréquences moyennes sont aussi localisées au Sud et l'Ouest du Gorgol. Des faibles autres occurrences sont notées dans le Sud et le Sud-Est.

Occurrences des ailés grégaires en période de recrudescence/invasion

Les occurrences des ailés grégaires couvrent l'ensemble du territoire à l'exception de la Majabât El Koubra. Les occurrences surviennent plus particulièrement dans le Sud, le centre du pays et, à un degré moindre, le Nord, sauf pour les blocs de Zouerate, d'El Hank et de Bir Moghreïn. Entre ces 3 blocs les occurrences sont variables.

Au Sud et au Centre, les occurrences élevées s'observent à partir de l'Ouest de la frontière Sud-Est jusqu'au littoral à l'Ouest. Les zones de haute et moyenne fréquence d'égales superficies se situent pour plus de 75 % d'entre elles au centre et au Sud et pour 25 % au Nord. Les zones de plus grande fréquence sont localisées dans le Sud-Ouest du Trarza, la zone du littoral au Sud de Nouakchott, l'est du Trarza et l'Ouest du Brakna, l'Ouest du Gorgol, le Centre du Guidimaka, le Sud de l'Assaba, le Nord-Est et Sud-Ouest d'Aïoun, l'Ouest et le Nord-Est de Timbedra (Hodh El Charghui), l'Ouest du Tagant, au centre et à côté, de la zone de haute fréquence, dans la partie Ouest, centre et est de l'Adrar, dans la zone Ouest de l'Inchiri, dans le banc d'Arguin. Au Nord, dans la zone de Zouerate, Nord d'El Hank et de Bir Moghreïn. Les zones de fortes concentrations sont séparées par des espaces intermédiaires. Ces espaces séparent, en partie, la bande Sud avec l'Adrar, l'Adrar et le Tiris et à l'intérieur du Tiris, un bloc au Nord du Hank, un bloc aux environs de Zouerate, un mini bloc aux environs de Bir Moghreïn. Les zones qui affichent les plus faibles fréquences d'occurrence d'ailés grégaires se situent, au niveau de trois angles frontaliers de Dakhlett Nouadhibou, de l'extrême Sud-Est (Boustella), du Nord-Est du côté de Tindouf qui présentent quelques quarts de degré carré à faible ou à très faible occurrence (soit de 0 à 5 par quart de degré carré).

Occurrences des ailés solitaires en période de déclin

Les occurrences des ailés solitaires, en période de déclin, sont relativement réduites. Seuls 42 quarts de degré carré sur 425 affichent des occurrences en cette période.

Les occurrences varient entre 1 à 13 occurrences par quarts de degré carré dont 3 de 12 et 13 occurrences et les autres entre 1 à 7. Les fréquences les plus élevées sont localisées par ordre d'importance dans l'est de Tidjikja avec 2 quarts de degré carré de 13 occurrences, la zone de haute fréquence avec 12 occurrences.

Occurrences des larves *transiens* en période de déclin

Les occurrences de larves *transiens*, en période de déclin, sont quasi-inexistantes. Seuls 3 quarts de degré carré apparaissent avec une seule occurrence chacun.

Occurrences des ailés grégaires en période de déclin

Les occurrences des grégaires, en période de déclin, sont en baisse sur le plan spatial. Seuls 75 quarts de degré carré sont occupés à des niveaux variables dont 6 entre 21 et 30 occurrences et le reste entre 1 à 11. La majorité de ces occurrences se retrouvent surtout au

Sud de 21°30'N avec des occurrences plus importantes sur le littoral entre Nouakchott et le Trarza ainsi qu'à l'Ouest de la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) tandis que le reste des occurrences est éparpillé avec de faibles occurrences à l'Est (dans le Hodh Elgharbi), dans l'Ouest (le Nord du Brakna et du Trarza), au Centre (dans l'Ouest et l'est de l'Adrar, l'Ouest de l'Inchiri) et au Nord (dans la zone de Zouerate, Bir Moghreïn et au Sud Ouest de celle-ci).

1.1.3.6.3. Carte globale des solitario-*transiens*

La figure 24 regroupe sur une même carte les quarts de degré carré où sont présents conjointement des solitaires et des *transiens* en période de rémission ou de résurgence. Ces occurrences s'étalent en majorité au Centre-Ouest et au Nord-Ouest dans la zone localisée au Nord du parallèle 17°30' N et plus intensivement au Nord de 18°N, jusqu'à 24°30'N et plus intensivement en dessous de 23°N.

Les quarts de degré de haute fréquence sont au nombre de 3 et sont localisés dans le centre et le Sud-Ouest de l'Inchiri et aux environs du Banc d'Arguin. Tandis que les quarts de degré carré de fréquence moyenne sont au nombre de 8, localisés à proximité de la zone de haute fréquence (Nord-Ouest Tagant) déjà identifiée, plus à l'Ouest dans la zone d'Aguillal FAYE ainsi qu'aux environs de Ouadane et de Zouerate.

Dans moins d'une dizaine de quarts de degré carré, les occurrences sont très faibles.

La figure 24 montre que les reproductions des solitaires et des *transiens* ont lieu surtout dans la zone autonome et en partie hivernale au dessus de 18°30'N. Les zones de hautes et moyennes fréquences sont localisées au Nord du Brakna, Est et Ouest Inchiri, dans les environs de Ouadane en Adrar et dans la zone de Zouerate et Fderick. La bande estivale du Sud est presque exclue des reproductions solitario-*transiens*.

1.1.3.6.5. Synthèse nationale : les acrido-régions

L'analyse et la cartographie des occurrences acridiennes observées, par phase et par stade phénologique, durant les 20 dernières années d'archives historiques du Criquet pèlerin en Mauritanie apporte des connaissances et précisions nouvelles sur les tendances saisonnières, les des trajectoires empruntées et des zones de reproduction des populations autochtones et allochtones. Ces connaissances complétées par l'expérience du terrain acquise pendant plus de 24 ans conduisent à mettre en évidence des territoires homogènes quant au comportement saisonnier du Criquet pèlerin, ce qui conduit à délimiter des régions cohérentes d'un point de vue acridien, que nous nommerons "**acrido-régions**". C'est essentiellement la répartition des larves solitaires qui a été l'élément discriminant pour tracer les frontières de ces acrido-régions (voir la figure 24).

Ces acrido-régions ont été conçues en prenant en compte les principales composantes biogéographiques du Criquet pèlerin en territoire mauritanien. Ainsi les 7 éléments suivants ont été retenus :

1. Une aire de reproduction estivale des solitaires (juillet à septembre).
2. Une aire mixte de reproduction des solitaires d'été-automne (juillet à septembre et/ou octobre à décembre).
3. Une aire de reproduction automnale des solitaires (octobre à décembre).
4. Une aire mixte de reproduction des solitaires d'automne-hiver (octobre à décembre/janvier à mars).
5. Une aire de reproduction hivernale des solitaires (janvier à mars /avril à juin).

6. Une aire de reproduction et/ou de dispersion des grégaires (toute l'année).
7. La Majabât El-Koubra (zone hostile et de transit).

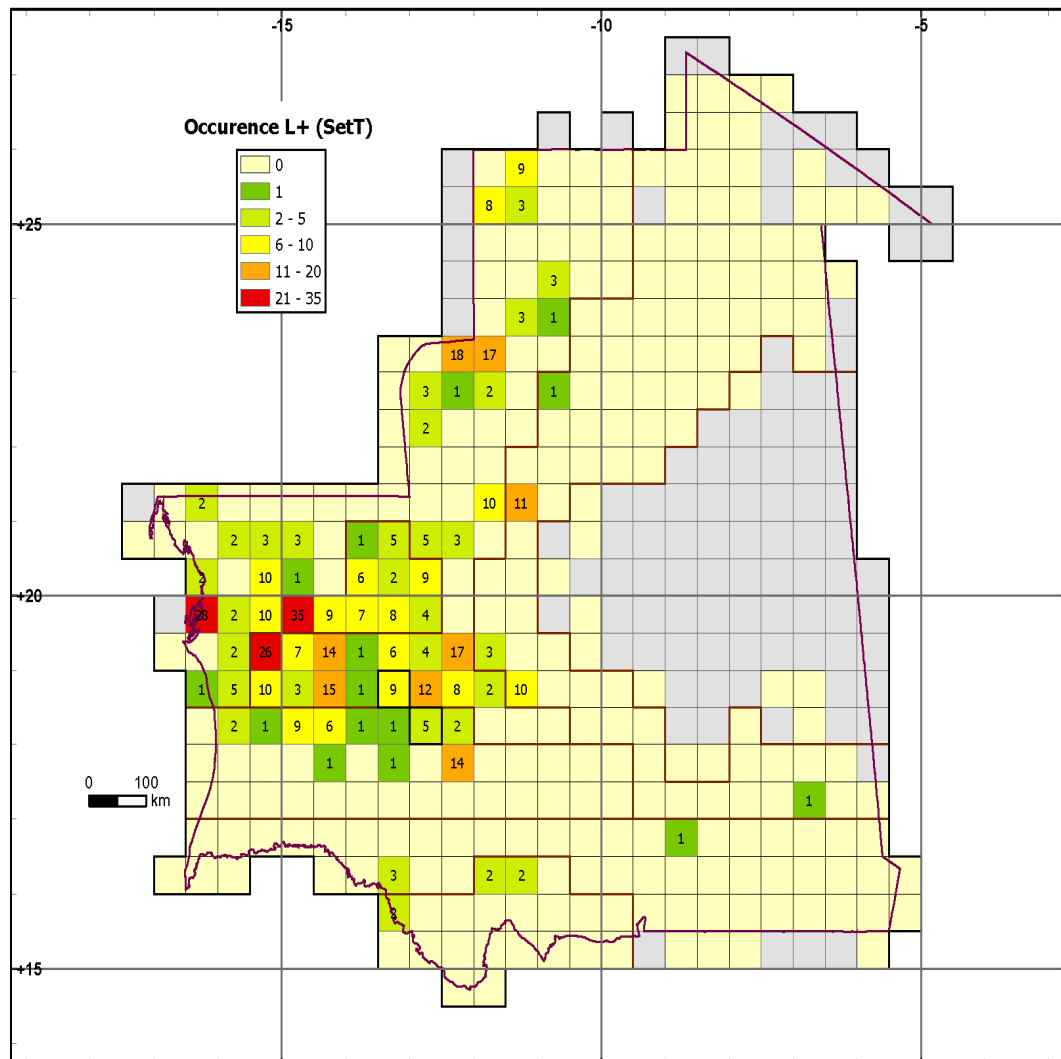


Fig. 24 : Localisation des foyers de grégation par une co-occurrence de solitaires et de *transiens* (population solitario-*transiens*) en période de rémission ou de résurgence.

Le Criquet pèlerin en phase solitaire va se déplacer des zones de développement estival au Sud, vers les zones hivernales au Nord et à l'Ouest. Globalement sur une année il va coloniser successivement la zone 1, 2, 3, 4 puis enfin la zone 5. Chaque zone a son fonctionnement et ses caractéristiques particulières.

1.1.3.6.5.1. L'aire de reproduction estivale des solitaires

Cette aire couvre globalement d'est en Ouest, le Sud du 17^{ème} parallèle N c'est à dire le Sud du Hodh Charghui, la partie orientale du Sud du Hodh El Gharbi, la partie centrale de l'Assaba à l'exception du Sud de Kankossa, la zone Sud-Est du Gorgol à l'exception de Mbout et de Maghama Elle exclue la Wilaya du Guidimaka.

Cette aire de reproduction estivale est située dans la zone sahara-sahélienne qui reçoit entre 200 et 260 mm par an dont la majorité durant l'été boréal. Elle sert de lieu de reproduction et

de dispersion pour les populations solitaires, en particulier durant la période de rémission, profitant des pluies de mousson, de l'humidité du sol et d'une végétation plus ou moins dense.

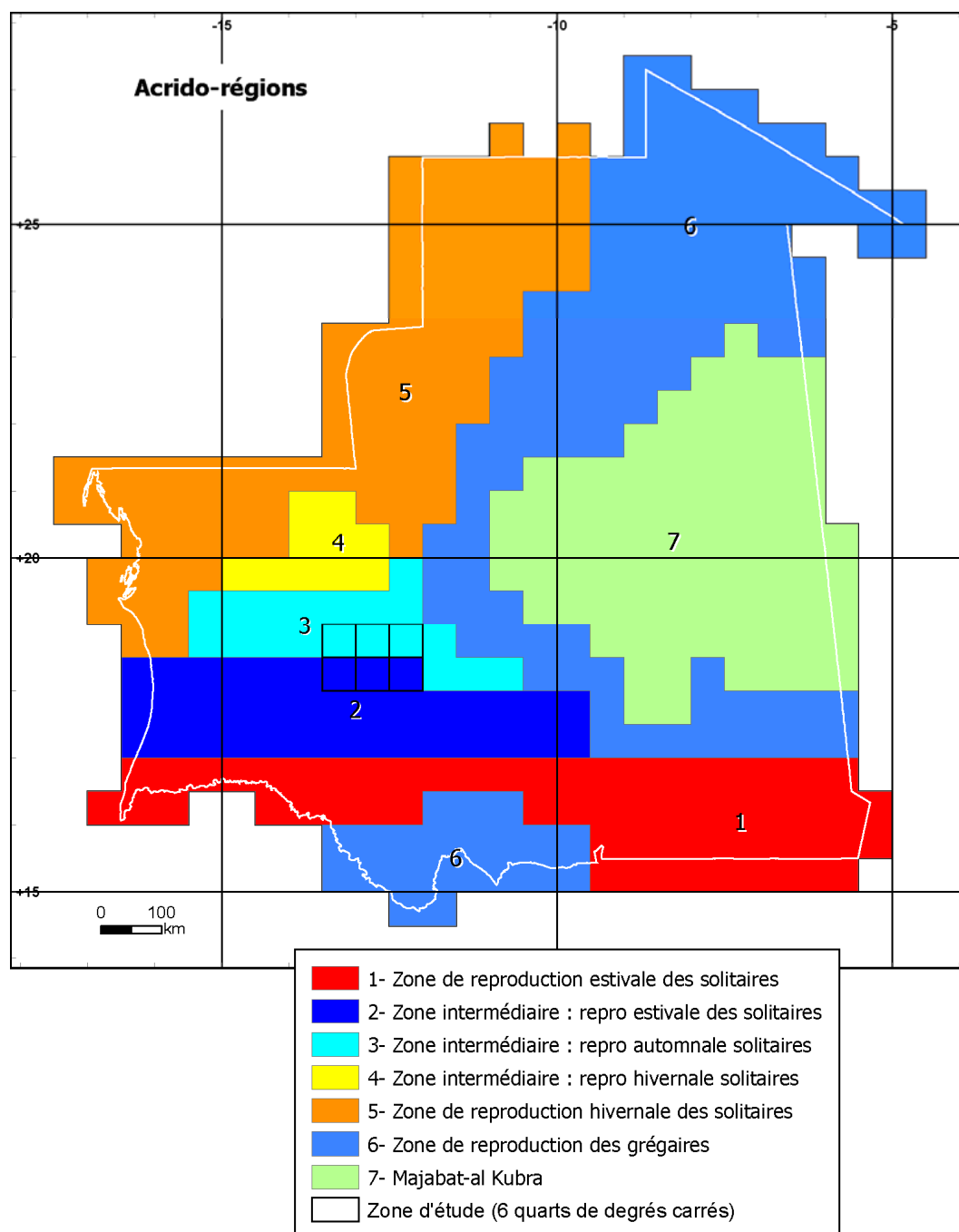


Fig. 25 : Les acrido-régions.

L'espèce végétale saillante est *Cenchrus biflorus* qui couvre, en fonction de l'importance, des pluies, la majeure partie de cette région. Son cycle de vie active dure 2 à trois mois, dépassant rarement le mois de septembre. Les sols sont sablonneux, limoneux, parfois localement argileux. Les températures dans cette période de (juillet- août -septembre) sont en moyenne autour de 30-32°C ce qui permet à ces populations, de faire, au moins une génération et parfois deux en cas de pluies précoces (dès le mois de mai ou de juin).

Les acrido-régions 2, 3 et 4 constituent trois variantes d'une même fonctionnalité mais avec des probabilités de fréquence saisonnière différentes. Il s'agit d'une zone intermédiaire servant

de trait d'union entre les reproductions estivales (mériidionales) et les reproductions hivernales (septentrionales). Chaque année l'ampleur, la période et la durée des phénomènes sont régies par la distribution spatio-temporelle des pluies et par les effectifs acridiens disponibles pour exploiter les conditions éco-météorologiques.

1.1.3.6.5.2. Aire mixte de reproduction des solitaires d'été-automne

Cette aire couvre la zone située d'une part entre 9°30'W et 16°30'W au niveau du littoral, à partir de 18°N et d'autre part, entre 12°W et le littoral, à partir de 18°30'N. Cette zone couvre le Nord-Ouest du Hodh Elgharbi (les Aoukers d'Aioun) le Nord-Est de l'Assaba (Boumdeid-Taskat) le Sud-Ouest du Tagant (Baten de la falaise du Tagant) et le centre et le Nord du Brakna et du Trarza ainsi que la région de Nouakchott.

Cette aire est située dans une zone qui reçoit entre 100 et 200 mm par an. Elle sert, là aussi en fonction des pluies, de relais pour les solitaires, entre la zone estivale et l'automnale. C'est une zone plus saharienne que sahélienne avec une diversité de végétation dont une partie est appréciée par le criquet solitaire. Il s'agit entre autres de *Tribulus allatus*, *Schouwia thebaica* par endroit en particulier dans l'Ouest de cette zone (Nord de Boutilimitt-Aguilal Faye) *Farsetia stylosa*, *Boheraavia repens*, *Cyperus conglomeratus*, etc.

Les sols y sont en majorité sablonneux ou sablo-limoneux et offrent, des conditions idéales de ponte et d'incubation quand ils sont humides.

Les températures moyennes durant la saison estivale (juillet à septembre) sont de l'ordre de 30° à 32°C à l'exception de Nouakchott et Rosso où elles oscillent entre 25° et 29°C. En automne (octobre-novembre) la baisse de température est limitée : 2° à 3°C de moins en novembre.

La présence des solitaires, dans cette zone est moins importante au niveau distribution que dans la zone estivale mais les effectifs par endroit peuvent être plus importants en particulier à partir d'octobre date à laquelle les arrivées en provenance de la zone de reproduction estivale souvent plus méridionale commencent à se faire sentir sous l'effet du dessèchement de la végétation et l'attrait des pluies d'octobre, réputées par les nomades sous leur nom d'« *octobrie* » en hassanya.

Certaines années, lorsque la mousson est puissante et que le FIT remonte au delà de 20°N, cette zone peut abriter une reproduction estivale exceptionnelle.

1.1.3.6.5.3. Aire de reproduction automnale des solitaires

Cette aire couvre une zone située entre 18°30'N et 19°30'N d'une part et 11°30'W et 15°30'W d'autre part, abritant le Nord-Ouest du Tagant, l'extrême Nord du Brakna et du Trarza, le Sud de l'Inchiri et de l'Adrar.

Les sols sont diversifiés ; ils sont sablonneux, sablo-limoneux, limoneux ou même localement argileux chargés de graviers et de cailloutis mais les sols à texture sableuse sont les mieux représentés. Les températures sont presque identiques à celles de la région précédente. Cette zone reçoit mais de façon plus intense les arrivages des solitaires issus de la zone estivale car les pluies automnales y sont plus régulières. De ce fait, elle abrite les foyers de plus hautes fréquences de solitaires enregistrées dans le pays, ce qui génère des regroupements et des

pullulations locales entraînant fréquemment des phénomènes de transformation phasaire (haute fréquence de *transiens* primitifs).

Sur le plan de la géomorphologie, elle est assez particulière avec ses modelés dunaires qui vont d'écailles de poisson à l'Ouest à des dunes ondulées séparées par des cuvettes intra dunaires de formes et de structures variables. Au Nord les interdunes sont étroites tandis que vers l'Ouest elles peuvent avoir une largeur de quelques kilomètres. A l'Ouest le fond des interdunes est formé d'affleurements rocheux couverts de cailloutis (reg) comme par exemple à Aguilal Faye. On observe parfois dans ces interdunes des buttes de grés ferrugineux ou des buttes plus basses de diatomites.

Les sols sont en majorité sablonneux à limoneux. La végétation annuelle se développe surtout sur les versants des dunes mais elle est également présente au sommet de ces mêmes dunes.

Cette zone est caractérisée dans sa grande majorité par le *Stipagrostis pungens* mais aussi du *Tribulus alatus*, *Heliotropium ramosissimum*, *Boerhavia repens*, *Schouwia thebaica*, *Cyperus conglomeratus*, l'écodiversité induite par les divers substrats se retrouve dans la phytodiversité.

1.1.3.6.5.4. Aire mixte de reproduction des solitaires d'automne-hiver

Cette aire est une zone de chevauchement, de transition entre les zones automnales et hivernales de reproduction. Exceptionnellement, elle peut recevoir des pluies estivales significatives mais la saison d'activité est essentiellement automnale, certaines années elle peut abriter une reproduction hivernale.

Elle couvre le Sud-Ouest de l'Adrar et le centre de l'Inchiri.

Le substrat dominant est constitué de regs caillouteux sub-plans dans le centre de l'Inchiri.

La plaine de l'Inchiri hérissée de petits inselbergs (eglab) est prise en charge par deux ergs étroits NE-SW : le Draa Malichigdane et l'Amatlich. Au Sud de l'Adrar se trouvent deux garas cultivables, celles de Yaghref et Graret Levrass colonisées certaines années par *Schouwia thebaica*.

Les pluies estivales de mousson sont généralement déficientes et les pluies automnales sont dominantes, localement renforcées par les effets de relief en particulier celui de l'Adrar. L'incidence directe des pluies est donc complétée par les effets du ruissellement et les zones d'épandage qui revêtent une importance non négligeable dans la dynamique des populations acridiennes.

Tout ceci permet de générer des reproductions solitaires dans cette région où la végétation est assez diversifiée mais aussi de plus en plus contractée.

1.1.3.6.5.5. Aire de reproduction hivernale des solitaires

Cette aire s'étire de Nouakchott à Bir Moghreïn. Elle couvre la Wilaya de Dakhlett Nouadhibou, de l'Ouest de l'Inchiri, du Nord-Ouest de l'Adrar et l'Ouest du Tiris-Zemmour.

Cette zone est caractérisée par des grands cordons dunaires (Azefal et Lehmami) séparés par des dépressions à modelés variables, ainsi que par des regs dans la partie Nord et quelques sebkhas sans compter la montagne d'Idjil la plus haute du pays et les eglabs (inselberg) du Tiriss ou ceux de la région de BirMoghrein. L'un de ces eglabs situés entre Zouerate est Bir Moghreïn a pour nom la montagne du criquet « Galb Ejrad ». La partie centre-Est de cette région est limitée par le "mur" de l'Adrar.

La végétation bien que rare en dehors des saisons pluvieuses est dominée, sur les ensablements dunaires par des *Stipagrostis*, sur les aluvions des oueds par du *Panicum turgidum* et du *Schouwia thebaica*, ainsi que du *Nuccularia perrini*. Bien que souvent légèrement salé, le sol se prête globalement aux pontes surtout sur les ensablements et dans les alluvions des oueds.

Les moyennes des températures minimales durant la période hivernale vont de 12° à 22°C tandis que les maximales vont de 26° à 41°C.

Ce qui a bien sûr un effet sur la durée de cycle de ces insectes dans cette région mais aussi sur l'accessibilité des biotopes car en deçà de 18°C en fin de journée les déplacements du Criquet pèlerin solitaire sont considérablement restreints (barrière thermique).

1.1.3.6.5.6. Aire de reproduction et/ou de dispersion des grégaires

L'ensemble du pays peut être concerné par les populations grégaires du Criquet pèlerin en fonction de la pluviosité, en particulier les régions les plus pluvieuses du pays (Guidimaka) dont la pluviosité annuelle (estivale) peut varier de 500 à 900 mm. L'extrême Nord-Est du pays est également concerné par des reproductions de grégaires mais elles ont alors lieu en période hiverno-printanière comme cela a été particulièrement flagrant en 1993-1994.

Écologiquement plus tolérants et aussi plus mobiles, les grégaires peuvent exploiter les pourtours de la Majabât Al Koubra, lorsque les conditions éco-météorologiques n'y sont pas trop défavorables.

Les grégaires, en effet n'ont pas de limites de régions et par conséquent ils exploitent l'ensemble des régions déjà définies. Ils peuvent pondre dans des sols très variés, même si parfois le développement embryonnaire échoue.

1.1.3.6.5.7. La Majabât Al Koubra

La zone de la Majabatt Al koubra n'est connue, ni par l'auteur, ni par les équipes anti-acridiennes. Les principales informations sur cette zone de plus de 250 000 km², jugée comme l'une des plus inhospitalières du désert saharien proviennent des écrits d'Ibn Battouta (1352), des résultats d'expédition faites par le Commandant Sevenet 1948 et surtout par Monod qui l'a parcouru plusieurs fois à dos de chameaux (1954-1955 et 1964).

La Majabatt Alkoubra est considérée par Monod (1980, 1958) « comme une seule énorme nappe de sable à la surface de laquelle le rôle respectif très variable des deux systèmes dunaires longitudinal et transversal va tendre à individualiser des régions : Taçarat et Lemreye voient prédominer l'ondulation transversale sans que l'élément longitudinal encore très discret et « amorti » en soit tout à fait absent tandis que Waran, Ijafoûn et Tamokraret voient le longitudinal l'emporter sur un transversal qui, ici, ne disparaîtra, jamais complètement ».

Monod signale également une végétation dans les différentes zones de la Majabatt Alkoubra, à dominance d'*Aristida pungens* (*Stipagrostis* sp.), *Aristida acutiflora* ainsi que par endroit *Cornulaca monacantha* et *Cyperus conglomeratus*.

Il signale avoir rencontré des populations grégaires de Criquet pèlerin de part leurs couleurs roses et jaunes sous forme d'individus et de groupes dans ces mêmes régions en décembre 1954 (on était alors en période d'invasion) sous des formes vivantes ou mortes. Cette mortalité, observée en plusieurs endroits indique-t-elle la difficulté de la traversée pour ces insectes ? Feu Ould Biya racontait que l'OCLALAV en 1968 avait tenté une prospection terrestre et avait dû se résigner très tôt à renoncer, en abandonnant deux véhicules. Une femelle a été trouvée morte, en oviposition dans des sables grossiers ; elle n'avait pu extraire son abdomen du sol.

Au cours, des derniers vingt ans de prospection terrestres, les pourtours de Majabât Al Koubra ont pu progressivement être surveillés sur des profondeurs allant jusqu'à deux degré carré du côté du Sud-Est (Nord Oualata) du côté du Centre (est Tidjikja à travers l'Adafer et Tichitt à travers le Dhar, Est Adrar, A travers Ain Safra) et du côté Nord à travers Ouarane et El Hank). Les endroits prospectés ont très rarement été occupés par les criquets à l'exception du Nord de Oualata dans le Sud-Est du pays, les environs d'Aïn Savra (Est Chinguetti) au Centre du pays et un peu du côté d'El Hank au Nord.

Ceci tend à confirmer le statut de cette région qui nécessiterait toutefois d'être prospectée en profondeur dès que les moyens terrestres le permettront. En attendant, les prospections aériennes doivent continuer de même que l'exploitation des images satellites accessibles.

1.1.4. Conclusion partielle

L'étude du Criquet pèlerin et de son environnement (méso-échelle) en Mauritanie à travers l'exploitation partielle de 45 années de données acridiennes (1962-2007) dont les vingt dernières sont les plus complètes et les plus détaillées, a nécessité un travail important de nettoyage, d'organisation et de classification des données sur des plans spatiaux, temporels et évènementiels.

La connaissance de la biogéographie du Criquet dans ce territoire de l'Ouest africain a sensiblement progressé démontrant entre autres :

- La très grande vulnérabilité de la Mauritanie au risque acridien, eu égard à un statut d'habitat permanent du Criquet pèlerin et de la très haute fréquence des événements acridiens (résurgence, recrudescence, invasion) qu'elle subit en moyenne 1 fois tous les deux ans, heureusement la plupart du temps sur des superficies limitées..
- L'existence de nouvelles zones acridiennes de reproduction de grégaires non connues par le passé, en particulier aux abords d'El Hank.
- la confirmation de l'existence de zones de haute fréquence de solitaires et de *transiens* dont les limites temporelles et spatiales ont été circonscrites avec une plus grande précision. Ces zones peuvent être considérées comme englobant les principaux foyers de transformation phasaire initiale (ou foyer de grégatisation) du Criquet pèlerin en Mauritanie.
- l'existence de sept grandes zones écologiquement complémentaires dans le temps et dans l'espace (les acrido-régions) qui peuvent être exploitées en alternance tout au long de l'année par des populations phasairement distinctes de Criquet pèlerin.
- La possibilité de voire se déclencher et se développer des résurgences locales moyennes à

fortes à partir des populations autochtones solitaires a été mise en évidence (2003-2004).

- L'existence d'interdépendances fortes entre le pays et ses voisins de la sous-région occidentale (niveau intra-régional) et inter-régionale (région centrale, mer Rouge) a été vérifiée à plusieurs reprises, faisant de la Mauritanie un pays clé dans la stratégie régionale globale de la lutte anti-acridienne. Les 3 derniers événements (1986-1988, 1993-1995, 2003-2005) ont apporté différents enseignements complémentaires qui confirment ces interdépendances.

Ces connaissances nouvelles ont eu une portée pratique immédiate : elles ont permis d'améliorer, de rationaliser les stratégies de surveillance et de lutte. Par cette contribution "théorique" les coûts de mise en œuvre des opérations de terrain on pu être réduits au niveau national mais aussi au niveau régional.

1.2. L'environnement du Criquet pèlerin en Mauritanie

1.2.1. Contexte géomorphologique

La Mauritanie, dont la superficie est de 1 036 000 km², est comprise entre les parallèles 14°50'N et 27°20'N et les méridiens 5°40'W et 16°50'W. Elle se rattache à 3 grands ensembles morpho-bio-climatiques (ou zones éco-climatiques) :

- le Sahara (Sahara occidental),
- la zone de transition saharo-saharienne,
- la zone sahélienne,

qui se distinguent, tant par les conditions climatiques et biogéographiques que par la morphodynamique actuelle.

Si on admet que le Sahara est circonscrit dans l'isohyète moyenne de 100 mm (cette ligne matérialise aussi la position moyenne la plus septentrionale du FIT), la partie saharienne de la Mauritanie, se situe donc au Nord de la ligne Nouakchott, Akjoujt, Atar, Chinguitti, Tichit, Oualata.

1.2.1.1. Les grands ensembles géologiques

De très nombreux travaux portant sur la géologie de Mauritanie, ont été publiés par des géologues et hydrogéologues de la Direction Fédérale des Mines de l'AOF, du Bureau de Recherches géologiques et minières (BRGM) ou par des géologues de l'Université de Dakar (Hebrard 1968) (Delpy 1959, Hebrard 1973, Tessier *et al.* 1961, Trompette 1973) sans oublier le précurseur que fut Théodore MONOD (Ould Cheikh *et al.* 2002).

À ces articles et ouvrages, il faut ajouter de très nombreux rapports techniques relatifs aux ressources minières et aux ressources et aux ressources en eau. Schématiquement nous pouvons distinguer les ensembles suivants (figure 26) :

1.2.1.1.1. Le socle pédiplané

Le socle pédiplané de la dorsale Regueibat, du Tiris, du Tasiast, de l'Amsaga et de l'arc des Mauritanides : il s'agit des terrains les plus anciens, datant du Précambrien, constitués de roches cristallines, volcaniques et métamorphiques extrêmement variées présentant des structures complexes : plissées, faillées, annulaires, massifs, intrusifs, batholites, sills, etc. Les régions

concernées, compte tenu de leur âge, ont connu une très longue évolution si bien qu'elles ne présentent comme de vastes plaines dont la monotonie n'est rompue que par des reliefs le plus souvent modestes, isolés ou groupés en archipels.

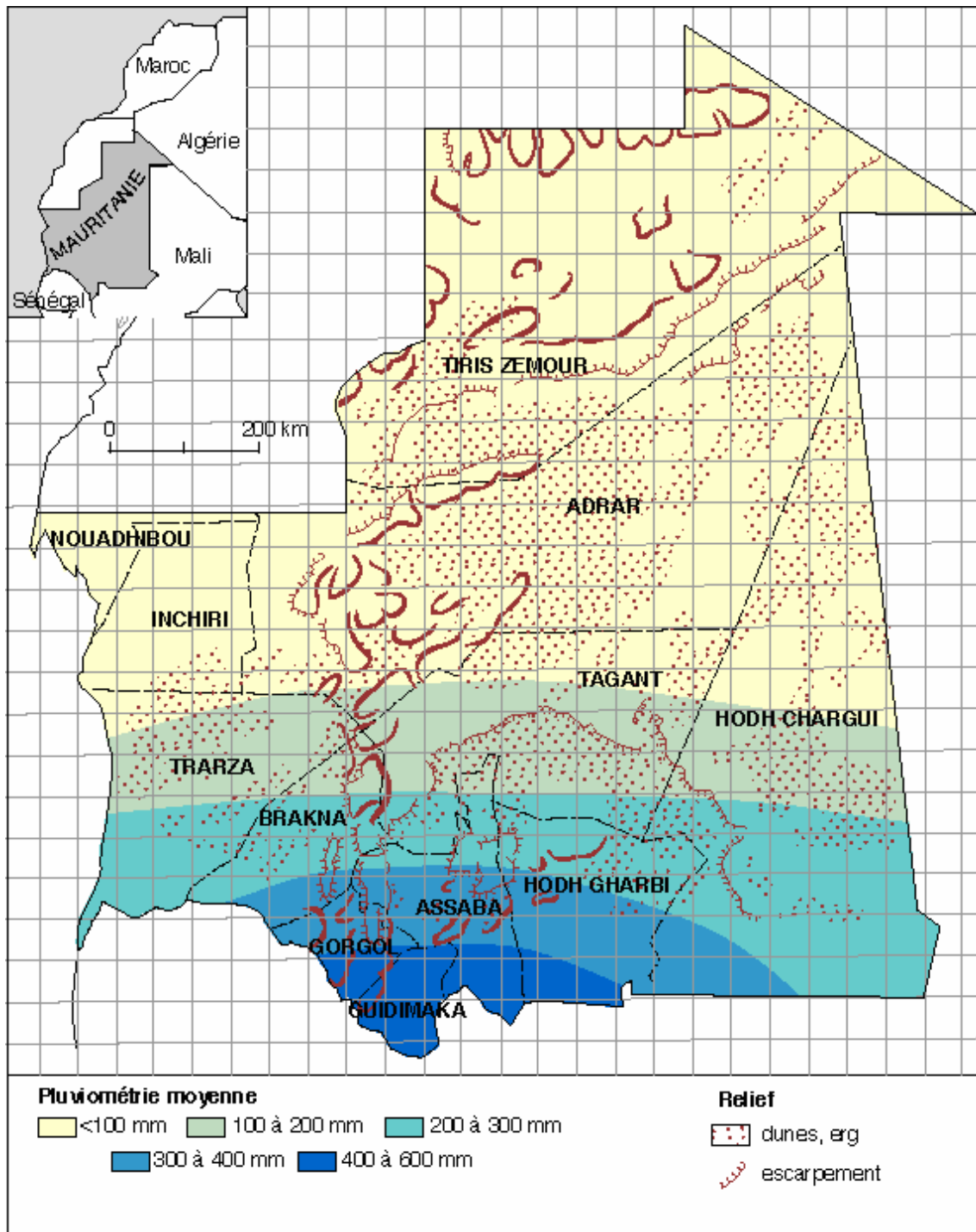


Fig. 26 : Carte des isohyètes moyens en Mauritanie

1.2.1.1.2. L'ensemble sédimentaire paléozoïque

Les formations sédimentaires de l'immense bassin de Taoudeni reposent à l'Ouest, en Mauritanie, sur le socle décrit ci-dessus. Il s'agit essentiellement de grès (grès siliceux, grès quartzites, grès (ferrugineux, etc.) alternant avec des formations argileuses (argilites) ou

calcaires fossilifères ou non dont l'âge est compris entre l'Infracambrien et l'Ordovicien. Leur épaisseur est estimée à plusieurs centaines de mètres. L'érosion multiforme a sculpté dans ces formations très épaisses les plateaux caractéristiques du Trab el Hajra.

1.2.1.1.3. Le bassin sénégal-mauritanien

Il s'agit là d'un bassin sédimentaire dont les formations sont d'âge Tertiaire et Quaternaire. Les roches y sont relativement variées : calcaires, grès, sables argileux, ferrugineux, comme c'est le cas dans le Gorgol entre Kaédi et Sivé. Le bassin occupe tout le Sud-Ouest et l'Ouest du pays. Ses formations sédimentaires sont recouvertes soit de cuirasses ferrugineuses soit par d'importantes accumulations sableuses.

1.2.1.1.4. Le Quaternaire

Le Quaternaire regroupe les formations géologiques les plus récentes. Généralement peu épaisses, on les retrouve dispersées sur toute l'étendue du territoire mauritanien. Il faut distinguer les formations d'origine marine de celles d'origine continentale.

Les **formations d'origine marine**. Les formations d'origine marine de l'Aftout et les dépôts coquilliers, calcaires et argileux plus ou moins riches en chlorures et en gypse (sulfate de calcium) qui tapissent le fond de l'Aftout : plaine littorale comprise entre les dunes du Trarza et le cordon littoral, comme le fond de la plaine de Nouakchott et de la sebkha de Ndrumcha, témoignent de l'existence de golfes marins plus ou moins vastes mais peu profonds qui se sont formés dans ces régions, au gré des variations du niveau de l'Océan Atlantique.

Les **formations d'origine continentale** : elles sont très variées et ont des origines diverses en relation avec les variations climatiques qui ont marqué le Quaternaire. Ainsi, si les argiles vertes (illite) des nombreuses sebkhas continentales, les croûtes calcaires, les conglomérats et poudingues des terrasses des Oueds, les dalles calcaires hamadiennes, les dépôts de diatomites et les dépôts coquilliers à melanies, bullins et planorbes n'ont pu se former et se constituer que pendant des périodes beaucoup plus humides que l'actuelle alors que les dunes et les champs de dunes ou ergs suggèrent plutôt sécheresse et aridité. Tous les grands ergs mauritaniens : Trarza, Akchar, Makteïr, etc sont d'âge Quaternaire.

Remarque : Les sables des dunes, les argiles les carbonates des dalles et croûtes calcaires proviennent de la désagrégation des roches du socle et des roches sédimentaires qui ont subi tout au long de l'histoire géologique, toutes les formes possibles de l'érosion, dans les contextes climatiques éminemment variés.

1.2.1.2. Les grands ensembles géomorphologiques

Les grands ensembles géomorphologiques, n'ont pas donné lieu à la même abondance d'études. Il faut néanmoins citer les travaux de Monod (1958), de Daveau (1967), de Toupet (1966), de Chamard (1973a, 1973b) et de Hugot (1977).

Faute de disposer d'informations précises sur tous les ensembles géomorphologiques, nous nous limiterons à la description de leurs caractères généraux.

1.2.1.2.1. Les pénéplaines à eglab

Elles constituent le paysage du Tiris, de l'Amsaga et de la région d'Akjoujt : des plaines immenses parsemées de reliefs isolés ou groupés en archipels, d'altitude modeste à l'exception de la Kedia ej Jill qui culmine à 915m ou des églab d'Akjoujt (501m). Les versants de ces reliefs, à pente généralement forte sont couverts de blocs patinés et partiellement ensablés ; ils sont incisés par des ravines colonisées par des arbustes.

Le passage à la plaine environnante est assuré par des glacis d'épandage à pente douce ou par des glacis regs.

Dans l'Amsaga, certains de ces eglab (inselberg) forment "des dos de baleines" dont les versants rocheux portant d'énormes dalles résultant du débitage de la roche en écailles (desquamation). La monotonie des plaines est rompue par des sills de dolérite NE-SW, NW-SE ou WNW-ESE, longs de plusieurs centaines de mètres et hauts de 0,5 à 3 mètres, qui favorisent l'accumulation du sable.

1.2.1.2.2. Les plateaux et les dhar

On peut citer l'Adrar, le Tagant et l'Assaba qui sont les plus importants par leur superficie et leur altitude mais aussi des plateaux plus modestes que sont ceux de l'Affolé et du R'Kiz ou les bas plateaux cuirassés du Gorgol.

Ces reliefs tabulaires, entaillés par des oueds (oueds Amojjar, oued et El Abiod ou oued Seguelil en Adrar) sont des reliefs de côte remarquables, leurs versants bordiers sont des fronts de côte simples, doubles ou triples (Dhar de Chinguetti) de 150 à 350m de commandement et leurs revers plus ou moins ondulés sont des surfaces structurales ou sub-structurales. Selon que les versants sont en pentes divergentes ou convergentes, ils sont rocheux ou couverts d'éboulis ou de cônes d'éboulis. La ligne de côte est rarement rectiligne ; elle est le plus souvent festonnée du fait de l'alternance de promontoires (tarf) et de rentrants (Kheneg) : c'est le cas du dhar de Chinguitti à l'est d'Atar ou du dhar qui s'étire sur des centaines de kilomètres entre Lekhcheb et Néma.

En Adrar, il faut également noter l'existence de deux dépressions fermées : la dépression du Chemchane qui s'allonge au pied du dhar de Chinguetti depuis Amojjar jusqu'à Tazazmout et dont le fond est occupé par la sebkha de Chemchane (3 000 km² de superficie) et la dépression circulaire du Richât à 100 km au NE de Chinguetti dont l'origine reste encore incertaine.

Ces plateaux de l'Adrar, du Tagant et de l'Assaba jouent le rôle d'impluvium; les précipitations plus abondantes que dans les régions environnantes provoquent la crue des plus grands oueds sont les eaux se perdent dans des dépressions de piedmont. C'est ainsi que se forment des mares importantes qui peuvent rester en eau plusieurs mois ; tel est le cas de la Tamourt en Na'aj à proximité de Mbeika dans le Tagant occidental.

1.2.1.2.3. Les ergs

Ils couvrent à eux seuls près des 2/3 de la superficie du pays. Les ergs de la zone saharienne sont : Iguidi, El Hmami, erg Chech, Azefal, Akchar, Makteir et l'immense Majabat-al Koubra (Ouarane, Ijafen, Mreyyé, Aouana et Adafer).

Dans la zone de transition Sahara-Sahel et dans la zone sahélienne, les principaux ergs (parfois jointifs) sont l'Amatlich, l'Amoukrouz, l'Aouker-Ouest, l'Aouker-Est, le Trarza, le Brakna et l'Ogol

Jusqu'à la fin de la décennie 60, c'est à dire avant la sécheresse actuelle, la grande majorité des ergs, tant sahariens que sahéliens (à l'exception de la Majabat et de l'Aouker-Est) avait les mêmes caractères morphologiques. Ils étaient formés de grands cordons quasi parallèles séparés par des dépressions tapissées de sable, de dépôts lacustres, de paléosols ils étaient orientés NE-SW ou ENE-WSW. Tel était le cas de l'erg Chech, de Makteir, de l'Akchar, du Trarza, de l'Amoukrouz pour ne citer que ceux là.

L'Aouker-Est, très homogène se caractérisait par des cordons NNW-SSE ou N-S dissymétriques (versants W plus raides que les versants E) séparés par des dépressions d'égales largeurs (1,0 à 1,5 km).

La Majabat al Koubra est un ensemble dunaire complexe homogène associant des unités morphologiques distinctes :

- cordon-dépressions ENE-WSW dans l'Ouarane et l'Ijafen.
- aklé : erg formé par la coalescence de dunes barkhanoides, dans l'Ouarane-Sud, l'Adafer el Abiod et aklé Aouana.
- Mreyyé : plaine sableuse à grande rides N-S espacées de plusieurs mètres.

Dans l'Aouker-Est comme dans la Majabat, à l'exception du Mreyyé, le plancher des dépressions intra-dunaires est sableux, rocheux (dans le cas d'un affleurement de roche ou de cuirasse) ou tapissé de dépôts lacustres (diatomites ou croûte calcaire souvent fossilifères).

Des changements récents sont intervenus dans la morphologie des ergs mauritaniens (toutes zones bioclimatiques confondues). Depuis 1968, la Mauritanie, comme l'ensemble des territoires saharo-sahéliens et sahéliens, a connu une nette diminution de la pluviométrie (déficit de 25 % entre 1968 et 1995), déficit pluviométrique qui a, dans certaines régions, dépassé 60% en 1971, 1972, 1983 et 1984 notamment. Cette sécheresse aggravée par une aridification croissante (augmentation sensible des températures minimales et moyennes) a principalement affecté le couvert végétal et tout particulièrement les ligneux (*Acacia senegal*, *Acacia raddiana*, *A. ehrenbergiana*, *Capparis decidua*, etc.). Espèces qui ont connu une forte mortalité dans des conditions topo-édaphiques défavorables : reg, sommet de dune, versants rocheux, glacis d'érosion, sol salés, etc.

La faiblesse de la pluviométrie et la fréquence accrue des sécheresses de 3, 5, 10 jours et plus pendant les saisons des pluies ont eu pour conséquence une mauvaise régénération du tapis d'annuelles, induisant sa discontinuité croissante.

Les herbacées vivaces, elles-mêmes ; *Stipagrostis pungens* et *Panicum turgidum*, ont enregistré une forte mortalité sur les épandages sablo-graveleux, en sommet des cordons dunaires ou dans les dépressions intra-dunaires à fonds limono-sableux ou argileux.

Au total, la sécheresse qui se poursuit actuellement a participé à la dégradation du couvert végétal et à son appauvrissement floristique : ce couvert est passé du stade diffus au stade contracté (Monod 1954).

Cependant, il est à noter que certains arbustes comme *Leptademia pyrotechnica* ou certaines herbacées comme *Panicum turgidum* ont bien résisté et que leur aire de distribution s'est étendue jusqu'au Sahel central où la pluviométrie est de l'ordre de 350 mm.

À l'effet sécheresse il faut bien entendu ajouter l'effet "coupe-coupe", les ébranchages répétitifs, la coupe pure et simple par les bûcherons et les charbonniers, le piétinement et le broutage des troupeaux.

Au total, on a donc assisté au cours des 3 dernières décennies, à la disparition ou à la raréfaction du couvert végétal herbacé sur de grandes superficies comme l'attestent les images satellitaires. Les sols à texture sableuse des dunes, qui avaient fait montre d'une stabilité assez remarquable jusqu'à 1968, grâce au bon état du tapis herbacé ont subi une érosion éolienne dès que celui-ci s'est dégradé. L'activité éolienne pendant les décennies 70 et 80 a été telle que les dunes et cordons NE-SW caractéristiques des ergs mauritaniens se sont couverts progressivement de dunes vives du type barkhanoïde évoluant localement en aklé ; les couloirs intra-dunaires comme d'ailleurs les plaines séparant les ergs, ont été colonisés par des barkhanes isolées ou groupées en rebt. On peut citer le Tirjit qui sépare l'Azefal de l'Aoukchar, l'Aftout Faye, entre les dunes de Tamachânet et celles de l'Aouker-Ouest ou l'Aftout Ajâr situé entre l'Amoukrouz oriental et les dunes du Trarza.

L'apparition de nouvelles dunes et l'ensablement de ces espaces ont singulièrement réduit le développement des graminées et autres plantes annuelles.

La morphologie des ergs mauritaniens, qu'ils soient sahariens ou sahéliens a totalement changé ; certains biotopes des ergs ont été profondément altérés et en particulier les entonnoirs (Khargé) qui caractérisent les aklés.

Remarque : La persistance des déficits pluviométriques, l'apparition de nouvelles dunes et de nappes sableuses ont, sans aucun doute contribué à modifier le bilan hydrique des sables dunaires.

Concernant la mobilité des dunes et des sables : si les barkhanes sont bien des dunes individuelles qui se déplacent dans le sens des vents les plus efficaces, les dunes vives qui couvrent les grands cordons (mis en place pendant la période aride 18 000 – 10 000 BP) sont stables puisqu'elles sont, au gré des saisons, modelées par des vents de direction opposées : alizés de saison sèche NE-SW, vents de mousson estivale : WE ou SW-NE et vents d'est associés aux lignes de grains.

Dans la zone saharienne où les seuls vents morphologiquement efficaces tout au long de l'année sont les alizés, les sables sont plus mobiles que dans la zone sahélienne mais ils s'accumulent sous le vent des obstacles végétaux ou minéraux en formant des nebkas ou des rebdous.

1.2.1.2.4. Les sebkhas

Il s'agit d'anciens lacs continentaux aujourd'hui desséchés ou d'anciens golfes ou lagunes littorales dont les dépôts argileux sont riches en évaporites, c'est-à-dire en sel (chlorure de sodium), en gypse (sulfate de calcium) et en carbonates (caractéristiques des bordures des sebkhas).

En Mauritanie les sebkhas sont très nombreuses : la plus vaste d'entre elles est la sebkha littorale de Ndrumcha au Nord de Nouakchott. Les sebkhas continentales sont pour la plupart situées dans zone saharienne : Sebkha Tourassine, Sebkha Iguetti, Sebkha Oumm ed Droûs Guebbi ou encore Sebkha ej Jill dans le Tiris, sebkha de Chemchane en Adrar de Mauritanie. La Sebkha ej Jill est la seule dont les dépôts renferment des bancs de sel gemme, qui ont été

exploités pendant des siècles. Les autres sebkhas continentales sont telles que leurs dépôts argileux contiennent de fines cristallisations de sel et des lentilles de gypse de petite taille.

Dans la sebkha de Ndrumcha, si le sel est présent sous forme de trémies, les cristallisations de gypse blanc sont impressionnantes sur sa bordure orientale.

Les sols salés des bordures de sebkha sont généralement couverts d'un tapis parfois dense de plantes halophiles *Suaeda* sp., *Salsola* sp., *Nucularia perrini* dans le cas des sebkhas continentales, *Zygophyllum waterlotii* et *Arthrocnemum glaucum*, à proximité de la sebkha de Ndrumcha. Le seul arbuste présent sur les sols argilo-sableux halotrophes de la périphérie des sebkhas est le *Tamarix* sp. qui « construit » des buttes pouvant atteindre 3 m de hauteur et plus (Sud-Ouest de la sebkha de Chemchane).

1.2.1.2.5. Les zones d'épandage (grara, graïr)

Elles se situent au débouché des grands oueds qui drainent les plateaux. En Adrar de Mauritanie, la zone d'épandage de Yaghref qui s'étend sur plusieurs milliers d'hectares entre le pied des grands versants du plateau et la bordure de l'Amsaga a été constituée par l'accumulation des alluvions sableuses et graveleuses apportées par l'oued Seguelil, pendant des millénaires.

La végétation y est abondante et variée qu'il s'agisse des ligneux : acacias divers (*Acacia raddiana*), *Zizyphus mauritania*, *Capparis decidua*, *Maerua crassifolia*, *Balanites aegyptiaca* ou des herbacées vivaces ou annuelles.

À l'occasion des fortes crues, les sédentaires y cultivent le sorgho et les pastèques. L'humidité des sols assez élevée de novembre à mars-avril s'explique peut être par la présence d'une nappe superficielle.

1.2.1.2.6. Les vallées d'oueds

Ces vallées encaissées et limitées par des versants raides sont sans rapport avec la modicité actuelle des écoulements. C'est dans leurs cours moyen et inférieur qu'elles sont les plus larges. Le lit des oueds, plus ou moins large, est encombré de blocs, de galets et de sables. Les rives comme le lit de ces cours d'eau à écoulement saisonnier sont parfois verdoyants. La végétation est assez fournie, il est vrai que la nappe d'inféoflux, peu profonde, est parfois alimentée par des sources permanentes (Terjit et Oujeft en Adrar). Ces conditions hydriques et hydrologiques sont favorables à la phéniculture.

1.2.1.2.7. Le lac de Rkiz (Sud du Trarza)

Ce lac, qui occupe une dépression intradunaire du Trarza méridional, est alimenté par les eaux du fleuve Sénégal grâce à un défluent de celui-ci au moment des hautes eaux, de fin septembre à la mi-décembre.

Les rives du lac sont colonisées par *Panicum subalbidum*, *Vetiver nigriflora*, *Panicum anabaptistum*, *Cyperus* sp., *Cyperus tenuispica*, *Vossia cuspidata*, *Typha* sp. alors que les dunes voisines sont couvertes d'une steppe arbustive typique du Sahel associant un tapis graminéen à *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula* et *Schoenefeldia gracilis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Ctenium elegans*, *Cynodon dactylon*, *Sesbania pubescens* à des ligneux : *Acacia nilotica*, *Acacia*

senegal, *Balanites aegyptiaca*, *Bauhinia rufescens*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Zizyphus mauritania*, *Combretum glutinosum*, *Guiera senegalensis*, etc.

1.2.1.2.8. Conclusion

De cette description des ensembles géomorphologiques et des caractères de la morphogenèse actuelle, il ressort que l'évolution des milieux désertiques, saharo-sahéliens est assujettie à un climat de plus en plus sec de plus en plus aride qui, en dégradant le tapis végétal, à exacerbé les actions éoliennes et transformé en moins de 4 décennies la morphologie des espaces dunaires, ubiquistes en Mauritanie.

Cette désertification progressive révèle la coexistence de milieux plus ou moins favorables à l'homme et à ses activités traditionnelles (élevage extensif, nomadisme, agriculture) mais tous également menacés par le risque acridien.

D'où l'idée de proposer ce classement non exhaustif des modelés géomorphologiques pour structurer le classement des biotopes acridiens :

- les modelés défavorables :
 - reg de dissociation sur affleurement rocheux ;
 - sommet de dune vive ;
 - épandage graveleux superficiel sur substrat rocheux ;
 - affleurement de diatomites ;
 - affleurement de roche ou de cuirasse ;
 - sols argileux et salés des sebkhas ;
 - sable gypseux (Est de la sebkha de NDRAMCHA)
- les modelés moyennement favorables :
 - cônes d'éboulis ;
 - épandage argilo-sableux ;
 - dépressions intra-dunaires tapissées de paléosols, de croûte calcaire (târous) ;
 - ergs remaniés par le vent ;
 - épandage sablo-graveleux des plaines à eglab.
- les modelés favorables
 - erg « elb-alâb » encore végétalisés
 - aklés végétalisés
 - cuvette lacustre et dépressions inondables ;
 - zone d'épandage (grara) ;
 - dépression intra-dunaire tapissée de sables limono-argileux ;
 - alluvions fluviales des vallées des grands oueds ;
 - piedmont sableux des plateaux ;
 - section aval des glaciaires d'épandage ;
 - cordon littoral (au Nord de Jreida) ;
 - dépression littorale (aftout-es-Saheli).

Cette typologie pourrait servir de base à une cartographie des secteurs à risque acridien en le croisant avec d'autres couches d'informations. Le seul modelé géomorphologique ne suffit pas pour décrire et classer les biotopes acridiens ; il faut intégrer les composantes "statiques" telle que le climat et le tapis végétal qui conditionnent la répartition de l'eau et enfin tenir compte des conditions météorologiques qui révèlent peu ou prou les potentialités des biotopes. Pour chaque biotope, les aptitudes pour le développement des acridiens sont à évaluer au travers :

- des apports hydriques, précipitation ou ruissellement,

- du bilan hydrique local, au niveau du biotope,
 - des conditions thermiques,
 - de la composition floristique apparente,
 - de la structure (hauteur et recouvrement des différentes strates végétales) et de l'état phénologique du tapis végétal,
 - des populations d'ennemis naturels,
- qui définissent les conditions écométéorologiques "dynamiques" et contribuent à structurer la mosaïque spatio-temporelle annuelle offerte au Criquet pèlerin.

1.2.2. La biogéographie

Avant 1940, alors que la connaissance du climat du Sahara était encore imparfaite. Gautier & Chudeau (1909), Chevalier (1933), Maire (1936), Zolotaresky & Murat (1938a) et Monod (1944) pensaient que les divisions biogéographiques du Sahara auquel se rattache en partie la Mauritanie, étaient principalement basées sur les données géobotaniques.

Aujourd'hui, 40 ans après le début de la sécheresse aggravée par un déficit pluviométrique persistant, il apparaît clairement que la délimitation des divisions biogéographiques implique également la prise en compte des données climatiques et plus précisément pluviométriques.

1.2.2.1. Les divisions biogéographiques

L'espace mauritanien peut être divisé en 3 zones biogéographiques :

- La zone saharienne où la pluviométrie annuelle est inférieure ou égale à 100 mm.
- La zone saharo-sahélienne entre les isohyètes 100 et 250 mm.
- La zone sahélienne entre les isohyètes 250 et 600 mm.

Le tracé de ces isohyètes a été précisé à partir des normales pluviométriques de la période 1969-1999 fournies par les services de la Météorologie nationale.

Durant les 4 dernières décennies, les isohyètes se sont déplacées, côté atlantique, de 80 km vers le Sud et à l'intérieur du pays de 150 km le long du méridien 13°W. Cette « translation » s'est traduite par le changement de statut des 3 zones biogéographiques. Ainsi la zone saharienne qui en 1968 incluait l'extrême Nord de l'Inchiri, de l'Adrar et de Zouerate-Tiris regroupe désormais l'Inchiri, l'Adrar de Mauritanie, le Zemmour-Tiris, le Nord du Tagant et les 2/3 Nord du Hodh El Charghi.

La zone sahélienne, quant à elle, ne couvre plus que le Sud du Trarza, du Brakna et du Gorgol, le Karakoro, l'Assaba et la vallée du fleuve Sénégal ; isohyètes 200mm passant par Mederdra, Aleg, Kiffa, Aioun El Atrouss et Timbedra.

Si la modification des limites des zones biogéographiques ne s'est pas encore traduite par le chargement de la composition floristique de l'ensemble des couverts végétaux zonaux il est indiscutable que le couvert végétal des ergs, des plaines sableuses et des épandages s'est dégradé au point que l'on assiste à des changements morphologiques très importants des ensembles sableux et notamment à l'apparition et à la prolifération des dunes vives de type barkhanoïde.

La permanence de la flore dans les « nouvelles » zones biogéographiques, s'explique par l'étonnante faculté d'adaptation de la majorité des espèces à l'assèchement et à l'aridification récent.

La sécheresse, la variabilité temporelle des pluies et de l'humidité dans l'horizon supérieur des sols sont à l'origine de la substitution du mode « contracté » de la végétation au mode « diffus » encore dominant à la fin de la décennie 50.

Nota bene

On ne peut que regretter que la mesure de la teneur en eau de l'horizon supérieur des sols ne soit pas faite systématiquement, elle est pourtant indispensable aux pédologies géomorphologiques et acridologiques sans oublier les botanistes et tous ceux qui interprètent les données satellitales.

1.2.2.2. La zone saharienne

Dans la zone saharienne les précipitations moyennes annuelles sont faibles ; les pluies sont d'origine moussonale (août, septembre, octobre) ou d'origine boréale (de novembre à mars-avril). A la station de Bir Moghren, à l'extrême Nord du pays, les pluies représentent respectivement 25,2mm (64,4% du total) et 13,9mm (35,5%). Si les pluies biologiques, les pluies boréales, aléatoires ou occidentales, survenant pendant l'hiver (période fraîche) permettent la reconstitution des prairies d'éphémérophytes appréciées tant par les camelins que par le Criquet pèlerin. Précisons toutefois qu'au Sahara, l'automne et l'hiver peuvent être totalement secs certaines années et parfois même pendant plusieurs années de suite.

Dans la zone saharienne, les espèces ligneuses et herbacées vivaces associées à des espèces herbacées annuelles sont relativement nombreuses. Parmi celles-ci on peut citer : *Acacia raddiana*, *Euphorbia balsamifera*, *Calotropis*, *Tamaris sp*, (espèces ligneuses), *Cormulaca monacantha*, *Atipagnostis pungens* et *Panicum turgidum* (graminées vivaces), *Linaria aegyptiaca*, *Barleria schenittii*, *Fagonia alivieri* (espèces de petites taille plutôt ligneuses) *Randonia africana*, *Pergularia tomentosa*, *Danthonia forsskaei*, *Caylusea hexgyna*, etc. herbacées vivaces certaines ont le port d'arbrisseau ou de buisson, etc. et *Schouwia thebaica*, qui certaines années forme des prairies verdoyantes recherchées par les dromadaires et les criquets.

1.2.2.3. La zone saharo-sahélienne

La zone saharo-sahélienne est une zone de transition où coexistent, dans les ensembles dunaires, les plaines sableuses et les glacis d'épandage, les espèces ubiquistes du Sahara : *Stipagostis pungens* et *Panicum turgidum* ainsi que des espèces annuelles sahéliennes comme *Cenchrus biflorus* lorsque les pluies estivales sont satisfaisantes tant du point de vue de leur abondance que de distribution temporelle.

Parmi, les ligneux on peut citer : *Acacia raddianna*, *Acacia nilotica* dans les dépressions humides, *Balanites aegyptiaca*, *Leptadenia*, *pyrotechnica*, *Caparis decidua*, *Combretum aculeatum*, (sur les plateaux), *Boscia sénégalsensis*, *Calotropis procera*, etc.

1.2.2.4. La zone sahélienne

En Mauritanie, seule la partie septentrionale du domaine sahélien est présente, elle couvre le Sud du Trarza, du Brakna et du Gorgol, le Guidimaka, l'Assaba et la vallée du fleuve Sénégal

(Chemama). Dans le sahel mauritanien, à l'exception des vallées des affluents du fleuve Sénégal, du Chemama, des bordures des gueltas (Assaba) et de la cuvette lacustre du R'kiz, la steppe arbustive est la formation la plus importante par sa superficie notamment dans le Trarza, le Brakna et le Gorgol. Elle constitue les années fastes, d'abondants pâturages.

Sa composition floristique est variée : *Cenchrus biflorus*, *Eragrostis tremula*, *Schoenefeldia gracilis*, *Chloris prierii* (graminées annuelles), *Andropogon gayanus*, (herbacée vivace) ainsi que les ligneux suivants : *Acacia senegal*, *Acacia seyal*, *Acacia nilotica* (R'kiz-Chemama), *Guiera senegalensis*, *Boscia senegalensis*, *Combretum aculeatum*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Ziziphus mauritania*, *Balanites aegyptiaca*, etc.

La steppe offre au bétail des pâturages de bonne qualité dont la productivité peut varier entre 0 et 1 000 kg m.s par hectare selon la qualité de la pluviométrie.

Si les épisodes pluvieux sont séparés par de longs épisodes secs (plus de 10 jours) il se peut que la productivité soit très faible même si la pluviométrie estivale totale est normale ou seulement légèrement déficitaire, comme ce fut le cas en 1983.

Dans certains secteurs et notamment au sommet des dunes la steppe ne se régénère plus du fait des déficits pluviométriques et du « surpâturage ». Les sols sableux dénudés sont la proie du vent qui les modèle en dunes vives.

1.2.2.5. Conclusion

Dans l'espace mauritanien qui connaît depuis 40 ans un déficit pluviométrique moyen annuel de 15 à 25 % selon les régions, l'état du tapis végétal dépend des éléments suivants :

- les caractéristiques de la pluviométrie ;
- la nature et l'humidité des sols ou de la faculté de ces derniers à thésauriser l'eau en fonction de leur texture ;
- des caractéristiques des unités géomorphologiques.

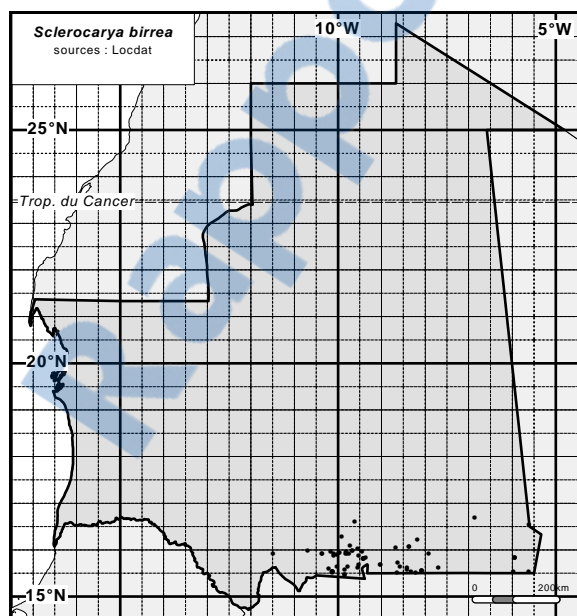


Fig. 27 : Chorologie de *Sclerocarya birrea*, espèce soudano-sahélienne.

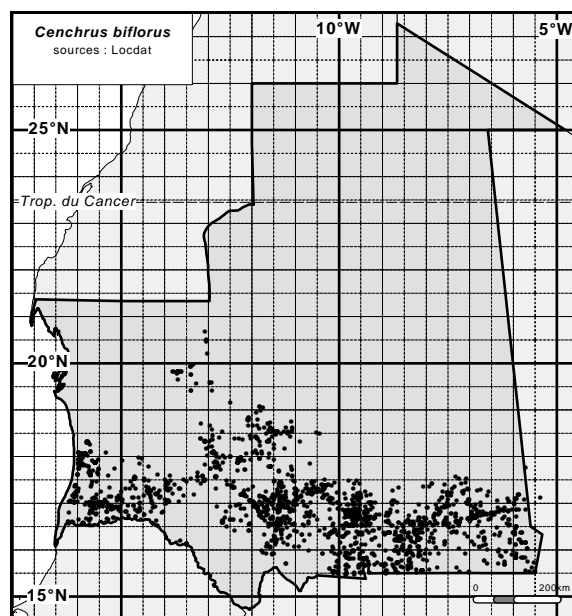


Fig. 28 : Chorologie de *Cenchrus biflorus*, espèce sahélienne.

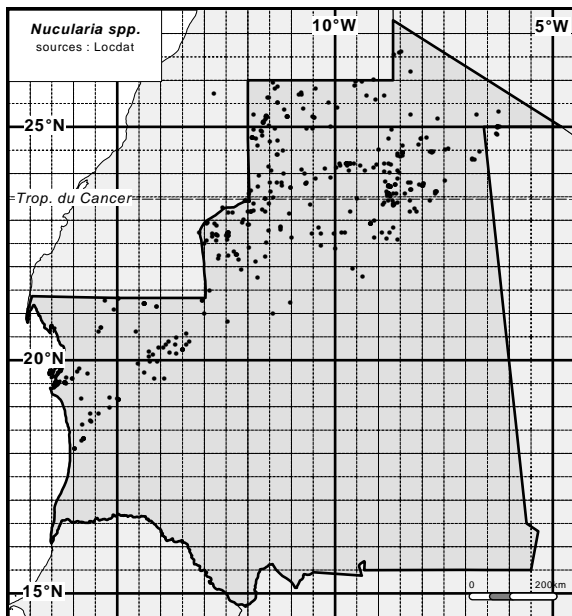


Fig. 29 : Chorologie de *Nucularia* spp., espèce méditerranéenne.

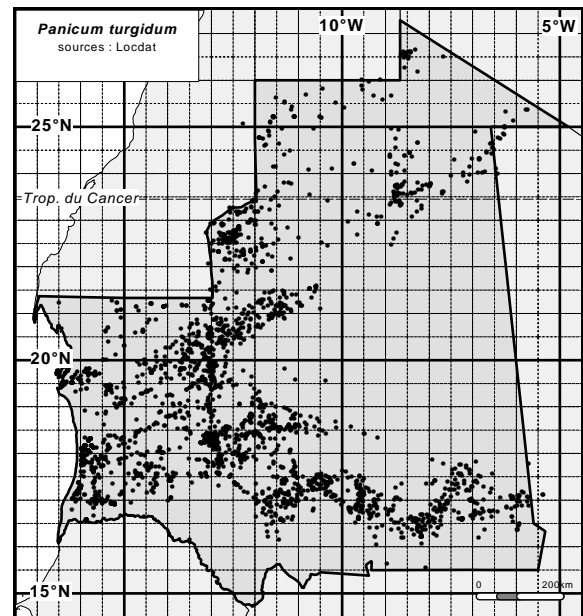


Fig. 31 : Chorologie de *Panicum turgidum*, espèce eury-saharienne.

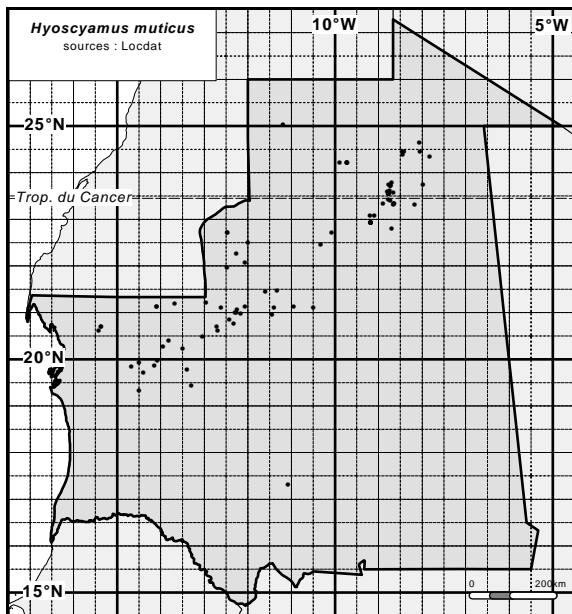


Fig. 30 : Chorologie de *Hyoscyamus muticus*, espèce saharo-méditerranéenne des zones humides.

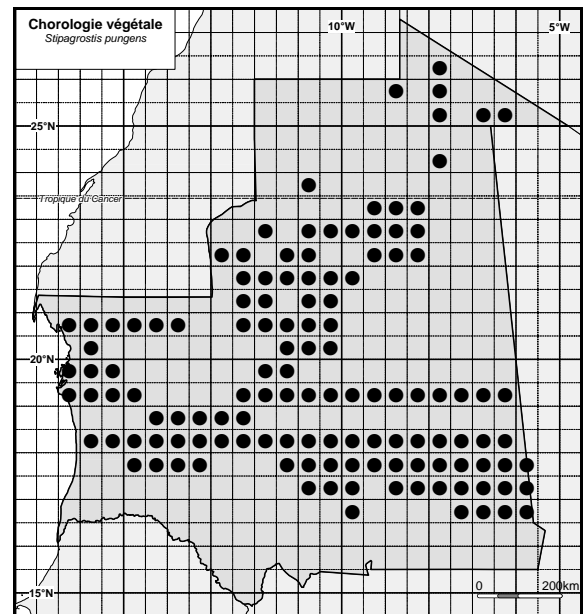


Fig. 32 : Chorologie de *Stipagrostis pungens*, espèce psammophile saharienne.

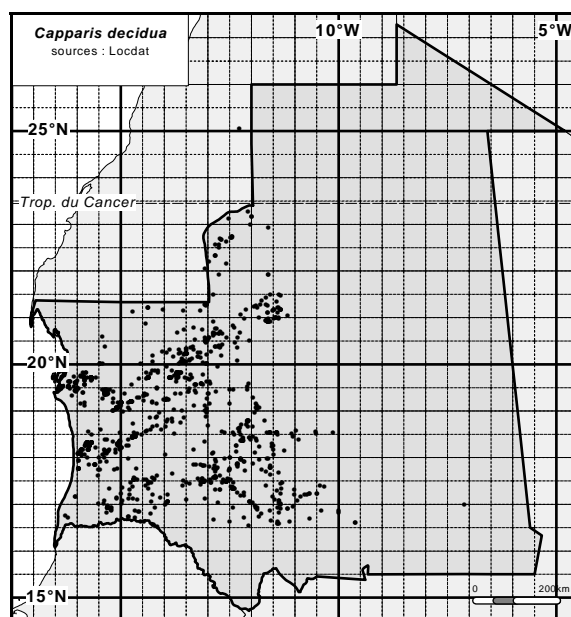


Fig. 33 : Chorologie de *Capparis decidua*, espèce saharienne.

Les figures 27 à 33 sont des projections de la chorologie d'espèces végétale issue de la base de données du CNLA de Mauritanie. Les espèces choisies sont typique de certains climats. On voit que la Mauritanie est au contact entre de multiples influences climatiques. Les deux principales étant la mousson sahélienne agissant au Sud et les pluies hivernales méditerranéennes agissant au Nord.

1.2.3. Les climats

1.2.3.1. La circulation générale de l'atmosphère sur l'Afrique intertropicale

La circulation générale de l'atmosphère et son dynamisme ayant fait l'objet de très nombreux travaux, nous nous limiterons ici au rappel succinct de ses caractères généraux.

Les climats et les types de temps de l'Afrique de l'Ouest et de la Mauritanie en particulier sont déterminés par les centres d'action (anticyclone des Açores, anticyclone maghrébin, anticyclone de Sainte Hélène et les basses pressions tropicales) et leur positionnement induit par le mouvement apparent du soleil et aussi par des masses d'air à caractères hygrométriques et thermiques différents (air tropical boréal, air tropical austral). La surface de contact entre ces deux masses d'air a pour nom "front intertropical de convergence" (FIT), elle est définie par une triple discontinuité de vent, de température et du point de rosée. La trace au sol du FIT qui correspond à l'axe des basses pressions tropicales est très mobile (des translations quotidiennes N-S ou S-N peuvent dépasser plusieurs dizaines de kilomètres).

Situation de janvier-février

Au début de l'hiver boréal les anticyclones des Açores et de Sainte Hélène occupent leur position la plus méridionale ; il en est de même du FIT qui ondule au Nord de l'équateur entre 2°N et 4°N.



L'Afrique de l'Ouest est sous l'influence de l'Air tropical austral (continental ou maritime), air frais et stable de plus en plus sec quand on s'éloigne de l'océan Atlantique.

Les flux, issus de l'anticyclone des Açores ou de la dorsale qu'il forme avec l'anticyclone maghrébin (anticyclone saisonnier), sont de trajectoire et de vitesse variables. Il s'agit des alizés : alizés maritimes de secteur NW à N dans les régions littorales, alizés semi continentaux et alizés continentaux de secteur NE à E. En bout de trajectoire les alizés continentaux sont de secteur E-ESE ; ce sont des vents chauds et secs, soufflant parfois en rafales : on parle alors d'harmattan.

Dans les régions sahariennes et saharo-sahéliennes, la formation de dépressions d'origine thermique est à l'origine de vents violents et turbulents qui déplacent les sables à la surface du sol (chasse-sable), ou qui soulèvent des particules minérales très fines jusqu'à plusieurs centaines de mètres d'altitude. L'abondance de ces particules injectées dans la troposphère est à l'origine d'une brume minérale appelée brume sèche. Les vents de sable sont plus ou moins fréquents; notons que depuis 1968 la fréquence des vents de sable, des chasse-sables est très élevée et que la durée totale des brumes sèches atteint ou dépasse 150 jours par an.

Compte tenu des caractères de l'air tropical boréal, la pluviogenèse est totalement inhibée mais il n'est pas rare d'observer des pluies parfois orageuses tant dans les régions sahariennes que sahéniennes. Il peut s'agir de pluies abondantes et intenses ou de pluies fines pouvant durer plusieurs jours consécutifs. Ces pluies sont importantes pour les éleveurs nomades des régions sahariennes et saharo sahéniennes car elles permettent la génération de "prairies" d'éphémérophytes, pâturages naturels de qualité, qui peuvent être la proie des criquets nomadisant.

Les pluies, qui surviennent dès novembre et jusqu'en février-mars, sont dites pluies de front polaire. Elles résulteraient de coulées d'air froid issues des hautes latitudes, qui en s'insinuant sous de l'air tropical maritime chaud et humide, seraient à l'origine de ces phénomènes pluviogéniques.

Situation de juillet-août

Au début de l'été boréal, les anticyclones des Açores et de Sainte Hélène, occupent leur position la plus septentrionale. Il en est de même des masses d'air et du FIT. L'air tropical austral a investi la majeure partie de l'Afrique occidentale et la trace au sol du FIT atteint et dépasse même parfois le tropique du Cancer (ce fut le cas pendant la décennie 50). Au Sud du FIT l'air tropical austral, chaud, humide et instable, plus ou moins épais, est le siège de phénomènes thermo-convectifs plus ou moins intenses selon l'état thermique du sol et de pluies plus ou moins abondantes dont la distribution spatio-temporelle est très inégale. C'est la saison des pluies dont la durée diminue du Sud vers le Nord. Dans les régions qui nous intéressent, la durée de la saison des pluies passe de 2 mois à Aleg (août-septembre) à moins d'un mois à Atar.

Dans les régions sahéniennes, sensu lato, l'essentiel des précipitations, est le fait de systèmes convectifs complexes que sont les lignes de grains. Ces dernières dont l'origine géographique et les modalités de formation sont encore mal connues, se déplaçant d'Est en Ouest à une vitesse pouvant dépasser 60 km/h, sur des distances de plusieurs centaines (voire milliers) de kilomètres. Elles sont précédées et accompagnées de vents tourbillonnaires soufflant en rafales qui injectent dans la troposphère des quantités énormes de poussières.

Les flux qui caractérisent l'air tropical austral, impulsés par l'anticyclone de Sainte Hélène sont au Nord de l'équateur, de secteur S à W. Ces vents, qualifiés de vents de mousson ou mousson, sont des vents plus réguliers plus soutenus que les alizés. En altitude à partir de 2 500m d'altitude, ils sont surmontés par des vents de secteurs E, véloces à très véloces,

auxquels on doit la trajectoire des lignes de grains (leur vitesse peut dépasser 120 km/h à 200 mb).

À la lumière de cette analyse de la circulation générale de l'atmosphère et compte tenu de la situation géographique de la Mauritanie, on peut affirmer :

- que le Nord du pays (au Nord de 20°N), sec ou hyper aride à l'exception des pluies d'hiver d'origine boréale, est le domaine des alizés ;
- que le Centre-Sud, situé dans le Nord de la zone d'action alternée des masses d'air boréales et australes, se rattache au domaine des alizés pendant la saison sèche (d'octobre à juillet) et à celui de la mousson de juillet à septembre inclus pendant la saison des pluies.

À ces flux de directions opposées (NE *versus* SW ou E *versus* W) il faut ajouter les vents d'est liés aux lignes de grains et les vents d'est d'altitude.

Cette analyse montre surtout que la circulation atmosphérique générale, les climats et les types de temps observables en Mauritanie permettent d'opposer le Nord désertique, sec et hyperaride au Centre-Sud sec et aride, deux espaces différents au plan éco-bio-climatique mais deux espaces que s'approprient le Criquet pèlerin comme cela a déjà été montré.

1.2.3.2. Données stationnelles

1.2.3.2.1. Sélection des données

Parmi les données météorologiques collectées et archivées par le service de la Météorologie nationale, certaines revêtent une importance particulière pour le Criquet.

Une sélection de ces données sur la base de l'intérêt acridologique a été réalisée :

- **la pluviométrie** : l'eau a une influence capitale pour le Criquet pèlerin car elle influe sur la disponibilité de la végétation qui sert d'abri et de nourriture à cet insecte alors que l'humidification des sols en surface favorise la ponte ;
- **la température** : la température joue également un rôle déterminant sur la dynamique des populations du Criquet pèlerin, car elle influence grandement sur la vitesse de développement et le déplacement des ailés (barrière thermique d'envol de l'ordre de 18°C) ;
- **le vent** : les vents influent sur les déplacements des ailés mais l'intérêt de leur analyse réside plus dans l'étude météorologique que climatique. La collecte et l'analyse des informations aérologiques quotidiennes pendant le déroulement de la campagne au jour le jour serait beaucoup plus avantageuses qu'une analyse globale des régimes des vents à différentes hauteurs, qui aboutirait forcément à une synthèse globaliste relativement peu explicative de la dynamique des déplacements du Criquet pèlerin ;
- **l'humidité relative** ;
- **l'évapotranspiration** : la confrontation de l'ETP avec la pluviosité permet d'évaluer les bilans hydriques.

La confrontation des températures et des pluies mensuelles permet de construire les diagrammes ombrothermique et de déterminer la durée approximative de la saison humide qui peut être confirmée par les diagrammes pluviométrie/ETP.

1.2.3.2.2. Les données disponibles

La carte des stations du service météorologique national dressée en (Ould Babah 2000) a permis de sélectionner une quinzaine de stations pour dégager les composantes climatiques principales. Ces stations ont été sélectionnées en fonction du nombre d'années disponibles (il faut 30 années pour accéder aux normales) et de leur position géographique eu égard à la caractérisation des zones d'importance acridienne.

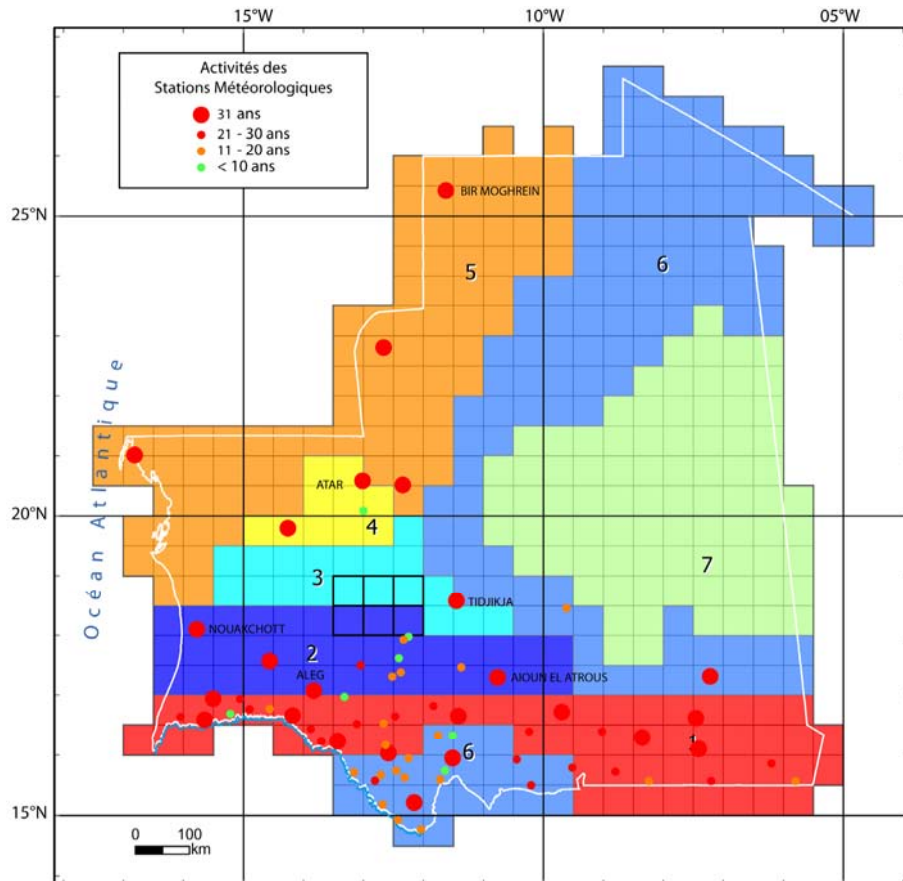


Fig. 34 : Réseau météorologique national mauritanien et Acrido-régions. Les numéros des acridorégions correspondent à ceux de la figure 18.

Tab. IX : Stations et données météorologiques utiles pour la caractérisation des climats.

Géo	Station	Pmm	Tmoy°C	ETPmm	Ombro	Bilhy	Latitude	Longitude
1	BIR MOGHREIN	ok	ok	ok	ok	ok	25.14	-11.37
2	ZOUÉRATE	ok	ok	ok	ok	ok	22.41	-12.42
3	NOUADIBOU	ok	ok	ok	ok	ok	20.56	-17.02
4	ATAR	ok	ok	ok	ok	ok	20.31	-13.04
5	CHINGUETTI	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	20.27	-12.22
6	AKJOUJT	ok	Nd	ok	Nd	ok	19.45	-14.22
7	TIDJIKJA	ok	ok	ok	ok	ok	18.34	-11.26
8	NOUAKCHOTT	ok	ok	ok	ok	ok	18.06	-15.00
9	BOUTILIMIT	ok	Nd	ok	Nd	ok	17.32	-14.41
10	OUALATA	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	17.17	-07.01
11	TAMCHAKETT	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	17.16	-10.43
12	ALEG	ok	ok	ok	ok	ok	17.03	-13.55
13	AIOUN EL ATROUSS	ok	ok	ok	ok	ok	16.42	-09.36

Géo	Station	Pmm	Tmoy°C	ETPmm	Ombro	Bilhy	Latitude	Longitude
14	KIFFA	ok	ok	ok	ok	ok	16.38	-11.24
15	NEMA	ok	ok	ok	ok	ok	16.36	-07.16
16	ROSSO	ok	ok	ok	ok	ok	16.30	-15.49
17	KAEDI	ok	ok	ok	ok	ok	15.14	-12.10
18	SELIBABY	ok	Nd	ok	Nd	ok	15.14	-12.10

Le nombre de stations fournissant des données complètes est relativement restreint, certains sites comme Chinguetti, Oualata Tamchakett font cruellement défaut et pourraient faire l'objet d'implantation de postes semi automatiques.

Tab. X : Tableau synthétique des données pluviométriques.

Station	Data	Pluviosité en mm						Pluviosité relative en %				
		T_1	T_2	T_3	T_4	T2+T3	Année	T_1 %	T_2%	T_3%	T_4%	T2+T3%
BIR MOGHREIN	moy	23	10	4	2	14	39	58	20	16	6	37
	min	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
	max	177	118	19	35		183	100	91	90	100	
ZOUÉRATE	moy	31	9	4	2	13	47	62	16	14	9	29
	min	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
	max	132	75	35	18		142	100	92	80	82	
NOUADHIBOU	moy	7	5	6	1	11	18	50	23	21	6	60
	min	0	0	0	0		0	0	0	0	0	
	max	28	80	68	5		108	100	100	100	100	
ATAR	moy	55	11	3	3	14	71	73	15	5	8	19
	min	2	0	0	0		7	11	0	0	0	
	max	165	62	27	21		207	100	79	37	89	
AKJOUJT	moy	50	8	2	2	10	62	85	9	5	2	17
	min	1	0	0	0		2	34	0	0	0	
	max	135	107	16	18		229	100	50	50	18	
TIDJIKJA	moy	78	7	4	9	11	99	84	6	3	8	11
	min	3	0	0	0		3	39	0	0	0	
	max	272	51	43	105		340	100	27	30	48	
NOUAKCHOTT	moy	75	8	5	1	13	89	86	9	5	1	15
	min	2	0	0	0		2	57	0	0	0	
	max	194	75	31	17		217	100	44	31	12	
BOUTILIMIT	moy	118	10	4	3	14	135	87	7	3	4	10
	min	2	0	0	0		11	18	0	0	0	
	max	257	101	61	23		330	100	31	32	64	
ALEG	moy	185	15	4	9	20	213	85	6	3	6	9
	min	30	0	0	0		79	36	0	0	0	
	max	386	185	46	78		574	100	32	39	65	
KIFFA	moy	228	18	1	21	20	268	85	6	1	9	7
	min	84	0	0	0		101	64	0	0	0	
	max	495	188	12	70		602	100	31	6	36	
AIOUN EL ATROUSS	moy	173	14	1	18	15	206	84	6	0	9	7
	min	79	0	0	0		89	56	0	0	0	
	max	374	75	9	79		383	100	30	7	42	
NEMA	moy	191	9	2	21	11	224	85	4	1	11	5
	min	27	0	0	0		43	49	0	0	0	
	max	431	94	43	98		453	100	27	13	46	
ROSSO	moy	195	16	5	7	22	223	88	6	3	4	10
	min	27	0	0	0		37	30	0	0	0	
	max	365	130	84	38		386	100	39	37	33	
KAEDI	moy	242	16	2	17	19	278	87	6	1	6	7
	min	87	0	0	0		105	59	0	0	0	
	max	473	97	47	79		578	100	29	15	25	
SELIBABY	moy	420	29	1	52	30	501	83	6	0	11	6
	min	145	0	0	0		277	50	0	0	0	
	max	800	91	9	166		955	100	23	2	32	

1.2.3.2.2.1. La pluviométrie

Pour les quinze stations pluviométriques disponibles, la pluviométrie moyenne (une trentaine d'années) a été calculée pour l'année, par trimestre et pour le semestre regroupant les 2^{ème} et 3^{ème} trimestres (tableau X).

Le tableau X est complété par la figure 35 qui illustre les particularités géographiques de la pluviosité saisonnières en Mauritanie, toujours sur la base de la pluviosité trimestrielle.

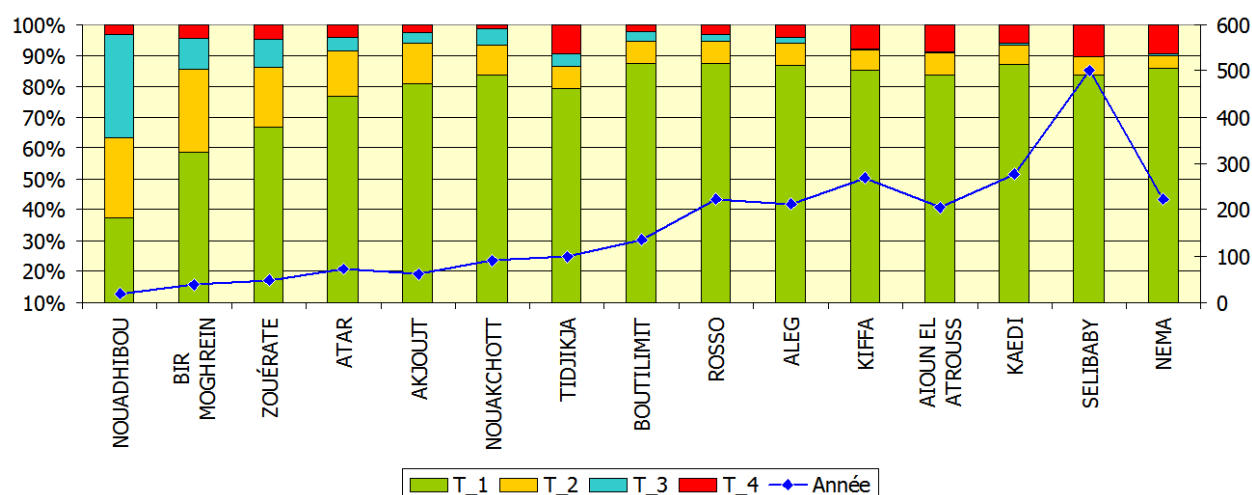


Fig. 35 : Pluviométrie trimestrielle relative de 15 stations mauritaniennes classées de gauche à droite en fonction des latitudes décroissantes.

Les tableaux de pourcentage démontrent clairement la disparité entre le Nord et le Sud sur le plan saisonnier tel que détaillé plus haut mais aussi entre l'Ouest et l'Est.

Ils illustrent également l'analyse faite plus haut concernant la circulation atmosphérique générale. Les climats et les types de temps observables en Mauritanie opposent le Nord désertique, sec et hyperaride au Centre-Sud sec et aride.

Dans le Sud les pluies sont essentiellement d'origine moussonnales, alors qu'au Nord et à l'Ouest (Nouadhibou et accessoirement Nouakchott) sur le littoral elles sont d'origine océanique (atlantique) avec une augmentation des pluies de saison fraîche vers le Nord. Le Centre-Ouest du pays est ainsi placé au contact d'influences diverses et complexes induisant une variabilité interannuelle importante des volumes et des dates de pluies.

1.2.3.2.2.2. Les températures

Les températures mensuelles (minimales, maximales et moyennes) des stations de référence sont regroupées dans le tableau XI. Les températures supérieures à 34°C sont surlignées en brun alors que les températures inférieures à 18°C le sont en bleu.

Tab. XI : Tableau synthétique des données de températures.

Station	data	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	MOY
BIR MOGHREIN	max	18,9	22,0	23,3	25,9	28,7	31,0	34,8	34,9	32,4	29,1	24,5	19,3	27,6
ZOUÉRATE	max	21,5	24,0	26,5	27,1	30,6	32,2	35,6	34,8	34,1	31,3	25,4	22,1	27,3
NOUADIBOU	max	20,9	23,0	23,2	22,0	22,3	23,9	23,3	25,0	26,5	25,5	23,4	21,7	22,5
ATAR	max	27,5	30,2	32,6	35,8	38,8	41,8	41,9	41,4	40,3	37,4	32,6	28,5	35,7
TIDJIKJA	max	27	30,1	32,9	36,3	39,3	40,9	39	38	38,1	36,7	32,2	27,7	34,9
NOUAKCHOTT	max	22,5	27,7	26,5	27,6	28,1	29,2	28,4	29,5	31,4	30,5	27,0	25,1	26,7
ALEG	max	30,8	33,7	34,5	37,7	41	40,3	37,9	37,1	37,2	38,2	35,1	30,8	36,2
KIFFA	max	25,6	29,1	31,7	34,6	37,3	36,8	35,5	33,2	33,0	33,3	29,5	25,5	31,1
AIOUN EL ATROUSS	max	26,5	29,6	32,4	34,6	37,3	36,7	35,4	32,3	33,3	33,6	29,5	25,7	30,8
NEMA	max	28,6	31,0	33,9	35,9	37,9	36,9	34,7	32,6	34,2	34,6	30,8	26,7	31,5
ROSSO	max	24,9	27,3	30,1	30,2	32,1	32,5	31,5	31,5	32,2	32,6	29,2	25,8	29,5
KAEDI	max	26,4	30,9	32,0	35,1	36,4	35,5	33,3	31,8	32,4	33,5	31,1	27,4	31,3
BIR MOGHREIN	min	14,8	16,1	17,1	12,1	13,0	22,2	19,7	19,4	16,8	15,9	18,5	14,2	17,9
ZOUÉRATE	min	16,2	17,4	19,2	21,3	23,3	27,3	30,2	17,5	29,4	25,9	21,4	17,1	24,9
NOUADIBOU	min	17,1	17,4	17,2	15,8	18,6	20,1	20,8	21,8	18,8	21,2	18,9	17,2	19,7
ATAR	min	13,8	16,4	18,4	20,9	24,5	28,1	28,4	28,5	27,7	24	19,3	15,7	22,1
TIDJIKJA	min	13,5	15,7	18,4	21,6	25,2	28,1	27,1	26,5	26,2	23,7	18,8	14,6	21,6
NOUAKCHOTT	min	8,9	19,5	20,7	21,4	22,7	24,2	25,6	26,7	27,7	27,0	23,6	19,0	23,9
ALEG	min	15,4	16,8	19,7	22	25,2	24,2	23,6	24,4	24,8	24,6	20,5	16,6	21,4
KIFFA	min	19,8	22,7	25,8	28,9	32,7	33,7	30,7	28,7	28,6	29,0	25,0	20,0	28,4
AIOUN EL ATROUSS	min	19,6	21,9	25,8	29,5	32,9	34,1	30,3	28,5	29,1	29,7	24,5	19,4	28,3
NEMA	min	21,3	23,4	27,0	30,5	33,8	34,2	31,4	29,2	30,3	31,3	26,3	21,4	29,3
ROSSO	min	9,2	10,4	11,2	13,7	16,7	22,3	24,0	24,2	24,1	23,7	17,3	9,8	18,6
KAEDI	min	20,6	24,3	27,0	28,8	32,4	31,7	28,8	20,3	28,5	28,6	26,8	21,9	27,8
BIR MOGHREIN	moy	17,0	18,7	20,7	21,6	23,9	26,9	30,8	31,6	28,9	25,1	21,0	16,7	23,6
ZOUÉRATE	moy	19,1	20,9	22,9	24,5	27,1	30,2	33,1	32,8	31,6	28,1	23,6	19,5	26,1
NOUADIBOU	moy	18,5	19,2	19,7	19,7	20,3	21,6	22,2	23,4	24,1	23,2	21,3	19,3	21,0
ATAR	moy	20,2	22,2	24,5	26,8	30,1	33,6	34,3	34,1	32,8	29,8	25,2	20,6	27,9
TIDJIKJA	moy	20,6	23	25,6	28,5	31,8	34,3	33,1	32	31,7	30	25,4	21,1	28,1
NOUAKCHOTT	moy	20,7	22,4	23,7	24,0	25,2	26,6	26,7	28,0	29,2	28,4	25,2	22,1	25,2
ALEG	moy	23,5	25,5	27,6	30,2	33	32,5	31,1	30,6	30,8	31,4	27,9	24	29
KIFFA	moy	22,8	25,4	28,6	31,8	34,8	35,3	32,8	31,0	31,3	31,2	27,5	23,4	29,7
AIOUN EL ATROUSS	moy	22,7	25,5	28,6	31,7	34,8	35,3	32,5	30,5	31,1	31,6	27,6	23,2	29,6
NEMA	moy	24,2	27,0	30,1	33,2	35,9	35,7	32,7	31,0	32,0	32,8	29,1	24,8	30,7
ROSSO	moy	22,2	24,0	26,0	27,4	29,0	30,0	29,6	29,6	29,9	30,2	26,8	23,1	27,3
KAEDI	moy	24,3	27,1	29,7	32,3	34,4	33,7	31,5	29,8	30,3	31,5	29,0	25,2	29,9

La figure 36 fournit les courbes de températures mensuelles moyennes. On distingue trois types de courbes :

- les stations de type sahélien avec un pic principal de températures durant le deuxième trimestre, assorti d'un second pic en fin de saison des pluies (à la charnière du troisième et du quatrième trimestre ; pour toutes ces stations les températures mensuelles moyennes restent élevées, ordinairement supérieures à 22°C.
- Les stations centrales et septentrionales avec un seul pic thermique durant le troisième trimestre. Les températures moyennes y sont moins élevées mais les températures minimales nettement plus basses, descendant fréquemment en dessous de 18°C durant les mois de décembre, janvier ou février.
- l'influence marine se fait nettement ressentir en adoucissant les saisons chaudes sans pour autant adoucir les saisons froides.

Différents termes de transition apparaissent dans la zone centrale en fonction des gradients de continentalité et de l'altitude.

La température a une influence sur la vitesse de développement donc sur la durée du cycle biologique du Criquet pèlerin.

En haute température (au-delà de 32°C), les œufs effectuent leur développement et éclosent en près de 10 jours. La maturation des jeunes ailés est également rapide et le cycle biologique total s'accomplit en un peu plus de 2 mois. Au contraire, à basse température la durée de l'évolution va être plus longue et la maturation va être plus tardive. Ainsi à 10°C ou 15°C, le développement embryonnaire peut atteindre deux mois et le cycle peut s'étaler sur plus de six mois en période hivernale.

Par ailleurs, les basses températures entravent le déplacement des solitaires. Ainsi est-il établi qu'en dessous de 18°C les imagos du Criquet pèlerin ne volent plus ou très difficilement (Duranton & Lecoq 1990) : 18°C constituent une barrière thermique qui limite considérablement les déplacements des solitaires car ceux-ci se déplaçant à la tombée de la nuit il faut une température de plus de 18°C en fin de journée (18h00) pour que les populations conserve une mobilité significative.

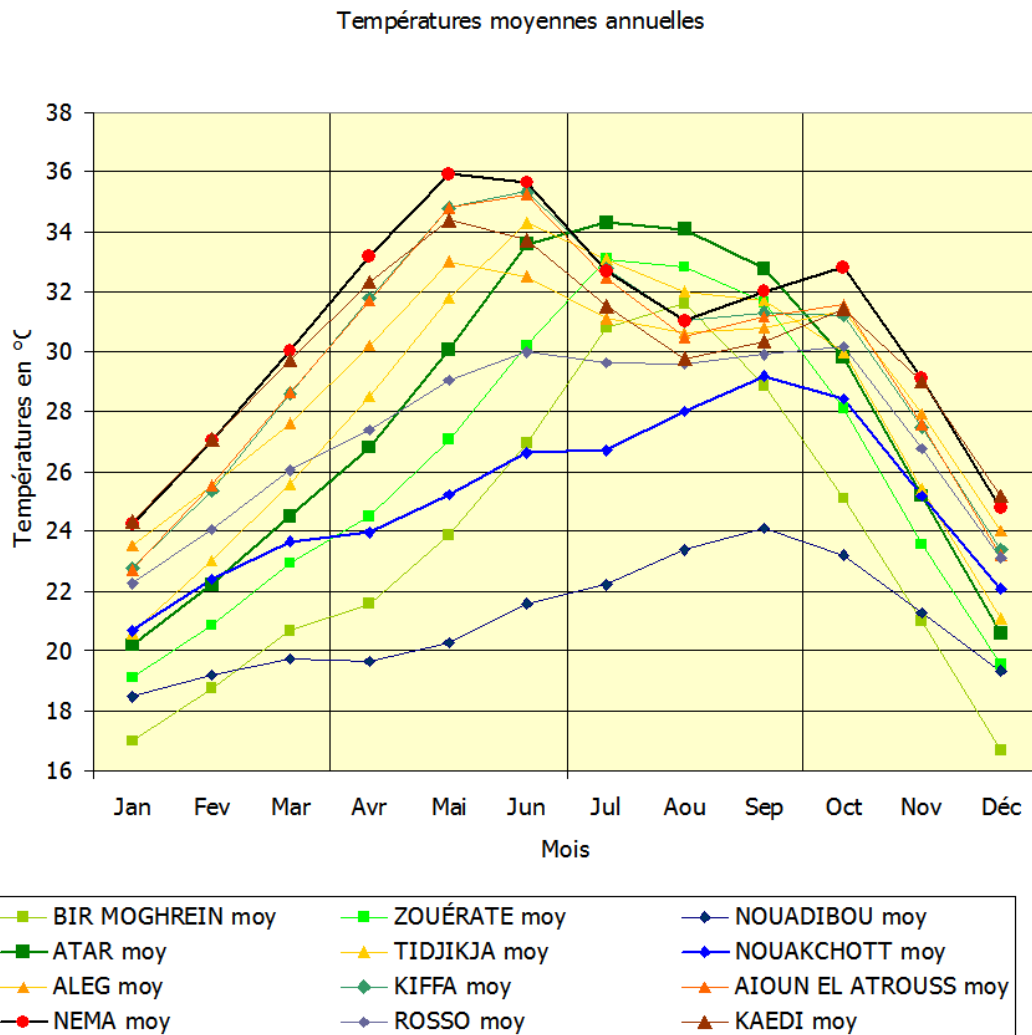


Fig. 36 : Graphe des températures mensuelles moyennes en °C des stations climatiques de Mauritanie.

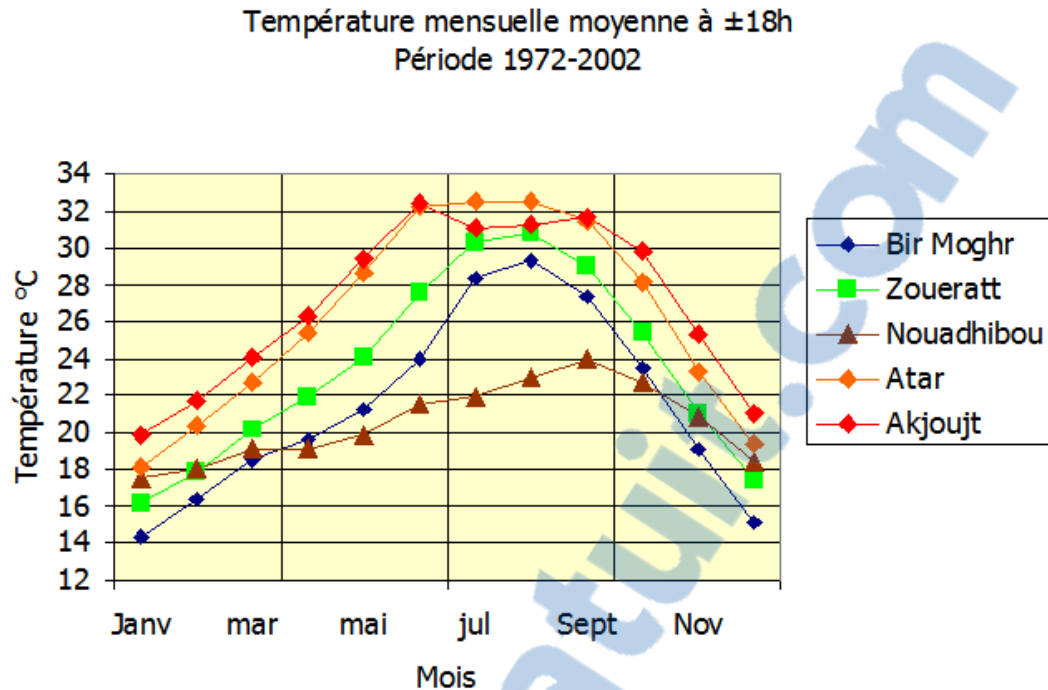


Fig. 37 : Estimation des températures moyennes vers 18h00 pour 5 localités du Nord de la Mauritanie.

En Mauritanie, il est observé une accélération du cycle biologique en période estivale (juin-septembre) et un ralentissement du cycle biologique en particulier à partir de novembre et surtout entre décembre et février. Il faut, toutefois, souligner une assez grande variabilité interannuelle pour les températures minimales hivernales.

Les effets de la barrière thermique sur les déplacements risque surtout de se faire sentir dans le Nord du pays. Il a été procédé à une évaluation de la température à 18h00 pour les 5 stations disponible de cette région (figure 37).

Ainsi, voit-on que la barrière thermique pour des solitaires est susceptible de concerner les régions de Bir Moghreïn, Zouérate, Nouadhibou (situées au-delà de 21°N) et pour une moindre part Atar durant 2 à trois mois de l'année (décembre, janvier, février). L'incidence des basses températures est importante pour la redistribution des populations solitaires en période hivernale, chaque hiver, il importe de déceler le front de pénétration qui est donc étroitement dépendant des conditions thermiques pour le vol et des conditions hydriques pour le développement embryonnaire et l'alimentation. On retiendra donc une probabilité non négligeable de la barrière thermique pour les solitaires :

- de 4 mois par an (décembre-janvier-février-mars) pour Bir Moghreïn,
- de 3 mois par an (décembre-janvier) pour Nouadhibou,
- de 3 mois par an (décembre-janvier) pour Zouérate.

1.2.3.2.2.3. Les diagrammes ombrothermiques

Les diagrammes ombrothermiques et de bilan hydrique simplifié (figure 38) permettent de mieux cerner les caractéristiques de 6 stations météorologiques mauritaniennes.

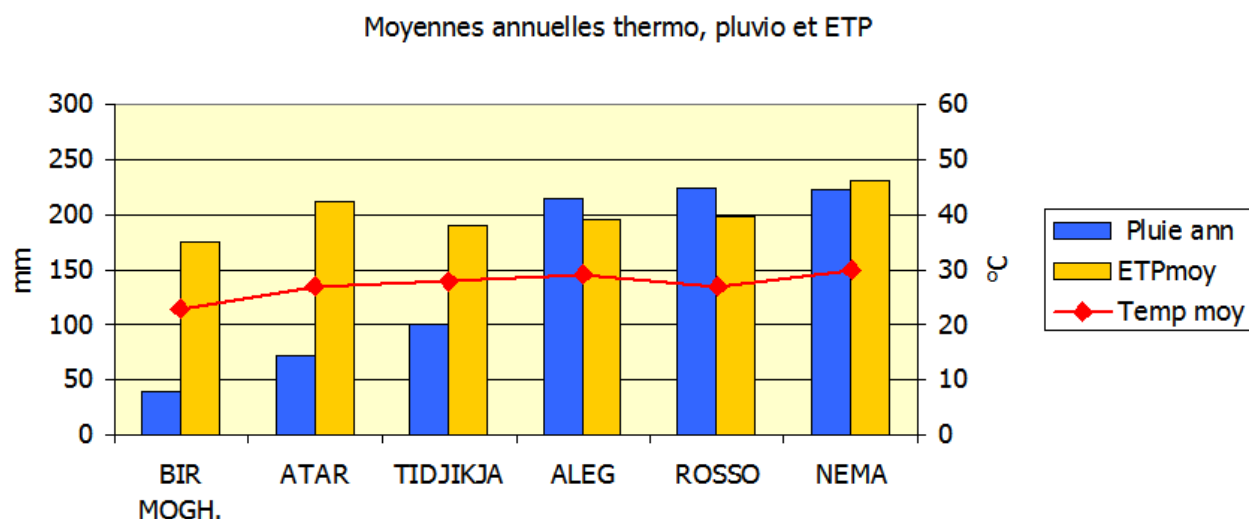


Fig. 38 : Diagrammes ombrothermiques et de bilan hydrique simplifiés de 6 stations de Mauritanie.

L'évaluation de la durée de la saison humide diffère légèrement selon la méthode bioclimatique utilisée mais les tendances sont respectées :

- la durée de la saison humide est courte voir nulle, elle varie de 3 à 0 mois du Sud vers le Nord
- l'importance des pluies automno-hivernales croît du Sud au Nord.

Tab. XII : Nombre de mois humides sur 15 stations météorologiques en Mauritanie

Ordre	Station	Nb de mois humides	
		selon diagramme ombrothermique P-T/2	selon bilan hydrique P-ETP/4
1	BIR MOGHREIN	0	0
2	ZOUÉRATE	0	0
3	NOUADHIBOU	0	0
4	ATAR	0	0
5	AKJOUJT		0
6	TIDJIKJA	0	0
7	NOUAKCHOTT	0	0
8	BOUTILIMIT		1
9	ALEG	2	3
10	AIOUN EL ATROUSS	1	1
11	KIFFA	2	3
12	NEMA	1	3
13	ROSSO	2	3
14	KAEDI	3	3
15	SELIBABY		3

Les diagrammes ombrothermiques de cinq stations (figure 39) ont été replacés sur la carte de Mauritanie, illustrant les principaux pôles climatiques et soulignant l'ampleur des gradients climatiques qui contraignent le développement acridien.

L'analyse des Diagrammes ombrothermiques et de bilan hydrique des 5 stations de Bir Moghreïn, Atar, Tidjikja, Rosso et Nema nous montre un gradient progressif N-S des températures et de la pluviométrie moyenne annuelle.

On voit, ainsi, que la moyenne annuelle des températures et aussi des pluies est plus basse au Nord au niveau de Bir Moghreïn, station la plus septentrionale de plus de 4° au Nord (23,6° et 40 mm par an et elle augmente à partir d'Atar de plus de 4° de température et 33 mm annuelle. Elles montent à Aleg au centre Ouest du pays sur le plan température de 2° mais pratiquement triple sur le plan de la pluviométrie avec une moyenne annuelle de 214 mm. À Rosso dans l'extrême Sud Ouest (sur le fleuve Sénégal) la température est de l'ordre de 27,3 et la pluviométrie atteint 225 mm par an ; niveau pluviométrique qui est d'ailleurs égal à celui de Nema, à une distance de plus 1 100 km au Sud est du pays, par contre la température moyenne annuelle est de 30°C.

1.2.3.2.2.4. Analyses fréquentielles

Pour chaque station ont été élaborés :

- un tableau des fréquences relatives mensuelles des pluies qui est fournit en annexe II,
- un diagramme de bilan hydrique (P mm x 4 ETP mm).

L'analyse fréquentielle de la pluviométrie a été réalisée sur l'ensemble des stations. Elle a été envisagée selon un pas de temps mensuel, pour lequel on a retenu les classes figurant dans le tableau ci-dessous (tableau XIII), ou les classes de pluviosité décadaires sont données à titre indicatif.

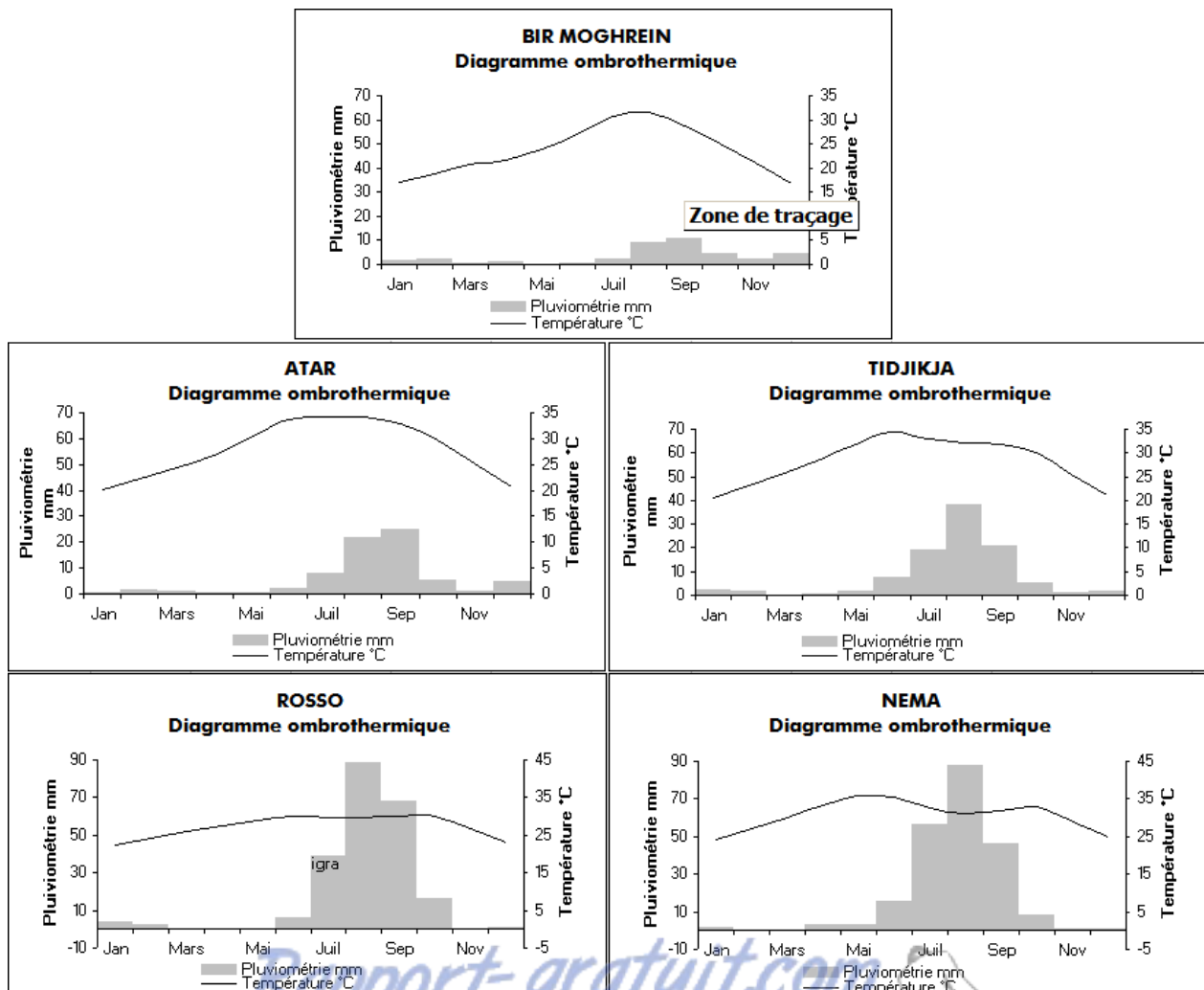


Fig. 39 : Diagrammes ombrothermiques de cinq stations climatiques de Mauritanie.

Tab. XIII : Classes de pluviosité

	Classes pluviométriques (mm)									
par décade	0-0	0-5	5-10	10-15	15-25	25-35	35-50	50-75	75-100	>100
par mois	0-0	0-5	5-10	10-25	25-50	50-75	75-100	100-150	>150	

Ces tableaux ont été élaborés sur la base de plus de 30 années et prennent une valeur statistique qui cerne la probabilité de voir se réaliser une classe pluviométrique pour mois particulier dans une station donnée. On voit ainsi se dessiner les saisons humides sur une base probabiliste et l'on peut évaluer la variabilité temporelle des événements mais en évaluer la prévisibilité ce qui n'est pas négligeable pour élaborer les pronostics acridiens pour lesquels il faudrait également prendre en compte les tendances évolutives des dernières années.

L'examen de ces tableaux permet de confirmer et de préciser les tendances climatiques :

- une saison des pluies globalement estivale pour les différentes stations mauritaniennes ;
- des pluies hivernales d'autant plus probables que les stations sont plus septentrionales
- une pluviosité décroissant du Sud vers le Nord mais aussi d'Ouest en est (en liaison avec une continentalité croissante).

1.2.3.2.2.5. Conclusion

La Mauritanie est sous l'emprise de puissants gradients climatiques : pluviométriques et thermiques qui reflètent des conflits d'influences entre masses d'air océaniques et continentales induisant une grande variabilité saisonnière et interannuelle des conditions météorologiques stationnelles.

Le réseau de stations météorologiques est trop ténu pour pouvoir espérer caractériser au plan climatique les acrido-régions mise en évidence au chapitre I-1. Il est par contre possible d'envisager d'implanter des stations semi-automatiques mais il faudrait en assurer le fonctionnement durant plusieurs décennies pour intégrer les variations interannuelles et évaluer d'éventuelles dérives climatiques.

1.2.4. Référentiel biogéographique

1.2.4.1. Les paramètres

Un découpage en unités territoriales écologiquement homogènes (UTEH) a été esquissé dans un précédent travail (Ould Babah 2003). Il est ici repris et complété. Cette écorégionalisation prend en compte :

- la géologie et la géomorphologie,
- Les climats ou les bioclimats,
- La toponymie vernaculaire, qui reflète la sagesse vernaculaire d'un peuple d'éleveurs nomades à la recherche permanente des bons pâturages qui sont aussi souvent de bons biotopes acridiens en zone saharienne,
- La structure et la composition floristique du tapis végétal.

Une cinquantaine d'UTEH sont ainsi identifiées et sommairement décrites et regroupées en 6 entités majeures qui cloisonnent le territoire mauritanien en domaines qui offrent tout au long de l'année des complémentarités écologiques permettant la survie voire la pullulation du Criquet pèlerin.

1.2.4.2. Les UTEH

Une esquisse de référentiel éco-géographique a été dressée pour l'ensemble du territoire mauritanien. Six domaines ont été retenus :

- **Domaine du Nord**, sous influence "pseudoméditerranéenne", pluies de saison fraîche.
- **Domaine Centre-Ouest**, sous influence mixte.
- **Domaine du Sud**, sous influence tropicale.
- **Domaine désertique**, sous influence continentale aride (Majâbat Al Koubra).
- **Domaine littoral**, sous influence océanique (humidité relative et halotrophie).
- **Domaine de la Chemama** (vallée du fleuve Sénégal).

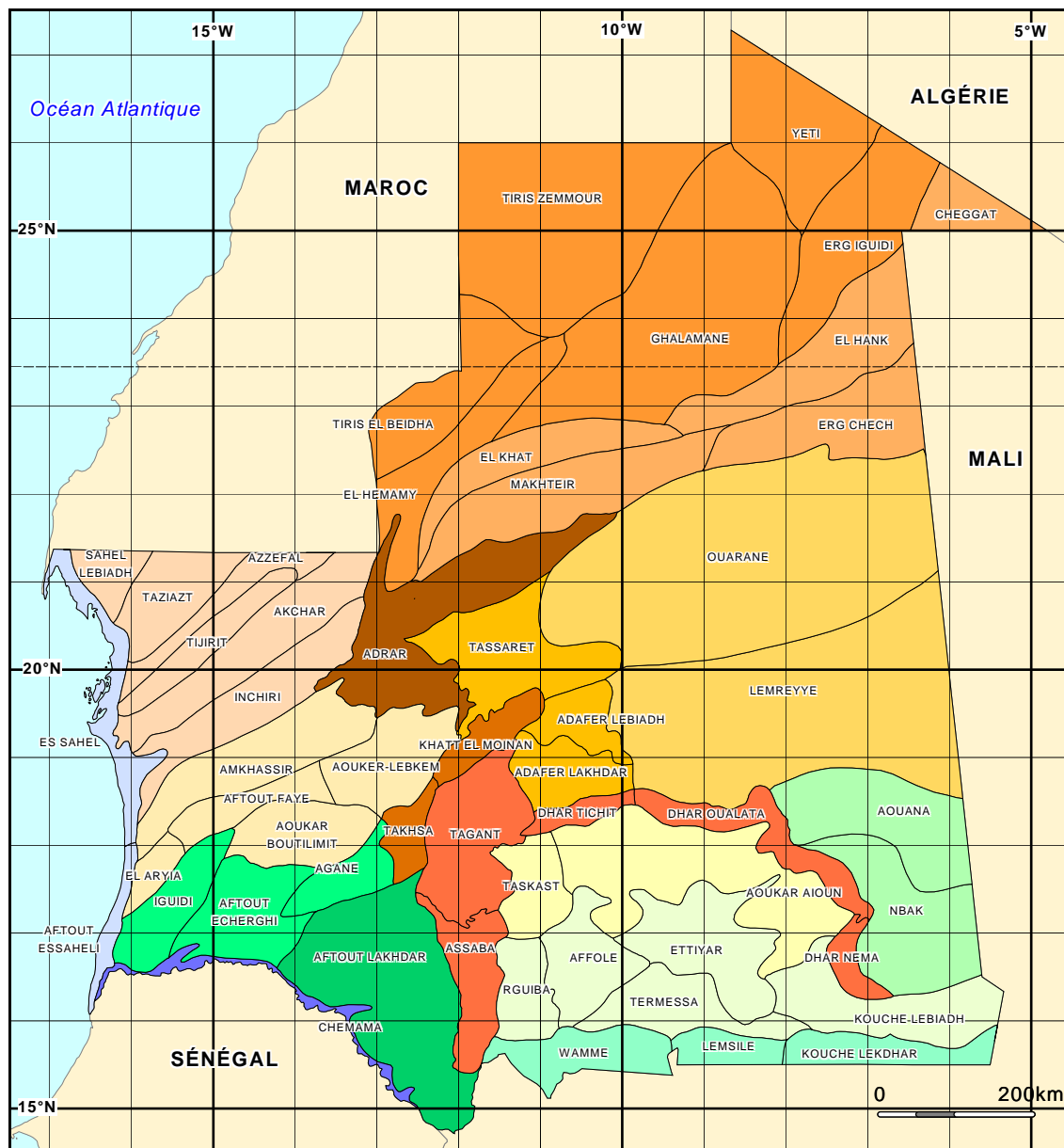


Fig. 40 : Carte des unités territoriales écologiquement homogènes (UTEH) de Mauritanie.

Tab. XIV : Liste des unités territoriales écologiquement homogènes de Mauritanie.

N°	Libellé		
Domaine Nord			
	1	Macro-région Tiris Zemmour	
1		1	Yetti
2		2	Erg Iguidi
3		3	Ghalamane
4		4	Tiris Zemmour
5		5	Tiris El Beidha
6	6	El Hemamy	
	2	Macro-région Khatt El Hank	
7		1	Cheggat
8		2	El Hank
9		3	El Khat
10		4	Makhteir
11	5	Erg Chech	
Domaine Centre-Ouest			
	3	Macro-région Nord-Ouest	
12		1	Sahel Lebiadh
13		2	Tazias
14		3	Azzefal
15		4	Tijirit
16		5	Akchar
17	6	Inchiri	
	4	Macro-région de l'Adrar	
18		1	Adrar
Domaine Sud (Tropical)			
	5	Macro-région Aftout	
19		1	Amkhassir
20		2	Aftout Faye
21		3	Aoukar-Lebkem
22		4	Aoukar Boutilimit
23	5	El Ariya	
	6	Macro-région Sud-Ouest	
24		1	Iguidi
25		2	Aftout Chergui
26	3	Agane	
	8	Macro-région Aftout Lakhdar	
27		1	Aftout Lakhdar
	7	Macro-région Khatt EL Moïnan	
28		1	Khatt El Moïnan
29		2	Takhsa

	9	Macro-région des reliefs	
30		1	Assaba
31		2	Tagant
32		3	Dhar +Batten (région regroupant les Dhar et Batten de Tichit, Oualata et Nema).
	10	Macro-région Sud-Est	
33		1	Wamme
34		2	Lemsile
35		3	Kouche Lekdhar
	11	Macro-région Rguiba-Hodhein	
36		1	Rgueibe
37		2	Affole
38		3	Ettyar
39		4	Termessa
40		5	Kouche Lebyadh
	12	Macro-région Aoukar Aïoun	
41		1	Taskast
42		2	Aoukar Aïoun
	13	Macro-région Aouana	
43		1	Aouana
44		2	Nbak
Domaine désertique (Majabat al Koubra)			
	14	Macro-région Majabat al Koubra	
45		1	Ouarane
46		2	El Mreyé
	15	Macro-région Tassaret-Adafer	
47		1	Tassaret
48		2	Adafer Lebiadh
49		3	Adafer Lekdhar
Domaine de la Chemama			
50	16	1	Chemama (zone alluviale du fleuve Sénégal soumise à une mise en culture importante)
Domaine Littoral			
51	17	1	Essahel
52		2	Aftout Essaheli

1.2.4.1. Domaine Nord

Le domaine Nord considéré globalement à tendance “pseudo-méditerranéenne” (pluies majoritaires en saisons fraîches) bien que les précipitations sont en majorité d’origine atlantique (Courel, 2001, communication personnelle). Le terrain y est généralement plat, avec un fond caillouteux, quelques montagnes, sebkhas et cordons dunaires éparpillés.

La végétation est généralement saharo-arabique à tendance méditerranéenne.

Ce domaine constitue la majeure partie de la zone de reproduction hiverno-printanière qui commence généralement à partir de décembre et se termine en avril-mai avec, selon les années, des démarrages parfois précoces de reproduction en octobre-novembre.

1.2.4.1.1. Macro-région Tiris Zemmour

Yetti

Le Yetti est une zone caillouteuse à limoneuse avec un réseau hydrographique constitué de plusieurs Oueds et quelques zones salées (sebkha).

Cette zone peut servir pour le transit et pour la reproduction du Criquet pèlerin.

Erg Iguidi

L'Erg Iguidi constitue le principal erg de la région, il forme des chaînes dunaires transversales avec des barkhanes devenant par endroit des sloûk. Le tout est aligné en direction Nord-Est/Sud-Ouest et s'étale au-delà des frontières vers l'Algérie. Un réseau hydrographique est localisé dans sa partie Sud-Est. Il est limité par un grand espace très plat (Kaghet) ponctué de quelques collines rocheuses dans sa partie Ouest (Belkhzeimatt). La partie plate peut abriter des prairies de *Mezembryantum therkaufi*.

Le Criquet pèlerin s'y reproduit et s'y développe.

Ghallaman

Le Ghallaman est une zone globalement plate caractérisée par la présence de plaines caillouteuses à gravello-caillouteuses, d'un réseau hydrographique constitué de plusieurs oueds à faible peuplement d'acacias (oueds d'Elkharroub, d'Askaf et Elme) localisés dans sa partie Sud-Est et d'un autre vers Aïn Ben Tili dont les écoulements éventuels se font vers le Sud-Est. On note également la présence de quelques collines (Tennoumer et Tignesmatt), d'escarpements superficiels dispersés, d'une dune (Elb Lehrach) sous forme de slouk devenant par endroits des barkhanes, ainsi que quelques sebkhas à l'Ouest. Cette zone produit d'excellents pâturages camelins, très appréciés par le Criquet pèlerin qui s'y reproduit très facilement dès que les conditions écométéorologique deviennent favorables. En cas de pluie suffisante, de grandes prairies de *Cotula cinerea* peuvent s'y développer.

Tiris-Zemmour

Constitué des petits oueds faiblement encaissés qui isolent des plaines plus ou moins étendues, Tiris se caractérise par des nombreux petits inselbergs (eglab) et des sebkhas de dimensions modestes.

Le Tiris-Zemmour est une zone caillouteuse caractérisée par un réseau hydrographique dense.

Des oueds à faible peuplement d'acacias, de *Panicum turgidum* et de *Nucularia perrini* sont présents entre les montagnes et dans quelques oueds proches de Bir Moghreïn (Aroueidil, Tanafoudh, Ziouania).

De grandes prairies de végétation à *Cotula cinerea*, peuvent couvrir toute cette zone offrant de bonnes conditions de ponte et de développement du Criquet pèlerin. Cette végétation est également très appréciée par les camelins.

Tiris Elbeidha

Le Tiris Elbeidha est une zone caractérisée par la présence d'un ensemble de montagnes dans un rayon de 30 à 80 km, dont une atteint 917 m de hauteur (Kediet IDjil). Les réseaux hydrographiques au Nord et au Sud-Ouest constitués d'oueds à faible peuplement d'*Acacia spp.* et de *Panicum* dont le principal est l'Oued de Mirikly qui abrite une zone de culture pluviale saisonnière de sorgho.

Une grande sebkha (Sebkhet Ijlil) exploitée pour l'extraction du sel limitée au Sud-Ouest par un cordon dunaire du côté Ouest.

Plusieurs parties de cette zone sont favorables à la reproduction du Criquet pèlerin.

Lehmami

Le Lehmami forme une chaîne dunaire «ganglionnaire» orientée du Sud-Ouest vers le Nord-Est reposant sur une substration rocheuse ou sur des formations de reg.

Cette chaîne rejoint au Sud Ouest les premières dunes de l'Azefal

La colline rocheuse de Tourine et la sebkha de Timejjât sont localisées à sa limite Sud-Est.

1.2.4.1.2. Macro-région Khatt El Hank

El Khatt

El Khatt est une zone d'escarpements rocheux importants orientés W-E avec des revêtements sablonneux, des sols sablonneux à argileux, des regs caillouteux, des monticules sablo-caillouteux et localement des cuvettes de déflation.

El Hank

Le relief d'El Hank se présente sous forme d'un faisceau de crêtes rocheuses parallèles orientées SW-NE dont l'altitude maximale atteint 388 m, à l'est. Ces crêtes ont été entaillées par un réseau hydrographique relativement dense. Dans les dépressions qui séparent les crêtes, les épandages de sables grossiers sont colonisés par une végétation assez dense à *Acacia spp.*, *Panicum turgidum* et à *Schouwia* (certaines années). Ces dépressions regroupent des biotopes favorables aux criquets. Au Nord de l'ensemble d'El Hank les sebkhas sont nombreuses tandis qu'à l'est subsistent quelques petites palmeraies

Cheggatt

La zone de collines et de crêtes du Cheggatt prolonge côté Est El Hank, elle culmine à 375m ; localisée sur la frontière algérienne avec une source naturelle et une très petite palmeraie. Au pied de ces crêtes se trouve une grande vallée limono-caillouteuse orientée Nord-Sud et bordée du côté Ouest par des crêtes et une plaine entaillée par de nombreux oueds.

Erg Chech

L'Erg Chech est formé de cordons dunaires transversaux SW-NE qui au Sud-Ouest se réunissent pour former un erg de type elb-alâb.

La végétation est principalement caractérisée par *Stipagrostis pungens*.

Makteir

Le Makteir est une zone de cordons dunaires globalement orientés NE-SW et de plaines sablonneuses, plus ou moins larges. Ces cordons prennent parfois l'allure de sloûk et ou d'alâb très longs. Ils limitent à l'est le bassin-versant de la sebkha de Chemchane.

La végétation est caractérisée par la présence de *Stipagrostis pungens*.

1.2.4.2. Domaine Centre-Ouest

Ce domaine se caractérise par une succession de chaînes dunaires alternées dans la plaine de Tijrit. Le tout est localisé dans un triangle limité par l'Inchiri, le littoral et la frontière Nord-Ouest.

1.2.4.2.1. Macro-région du Nord-Ouest (Essahel)

Sahel Lebiadh

Le Sahel Lebiadh aux environs immédiats de Nouadhibou est formé de regs caillouteux dominés par de petits plateaux lanierés de quelques mètres de haut. Le recouvrement sableux est peu important, du fait de la vélocité des alizés maritimes et laisse apparaître de petits barkhanes très mobiles.

Tazias

La zone du Tazias est constituée de regs, de plaines caillouteuses, hérissées de petits escarpements. Le réseau hydrographique constitué de quelques petits oueds.

La végétation est essentiellement localisée dans le lit des oueds et des ravines. Elle est constituée principalement de *Panicum turgidum*.

Cette zone est une zone de reproduction et de passage du Criquet pèlerin.

Azefal

L'Azefal est constitué d'un erg vif formé de cordons dunaires NW-SE peu élevés qui au Sud-Est se confondent avec le cordon de Lehmami..

La végétation est dominée par le *Stipagrostis pungens*.

Cette zone est importante pour les reproductions et le passage du Criquet pèlerin.

Tijirit

Le Tijirit forme une plaine caillouteuse large de 25 à 30 km qui s'étale de la limite Sud du banc d'Arguin jusqu'à la frontière Nord-Ouest.

Cette zone est importante pour la reproduction et la migration du Criquet pèlerin.

La végétation y est caractérisée par la présence du *Panicum turgidum*.

L'Akchar

L'Akchar est constitué d'un erg, dont les cordons massifs orientés NE-SW s'étirent sur plus de 200 km entre l'Amsaga, pénélaine à églab située au pied de l'Adrar et l'océan 'Atlantique.

La végétation dominante est constituée de *Stipagrostis pungens*, de *Panicum turgidum* et d'*Acacia* spp.

Cette zone sert de passage et de reproduction de Criquet pèlerin.

L'Inchiri

L'Inchiri est d'un point de vue géomorphologique une région complexe dans la mesure où elle s'étend sur des régions géologiquement très différentes : le socle, dans la région d'Akjoujt, dont le modelé est caractérisé par un archipel d'inselbergs, le bassin sédimentaire sénégal-mauritanien qui sert de réceptacle à la partie Nord de la sebkha de Ndrumcha et les ergs qui la limitent au Sud, au Sud-Ouest, au Nord-Est et au Nord.

La périphérie des inselbergs d'Akjoujt est le domaine des grands glacis d'érosion et d'épandage sillonnés par les oueds encore fonctionnels en saison des pluies

Des cultures pluviales saisonnières de sorgho et de pastèque sont fréquentes dans sa partie Sud-Est.

En cas de bonne pluie, l'Inchiri produit de très grandes étendues de végétation qui sont très appréciées par les camelins et les acridiens. Sur les glacis d'épandage le tapis végétal est composé de *Schouwia thebaica*, *Panicum turgidum*, *Fagonia stylosa*, *Stipagrostis plumosa*, *Acacia* spp. et du *Calotropis procera*.

Cette zone est également très importante pour le développement et le transit du Criquet pèlerin.

1.2.4.2.2. Macro-région de L'Adrar

L'Adrar

L'Adrar est un plateau gréseux massif, culminant à 900 m au pic de Teniaggouri, parcouru et entaillé profondément par les grands oueds comme l'oued Seguelil dans la vallée desquels les palmeraies sont nombreuses, ou des oueds moyens sablonneux (Batha) abritant des palmiers dattiers et quelques cultures de céréales (l'orge et le blé) ou des légumes sous palmiers.

Le réseau hydrographique est très apparent. Il est constitué de vallées d'oueds, grands et petits qui coulent dans différentes directions.

Des cultures pluviales de sorgho ou de pastèque sont pratiquées dans les plaines ou les graïr.

La végétation est composée, en majorité soit de palmier dattier, d'*Acacia spp.*, de *Panicum turgidum* et ou de *Schouwia*.

L'Adrar constitue une zone de maintien, de reproduction et de passage pour le Criquet pèlerin grégaire ou solitaire. Les passages de populations grégaires entre la zone estivale et la zone hiverno-printanière s'effectuent généralement à partir du mois d'octobre jusqu'en novembre-décembre.

1.2.4.3. Domaine Sud

Le domaine Sud est sous régime tropical, il rassemble de grands ergs fossiles diversement structurés et remaniés. Il est divisé transversalement par les reliefs des Mauritanides plus ou moins continus (Tagant, Assaba). La zone Est est en majorité saharienne tandis que la zone Ouest est plutôt sahélienne notamment au centre-Sud, au Nord de la vallée du Sénégal.

1.2.4.3.1. Macro-région Aftout

Amkhassir

L'Amkhassir est caractérisé par un ensemble de cordons dunaires qui s'étalent de la partie Sud-Ouest de l'Adrar jusqu'aux environs de Nouakchott. La partie contiguë à l'Adrar est assez compacte avec des dunes croisées parfois sous forme d'écailles de poissons et d'Aklés à partir desquels naissent des grands ensembles dunaires de type elb-alâb orientés NE-SW : Amatlich, Amlil, Tamouchent séparés par des plaines actuellement colonisées par des barkhanes. Le réseau hydrographique est en partie oblitéré par l'ensablement. Cette zone est favorable à la reproduction et à la survie du Criquet pèlerin.

La végétation des plaines est caractérisée par les espèces suivantes : *Schouwia*, *Panicum turgidum*, *Fagonia spp.*, *Tribulus spp.* et quelques *Balanites aegyptiaca*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Calotropis procera*, *Cenchrus biflorus*.

L'Awkar Lebkiem

L'Awkar Lebkiem est limité au Nord par l'Adrar, à l'est par le Tagant et à l'Ouest par la bordure orientale de l'Aftout Faye.

La végétation pérenne dominante est constituée de *Stipagrostis pungens* et *Panicum turgidum*.

Le Criquet pèlerin peut être considéré comme fréquent dans cette zone, sous ses phases solitaires et *transiens*.

Aftout Faye

L'Aftout Faye constitue le prolongement vers l'est d'Amkhassir. Ses ensablements sur substratum rocheux le rapproche morphologiquement de l'Amkhassir. Sa partie Sud-Est caractérisée par les cordons dunaires séparés par des plaines qui se referment progressivement vers le Nord en se transformant en écailles de poissons avant de s'ouvrir au niveau du puits

d'Aftout Faye localisé dans la partie Sud et à partir duquel, l'espace se dégage sur un fond de regs jusqu'à l'Adrar en passant par la sebkha et la montagne d'Aragum Bounaga.

On note la présence de chicots rocheux et de nombreuses barkhanes mobiles par endroits.

Au Nord-Est (Al Aadhim) il est bordé par un ensemble dunaire relativement homogène à l'intérieur duquel les dépressions plus ou moins larges sont tapissées de dépôts lacustres (diatomites) ou de cuirasses ferrugineuses.

La végétation est dominée par *Schouwia thebaica*, *Panicum turgidum*, *Fagonia stylosa*, *Tribulus* spp., *Boerhavia repens* et *Cyperus conglomeratus*.

Cette zone abrite des biotopes favorables au maintien et à la reproduction du Criquet pèlerin aussi bien durant sa phase solitaire que grégaire.

L'Aoukar de Boutilimit

L'Aoukar de Boutilimit est constitué d'un ensemble dunaire massif de type elb-alâb surmonté de dunes vives barkhanoïdes. Il est difficilement franchissable à cause du manque d'espacement entre les dunes et de la présence d'abondant Fesch-Fesch.

La végétation est caractérisée par un faible peuplement d'*Acacia* spp. et de *Capparis decidua* dans certaines cuvettes. On rencontre également *Panicum turgidum*, *Farsetia stylosa* et *Cyperus* sp., dans les dépressions.

Cette zone permet très souvent la reproduction du Criquet pèlerin. Ces reproductions peuvent être tardivement détectées en raison des difficultés d'accès.

El Aria

La zone sablonneuse d'El Aria est caractérisée par la présence d'aklés difficilement franchissables du fait de la présence de quelques grands cordons dunaires sans cesse remaniés par le vent.

La végétation est dominée par le *Panicum turgidum*.

Le Criquet pèlerin s'y maintient et peut s'y reproduire à l'état solitaire ou grégaire.

1.2.4.3.2. Macro-région Sud-Ouest

Awkar Lebkiem

Au plan morphologique d'Awkar Lebkiem peut se diviser en 2 ensembles différents. L'ensemble septentrional associe barres, crêts rocheux, glacis d'érosion, glacis d'épandage, regs et dunes. Ces dernières, dissymétriques, NNW-SSE reposent sur un substratum rocheux couvert dans les couloirs interdunaires de dépôts lacustres ou de paléosols. L'ensemble méridional est essentiellement sableux ; il est le domaine des Aklés variés, de dunes longitudinales NNW-SSE vives sur substratum sableux des sables fluviaux de la vallée du Khatt. Mais on y trouve également, sous le vent de petits reliefs isolés (Tamassoumit, Chao, Tourine) des plaines étincelantes du fait de la présence de diatomites ou d'argiles fossilifères. La différence entre les 2 ensembles n'est pas que morphologique mais biogéographique ; le Sud se distingue du Nord par une végétation plus abondante, plus couvrante.

Ighuidi

L'Ighuidi est une zone sablonneuse avec des cordons dunaires végétalisés et séparés par des grandes cuvettes, à substrat argilo-limoneux.

On y décelle une présence relativement importante d'acacias, de *Panicum turgidum* et de *Colocynthis vulgaris* et au Sud un tapis herbacé d'annuelles dans lequel *Cenchrus biflorus* est abondant.

La zone est une zone potentielle de reproduction en période d'invasion.

Aftout Chergui

L'Aftout Chergui est constituée d'alâb plus ou moins fixes et séparés de très grandes dépressions qui peuvent être couvertes d'une pseudo-steppe à *Cenchrus biflorus*, *Gisekia pharnacioides*, *Farsetia stylosa.*, *Acacia spp.* et *Panicum turgidum*.

Elle constitue une zone potentielle de reproduction du Criquet pèlerin en période d'invasion.

Agane

L'Aganese présente sous forme de terrain sablonneux avec des sloûk relativement compacts séparés par des plaines argileuses ou caillouteuses. Elle abrite des pelouses à *Tribulus spp.* parsemées d'*Acacia spp.* et des steppes à *Panicum turgidum* plus localisées.

C'est une importante zone de reproduction du Criquet pèlerin dans ses phases solitaire ou grégaire.

1.2.4.3.3. Macro-région Khatt

Takhsa

Le Takhsa, caractérisé par des aklés en écailles de poisson est localisé à la limite Ouest du plateau du Tagant. Il reste très difficile d'accès en raison de l'abondance du fesch-fesch.

On y rencontre un peuplement limité d'acacias.

Elle constitue une zone fréquente de reproduction du Criquet pèlerin en période d'invasion comme en période de rémission.

Khatt Elmoinan

Le Khatt Elmoinan est une zone de transition constituée d'une vallée sablonneuse dont les bordures Sud et Sud-Est sont marquées par des reliefs modestes tandis que les bordures Nord et est sont le domaine des dunes

On y décèle la présence d'une palmeraie dans sa partie Sud-Est. La végétation est caractérisée par la présence de *Stipagrostis pungens* mais aussi de nombreuses annuelles, après les pluies.

Cette zone constitue un habitat permanent du Criquet pèlerin dans ses phases solitaire et grégaire.

1.2.4.3.4. Macro-région Aftout Lakhdar

Aftout Lakhdar

L'Aftout Lakhdar est une plaine argileuse à usage agricole, qui bénéficie d'une pluviométrie importante de l'ordre de 300 à 600 mm. Il est caractérisé par la présence de nombreux grands oueds et une steppe sahélienne typique dominée par des groupes d'*Adansonia digitata* au Sud notamment.

Le réseau hydrographique du Gorgol blanc, au centre de la zone collecte les eaux vers le barrage de Foug Legleita et permet la culture du riz sur 2 000 ha. Dans l'extrême Sud-Est on rencontre les oueds affluents du Karakoro.

Des cultures pluviales de sorgho, de niébé sont largement pratiquées dans la zone.

Cette zone est globalement atteinte par le Criquet pèlerin uniquement en période d'invasion. Sa partie Sud est d'ailleurs rarement touchée par ces invasions.

1.2.4.3.5. Macro-région des reliefs

Assaba

L'Assaba est un plateau qui s'étire du Sud au Nord, entre Ould Yenge et Kamour-Guerrou. Il est limité par les versants festonnés, entaillés par de nombreux oueds.

Le plateau bien qu'absolument inaccessible par véhicule, est cultivé (sorgho) en période de pluies. Les cultures de sorgho et de pastèque sont pratiquées dans les vallées et bas fonds. Au pied des versants Nord et l'abondance de l'eau a permis la création de palmeraies.

Le *Cenchrus biflorus* et le *Leptadenia pyrotechnica* caractérisent la végétation des dépressions périphériques.

La partie Nord de ce relief est considérée comme un zone de couloir de passage des essaims en période d'invasion mais aussi de reproduction dans ses parties sablonneuses.

Tagant

Le Tagant est un plateau plus massif que l'Assaba. Il est parcouru par de nombreux oueds qui transfèrent les eaux de ruissellement vers les bordures du plateau. Les vallées des cours d'eau et leurs alluvions permettent la phéniculture et la polyculture sous dattiers. (vallées d'Elonard lebizdh et de Rachid au Nord, vallées de Tidjikja et Guiddya au centre. Les cuvettes fréquentes sur le plateau sont dédiées à la culture du mil et du sorgho. Au Nord-Ouest du Tagant se trouve la Tamourt Naaj véritable zone humide où des sédentaires pratiquent l'élevage et l'agriculture.

Ce plateau qui semble être une zone de convergence (Gandega 1988) a toujours intéressé, le Criquet pèlerin pendant les dernières périodes d'invasion ou de recrudescence dont l'avant-dernière a commencé par cette région (en juillet 1993) mais aussi en période de rémission du fait de la diversité des biotopes associés aux oueds.

Dhar-Baten

Le Dhar-Baten est le versant Sud qui limite un plateau quasi totalement ensablé qui prolonge l'Adrar à l'est de Tichitt, Oualata et Nema ainsi que leur baten.

Cette zone constitue une zone d'habitat estival du Criquet pèlerin solitaire qui se déplace en fonction des conditions écométéorologiques entre le dhar et le baten.

Du Tagant à Néma on distingue les côtes de Tichit, Néma, Oualata ou dhar, au pied desquels s'étend le baten, vaste étendue plate où alternent surfaces rocheuses, sableuses et des sebkhas. La végétation est dominée par *Stipagrostis pungens* et *Panicum turgidum*

1.2.4.3.6. Macro-région Sud-Est

Wamme

Le Wamme est une zone de cultures pluviales par excellence : sorgho, petit mil et niébé. Le sol est globalement argilo-caillouteux.

Avec un réseau hydrographique important constitué d'oueds à écoulement saisonnier. à acacias et à *Hyphaene thebaica* avec tapis de *Cenchrus biflorus* qui caractérise la végétation de cette région collinéenne.

Cette zone n'est touchée par le Criquet pèlerin qu'en période d'invasion généralisée.

Lemsile

Lemsile est principalement une zone de culture pluviale et de phéniculture avec la présence d'acacias et de *Cenchrus biflorus*.

Cette zone n'est touchée par le Criquet pèlerin qu'en période d'invasion généralisée.

Kouche Lakhdar

Le Kouche Lakhdar forme une zone argilo-caillouteuse à usage agricole (culture de sorgho et petit mil). Elle est caractérisée par une pseudo-steppe à *Cenchrus biflorus*.

Cette zone n'est touchée par le Criquet pèlerin qu'en période d'invasion généralisée.

1.2.4.3.7. Macro-région Rguiba-Hodhein

Rguiba

La Rguiba se caractérise par un relief assez accidenté avec un réseau hydrographique composé de multiples oueds et d'une mare au niveau de Kankossa.

La végétation est caractérisée par *Cenchrus biflorus*, *Hyphaene thebaica*, des acacias et des cultures de palmier dattier, de sorgho, de pastèque et de niébé ainsi que des cultures maraîchères et fruitières sporadiques (Sani).

Affolé

L'Affolé est un petit plateau gréseux qui joue un rôle de château d'eau pour les régions périphériques. On rencontre quelques tamourts (mares temporaires) où on peut trouver de beaux peuplements monophytiques d'*Acacia nilotica*. Des cultures de sorgho sont pratiquées dans les vallées. Les sols à texture sableuse sont couverts d'une steppe à *Cenchrus biflorus*.

Ettyar

L'Ettyar est une zone sablonneuse parcourue par des vallées évasées empruntées par des oueds à fonctionnement intermittent.

Termessa

Le Termessa est une zone argileuse et caillouteuse où les cultures pluviales principales sont celles du mil et du niébé. Dans sa zone Ouest, des cuvettes, comme celle d'Agharghar, peuvent se transformer en mares permanentes.

La végétation est en accord avec les sols et la pluviométrie, il s'agit d'une pseudo-steppe sahélienne banale enrichie d'*Hyphaene thebaica* qui forme de beaux peuplements sur les sols argilo-limoneux.

Kouche Lebiadh

Le Kouche Lebiadh est une zone d'épandage limitée à l'est par de petits reliefs. Cette zone est caractérisée par la présence d'une pseudo-steppe à *Cenchrus biflorus* et acacias divers.

1.2.4.3.8. Macro-région Aoukar Aïoun

Taksast

Le Taksast est la partie occidentale de l'Aoukar, Aïoun ; il s'agit d'une vallée large à fond plat empruntée par l'oued du même nom comprise entre les dunes de l'Awkar et le Tagant dont elle est séparée par un immense glacié en partie ensablé.

Un barrage à Boumdeid permet de pratiquer des cultures saisonnières de sorgho et de pastèque ainsi que des cultures maraîchères.

Cette zone sert pour la reproduction et le passage du Criquet pèlerin.

Aoukar Aïoun

L'Aoukar Aïoun est un immense erg caractérisé par de grands cordons dissymétriques N-S séparés par des couloirs intra-dunaires plus ou moins larges colonisés par une pseudo-steppe à *Stipagrostis pungens*, *Panicum turgidum* et *Acacia raddiana*.

L'Aoukar constitue un habitat estival pour le Criquet pèlerin dans ses phases grégaires et solitaires.

1.2.4.3.9. Macro-région Aouana

Nbak

La zone du Nbak est constituée au Sud de plaines et vallées caillouteuses alternant avec des champs de barkhanes qui se regroupent au NE pour former un aklé. La végétation dominante est le *Stipagrostis pungens* et le *Panicum turgidum*.

C'est une zone de reproduction et de transit du Criquet pèlerin solitaire et grégaire.

Aouana

L'Aouana est un vaste aklé faiblement végétalisé par *Stipagrostis pugens*.

Cette région est utile pour le transit et la reproduction du Criquet pèlerin.

1.2.4.4. Domaine désertique (Majabat-al Koubra)

La zone de la Majâbat-al koubra couvre plus de 250 000 km². Elle est jugée comme l'une des plus inhospitalières du désert saharien. Cette région a déjà été décrite globalement avec les Acrido-régions (Cf. paragraphe 1.1.3.6.5.7).

1.2.4.4.1. Macro-région Majabatt Alkoubra

Warân (= Ouarâne)

Le Warân est constituée de cordons dunaires parallèles, très étendus, d'est en Ouest, appelés par Monod (1958) « les bnâig » dont les deux plus importantes sont Taçarât et Tamokraret. Le Warân est limité au Sud par Ijafoun. La steppe à *Aristida pungens* domine la végétation dans cette région. Des collines et des sebkhas y sont présentes à l'extrémité Ouest.

Le Mreyyé

Le Mreyyé est une zone également peu connue par le CLAA/CNA. D'après T. Monod (1958), elle n'est qu'une simple plaine de sable doucement ondulée, limitée au Sud-Est par l'Aklé Aouana. Le Mreyye est dépourvu de toute végétation. Cette zone est considérée plutôt comme une zone de transit du Criquet pèlerin par Popov (1997, 1992).

1.2.4.4.2. Macro-région Tassaret-Adafer

Tassaret

Le Tassaret est composée de chaînes dunaires et d'aklés vifs.

Elle est très difficile à traverser et par conséquent, elle est peu connue par le CLAA/CNA.

Adafer Lebiadh

L'Adafer Lebiadh est constituée de cordons dunaires et de vastes aklés.

La végétation est dominée par *Stipagrostis pungens*.

Cette zone est importante pour le maintien et la reproduction du Criquet pèlerin dans ses deux phases de solitaire ou de grégaire. Elle lui sert également de zone de transit.

Adafer Lekdhar

L'Adafer Lekdhar se caractérise par la présence de plaines sableuses, d'affleurements rocheux et de petites vallées généralement comblées par des sables vifs.

1.2.4.5. Domaine du Chemama

Le domaine du Chemama est la partie riveraine immédiate du fleuve Sénégal dont une grande partie est consacrée à la riziculture. Elle s'étale de l'Ouest (Diam) jusqu'à Gouraye à l'est.

1.2.4.6. Domaine Littoral

Le domaine du littoral correspond à la zone côtière atlantique qui s'étire de Nouadhibou à Ndiago, au Nord de l'embouchure du Sénégal.

1.2.4.6.1. Macro-région Essahel

La macro-région Essahel contient la zone la plus sensible au plan écologique et environnemental, c'est aussi la plus grande du pays (Banc d'Arguin).

Les espèces végétales sont dominées par les Salsolacées et les tamaris. Cette zone est relativement plus ensablée que la partie Sud du littoral. Des sebkhas parsèment cette zone dans sa partie Sud aux environs de Nouakchott.

Les criquets empruntent très souvent cette zone pour leurs déplacements vers le Nord et ou comme par hasard ils sont à l'abri des actions des traitements chimiques anti-acridiens interdits du fait de la proximité du parc national du Banc d'Arguin.

1.2.4.6.2. Macro-région de l'Aftout-es-Saheli

L'Aftout-es-Saheli est une plaine côtière parsemée de sebkhas et de zones argileuses qui s'étire parallèlement au littoral entre Nouakchott et le delta du Sénégal. Séparée de l'océan par un cordon littoral il est limité à l'est par l'erg du Trarza. Le Trarza porte une végétation sahélienne arbustive à *Salvadora persica*, *Euphorbia balsamifera*, *Maerua crassifolia*, *Balanites aegyptiaca*, etc. dont la strate herbacée est composée de *Cenchrus biflorus*, *Chloris prierii*, *Eragrostis* spp. Le criquet peut se reproduire dans l'erg du Trarza.

Dans sa partie est, on rencontre les dunes du Trarza relativement fixées par une végétation à *Salvadora persica*, *Euphorbia balsamifera*, *Maerua crassifolia*. Cette zone s'étale jusqu'au Chemama-Ouest.

Un parc naturel (Diawling) est localisé dans sa partie Sud-Ouest.

Le criquet peut se reproduire dans la partie Est, sablonneuse.

1.2.5. Conclusion partielle

Au terme de cette première partie l'analyse des données historiques nous a montré que le Criquet pèlerin trouvait sur le territoire mauritanien des espaces complémentaires qu'il exploitait de façon préférentielle et circonstanciée en fonction de son état phasaire et de sa phénologie. Sept entités territoriales ont ainsi été mises en évidence et qualifiées d'acrido-régions. Trois d'entre elles (3, 4 et 5) revêtent une importance primordiale pour la compréhension des phénomènes de transformation phasaire primaire car il est montré que ces événements ne sont pas homogènement répartis mais se rassemblent sur des territoires restreints et qui plus est à des saisons particulières.

Le second chapitre nous permet de faire la synthèse des composantes mésologiques qui structurent l'espace acridien : géologie, géomorphologie, climat, végétation... toutes ces informations sont intégrées dans une spatialisation géographique qui conduit à distinguer 52 unités territoriales écologiquement homogènes et hiérarchisées.

Dès lors il devient possible de croiser les informations pour tenter de déceler une part plus ou moins grande de la causalité écologique ou biogéographique des acrido-régions. Cette démarche nous amène à souligner que nous ne disposons pas de données suffisamment homogènes et consistantes et cohérentes pour aller plus loin dans la construction d'un SIG performant mais cette voie d'investigation nous espérons pouvoir l'approfondir dans les années à venir persuadé que ce qui est utile à la compréhension de l'écologie du Criquet pèlerin, l'est tout autant pour l'agriculture ou l'élevage dans notre pays. Il faudra se donner les moyens d'aller plus loin mais nous pouvons désormais le faire en connaissance de cause et dégager prioritairement les points de blocage qui ont été détectés.

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte :

- augmenter le nombre de stations météorologiques, dans les sites les plus sensibles ;
- procéder à une nouvelle typologie des quarts de degré carré sur la base d'analyses factorielles des correspondances et de classifications ascendantes hiérarchiques afin de préciser les limites et les caractéristiques acridiennes des éco-régions ;
- évaluer l'impact exact de la dérive climatique des dernières années sur les caractéristiques géomorphologiques et le tapis végétal (structure et composition floristique) des principaux biotopes acridiens en utilisant comme référence les cartes IGN des années 1960 pour le comparer aux images satellitaires récentes.

La spatialisation acridienne du territoire mauritanien étant acquise, même si elle reste perfectible, la question qui s'est imposée était de comprendre pour quelles raisons la répartition de certains événements acridiens était à ce point hétérogène, pourquoi certains quarts de degré carré présentaient une fréquence élevée de signalisations de reproduction ou de grégarisation alors que d'autres étaient délaissés sans que l'on puisse mettre en cause la pression d'échantillonnage. Deux quarts de degré carré à cheval sur les acrido-régions 2 et 3 ont été choisis pour mener une étude causale de cette disparité. L'un est un espace de haute fréquence de reproduction l'autre un espace de très faible fréquence. Les deux sont très voisins puisque opposés par leur angle commun. Cette disparité a-t-elle pour cause une différence de structure écologique (géologique, géomorphologique, botanique, etc.), une particularité aérologique accroissant ou réduisant l'accessibilité des acridiens, des conditions micro-climatiques.... en passant à la méso-échelle nous allons essayer de répondre à ces interrogations dans la deuxième partie de ce travail.

2. LES ZONES PILOTES D'ÉTUDE

2.1. Le choix des zones de haute et basse fréquences de reproduction

2.1.1. Justification du choix

La recherche et la localisation des régions qui diffèrent les unes des autres par la fréquence des criquets grégaires, en Mauritanie, nous donne l'opportunité de comparer les caractéristiques écologiques et biogéographiques qui peuvent affecter le niveau de développement et de grégarisation des populations. La réalisation, de telles études dans ces deux zones de haute et basse fréquence permettra d'aider à mieux connaître et cibler, dans le temps, les zones à haut risque acridien dans le pays et par conséquent améliorer la planification et la mise en application de la stratégie de lutte préventive dans l'espoir de réduire les coûts récurrents de la surveillance.

Les résultats de tel travail devraient permettre, de développer une méthodologie adaptée pour identifier et étudier d'autres zones similaires dans le pays et dans ceux de la région occidentale et dans l'ensemble de l'aire de distribution du Criquet pèlerin.

2.1.2. Le criquet dans les zones de haute et basse fréquences

Les informations collectées au cours des prospections de surveillance et de lutte du Centre de Lutte Antiacridienne en Mauritanie dans le cadre de sa stratégie préventive contre le Criquet pèlerin (Ould Babah 1997a) ont été regroupées sous forme d'une base de données (18 429 enregistrements de 253 descripteurs pour la période 1988-1999), qui a été partiellement exploitée (Ould Babah 2003). Cette analyse a démontré l'intérêt et le potentiel important de ces informations dans le diagnostic de la dynamique spatio-temporelle des principaux phénomènes acridiens (Phases, stades, zones de reproduction saisonnière et foyers de grégarisation, *etc.*). Elle a aussi, permis, d'identifier une zone particulière au centre-Ouest du pays à l'Ouest de l'Aoukar Lebkem. Cette zone est située un peu en dessous de l'aire d'habitat permanent du Criquet pèlerin solitaire, entre 18°30'N et 20°00'N en Mauritanie occidentale, et a été identifiée par Zolotarevsky & Murat (1938a). Cette zone au niveau de laquelle le Criquet pèlerin, est fréquent sous ses phases solitaires et *transiens* comparées à d'autres zones, se situe (entre 18°00'N-18°30'N et 12°30'W-13°00'W). On la voit, aussi, apparaître en présence relativement majoritaire des populations non grégaires dans cette région, comparée à d'autres zones du pays durant les périodes de récession de 1964-1987 (Popov 1992). Il est à rappeler que la phase *transiens* est un état phénotypique intermédiaire entre la phase solitaire de faible densité et la phase grégaire de forte densité. Les *transiens* se trouvant en cette zone de haute fréquence pouvaient être issus de la progéniture de criquets grégaires qui ont subi une transformation phasaire vers la solitarisation au cours de l'échantillonnage. Ceci est, néanmoins, peu probable, car les populations grégaires et essaims sont rares. L'explication la plus plausible est que la haute fréquence des criquets *transiens* dans cette région est l'indication d'une grégarisation locale fréquente. Ceci s'est largement confirmé durant la période 2002-2007 traitée dans le chapitre I. Cette zone se trouve en effet au cœur des acrido-régions de reproduction estivales et automnales des solitaires.

Pour ces différentes raisons, elle a été choisie pour être étudiée de façon plus approfondie. Une zone adjacente à basse fréquence acridienne située entre 18°30'-19°00'N et 13°00'-13°30' W a également été choisie pour réaliser les mêmes types d'étude, à titre comparatif, compte tenu de la proximité géographique et de la grande disparité de comportement du Criquet pèlerin dans ces deux zones. Par la suite les investigations ont été étendues à toute la frange méridionale de la scène LANDSAT englobant ces deux quarts de degré carré de référence, ce qui conduit à une aire finale de 6 quarts de degré carré (figure 41).

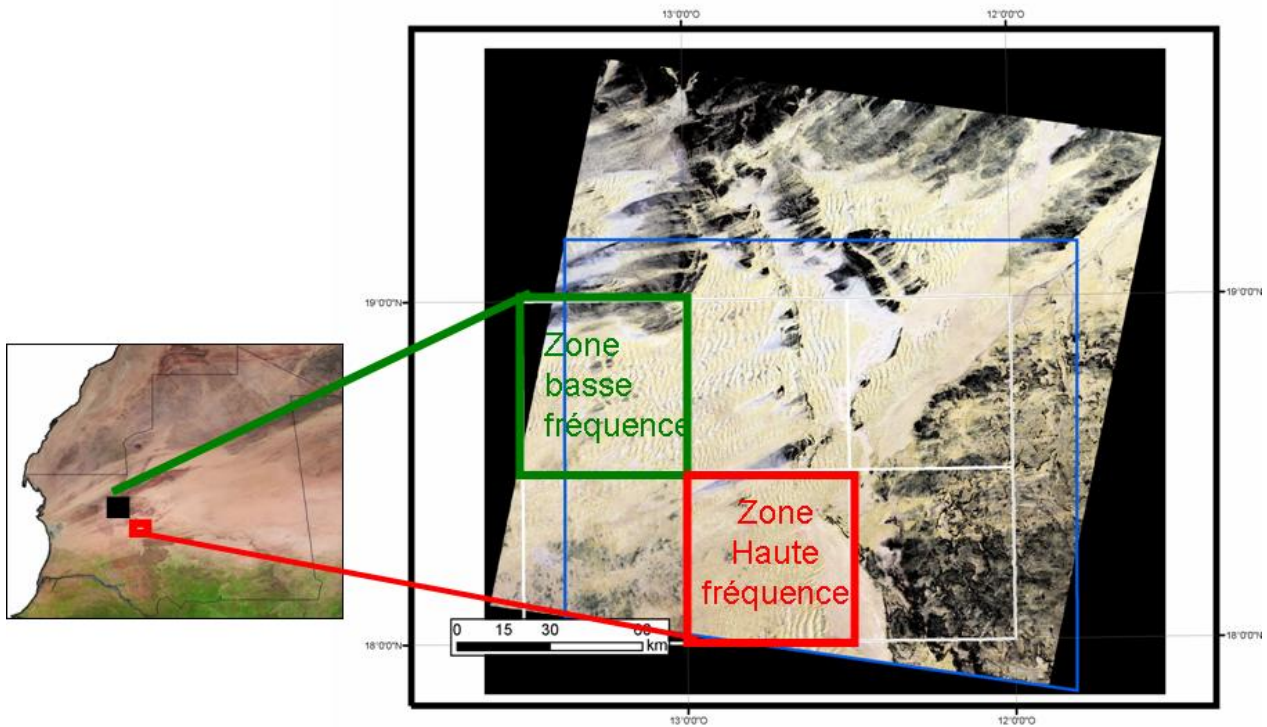


Fig. 41 : Localisation de la zone d'étude englobant les 2 quarts de degré carré de référence, de haute et de basse fréquences.

2.1.3. Description des zones

La zone d'étude est localisée dans l'Awkar Lebkem au Nord d'Agane, une des régions totalement désertiques du pays.

Les zones d'étude, sont globalement couvertes d'ensablements de divers types (dunes isolées, champs de barkhanes, cordons dunaires ergs plus ou moins puissants) avec par endroit des soubassements de regs caillouteux ou des affleurements du socle rocheux.

Les formes dunaires sont globalement différentes entre la partie Nord (Zone de basse fréquence et la partie Sud (Zone de haute fréquence).

Au Nord, elles sont en majorité sous forme d'ergs moyennement ondulés du Nord au Sud en alternance plus ou moins avec des fonds sablonneux noirs ou des regs caillouteux ou argileux alors qu'au Sud la forme des dunes est en majorité sous forme d'écailles de poissons. Deux petites montagnes (Temessoumit et Tourine) marquent le relief du centre de la zone Sud tandis que différents escarpements et montagnes sont localisés plus au Sud.

La végétation pérenne dominante est constituée en majorité de *Stipagrostis pungens* et de *Panicum turgidum*.

La zone de haute fréquence se localise au sein des découpages de l'Atlas de Popov (1992) à l'est d'une zone de convergence de vent et à partir de 12°30'W comme une steppe désertique à végétation dans les interdunes d'un paysage dunaire et avec une pluviométrie globalement inférieure à 150 mm par an. Ce niveau semble avoir toutefois régressé si on fait référence à la moyenne 1965-2006 qui montre que cette zone passe actuellement à moins de 100 mm par an.

2.1.4. Les itinéraires

Les itinéraires physiques et géographiques suivis pour le travail de terrain et de collecte des données étaient obligatoirement déterminés en fonction des possibilités d'accès qu'offrent le terrain à travers les ensablements dunaires puissants et localement très mobiles.

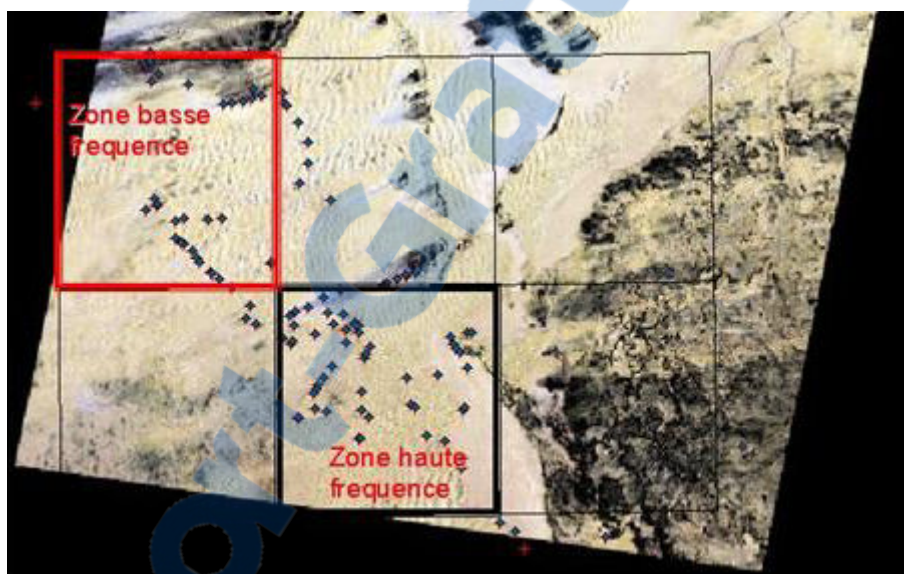


Fig. 42 : Points de relevés sur la zone d'étude.

2.1.4.1. Accès aux stations

Avant d'arriver aux zones, seuls deux itinéraires sont possibles : venir du Nord ou venir du Sud.

– **Pour venir du Nord** ; la recherche des passages commence à partir de 60 km à l'Est de Nouakchott en allant au Nord Est, via les ensablements qui conduisent à Aguilal Faye 17°54'15"N-15°20'10"W, Aguilal Faye (puits d'eau douce) 18°27'10"N-14°44'26"W. Ensuite on longe les regs en traversant les environs de Dhaït Allah (puits saumâtre) 18°41'30"N-14°04'58"W, Adhm El Maskra 18°53'29"N-13°24'34"W, la Sebkhha de Souediyatt 18°57'51"N-13°21'00"W, Aragoum Bounaga 18°58'51"N-13°18'24"W, pour arriver à l'extrémité de la zone en côtoyant la partie Sud de l'Adrar et descendant la montagne de Tamkarkart. On longe ensuite Ras Lazrag 18°55'40"N-12°58'36"W pour rentrer dans la zone de basse fréquence située au Noed-Ouest de celle de haute fréquence.

– **Pour venir du Sud**, la recherche de passage commence à partir de Çangrava à 400 km de Nouakchott, ensuite on fait 84 km dont 60 en majorité dans un erg de type elb-alâb et

sur des regs et parfois des regs caillouteux, via Toueimirt El-Hachia 18°27'14"N-12°44'25"W, Arweiguije 17°54'50"N-12°50'02"W, Ain Chikidar Sud 17°58'55"N-12°51'53"W, Ain Chikidar 18°02'48"N-12°52'37"W, Ain Chikidar Nord 18°05'48"N-12°53'35"W pour enfin arriver dans la zone Sud après avoir traversé de nouvelles dunes.

2.1.4.2. Collecte des données

Les itinéraires de travail de terrain et de collecte des données étaient choisis en tenant compte des possibilités d'accès qu'offre le terrain essentiellement dunaire.

La zone de basse fréquence a un accès à partir du Nord mais deux à trois à partir du Sud. On peut y faire, des itinéraires et des relevés dans les différentes directions dans les parties centrales. Par contre, dans son extrémité Nord et Nord-Ouest les itinéraires sont difficiles à cause des grandes dunes Ils sont possibles sur seulement environ 10 à 20 % de la zone.

Dans la zone de haute fréquence, les itinéraires sont localement difficiles mais globalement possibles. Les accès immédiats, peuvent se faire du Sud, du Sud-Ouest, de l'est et du Nord.

Les relevés floristiques, acridiens et géomorphologiques ont été effectués suivant les itinéraires possibles du Nord au Sud ou du Sud au Nord.

2.1.5. Les contraintes

2.1.5.1. Absence de données sur la zone

L'une des contraintes majeures dans cette zone d'étude, est qu'elle n'a jamais été atteinte par les itinéraires des grands auteurs qui ont traité le problème du Criquet pèlerin en Mauritanie (Abdallahi 1972, Monod 1938, Murat 1944, Murat 1939, Murat 1937, Skaf 1973, Zolotarevsky & Murat 1938a), Bruneau de Miré (Bruneau de Miré 1952) est le seul étant passé non loin de la limite est de cette zone : dans le Khatt. Le degré d'exploration de la flore d'Afrique Tropicale divisé par Hepper (1972) en trois classes (bien connue, moyennement connue et peu connue) localise les deux zones d'études dans la dernière classe : "peu connue".

Ghaout (Ghaout 1990), Louveau *et al.* (1990) ont étudié trois petites zones situées à son Ouest autour de Sbaya /Aftout Faye (250 km de Nouakchott) séparé les unes des autres de 30 à 100 km et dont la plus proche de nos zones d'étude est située à 18°50'N, 13°56'W soit environ une centaine de km. Le professeur Pasquier a dirigé des prospections conjointes algéro-mauritaniennes en 1970 (Anonyme (OCLALAV) 1970b) qui ont fait un itinéraire traversant la zone du Sud-Ouest (Adhm) au Nord-Est (Temessoumit). La description a toutefois été sommaire. Elle n'a concerné que 2 stations.

La première : Adhm qui se trouve dans le Sud du degré carré situé entre les méridiens 13°W et 14°W et les parallèles 18°W et 19°N. Cette station est située dans un ensemble de plages sableuses surmontant un substratum rocheux végétalisé par *Commiphora africana*, *Combretum* sp., *Ziziphus mauritania*, *Cyperus* sp., *Colocynthis vulgaris*, *Morettia canescens*, *Heliotropium bacciferum* (=ramosissimum), *Heliotropium strigosum*, *Enneapogon brachystachius*, *Tephrosia* sp., *Blepharis* sp., *Tragus racemosus*, *Chloris prieurii*.

La seconde : Temessoumitt se situe à 18°34'N et 12°39'W, environnée d'ensablements vifs (Amourkrouz) recouvrant en partie les rochers de Temessoumit. La végétation inventoriée

comprend *Accacia raddiana*, *Euphorbia balsamifera*, *Maerua crassifolia*, *Leptadenia pyrotechnica*, *Panicum turgidum*, *Stipagrostis pungens*, *Cyperus conglomeratus*, *Chrozophora senegalensis*.

Ces descriptions végétales ne sont malheureusement plus d'actualité, ainsi l'*Euphorbia* et le *Leptadenia* ont disparu de la zone tandis que le *Commiphora* est devenu extrêmement rare.

Popov est, aussi brièvement passé, dans sa partie Sud en novembre 1992 pendant 2 jours de prospection que j'ai eu la chance d'effectuer avec lui. Il l'a décrit, très sommairement, comme un ensablement dunaire à caractère "d'écailles de poisson" et il y cite la présence du *Calligoum* (Popov 1992).

Seule une carte hypsométrique au 1/200 000 (Ksar El Barka) éditée par l'IGN en 1962 couvre cette zone.

Il existe bien sûr les données acridiennes collectées par des équipes de prospection et celles partiellement transcrites dans l'Atlas de Popov (1992).

2.1.5.2. Absence de données météorologiques

Aucune donnée météorologique n'est disponible sur cette zone. La station la plus proche station se situe à 150 km de sa partie Nord-Ouest. Il s'agit de la station Akjoujt.

2.1.5.3. Accessibilité

Les deux zones d'étude, de haute et de basse fréquence, sont éloignées des villes (à 400 km environ de Nouakchott) et d'un accès extrêmement difficile, avec l'absence absolue de tracés routiers. Pour arriver dans ces zones, il faut un minimum de 17 heures de voyage par véhicule (4x4), soit un jour et demi de voyage avec en plus, un minimum de 6 à 7 heures pour traverser les deux zones. Il n'y existe aucune infrastructure d'accueil ou d'approvisionnement. Pour y aller, il faut être complètement autonome sur le plan logistique et alimentaire avec un minimum de deux véhicules en excellent état, car ces zones ne recèlent aucun point d'approvisionnement ou de dépannage et en particulier pas d'eau potable. ce qui explique l'absence de présence humaine permanente. Les nomades y séjournent ou transitent saisonnièrement à la recherche du bon pâturage en saison fraîche. Ils survivent avec le lait de leurs chamelles, la récupération de l'eau des rares pluies et font leur thé avec l'eau sur-salée de l'unique puits dans la zone. Ces rares nomades viennent soit de l'Adrar au Nord soit du Tagant ou du Brakna respectivement à l'Ouest et au Sud.

En été, les températures peuvent atteindre et dépasser 50°C, tandis que les températures nocturnes peuvent être relativement basses en hiver.

Les zones abritent, des serpents parmi les plus dangereux du désert dont la vipère à cornes. Ces vipères, sont attirées, d'ailleurs, en périodes de haute chaleur par l'usage de l'eau la nuit par les bivouacs des missions. On rencontre parfois des scorpions et des coléoptères qui brûlent la peau (*Anthia sexmaculata*, Coléoptères, *Carabidae*) et des solifuges plus impressionnants que réellement dangereux.

2.1.5.4. Difficultés d'installation et de maintien du dispositif exploratoire

L'installation du dispositif n'a pas été la partie la plus facile du travail. D'abord, en été, par les températures élevées de juillet 2002, il a fallu profiter de la fraîcheur toute relative des nuits (38°C) avec une équipe de 5 personnes pour installer les stations météorologiques semi-automatiques. Stations météorologiques qu'il a fallu ensuite relever régulièrement chaque mois. Dans certains cas les distances théoriques inter-stations n'ont pas pu être respectées, à cause de l'inaccessibilité des zones d'implantation.

Le risque de vandalisme est une réalité compte tenu de l'impossibilité qui était la notre de pouvoir assurer le gardiennage et la protection de chacune des 8 stations. Ce qui fut malheureusement bien confirmé par la destruction d'une station météorologique principale, par un inconnu, impliquant la perte de 3 mois de données et un vide supplémentaire de 3 autres mois pour importer une nouvelle station à partir des Etats-Unis d'Amérique.

2.1.5.5. La recrudescence 2003-2005

Une autre contrainte, qui elle, a retardé le travail de thèse, fut le démarrage de la grande recrudescence en 2003 et son prolongement jusqu'en 2005 qui a nécessité des efforts exceptionnels pour mener et coordonner une lutte rude sur plus de 1 300 000 ha durant laquelle il a fallu pallier les nombreux retards dans l'obtention des moyens d'intervention, puis assurer le suivi de toutes les activités de restauration des capacités en post-invasion (2006-2008). De plus le service antiacridien a amplement participé aux opérations d'aide aux populations sinistrées ce nouveau fléau acridien. qui a touché plus de 700 000 personnes (Brader *et al.* 2006) dont 340 000 ont été directement secourues par le CNLA à travers le projet AELP.

Tout cela a amplement contribué à ralentir la rédaction de ce mémoire.

2.2. Méthodes et moyens d'investigation

2.2.1. Itinéraire méthodologique

Dans un premier temps, deux quarts de degré carré ont été retenus pour en comparer les caractéristiques mésologiques : l'un présentant la particularité d'abriter un foyer de très haute fréquence de reproduction et de grégarisation primitive du Criquet pèlerin l'autre, situé à proximité immédiate ne révélant qu'une très basse fréquence de reproduction de l'insecte. Tous les deux appartiennent à la région naturelle de l'Aouker Lebkem située entre l'Adrar mauritanien, au Nord, le Tagant au Sud et le Katt Moïnan à l'est. Cette zone se situe aux confins des acrido-régions 2 et 3 (figure 25) dites de reproduction estivale ou automnale de reproduction des solitaires où l'on voit également apparaître le plus souvent les solitaro-*transiens*. La position de ces deux quarts degré carré, dans les scènes LandSat, les difficultés de progression imposants des contournements systématiques pour passer d'un quart de degré carré à l'autre ont fait évoluer la problématique duale initiale pour élargir la zone d'étude à 6 quarts de degré carré (figure 25) et prendre en considération les situations intermédiaires de basses et moyennes fréquence de reproduction du Criquet pèlerin qu'offrent les 4 quarts de degré carré supplémentaires mais aussi d'étendre la gamme des milieux (une partie du khatt. Moïnan et du Tagant.

L'étude de la zone est passée par plusieurs étapes :

- une analyse non supervisée suivie d'une classification de la scène LANDSAT a permis de mettre en évidence : 5 unités morphologiques mais cette segmentation n'était pas assez discriminante pour être retenue.
- par une analyse géomorphologique plus approfondie a conduit 14 classes "d'unités de paysage ont été distinguées, caractérisées et cartographiées.
- la structure du tapis végétal herbeux qui constitue un élément déterminant pour structurer l'espace vital du Criquet pèlerin en facilitant plus ou moins les contacts entre individus et, *de facto*, le potentiel grégarigène du biotope a été analysée par le biais de 80 transects de 1000 m x 2 m pour décrire la taille et l'écartement des touffes de *Stipadrostis pungens* et de *Panicum turdidum*, deux espèces végétales herbeuses pluriannuelles discriminantes de l'environnement de *Schistocerca gregaria* (Ould Babah & Sword 2004).
- l'analyse structurale du tapis végétal a été complétée par l'analyse floristique des principaux groupements constituant les biotopes de l'acridien. Plus de 130 relevés phytosociologiques ont été effectués dans la zone et hors de la zone afin d'en cerner l'originalité floristique.
- tous les relevés acridiens effectués par les prospecteurs depuis les années 1960 et disponibles dans la base en ont été extrait et leurs caractéristiques phasaires et phénologiques ont été spatialisées.
- enfin un tableau de cooccurrence des données géomorphologiques, floristiques et acridiennes a été soumis à plusieurs analyses factorielles des correspondances pour parvenir à la description fonctionnelle des principaux biotopes en présence.

Reste alors à examiner leur distribution dans les différents quarts de degré carré et à évaluer l'incidence relative des composantes structurelles et dynamique, ce qui a été tenté par l'implantation des 8 stations météorologiques semi-automatiques dont le fonctionnement a été assuré durant près de 3 années.

2.2.2. Les méthodes spatiales

L'outil télédétection a toujours et continue de constituer un espoir pour les gestionnaires de la lutte anti-acridienne dans les pays affectés par le fléau. On attend, en effet, de cet outil qu'il permette l'aide à la décision rapide pour l'alerte et l'intervention précoces en permettant de localiser, en temps utile, les sites où apparaissent des conditions favorables à la survie, la reproduction, à la multiplication, voire à la grégarisation de l'insecte afin d'orienter prioritairement les équipes de prospection et de lutte vers ces lieux et éviter des déambulations coûteuses. Elle doit également aider à la caractérisation et à la cartographie du paysage de l'habitat et des biotopes du Criquet pèlerin.

Bien que cette utilisation de la télédétection en lutte anti-acridienne est relativement ancienne (Pedgley 1974). Elle reste, toutefois, toujours en deçà des attentes anti-acridiennes malgré son évolution dans d'autres types d'utilisation militaires et même civiles, Il faut en effet accéder à des méthodes fiables en milieu désertique et qui allient rapidité d'obtention des informations (pas de temps décadaire) et faible coût d'exploitation (Routier 2000).

La télédétection a surtout, été utilisée pour la détection de la végétation en vue d'aider à la surveillance anti-acridienne (Ghaout 1990, Hielkema *et al.* 1986, Hielkema *et al.* 1981). Louveaux *et al.* (1990) ont étudié le fonctionnement de l'aire de reproduction hivernale du

Criquet pèlerin en Mauritanie en utilisant, entre autres, une image Landsat. Cherlet & Gregorio (1991) ont tenté la calibration et l'intégration de la modélisation des données de la télédétection pour la surveillance des habitats du Criquet pèlerin. D'autres espèces acridiennes et leurs milieux ont été mieux étudiés.

En Asie centrale, Latchininsky *et al.* (2007) ont essayé de voir si les images Landsat peuvent améliorer le suivi de l'habitat de *Locusta* dans le delta de la rivière Amudarya en Ouzbekistan.

En Chine, Liu *et al.* (2006) utilise 2 images Landsat ETM pour le suivi de l'invasion du Criquet migrateur Oriental dans 3 zones pilotes (Huangzao, Yangguangzhuang et Tengnan) aux environs de la province de Hebei sur le plan de l'intensité des dégâts et leurs distributions.

Ceccato *et al.* (2007) ont fait un travail sur les prévisions climatiques saisonnières par rapport à la recrudescence en Afrique de l'Ouest (2003-2005).

En ce qui concerne, les travaux de télédétection sur la géomorphologie en milieu du Criquet pèlerin, elle est très rare à l'exception du travail de Voss (1994, 1993) sur la cartographie de quelques biotopes acridiens ont été réalisés, en Mauritanie, au Soudan et à Madagascar. Despland *et al.* (2004) ont étudié l'effet des structures des paysages sur la formation des essaims en Mauritanie et au Soudan (Région centrale) par l'indice de végétation NOA/AVHRR. Leurs conclusions étaient que la résolution utilisée n'était pas adaptée pour distinguer les zones de déclenchement de grégarisation par rapport à d'autres. Par contre, dans la deuxième partie de l'étude, ils ont confirmé que les structures des paysages influencent le développement des recrudescences à travers deux mécanismes que sont : (1) la haute abondance des ressources qui favorise la multiplication des criquets tandis que (2) la contraction des ressources dans des petites taches augmente la concentration. Franc *et al.* (2005) ont utilisé la télédétection pour améliorer l'outil d'évaluation du risque acridien du Criquet Migrateur malgache en utilisant une image Landsat, ce qui a permis de caractériser 22 biotopes acridiens dans 5 écorégions.

Enfin un travail sur l'utilisation des images Spot 5 pour identifier la présence des criquets a été fait par Kibasa (2006) qui n'a pas pu distinguer les criquets des sols contrastés.

Par contre dans d'autres espèces acridiennes les milieux et la géomorphologie ont été mieux étudiées.

En Chine, Liu *et al.* (2006) utilise les images Landsat (capteur ETM) pour identifier les zones de reproduction de *Locusta migratoria* autour de l'embouchure de la vallée jaune en classant ses régions et leur couverture fractionnelle de végétation.

Au Kazakhstan, Sivanpillai *et al.* (2006) ont cartographié les biotopes de *Locusta* dans le delta de la rivière Illi en utilisant l'imagerie Landsat.

Franc (2007) étudie en détail les transformations mésologiques sur la dynamique des populations et la grégarisation du Criquet nomade dans le Nord de Madagascar, grâce à des analyses synchroniques et diachroniques d'images SPOT pour démontrer la formation récente d'une aire grégarigène de ce ravageur sous l'effet d'une intense déforestation.

Par contre les travaux de télédétection sont très nombreux dans d'autres domaines, non-acridiens, tel que la géologie, physique et biogéographie dont, entre autres, ceux de Courel (1984, 2004) qui a mené de multiples études sur la transformation récente des milieux sahéliens de l'Afrique à partir de mesures fournies par les satellites.

De notre côté, nous souhaitons utiliser la télédétection pour spatialiser et caractériser l'ensemble des informations concernant le fonctionnement des éléments de paysage dans les

deux zones de haute et de basse fréquence, afin d'en détecter les similarités et les différences significatives.

Au départ, nous avons visé trois objectifs dans les études spatiales :

1. Caractériser les éléments géomorphologiques du milieu des deux zones d'étude en utilisant, entre autres, les images Landsat 7 TM, en vue d'en détecter les différences significatives pouvant avoir un rôle dans la grégarisation du Criquet pèlerin.
2. Etudier l'évolution comparative de la végétation avant et durant les deux années d'études 2002 -2004 grâce à l'analyse des images acquises
3. Essayer d'utiliser les images Meteosat pour détecter les nuages à pluie enregistrées par les stations automatiques installées dans les zones d'étude.

2.2.2.1. Le choix des satellites

Le premier satellite choisi est Landsat (Land Satellite) de la Nasa principalement à cause de la taille de résolution et l'accessibilité de ses images. Il est largement connu et bien décrit par Girard & Girard (Girard & Girard 1999). Il est héliosynchrone, avec une résolution de 30 m sauf pour la bande infrarouge où elle est de 120 m. Sa répétitivité est de 16 jours. Chaque scène mesure 170 km en Nord-Sud et 185,2 km en est-Ouest. Il lui faut 233 tracés pour couvrir le globe ; chaque tracé couvre 248 scènes. Il est à une altitude de 696 km à l'équateur et à 741 km aux pôles et dispose d'un capteur ETM+ d'une bande spectrale de 10, 4-12, 5 μm .

Le second satellite choisi est Meteosat 6. Il est géostationnaire, est à une altitude de 35 800 km au dessus de l'équateur, à 0° de latitude. Il observe l'ensemble du globe. Il lui faut 25 minutes pour construire une image.

La nouvelle génération de Meteosat MSG n'a pas pu être testée à cause du retard de l'installation de sa station de réception au niveau du pays.

2.2.2.2. Le choix des images satellites

Nous avons acquis 3 images d'une scène Landsat TM 7 au n° LE720304700028150 de la zone qui correspondent au passage (Path) 203 et à la ligne (ROW) 047 collectées respectivement pour les périodes des : 6 juillet 2001, 24 septembre 2001 et 7 et octobre 2001 suivant l'ordre de commande de l'USDA numéro 0110205240037. Les images étaient Géoréférencées en UTM/WSG84. Avec l'orientation de la carte (MAP ORIENTATION) sous format FAST-L7A. La taille du Pixel est de 28,5 m pour chacun des 7 canaux

Le choix de ces trois mois est justifié par leurs caractéristiques temporelles représentatives des milieux, du centre et Sud du pays. En effet, le mois de juillet est celui de la fin de la saison sèche tandis que le mois de septembre est celui du pic de la période pluvieuse mais aussi du développement de la végétation. Le mois d'octobre produit ce que les nomades appellent en Hassanya « l'octobrie » : les pluies d'octobre.

Nous avons voulu comparer ces images durant les mêmes mois au cours des deux années d'étude 2002-2004. Malheureusement le Satellite est tombé en panne et par conséquent nous n'avons pas obtenu d'autres images de cette période. L'utilisation des images disponibles a été, par conséquent limitée à l'exploitation de la caractérisation géomorphologique des zones d'étude.

Pour les images Meteosat, la station de réception utilisée est localisée à l'ASECNA à l'aéroport de Nouakchott. Les deux zones d'étude basse et haute fréquence ont été géoréférencées et marquées dans l'écran de la station. Les images sont stockées dans la station par semaine. Une visite pour visualisation des images est faite toutes les fins de semaines pour détecter les nuages supposés produire des pluies couvrant la zone d'étude. Quand apparaît un nuage sur la zone, une impression papier est faite et ensuite sa comparaison est faite avec les données enregistrées par heure au niveau des stations automatiques.

Remarque. Les images traitées LANDSAT TM, couvrant les régions sèches, arides, hyperarides, fournissent une représentation remarquablement précise de toutes les formes de relief pour les études de géomorphologie : plateaux, inselbergs, ergs, aklés, plaines sableuses, surfaces rocheuses : glaciés d'érosion et ergs, cuvettes lacustres.

Par contre, quand il s'agit d'avoir des informations fiables sur le tapis végétal, en utilisant par exemple l'indice NDVI (Indice de végétation normalisée), il est indispensable de limiter les observations et interprétations aux seules régions du Sahel central (entre les isohyètes 350 et 500 mm) où, les années les plus fastes, le tapis herbacé est suffisamment dense pour être perceptible (biomasse végétale d'au moins 1 500 kg ms/ha).

Or, en Mauritanie, seule la partie Sud du pays est concernée par le Sahel septentrional où le couvert végétal est plus ou moins continu, moins aléatoire.

Par contre, LANDSAT TM et SPOT ségrègent des unités végétales et des états de surface très variés dans la vallée alluviale du Sénégal.

Autrement dit, l'indice NDVI calculé à partir de l'image LANDSAT TM est inexploitable pour la discrimination des unités biogéographiques dans les régions sahariennes et saharo-sahéliennes où la faiblesse de la pluviométrie entraîne la discontinuité du tapis végétal.

Si la télédétection est un outil remarquable pour le suivi des écosystèmes des régions humides du monde, elle n'est pas l'outil le plus adéquat pour l'observation de la végétation des régions arides et hyperarides.

La télédétection, pour être efficace implique l'interprétation d'un grand nombre d'images et notamment des données enregistrées en temps réel, du début à la fin d'une invasion acridienne. Si nous voulions privilégier la télédétection au CNLA, il faudrait doter ce dernier d'un véritable centre de télédétection et d'un centre de réception, donc investir des sommes considérables. Cependant grâce à des données de terrain précises et géoréférencées sur les biotopes acridiens couplés à des images de haute résolution pourraient permettre de cartographier les unités de végétation.

2.2.3. Relevés de terrain : éléments structurels des biotopes acridiens

2.2.3.1. Description des unités spatiales géomorphologiques

La carte géomorphologique légendée (Fig. 42) a été réalisée à partir des observations de terrain compilées à l'occasion de la mission faite en 2003 en compagnie d'une équipe du CNLA conduite par son directeur et de l'interprétation des images LANDSAT TM des 6 juillet, 24 septembre et 7 octobre 2001.

Cette carte peut être précisée par l'analyse granulométrique des sédiments éoliens, fluviaux et fluvio-éoliens à texture sableuse qui constituent l'essentiel des formes d'accumulation de la partie orientale de l'*Aouker Lebkem*, ainsi que par la mesure de la teneur en eau, à 15 cm de profondeur de l'horizon supérieur des dépôts. Ces deux types de données sont indispensables à la caractérisation des unités et des écotopes favorables à la production et au développement de la population acridienne. 14 unités ont été distinguées.

2.2.3.2. Mise en évidence et description des unités de végétation (annuelle et pérenne)

L'élucidation en Mauritanie des régions qui diffèrent dans la fréquence des criquets grégarisants donne l'opportunité de comparer les caractéristiques écologiques qui peuvent affecter le développement des populations et la grégarisation entre les zones adjacentes de hautes et basses fréquences.

En vue de l'association connue entre les distributions de ressources locales et la grégarisation, les répartitions spatiales de deux touffes d'herbes pérennes, *Panicum turgidum* Forsk. et *Stipagrostis pungens* Desf. (Poaceae) (Ozenda 1983), sont examinés. Ces herbes sont numériquement dominantes dans la zone d'étude et considérées comme d'importantes ressources au niveau desquelles les contacts entre criquets et grégarisation peuvent se produire. L'hypothèse à vérifier était que la distribution des touffes d'herbes doit être plus condensée et ainsi promeut plus probablement la transformation phasaire dans les zones à haute fréquence de grégarisation.

La région centrale en Mauritanie renferme des zones adjacentes de basse et de haute fréquences de grégarisation localisées dans les régions est et Sud-Est de l'Aouker Lebkem et la région centrale des chaînes de Mauritanides. Cette zone s'étend sur l'intersection de quatre régions administratives, Adrar, Tagant, Brakna et Inchiri. La zone est une basse plaine alluviale avec une variété de couches, y compris des dunes isolées, dunes mouvantes (barkhanes) et larges chaînes dunaires. Certains ruissellements locaux aboutissent à des dépressions salines (sebkhas) aux abords Nord de la zone, avec occasionnellement des affleurements rocheux en surface, entourés parfois par des anneaux érodés. Actuellement, l'érosion a sculpté le substrat superficiel en reflétant les conditions des vents qui prédominent.

La zone est difficile d'accès, voire inhabitée avec aucun point d'eau. Les nomades amènent leur cheptel uniquement durant la saison de pluies hivernales ou lorsqu'ils n'ont pas d'autres alternatives. La température peut atteindre plus de 45°C en été et chuter à env. 10°C pendant les nuits hivernales. Le poste météorologique permanent le plus proche se trouve à Tidjikja (18°34'N, 11°26'W), à 150 km de la zone d'étude. La végétation annuelle peut rester verte jusqu'en janvier et est composée essentiellement de *Tribulus macropterus* (Boiss.) (Zygophyllaceae), *Boerhavia repens* L. (Nyctaginaceae), *Farsetia stylosa* R. Br. (Brassicaceae), *Cyperus conglomeratus* Rottb. (Cyperaceae), *Heliotropium ramosissimum* (Lehm.) DC. (Boraginaceae) et *Stipagrostis plumosa* L. (Poaceae). Les plantes pérennes dominantes sont *Stipagrostis pungens* Desf. et *Panicum turgidum* Forsk. (Poaceae). D'autres plantes rares comme *Acacia tortillis* Forsk. (Leguminosaeae), *Capparis decidua* (Forsk.) Edgew., *Maerua crassifolia* Forsk. ou *Boscia senegalensis* (Pers.) Lam. ex Poir. (Capparidaceae) sont également présentes.

Les zones de basses fréquences de grégarisation occupent 1 quart de degré carré soit $\pm 250 \text{ km}^2$. (de 18°30'N à 19°00'N et de 13°00'W à 13°30'W). Les zones de haute fréquences de grégarisation occupent un quart degré carré similaire bordant le côté Sud-Est de la zone à basse fréquence (18°00'N à 18°30'N et 12°30'W à 13°00'W). La navigation au sein des zones étude est réalisée grâce au système Trimble DGPS.

Les ressources en criquets. Les distributions spatiales des buissons de *P. turgidum* et *S. pungens*, ont été évaluées. Les buissons connues par leur aspects touffus sont communément utilisés comme sites de perchage et servent à concentrer les criquets aussi bien les populations à basse qu'à haute densité. Les criquets peuvent s'abriter dans les touffes le matin, en milieu de journée et la nuit pour la thermorégulation et la protection contre les prédateurs (Burnett 1951, Chapman 1965, Culmsee 2002, Kennedy 1939). La pérennité de ces herbes facilite leur utilisation comme indicateurs environnementaux à long terme comme la disponibilité de l'eau qui peut influencer la croissance des populations.

acridiennes. En plus, en tant que pérennes, elles sont faciles à échantillonner à travers de vastes zones parce que contrairement aux annuelles, leur présence ou absence immédiate dans une location donnée est indépendante des récentes pluies locales.

Méthodologie d'échantillonnage. Quarante transects (bande de 1 km x 2 m) étaient aménagés dans chacune des zones à haute et basse fréquence de grégarisation. Chaque transect était divisé en 10 quadrats contigus (100 x 2 m). Le nombre de touffes de *S. pungens* et *P. turgidum* présente dans chaque quadrat est noté. Les transects sont échantillonnés en véhicules 4x4 venant de Nouakchott allant vers les stations météorologiques érigées sur le terrain d'expérimentation. Vingt des 40 transects de chaque zone ont été examinés en octobre et les 20 restants par zone ont été examinés en novembre. Au sein de chaque zone, un ensemble de 20 transects a été examiné le long de 2 extrémités est-Ouest et l'autre ensemble le long de 2 extrémités Nord-Sud sans chevauchement avec le premier. Le point de départ de chaque transect était choisi à l'aveuglette par un passager à l'arrière du véhicule et les transects individuels ne se sont pas chevauchés. La largeur du transect était perpendiculaire à la portière latérale du véhicule. La longueur du quadrat et du transect ont été déterminées grâce au compteur kilométrique du véhicule. Les transects sont délimités en ligne droite dans la mesure du possible avec quelques déviations seulement pour trouver un passage du véhicule à travers les rocailles. Les dunes extensives, difficiles d'accès et dépourvues de végétation étaient systématiquement évitées.

Durant l'échantillonnage des bandes de transects dans chaque zone, la taille des plantes est estimée au cours de 10 lignes additionnelles de transects choisies au hasard à des points le long du trajet. Chaque transect est arbitrairement orienté avec une longueur maximale de 300 m. L'échantillonnage au niveau des transects s'effectue à pied à partir d'un point de départ et le diamètre et la hauteur des 10 premiers *S. pungens* et 10 premiers *P. turgidum* rencontrés si ils sont présents sont notés.

Analyses statistiques

Cette expérience était conçue suivant une évaluation comparative dans laquelle les évaluations étaient dispersées dans l'espace au sein des zones à basse et à haute fréquences. Les échantillons peuvent être considérés comme des vraies répétitions (Hurlbert 1984). Nous avons comparé l'abondance des touffes par transect, le diamètre et la hauteur maximale de chaque espèce d'herbe entre les zones à basse et haute fréquences. Les deux espèces d'herbes co-occurentes dans plusieurs transects ont une structure similaire. Du fait que les criquets peuvent utiliser les touffes des deux espèces comme seule source de nourriture et d'abri sans différencier entre les deux unités taxonomiques, l'abondance totale des touffes par transect entre les deux zones a été également évaluée. Des comparaisons de l'abondance par transect, du diamètre et de la hauteur des plantes entre la zone de basse et de haute fréquence de grégarisation ont été analysées grâce à des échantillons indépendants avec le test t à variances égales, comme défini par le test de Levene en SPSS 11.0.1 (Anonyme 1999).

La distribution spatiale des touffes de chaque espèce d'herbe ainsi que les deux ressources combinées étaient quantifiées dans chaque transect de 2000 m² en utilisant l'indice de dispersion standardisé de Morisita (I_p) (Krebs 1999, Smith-Gill 1975). I_p varie de -1.0 to +1.0 avec zéro suggérant une distribution aléatoire. Les valeurs négatives indiquent l'uniformité, les valeurs positives indiquent une distribution agrégative. L'intervalle de confiance à 95% allant d'aléatoire à l'uniformité ou l'agréation est donné par les valeurs de -0.5 et +0.5, respectivement. L'indice de dispersion standardisé de Morisita est considéré comme l'un des meilleurs outils de mesure de dispersion à cause de son indépendance de la densité des populations et de la taille de l'échantillon (Krebs 1999). Ces qualités de mesure facilitent son

utilisation dans la comparaison des distributions au sein des populations avec des tailles échantillons différents.

Pour chaque espèce d'herbe ainsi que pour les deux ressources combinées, le nombre de transects ayant une distribution uniforme, aléatoire ou agrégée comme déterminée par leurs valeurs I_p étaient comparés entre les zones de haute et basse fréquences grâce à la table d'analyse d'éventualité RxC à base de permutation de Monte Carlo (50 000 itérations) (disponible à <http://engels.genetics.wisc.edu/pstat>) en comptant les cellules avec des valeurs inférieures à 5 (Zar 1999). En plus de la comparaison des fréquences relatives de chaque type de distribution entre les deux zones, les différences entre la magnitude relative et la variabilité des ressources locales d'agrégation entre les zones étaient aussi examinées. Ces comparaisons ont été faites grâce à l'analyse des échantillons indépendants avec le test t et le test de Levene pour l'inégalité de variance pour les valeurs de $I_{p,as}$ pour chaque espèce séparément et les deux ressources considérées ensemble.

2.2.3.3. Les relevés floristiques, le tableau phytosociologique

La distribution des végétaux ne se fait pas au hasard. Quand on trouve une espèce on a des chances non-négligeables de rencontrer quelques autres que l'on rencontre souvent ensemble dans une même région, d'où la notion d'association végétale. A chaque association correspond un type d'environnement qui lui est propre et qu'elle caractérise. Ainsi, lorsque l'on met en évidence les associations on appréhende *ipso facto* les types d'environnement. La connaissance des associations et des syntaxons d'ordre supérieur conduit donc à inventorier, localiser et hiérarchiser les types d'environnement d'un territoire (Duranton 1975). Il est ensuite facile d'étudier en détail ces types d'environnement. Les objets d'étude sont bien définis et le plan d'échantillonnage peut être établi en toute connaissance de cause ce qui accroît la rapidité d'intervention et diminue le coût des opérations. L'analyse phytosociologique du tapis végétal conduit à dresser l'inventaire floristique et sociologique d'un territoire en mettant corrélativement en évidence les différents types d'environnement en présence et ceci en utilisant des méthodes d'investigation simples et peu coûteuses qui vont être exposées dans le paragraphe suivant.

La phytosociologie sigmatiste¹ qui peut être considérée comme l'analyse descriptive et causale des groupements végétaux a donc servi de fil conducteur pour la description des groupements caractérisant les principaux biotopes du Criquet pèlerin.

La pratique des relevés floristiques. Les investigations se font à deux niveaux,

- celui des associations extensives qui sont en équilibre écologique dynamique avec le méso-environnement ou environnement régional ;
- celui des associations spécialisées, implantées dans des sites particuliers de surface souvent restreintes où prédominent des conditions écologiques spécifiques.

La localisation et la caractérisation des associations extensives renseignent donc sur les conditions moyennes d'un territoire (à l'échelle régionale) alors que la gamme des associations spécialisées renseigne sur l'écodiversité de ce territoire.

L'objet d'étude ayant été défini, il faut ensuite conduire les prospections de façon à obtenir un échantillonnage équilibré. C'est à dire qu'il ne faut pas sur-prospecter certains groupements au détriment de certains autres qui se trouveraient alors sous-prospectés. Le cas extrême serait

¹ De SIGMA : Station de Géobotanique Montpellieraine et Alpine fondée par Josias BRAUN-BLANQUET.

un échantillonnage au hasard où le nombre d'échantillon serait proportionnel aux surfaces occupées par chaque groupement, ce qui peut conduire à de graves distortions, en particulier dans le cas où des groupements mixtes ou les faciès appauvris occupent des surfaces beaucoup plus importantes que les associations-types. Le but essentiel des prospections phytosociologiques est de mettre en évidence les associations sur la base de relevés effectués dans des individus d'association purs afin de pouvoir comprendre et interpréter les pôles de diversification. Le cas des mélanges et mosaïques est examiné dans un deuxième temps. Au cours des prospections de terrain, il faut se rappeler qu'une association ne peut être décrite que sur la base d'un nombre minimum d'une dizaine de relevés, issus d'individus d'association différents.

Le groupement, l'individu d'association étant choisi, il reste à fixer l'emplacement du site de relevé. Celui-ci doit être impérativement implanté dans une zone floristiquement homogène, ce qui signifie que la composition floristique est constante, donc qu'il n'y a pas d'effet de bordure ou de gradient mais n'implique nullement que les individus des différentes espèces doivent être régulièrement répartis.

La taille de chaque site de relevé est choisie en tenant compte de l'aire minimale du groupement. L'aire minimale d'un groupement est déterminée en fonction de la courbe aire/espèces. L'aire minimale est la surface pour laquelle on peut observer 80 à 95 % des espèces présentes dans l'individu d'association (Guinochet 1975). D'une manière générale l'aire minimale des associations herbeuses est de l'ordre de plusieurs mètres carrés et dépasse rarement une centaine de mètres carrés. Dans les individus d'association de petite taille (moins d'un hectare) on s'efforce de prospector la totalité de la surface du groupement (à l'exclusion des bordures) ; la taille et la forme du site de relevé sont alors dépendantes de l'individu d'association. Dans les individus d'association de moyenne ou de grande taille on se contente de prospector une surface-échantillon dont la surface doit être au moins égale à l'aire minimale ; dans la pratique les relevés sont généralement effectués sur des sites dont la surface est de l'ordre de 600 à 900 m² (carrés de 25 à 30 m de côté) de plus une rapide prospection extensive périphérique peut être effectuée pour s'assurer que la quasi-totalité des espèces présentes a bien été observée. Il est parfois nécessaire de modifier la forme du site en particulier dans le cas des groupements ripicoles.

Une fois choisi l'emplacement et la taille approximative du site de relevé, la prospection s'organise à partir d'un point initial. L'observateur inscrit sur sa fiche toutes les espèces repérées puis commence à décrire une spirale centrifuge en notant toutes les espèces rencontrées ; il parcourt ensuite la surface du site en tous sens et complète son relevé par une rapide prospection extensive aux abords du site en prenant soin de rester dans une surface floristiquement homogène. Un échantillon de chaque espèce est récolté pour être conservé pour d'éventuelles vérifications ultérieures ou alimenter un herbier de référence. Les éléments de la description physionomique du groupement sont ensuite notés. L'expérience montre qu'en dehors des recouvrements et hauteurs des différentes strates il suffit de noter l'abondance-dominance de chaque espèce en utilisant les coefficients de Braun-Blanquet :

- + : espèce présente recouvrement et abondance faibles
- 1 : espèce abondante mais avec un recouvrement faible
ou espèce peu abondante avec un recouvrement plus important
- 2 : espèce très abondante ou à recouvrement supérieur à 5 %
- 3 : abondance quelconque et recouvrement compris entre 0.25 et 50%
- 4 : abondance quelconque et recouvrement compris entre 50 et 75%
- 5 : abondance quelconque et recouvrement supérieur à 75%.

L'expérience montre qu'il est pratique d'utiliser des fiches standard, préalablement imprimées.

L'analyse des relevés. De retour au laboratoire les déterminations sont vérifiées et les herbiers phytosociologiques sont préparés. Les fiches de relevé sont saisies sous forme électronique (Base de données).

Les relevés sont dépouillés en constituant des tableaux où les espèces sont classées par lignes et les relevés en colonnes. Le travail consiste à déplacer les lignes (espèces) et les colonnes (relevés) pour faire apparaître les blocs caractéristiques des différentes unités phytosociologiques concernées. Il s'agit d'une opération délicate longue et fastidieuse pour laquelle il est préférable de ne tenir compte que de la présence et de l'absence des espèces. Les coefficients d'abondance-dominance n'étant utilisés que dans la phase finale où les associations et unités phytosociologiques d'ordre supérieur ayant été mises en évidence il est nécessaire de classer avec précision les relevés au sein des associations pour souligner l'existence de sous-associations, variantes ou faciès phytosociologiques. L'utilisation de la fréquence compensée de chaque idiotaxon dans un syntaxon est une aide précieuse pour finaliser la structuration et la présentation des tableaux phytosociologiques. La fréquence compensée, ou fréquence corrigée (Daget & Gordon 1982), est calculée selon les formules :

$$\text{Frq cp} = x \cdot N / X \cdot n$$

où :

- Frq cp est la fréquence compensée ;
- n est la fréquence absolue de l'espèce au sein du tableau ;
- N est le nombre de relevés participant au tableau ;
- x est le nombre de relevés où l'espèce est présente au sein d'un bloc de relevés ;
- X est le nombre de relevés constituant le bloc correspondant.

L'interprétation des fréquences compensées peut se faire en retenant quatre classes :

Classe 1 : Frq cp = 0, taxon absent du groupement.

Classe 2 : $0 < \text{Frq cp} < 0,84$, taxon, significativement non-présent dans le groupement.

Classe 3 : $0,85 < \text{Frq cp} < 1,15$, taxon présent dans le groupement mais sans préférence.

Classe 4 : Frq cp $> 1,15$, taxon significativement présent dans le groupement.

La construction des tableaux phytosociologiques structurés est amplement facilitée par l'utilisation de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) et la classification ascendante hiérarchique (CAH).

Présentation des résultats : les tableaux phytosociologiques. La présentation adoptée doit répondre à plusieurs préoccupations :

- d'une part il est nécessaire de présenter de façon objective les résultats d'ordre purement phytosociologique, ceci est assuré par la réalisation de deux types de documents : les tableaux phytosociologiques et les cartes phytosociologiques ;
- d'autre part permettre une interprétation écologique aussi pratique que possible afin de rendre ces travaux accessibles aux divers utilisateurs.

Deux types de tableaux phyto-sociologiques peuvent être adoptés :

- **les tableaux analytiques.** Ils sont destinés à présenter ou décrire une association ou tout au plus une alliance. Tous les relevés appartenant à l'unité phytosociologique concernée figurent sur le tableau. Les espèces sont classées en fonction de leur appartenance aux différentes entités caractéristiques des Classe, Ordre, Alliance, Association, ou différentielles de Sous-Association et enfin les espèces compagnes. Au sein de chacune des catégories les espèces sont classées par ordre de présence décroissant.

- **les tableaux synthétiques.** Ils regroupent les relevés synthétiques de toutes les associations appartenant à une même unité phytosociologique d'ordre supérieur, matérialisant ainsi la hiérarchie des différents groupements. Plusieurs présentations sont

possibles mais celle fournissant la fréquence compensée de chaque idiotaxon dans chaque syntaxon est certainement celle qui préserve le maximum d'information.

La chorologie des entités phytosociologiques mises en évidence permet de localiser et de limiter des ensembles écologiquement homogènes : les régions naturelles et les domaines floristico-écologiques. En confrontant ces limites avec les données disponibles sur l'environnement il est alors possible de connaître avec plus ou moins de précision les caractéristiques écologiques des types d'environnement mis en évidence. Il est ensuite facile de programmer les recherches ultérieures en les orientant en toute connaissance de cause vers les types : d'environnement qui présentent un intérêt particulier ou sur ceux qui restent insuffisamment connus afin d'approfondir l'analyse causale des syntaxons et ipso facto des biotopes acridiens.

Les caractéristiques écologiques des types d'environnement étant connus il devient possible de préciser le tempérament écologique des espèces végétales, on tenant compte d'une part des unités phytosociologiques où on les rencontre (amplitudes sociologiques et écologiques) et d'autre part du coefficient d'abondance/dominance celui-ci étant d'autant plus élevé que l'espèce se trouve dans des conditions proches de son optimum écologique. On aboutit ainsi à la réalisation de florules écologiques dont les informations sont précieuses pour préciser les tendances écologiques des individus d'association, la liste des espèces accessoires (ou compagnes) renseignant sur les particularités du micro-environnement. Le fichier de florule regroupe l'ensemble des informations relatives à chaque idiotaxon et permet de construire les spectres de types biomorphologique, de types biogéographiques, de types morphologique, etc. tous éléments utiles pour décrire les groupements et dégager leurs caractéristiques biogéographiques.

L'intérêt majeur de l'analyse phytosociologique et d'identifier, classer, ordonner, hiérarchiser les groupement floristiques et, *ipso facto*, les types d'environnement qui leur sont associés ce qui facilite grandement l'éco-régionalisation rationnelle des territoires.

L'analyse phytosociologique repose sur 138 relevés floristiques dont 87 ont été réalisés en octobre 2003 et 51 en août 20015. En Mauritanie, la campagne 2003-04 a été marquée par une très forte pluviosité estivale et automnale (2 à 3 fois la normale pour de nombreuses stations météorologiques dans l'ensemble du pays). Nombre de groupements ont alors eu une production primaire exceptionnelle mais il ne semble pas que la composition floristique ait révélé un potentiel particulier l'appauvrissement de la phytodiversité semble donc une tendance lourde. La pluviosité estivale de 2005 était voisine de la normale pour les régions prospectées; de nombreux relevés ont alors été faits en dehors de la zone d'étude afin d'en cerner l'originalité floristique.

Un tableau phytosociologique regroupant 138 relevés et 157 espèces est proposé en version synthétique (en fréquences compensées) dans le tableau XXIX et en version complète dans l'annexe III.

En complément de cette analyse phytosociologique, un fichier de florule a été élaborer pour faciliter l'exploitation des informations floristique quant à l'actualisation de la nomenclature botanique, à l'usage des noms vernaculaires et aux caractéristiques biogéographiques, biomorphologique ou morphologiques des taxons végétaux.

2.2.4. Relevés de terrain : composante dynamique de l'environnement acridien

La variabilité des conditions écométéorologiques a été abordée par le biais de l'implantation de 8 stations météorologiques semi-automatiques :

- 3*2=6 petites stations mesurant la température de l'air et l'humidité du sol ;
- 1*2=2 grandes stations mesurant en plus la pluviosité, la vitesse, la direction et la force du vent.

Dans chaque quart de degré carré initialement choisis pour l'étude, quatre stations ont été implantées, 3 petites et une grande selon la disposition mentionnée dans les tableaux XV et XVI.

Tab. XV : Implantation des stations météorologiques semi-automatiques.

STATION	Zone	N° série	Latitude Nord	Longitude Ouest
GM1	HF	StatWD17	18,21283	12,79206
GM2	BF	STAT82	18,69700	13,27950
PM1	HF	WDM2251	18,12058	12,56940
PM2	HF	WDM2252	18,37669	12,95517
PM3	HF	WDM2253	18,37703	12,78831
PM4	BF	WDM2254	18,66756	13,13322
PM5	BF	WDM2255	18,91725	13,11778
PM6	BF	WDM2256	18,94875	13,28056

Tab. XVI : Schéma d'implantation des stations météorologiques semi-automatiques.

P6	P5		
G2	P4		
		P2	P3
		P1	G1

2.2.4.1. Protocole de calibrage du réseau des stations

Pour calibrer le réseau des stations, il a fallu, d'abord, installer le logiciel Specwar 6.02 de spectrum technology livré par le fournisseur des stations qui permet le transfert des données. Ensuite, configurer les 2 stations principales, de type SPECWARE, Watch Dog WD900, multi-senseurs (humidité du sol en KPA 200, température en °C, humidité de l'air en %, vent direction en degré et vitesse (km/h), pluie en mm) et les 6 détecteurs de températures et d'humidité de type SPECWARE Watch dog Shuttel WMD 250 et leurs 4 accessoires transporteurs de données de type Shuttels dogs de marque SPECWARE qui permettent de télécharger les données météo à partir des stations et de les transférer sur PC. Il fallait aussi régler les paramètres régionaux (heure locale et conversion du point en virgule, etc.) de l'ordinateur portable qui servira au déchargement des données. Les premiers enregistrements des données ont été faits par minutes. Les stations ont été installées au centre pendant 1 semaine pour vérifier l'homogénéité des enregistrements des températures et de l'humidité ce qui a été fait de façon artificielle.

Ensuite elles ont été installées à l'ASECNA, à l'aéroport de Nouakchott, entre le 4 et le 6 juillet 2002 pour comparaison de données enregistrées avec celles des équipements de l'Asecna. Ces derniers équipements sont des équipements automatiques de marque Metar

utilisés pour les besoins de l'aéronautique composée d'anémomètre installé à 10 mètres du sol, d'un psychromètre programmé sur des pas d'enregistrements par minute et le tout est enregistré automatiquement et transmis à un PC central.

D'autres équipements sont également installés au sein de l'aéroport sur une distance d'environ un kilomètre par rapport à la localisation d'essai des stations mais elles sont suivies heure par heure et leurs données sont collectées manuellement.

Les enregistrements des données des stations en températures, humidité de l'air, enregistrées par la station manuelle de l'ASECNA ont été pratiquement les mêmes que celles enregistrées par nos stations. Les données de vents n'ont pas pu être récupérées pour des raisons techniques et il n'y a pas eu de pluies enregistrées durant la période du calibrage qui a été réalisée en pleine saison sèche (juillet) (figure 43).

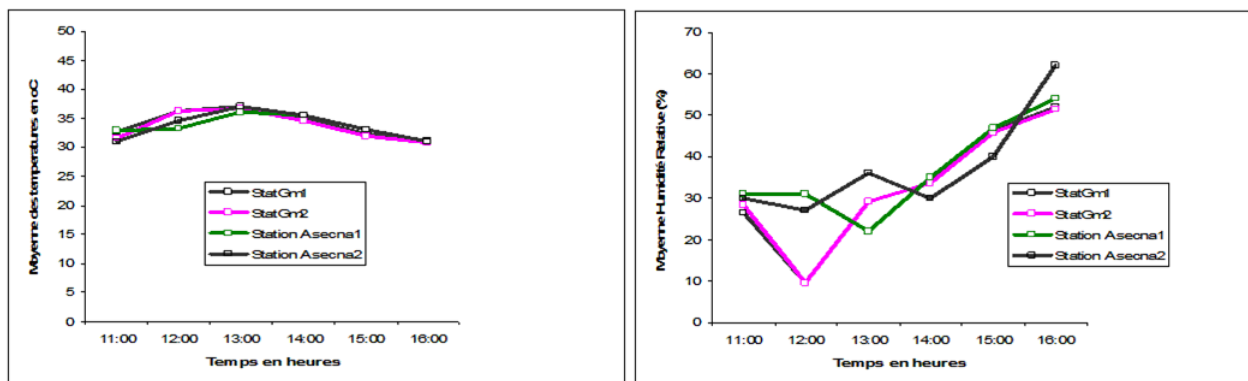


Fig. 43 : Calibrage des stations météorologiques semi-automatiques.

2.2.4.2. Protocole d'installation du réseau des stations

Le protocole d'installation était prédéfini, sous forme de carré dont les angles sont séparés par des équidistances d'environ 18 mn (soit environ 33 km) séparés les uns des autres. Au milieu des deux quarts de degré carré, au coin de chaque angle du carré une station était installée.

Les stations multi-sensorielles étaient installées dans l'un des angles de la partie Sud des deux quarts de degrés carrés et les 6 autres dans les autres angles.

Le respect de ce protocole n'a pas toujours été facile. En effet les ensablements dunaires ont empêché de respecter les équidistances pour deux des stations de la zone Nord (basse fréquence) à cause des problèmes d'inaccessibilité.

L'implantation des 8 stations s'est effectuée entre les 15 et 21 juillet 2002. La première collecte a été effectuée le 15 août 2002 et la dernière le 25 novembre 2004. Les stations ont ensuite été démontées et rapatriées vers Nouakchott.

Par ailleurs, il a fallu déplacer la station multi-sensorielle du Nord et une des stations de température et une d'humidité du Nord en raison d'un fort ensablement suite à l'avancement des dunes 3 mois après l'installation initiale. La première de plusieurs centaines de mètres et la deuxième d'une dizaine de mètres environ.

Dans un premier temps les enregistrements ont été faits toutes les 30 minutes mais très rapidement on est passé à un enregistrement par heure, ce qui réduit le volume de données et épargne les batteries tout en restant compatible avec les besoins de l'étude et les comparaisons avec les données de la Météorologie nationale.

2.2.4.3. Problèmes de collecte des données

Les collectes des données météorologiques sont effectuées tous les deux à trois mois avec les Shutels Specwar destinés au transfert des données.

Au cours des deux années d'enregistrement des données 9 visites ont été effectuées. Elles ont permis de collecter les données météo mais aussi de faire différents relevés, botaniques, géomorphologiques et faunistique.

Le plus grand problème rencontré fut le vandalisme de la station grand model (GM I) Sud de la zone de haute fréquence en janvier 2003 où la station a été cassée et sa mémoire prélevée ce qui a fait perdre 3 mois de données et une période équivalente dans l'attente de son remplacement.

Il y a eu également des pertes de données irrégulières sur certaines stations liées à des problèmes d'alimentation et de défaillance de batteries. Ce qui fait que la période de récolte des données n'a pas été totalement homogène dans la durée (tableau XVII).

Tab. XVII : Structure des données disponibles.

[illegible]

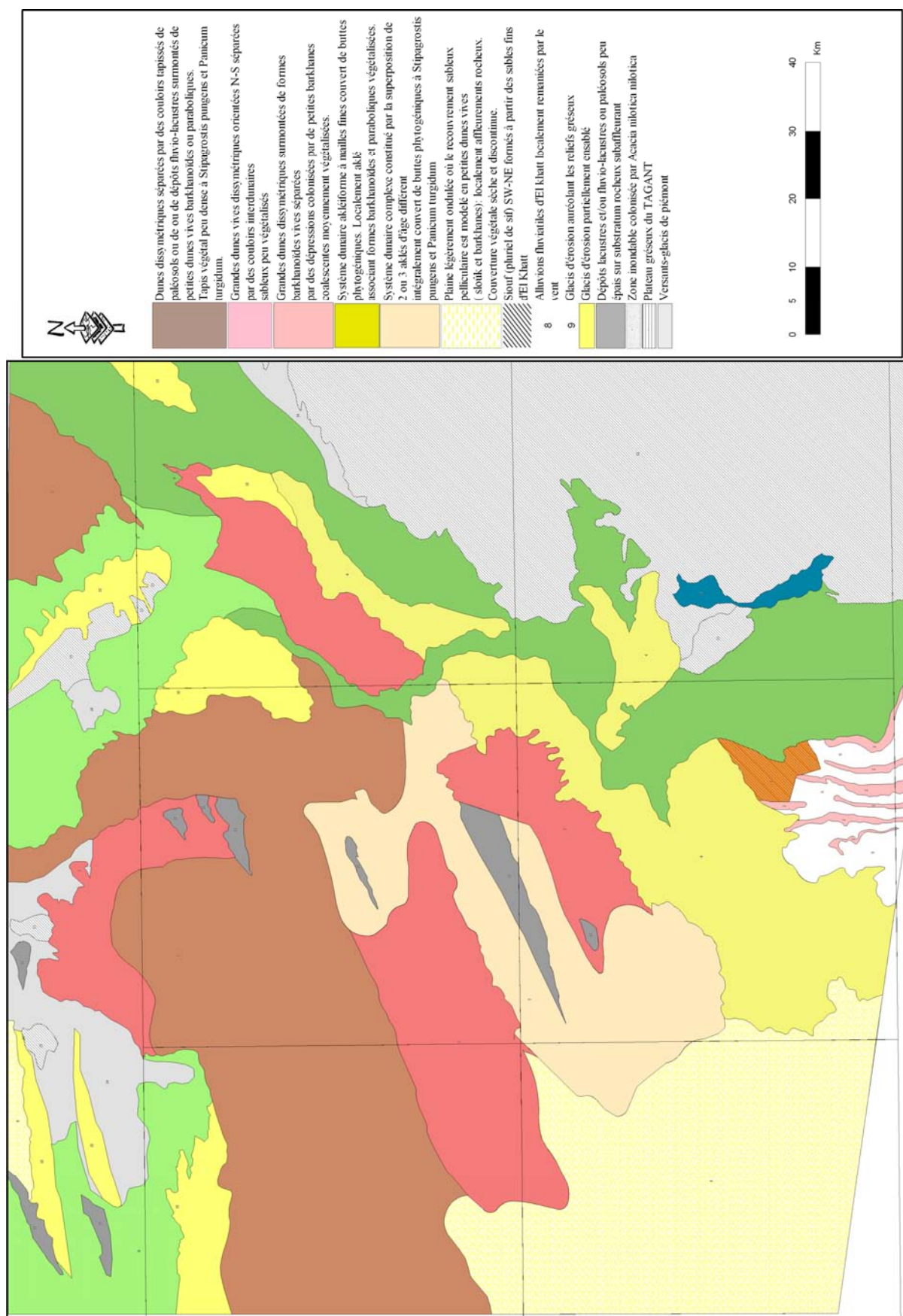


Fig. 44 : Les 14 unités géomorphologiques mises en évidence dans région de l'Aouker Lebken.

L'expérience a montré qu'il était possible de tirer parti de ce type de stations météorologiques semi-automatique mais leur implantation requiert un minimum de précautions dans des milieux soumis à une forte morphogénèse et leur maintenance exige de respecter une marge de sécurité en particulier dans le choix et le renouvellement des batteries.

2.3. Structure des biotopes des zones de haute et basse fréquences

Le travail de la recherche de l'identification et de la caractérisation des structures des biotopes de zones de haute et basse fréquence se fera à travers la réalisation des études détaillées sur :

- la géomorphologie des deux zones et leur classification,
- la structure du tapis végétal,
- la composition floristique des groupements.

Ensuite, la météorologie multiparamétrique enregistrée *in situ* durant deux ans suivant des pas de temps horaire permettra de préciser les différences fonctionnelles des milieux en accédant aux conditions écométéorologiques locales.

2.3.1. Les unités géomorphologiques

Une carte géomorphologique (scène LANDSAT, path 203 X row 047) de l'Aoukar Lebkem a été dressée (figure 44). Quatorze unités géomorphologiques ont été détectées et cartographiées (tableau XVIII).

La zone de haute fréquence

Comparée à la zone de basse fréquence, la zone de haute fréquence se caractérise au plan géomorphologique par la diversité des unités qui la composent :

- | | |
|--|------------|
| – alluvions fluviales du Khatt | (Classe 8) |
| – bordure occidentale du plateau gréaux du Tagant | (13) |
| – dépression humide de la Tamourt Naaj | (12) |
| – plaine sableuse partiellement modelée en petites dunes vives | (6) |
| – système dunaire akleiforme à mailles fines bien végétalisée | (4) |
| – système dunaire complexe formé par la superposition de 2 à 3 aklés bien végétalisés | (5) |
| – grandes dunes dissymétriques surmontées de forme barkhanoïdes vives et séparées par des dépressions colonisées par des barkhanes | (3) |
| – dépôts lacustres, fluvio-lacustres et paléosols peu épais sur substratum rocheux sub-affleurant | (11) |

Ces unités sont dans leur majorité formées de sables fins à moyens éminemment sensibles à la déflation éolienne, elles portent une pseudo-steppe à *Stipagrostis pungens* et *Panicum turgidum* (unité 3, 4, 5 et 6). Dans le lit de Khatt, oued à inféro-flux, les alluvions sont constituées de sables moyens hétérométriques de gravier et de cailloutis. Le plateau du Tagant est entaillé plus ou moins profondément par un réseau dense d'oueds aux alluvions hétérométriques qui portent une végétation arbustive mêlée de plantes herbacées variées.

Tab. XVIII : Caractéristiques des 15 classes géomorphologiques mises en évidence dans l'Aouker Lebken (scène Landsat path 203 X row 047).

n°	Classe géomorphologique	Nombre d'entités	Surface (ha)
0	Classe non définie	3	30 604
1	Dunes dissymétriques séparées par des couloirs tapissés de paléosols ou de dépôts fluvio-lacustres surmontés de petites dunes vives barkhanoides ou paraboliques. Tapis végétal peu dense à <i>Stipagrostis pungens</i> et <i>Panicum turgidum</i> .	3	342 092
2	Grandes dunes vives dissymétriques orientées Nord-Sud, séparées par des couloirs interdunaires sableux peu végétalisés.	7	8 401
3	Grandes dunes dissymétriques surmontées de formes barkhanoides vives séparées par des dépressions colonisées par de petites barkhanes coalescentes moyennement végétalisées.	4	193 052
4	Système dunaire akléiforme à mailles fines couvert de buttes phytogéniques. Localement aklé associant formes barkhanoides et paraboliques végétalisées.	3	154 972
5	Système dunaire complexe constitué par la superposition de 2 ou 3 aklés d'âge différents, intégralement couvert de buttes phytogéniques à <i>Stipagrostis pungens</i> et <i>Panicum turgidum</i> .	1	119 490
6	Plaine légèrement ondulée où le recouvrement sableux pelliculaire est modelé en petites dunes vives (sloûk et barkhanes) : localement affleurements rocheux. Couverture végétale discontinue.	2	201 763
7	Siouf (pluriel de sif) SW-NE formés à partir des sables fins d'El Khatt.	1	7 046
8	Alluvions fluviales d'El Khatt localement remaniées par le vent.	1	221 977
9	Glacis d'érosion auréolant les reliefs gréseux.	2	126 373
10	Glacis d'érosion partiellement ensablé.	7	92 284
11	Dépôts lacustres et/ou fluvio-lacustres ou paléosols peu épais sur substratum rocheux sub-affleurant.	9	21 580
12	Zone inondable colonisée par <i>Acacia nilotica</i> .	1	6 132
13	Plateau gréseux du Tagant.	7	583 956
14	Versants-glacis de piémont.	4	109 180
	TOTAL	55	2 218 901

2.3.1.1. Description des unités spatiales géomorphologiques

L'ensemble de la zone d'étude correspond à un vaste glacis alluvial recouvert d'ensablements de divers types (dunes isolées, champs de barkhanes, cordons dunaires, ergs plus ou moins puissants) quelques zones d'épandages endoréiques donnent naissance à des sebkhas alors que des filons de roches dures affleurent ça et là, parfois cernés d'auréoles de glacis d'érosion. Ces entités ont été modelées et remodelées par les alternances de phases d'érosion et de phases d'alluvionnement qui caractérisent la région depuis plusieurs millénaires; actuellement on assiste à une nette reprise de l'érosion éolienne qui mobilise les substrats superficiels modelant à nouveau les paysages au gré des conditions aérologiques dominantes. Presque partout des signes flagrants de surpâturage sont perceptibles et il est évident que le tapis végétal est soumis à la rude épreuve d'une restriction des disponibilités hydriques et d'une anthropisation agressive par bétail interposé.

Dans le quart de degré carré 18°30'N-19°00'N et 13°00'W-13°30'W à basse fréquence de reproduction et de grégation du Criquet pèlerin, les unités paysagères sont d'assez grandes dimensions (de l'ordre de la dizaine de kilomètres si bien que les biotopes acridiens paraissent vastes et relativement homogènes de plus la gamme de ces biotopes semble assez restreinte conférant au paysage une indéniable monotonie.

Dans le quart de degré carré à haute fréquence de reproduction et de grégarisation du criquet les unités paysagères sont relativement petites (de l'ordre du kilomètre) si bien que le paysage a été qualifié à juste titre qualifié de réticulé par Courel (c.p.).

Les biotopes sont variés et étroitement dépendants des apports hydriques et de leur distribution en fonction de la topographie. L'ensemble s'avère très hétérogène, chaque entité est susceptible d'offrir des conditions de reproduction, voire de grégarisation dès qu'elle reçoit une quantité de pluies significative. Ainsi chaque cuvette peut-elle être assimilée à un micro foyer de grégarisation.

2.3.1.2. Caractérisation géomorphologique de la zone de haute fréquence

Ce secteur est le domaine des dunes d'où émergent de modestes reliefs gréseux comme El Âteg (272 m), Jreifat où la colline de Tourîne (225 m), géologiquement rattachés au plateau du Tagant.

Au plan de la morphologie dunaire on distingue :

- la plaine sableuse de Takhça qui s'élargit de 4 à 12 km vers le S-SE et dont l'altitude est de l'ordre de 85 m ;

- à l'Ouest, le Takhça est limité par un ensemble dunaire où coexistent des cordons longitudinaux ENE-WSW, des cordons dissymétriques d'orientation méridienne, comme dans le Bennâme et plus à l'Ouest, dans l'Agâne, un vaste aklé à réticulation irrégulière ;

- Entre l'Agâne, la plaine de Takhça et la ligne joignant Tourîne à la limite Sud de la Kediet Tamassoumit on a un autre ensemble dunaire complexe se subdivisant en deux unités :

- au Sud, un Aklé large de 4 km, qui se prolonge au N-NE jusqu'à la dépression d'El Khatt ;
- au Nord, un système dunaire plus complexe où des cordons NW-SE dissymétriques (versants Ouest plus raides que les versants Est) séparés par des dépressions intra-dunaires où la diversité des formes et des accumulations sableuses suggère l'existence de plusieurs générations de dunes. L'aspect chaotique des dunes du type barkhanoïde, est exacerbé par le foisonnement des accumulations phytogéniques. En effet, les dunes des dépressions intra-dunaires se distinguent des grands cordons par l'abondance des espèces psammophiles, comme *Stipagrostis pungens*, *Panicum turgidum* et *Tribulus terrestris* qui piègent le sable.

Les sables de ces dunes sont fins à moyens ; leur médiane varie entre 160 et 220 μm . Leur couleur qui va du gris pâle au jaune diffère de celle des sables des cordons, jaune orangé à orangé.

Les particules quartzeuses bien émoussées sont mates ou luisantes ce qui indique une origine fluviéo-éolienne. Sans doute s'agit-il de sables fluviatiles provenant des alluvions d'El Khatt et remaniés par le vent à l'occasion d'épisodes secs et arides plus ou moins longs.

L'état actuel du tapis végétal dans ces espaces intra-dunaires suggère la présence d'humidité dans la masse des sables. L'étude hydrogéologique (Feuille Ksar el Barka NE 28-XVIII) réalisée par Delpy (1959) 10 ans avant le début de la sécheresse est ancienne mais elle révèle la présence de nappes d'eau douce ou salée généralement peu profondes (-2 à -7 m) et suggère la possibilité de sous écoulement.

Faute de disposer des données plus récentes on peut admettre que la proximité du plateau du Tagant qui joue le rôle d'impluvium et l'épaisseur des sédiments sableux jouent un rôle indéniable favorable dans la reproduction et le développement des populations acridiennes en participant au maintien d'une humidité des sols non négligeable.

Étroitement dépendants des apports hydriques et de leur distribution ultérieure en fonction de la toposéquence. L'ensemble s'avère très hétérogène mais chaque entité est susceptible d'offrir des conditions de reproduction, voire de grégarisation dès qu'elle reçoit une quantité de pluies significative. Ainsi chaque cuvette peut elle être assimilée à un micro foyer de grégarisation.

2.3.1.3. Caractérisation géomorphologique de la zone de basse fréquence

Dans la région de Châou Ouest la morphologie est plus simple que dans celle analysée précédemment. On est en présence d'une immense plaine ondulée, cloisonnée par des cordons dunaires. Ces derniers, au tracé sinueux, orientés N-S, NW-SE et exceptionnellement ENE-SSW, hauts de 30 à 50 m, larges de 800 à 1 000 m sont eux aussi dissymétriques : leurs versants tournés vers l'Ouest sont plus raides que les versants opposés fréquemment surmontés d'Aklés vifs. Les cordons sont séparés par des dépressions à fond plat, tapissé de sables fins blancs ou cendreaux (paléosols organiques), d'argiles blanches (diatomites), d'argiles gris-verdâtre plus ou moins riches en sels (Sebkhas), de sables blancs très fins fossilifères à *Melania tuberculata* Müller, témoignant de périodes plus humides que l'actuelle, au cours desquelles (Pluvial holocène) des collections d'eau plus ou moins vastes se sont constituées.

À la périphérie de ces dépôts, les gisements néolithiques de surface ne sont pas rares. L'érosion éolienne relativement intense a affouillé, entaillé les dépôts fluviatiles et/ou fluvio-lacustres créant ainsi des buttes hautes de 1 à 4 mètres (inversion de relief).

À l'occasion de pluies abondantes d'hiver ou d'été des nappes d'eau peuvent se constituer sur les dépôts argileux et subsister quelques jours mais l'effet biologique de l'eau est faible.

La couverture végétale est réduite, très discontinue voire même totalement absente dans certains écotopes mais, les espèces végétales, s'adaptent aux conditions topo-édaphiques, sont en général plus variées que sur les ensembles dunaires.

Aux espèces psammophiles habituelles, *Stipagrostis pungens*, *Stipagrostis acutiflora* et *Panicum turgidum*, on peut ajouter des ligneux, rares il est vrai, au pied des grands cordons dunaires comme *Acacia raddiana*, *Maerua crassifolia*, *Calotropis procera* ou encore sur les sols d'épandage argilo-sableux *Fagonia olivieri*, *Psoralea plicata*, *Citrullus colocynthis*, *Tribulus pentandrus*, *Nucularia perrini*, etc. ou enfin sur les sols salés, *Salsola baryosma* et *Suaeda vermiculata*.

Du centre des dépressions interdunaires aux cordons dunaires on passe généralement de dépôts fins à très fins, argileux, limono-argileux, diatomitiques et généralement peu épais (moins de 5 m) à des dépôts superficiels à texture sableuse (sable fins à moyens localement mêlés de graviers) sensibles à la déflation, surmontant des dépôts argileux voire des affleurements rocheux.

Compte tenu de l'état du tapis végétal, des caractères minéralogiques et sédimentologiques des dépôts superficiels du secteur dit de basse fréquence à faible pouvoir de rétention de l'eau, on comprend pourquoi, dans ce secteur de Châou Ouest, les conditions de reproduction, de survie et de développement des criquets sont particulièrement défavorables.

2.3.1.4. Conclusion partielle

Tab. XIX : Tableau comparatif des caractéristiques paysagères des ZBF et ZHF.

Descripteurs du paysage	Zone de basse fréquence	Zone de haute fréquence
Diversité des paysages	Faible	Grande
Apports par inféro-flux	Faible	Importants
Maille du réseau dunaire	Grande	Petite
Diversité des substrats	Moyenne	Grande
Biotopes acridiens	Plus vastes	Plus petits
Structures	Simple	Plus complexes
Durée de fonctionnement	Courte	Prolongée
Potentiel grégarigène	Faible	Important
Potentialité biologique	Essentiellement survie et secondairement reproduction	Survie, reproduction, grégarisation
Présence acridienne observée	Faible (8,5 %)	Élevée (91,5%)

2.3.2. Le tapis végétal

2.3.2.1. Analyse structurale de la strate herbacée

Les résultats des analyses statistiques concernant la distribution des touffes de deux espèces herbacées perennantes *Stipagrostis pungens* et *Panicum turgidum* montrent qu'il existe des différences significatives quant à l'abondance et la taille des touffes des deux espèces entre les zones de haute et de basse fréquences de grégarisation. Les abondances des touffes par transect sont significativement supérieures dans la zone de haute fréquence pour *P. turgidum* et pour les deux espèces considérées comme unique ressource (*P. turgidum* : $t=4.22$, $df=51.308$, $P<0.001$; *S. pungens* : $t=0.506$, $df=66$, $P=0.615$; combinées : $t=6.058$, $df=63.877$, $P<0.001$) (figure 45). En terme de taille, les touffes de *S. pungens*, sont significativement plus larges en diamètre ($t=4.652$, $df=315.4$, $P<0.001$) et les touffes de *P. turgidum* sont significativement plus hautes ($t=2.185$, $df=26$, $P=0.03$) dans la zone de haute fréquence (figure 46).

Les distributions spatiales des touffes d'herbes diffèrent aussi entre les zones de hautes et basses fréquences. Les valeurs calculées de l'indice de dispersion standardisé de Morisita (I_p) pour chaque transect ont indiqué que la distribution des touffes de *S. pungens* et les deux ressources combinées sont significativement agrégées comme opposé à la distribution aléatoire ou uniforme dans la zone de haute fréquence (tableau XX). En plus d'être souvent plus agrégées, les tests de Levene pour l'inégalité des variances pour les valeurs de I_p , pour chaque type de ressource entre les zones ont révélé que les distributions des touffes sont significativement moins variables dans la zone de haute fréquence (*P. turgidum* : $F=22.677$, $df=1.59$, $P<0.001$; *S. pungens* : $F=68.185$, $df=1.67$, $P<0.001$; combiné : $F=100.098$, $df=1.78$, $P<0.001$). En général, le degré relatif des ressources d'agrégation était supérieur dans la zone de haute fréquence de grégarisation comme déterminé par la comparaison des valeurs de I_p entre les zones pour chaque type de ressource (*P. turgidum* : $t=1.873$, $df=24.508$, $P=0.073$; *S. pungens* : $t=3.489$, $df=48.336$, $P=0.001$; combiné : $t=3.655$, $df=44.552$, $P=0.001$).

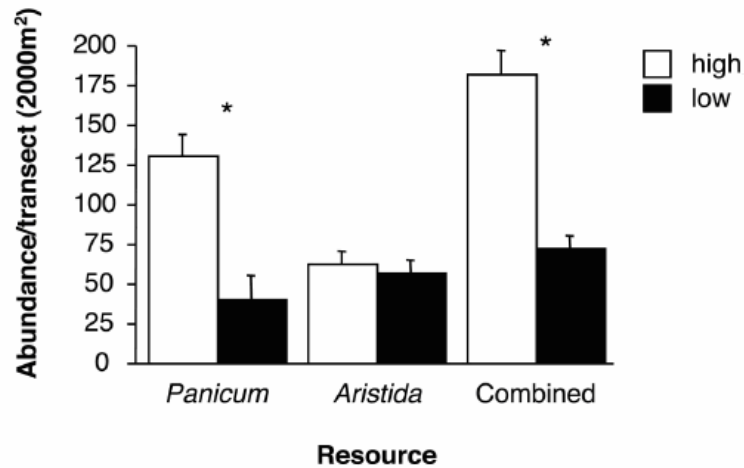


Fig. 45 : Abondance moyenne des touffes par transect de *P. turgidum* (n=60), *S. pungens* (n=68) et des deux ressources combinées (n=79) dans les zones de haute et basse fréquence du Criquet pèlerin en Mauritanie.

* : $P < 0.001$.

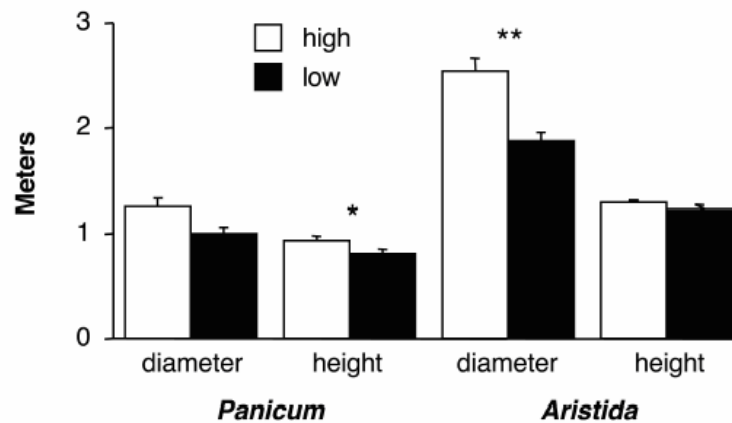


Fig. 46 : Moyenne des diamètres et hauteurs maximales des touffes de *P. turgidum* (n=267) et *S. pungens* (n=351) dans les zones de haute et basse fréquences du Criquet pèlerin en Mauritanie.

*, $P < 0.005$; **, $P < 0.001$

Tab. XX : Distribution spatiale des touffes de *P. turgidum*, *S. pungens* et des deux ressources combinées dans les zones de haute et basse fréquences du Criquet pèlerin en Mauritanie.

Espèce	Zone	% transects	Uniform	Random	Aggregated	I_p
<i>P. turgidum</i>	HF	100 (40/40)	1	2	37	0,079
	BF	50 (20/40)	2	5	13	
<i>A. pungens</i>	HF	82,5 (33/40)	1	2	30	0,001
	BF	85 (35/40)	6	9	20	
Combinées	HF	100 (40/40)	0	6	34	0,002
	BF	92,5 (39/40)	6	12	21	

Discussion. La distribution spatiale des touffes des deux espèces herbeuses dominantes, qui sont des ressources sur lesquelles le contact du criquet et la grégarisation peuvent arriver, tend à être localement agrégées à plus grande ampleur dans une région de la Mauritanie avec une haute fréquence de grégarisation des criquets. Ces découvertes sont concordantes avec la

relation expérimentalement démontrée entre les ressources de distribution locales et la grégarisation.

La distribution spatiale est déterminée en utilisant l'indice de dispersion standardisé de Morisita (I_p) (Krebs 1999), calculé pour chaque transect de 1 km x 2 m. Les différences dans la fréquence de distribution entre les zones de haute et de basse fréquences pour chaque plante ainsi que les ressources de base globale sont comparées selon la table d'analyses d'éventualité de permutation de Monte Carlo.

Les études de terrain ont généralement considérés les effets des distributions des ressources locales sur la grégarisation au sein d'une seule population (Bouaïchi *et al.* 1996, Collett *et al.* 1998, Despland *et al.* 2004, Despland *et al.* 2000, Despland & Simpson 2000, Ellis 1963). Cette étude a étendue ce concept à une échelle spatiale plus large en échantillonnant les ressources locales de distribution en un nombre d'habitats potentiels de criquets à travers une large zone. Pour faire ceci, l'association prédite entre l'augmentation des ressources agrégation locales et l'augmentation de probabilité de grégarisation s'est avérée vraie (tableau XX, figure 47).

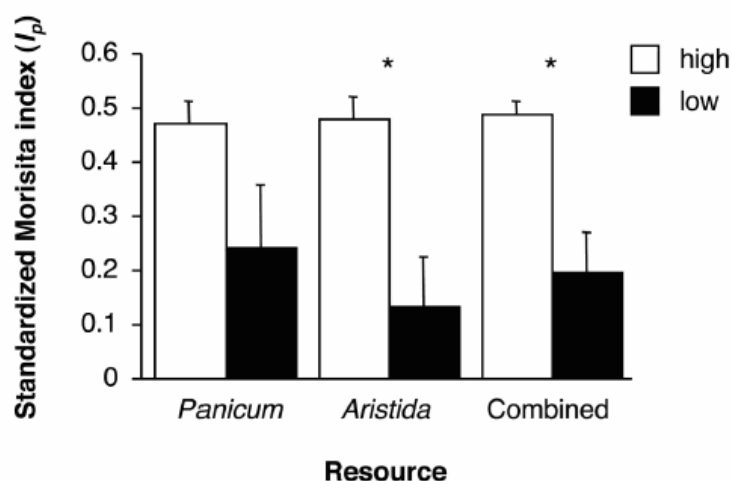


Fig. 47 : Distributions spatiales de *P. turgidum* (n=60), *S. pungens* (n=68) et des deux ressources combinées (n=79) dans les zones de haute et basse fréquences du Criquet pèlerin en Mauritanie.

Les barres représentent la moyenne (SE) des valeurs de l'indice de dispersion standardisé de Morisita (I_p) calculées pour chaque transect et type de ressources au sein de chaque zone. Les valeurs de I_p peuvent être entre -1 et +1, indiquant agrégation contre l'uniformité respectivement.

* , $P < 0.001$.

Bien que la relation prédite fût observée, une relation causale entre la distribution des ressources et la grégarisation n'était pas directement démontrée dans cette étude. Il est important de noter que la haute abondance observée des ressources dans la zone de haute fréquence (figure 47) pouvait potentiellement fonctionner en diminuant la grégarisation grâce à une réduction du contact entre individus (Despland *et al.* 2004, Despland *et al.* 2000). Néanmoins, à une échelle spatiale plus large, la plus grande abondance des ressources dans la zone de haute fréquence pouvait positivement influencer la grégarisation en favorisant l'immigration de zones éloignées. Ceci n'était pas une expérimentation mais plutôt une tentative de lier la relation bien étudiée entre les ressources locales de distribution et le comportement individuel des criquets à plus grande échelle et des observations de terrain plus longues. L'objectif primordial d'expliquer précisément pourquoi la grégarisation était plus fréquente dans la zone de haute fréquence sera un effort beaucoup plus compliqué. Les études de quelques autres facteurs tel que les conditions climatiques, la topographie, l'hydrologie, les types de sol,

les communautés végétales et les prédateurs qui peuvent contribuer aussi à la compréhension de la différence de fréquence de grégarisation entre les deux zones sont planifié ou en cours d'exécution.

Quantifier la distribution spatiale des organismes dans un habitat n'aboutit pas à une explication intrinsèque des mécanismes écologiques qui déterminent leur distribution (Krebs 1999). Nos résultats en conjonction avec les observations de terrain peuvent fournir des indications comme par exemple pourquoi les ressources sont plus agrégées dans la zone de haute fréquence. Clairement, la pluviométrie est essentielle pour le développement des populations du criquet et les grégarisations consécutives parce qu'elle permet le développement des plantes et des sols convenables pour le développement des œufs. Malheureusement, les données météorologiques à long terme pour ces zones ne sont pas disponibles. Les zones de haute et de basse fréquences de grégarisation étaient seulement à 100 km l'une de l'autre et se trouvent dans l'isohyète 70-100 mm/an et ne se trouvent pas près de chaînes montagneuses qui peuvent éventuellement influencer les précipitations. Par conséquent, il paraît probable que les quantités de pluie diffèrent sensiblement entre les deux zones. Néanmoins, les reliefs topographiques apparaissent être plus variables dans la zone de haute fréquence. La zone de basse fréquence est relativement plate, avec des reliefs occasionnels causés principalement par des dunes très mouvantes. Au contraire, la zone de basse fréquence est caractérisée par des dunes fixes superposées sur des écoulements existants. La variation dans la topographie fournie par ces dunes crée en quelques sorte une succession homogène de dunes et dépressions d'inter-dunes où les écoulements éphémères de pluie peuvent y collecter pour le développement des plantes et potentiellement faciliter la reproduction des criquets suivi de la grégarisation. Nous avons découvert que la distribution des ressources dans la zone de haute fréquence de grégarisation était plus localement agrégée mais significativement moins variable. Elle semble refléter les différences dans la topographie que nous avons observée entre les zones d'étude. Des associations similaires entre topographie, hydrologie et reproduction du criquet a été observées dans d'autres zones de rémissions du Criquet pèlerin (Popov *et al.* 1985, Skaf *et al.* 1990).

Bien que différents nombre de facteurs puissent influencer le développement des plantes, les touffes de *P. turgidum* et *S. pungens* tendent à être plus larges dans la zone de haute fréquence (figure 46), en cohérence avec la possibilité de la disponibilité de plus grandes quantités d'eau dans ces habitats. *P. turgidum* était aussi plus abondante dans la zone de haute fréquence (figure 45), suggérant que la germination et la pousse qui demandent l'équivalent d'au moins 20-30 mm de pluie (Migahid & El Shourbagui 1958), étaient plus réussies à long terme dans la zone de haute fréquence. En plus, il a été suggéré que les touffes d'herbes en Afrique de l'Ouest s'espacent considérablement les unes des autres quand la disponibilité en eau diminue (Williams & Farias 1971). Ceci peut justifier l'augmentation dans la distribution aléatoire et uniforme parmi les touffes d'herbes observée dans la zone de basse fréquence (tableau XX). La somme de ces observations suggère que la topographie et l'hydrologie peuvent inter-agir pour influencer la performance des plantes et leurs distributions par l'augmentation de la quantité d'eau localement disponible dans la zone de haute fréquence. Peut être et sans surprise, ce mode d'interactions peut aussi générer une mosaïque d'habitats favorable pour la reproduction et la grégarisation du Criquet pèlerin.

L'échelle sur laquelle les études écologiques ont été conduites est un des problèmes fondamentaux de l'écologie (Levin 1992, Wiens 1989). La dynamique des populations acridiennes reste toujours mal connue (Collett *et al.* 1998) et une tendance émergente avait appelé à une meilleure compréhension des mécanismes écologiques locaux qui sont à la base des infestations et de la formation d'essaïms (Bouaïchi *et al.* 1996, Collett *et al.* 1998, Joern & Gaines 1990, Sword *et al.* 2000). Comme tel, l'échelle d'échantillonnage est clairement une considération critique en liant la grégarisation aux conditions écologiques locales. Dans cette étude, la distribution des ressources locales est quantifiée à une échelle de 200-2000 m², ceci

peut être un argument aussi large d'une échelle quand on considère l'effet de la distribution des ressources sur les éclosions dont le mouvement parmi les touffes s'effectue probablement dans des aires < 200 m². Néanmoins, l'agrégation des ressources, même à cette échelle, peut vraisemblablement affecter le comportement d'oviposition des femelles et la grégarisation subséquente de leurs éclosions. Pour les stades juvéniles avancés ainsi que les adultes, l'échelle de distribution des ressources quantifiée dans cette étude est certainement pertinente en influençant la distribution locale des individus et servant d'intermédiaire des changements de leur comportement qui dépend de la densité.

Les données de la distribution locale des ressources pouvaient vraisemblablement être collectées de plusieurs façons, incluant la télédétection et la photographie aérienne. Les recherches récentes de Despland *et al.* (2004) ont été effectuées sur l'utilisation des images satellitaires pour quantifier la distribution des ressources du criquet. Ils ont trouvés que la technique est limitée par la qualité des données disponibles et ont conclu que la surveillance terrestre des habitats à haut risque, comme c'était fait dans cette étude, est essentielle. Il y a aussi d'autres techniques disponibles pour quantifier la distribution des ressources comme l'utilisation des dimensions fractionnelles. Les dimensions fractionnelles ont des qualités désirables utiles pour l'examen des ressources de distribution des criquets (Despland 2003). Les données présentées dans cette étude ainsi collectées ne s'accordent pas aux fractions pour comparer les mérites relatifs des deux techniques. Cette étude a néanmoins démontré que des approches des échantillonnages simples visant à quantifier les ressources de distribution des criquets peuvent être conduites avec très peu d'efforts de plus par les équipes de surveillance déjà opérationnelles sur le terrain. La connaissance des ressources de distribution locales peut améliorer la gestion des opérations de la lutte préventive en aidant à l'identification des habitats qui probablement favorisent la formation des essaims (Collett *et al.* 1998). En appliquant une telle approche, on peut faciliter les opérations de surveillance et de lutte dans les pays affectés par les criquets avec des réductions concomitantes des coûts, de l'utilisation des pesticides et potentiellement les effets néfastes sur l'environnement.

Tab. XXI : Synthèse des abondances de *Panicum* et de *Stipagrostis*.

	ZBF		ZHF	
	Nbr par 2 000 m ²	Nbr par ha	Nbr par 2 000 m ²	Nbr par ha
abondance <i>Panicum</i>	37	185	127	910
abondance <i>Stipagrostis</i>	52	260	55	275

2.3.2.2. Les groupements floristiques

L'analyse des relevés phytosociologique débouche sur deux types d'informations complémentaires pour les territoires étudiés :

- les caractéristiques floristiques et biogéographiques,
- l'inventaire des groupements floristiques .

Pour l'essentiel, les relevés ont été effectués dans des biotopes du Criquet pèlerin. Ces inventaires ne prétendent donc pas à l'exhaustivité puisque les milieux spécialisés réputés hostiles au *Schistocerca* n'ont pas été prospectés alors qu'ils abritent des végétaux particuliers : hygrophytes, espèces rupicoles, etc. Par contre, tous les milieux extensifs plus ou moins végétalisés ont été prospectés. Restent néanmoins, de vastes surfaces de sables vifs, de regs de déflation, de sebkhas, etc. qui sont dépourvus de végétation et confèrent aux paysages de l'Aoukar Lebkem, une dominante minérale ; les sites végétalisés apparaissant comme des îles dans un océan de sables, l'emprise sableuse étant nettement plus prégnante dans le quart de degré carré de basse fréquence.

2.3.2.2.1. Particularités

Le tableau XXII indique les grandes lignes de la stratification de l'échantillonnage des prospections floristiques.

Tab. XXII : Répartition des relevés floristique en fonction des zones d'investigation.

	Zone de basse fréquence	Zone périphérique	Zone de haute fréquence	Hors zone	Total
Nb relevés	34	12	48	44	138
Nb de présence	619	250	958	814	2641
Nb sp /relevé min	8	14	7	2	2
Nb sp /relevé moy	18,21	20,83	19,96	18,50	19,14
Nb sp /relevé max	33	31	37	52	52

2.3.2.2.1.1. Nombre d'espèces par relevé

La figure 48 regroupe quatre graphiques qui permettent de comparer la richesse floristique des groupements floristique sur la base du nombre d'espèces par relevés et cela en fonction de différents territoires.

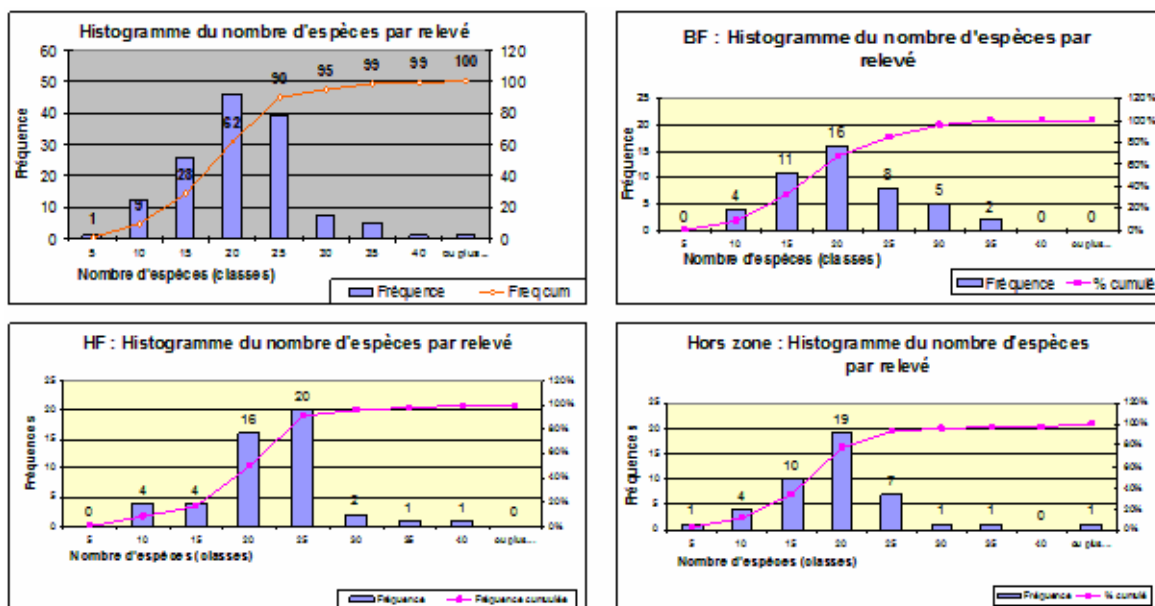


Fig. 48 : Nombre d'espèces par relevé pour l'ensemble des groupements, les groupements des quarts de degré carré de haute ou basse fréquence et les relevés effectués hors de la zone d'étude.

Le quart de degré carré de haute fréquence est celui qui présente la plus grande richesse floristique par relevé : les classes de 20 à 25 espèces sont dominantes, 1 groupement de plus de 35 espèces a été prospecté.

Dans le quart de degré carré de basse fréquence, les groupements sont floristiquement plus pauvres : les classes de 15 à 20 espèces sont dominantes, les classes de 25 à 35 espèces/groupement sont néanmoins présentes.

Dans les deux cas il n'a pas été rencontré de groupement ultra paucispécifique (moins de 5 espèces), ceux-ci ont été observés aux confins méridionaux de la Majahabat al Koubra dans de puissants et très vastes ensablements où ne croissaient que *Stipagrostis pungens* et *S. acutiflora*.

Ce qui tend à souligner qu'en dehors des sables vifs et des regs de déflation, les milieux présentent un potentiel de végétalisation acceptable.

Tab. XXIII : Compositions floristiques globales comparées entre les différentes zones de relevés floristiques.

	Famille	Nombre d'espèces par famille				
		BF	BF-HF	HF	HZ	Total
1	Poaceae	21	1	20	32	36
2	F-Fabaceae	15	-1	16	16	22
3	Capparidaceae	8	2	6	8	10
4	Zygophyllaceae	7	1	6	8	10
5	Aizoaceae	5	-1	6	8	8
6	Euphorbiaceae	5	1	4	6	6
7	Tiliaceae	4	1	3	5	5
8	Brassicaceae	4	1	3	5	5
9	Asclepiadaceae	3	0	3	3	3
10	Borraginaceae	2	-1	3	4	5
11	F-Mimosaceae	2	0	2	3	3
12	Cyperaceae	2	1	1	2	2
13	Amaranthaceae	1	-1	2	4	4
14	Asteraceae	1	-1	2	2	4
15	Polygalaceae	1	-1	2	1	2
16	Malvaceae	1	0	1	4	4
17	F-Caesalpiniaceae	1	0	1	4	4
18	Cucurbitaceae	1	0	1	4	4
19	Rhamnaceae	1	0	1	2	2
20	Combretaceae	1	0	1	2	2
21	Pedaliaceae	1	0	1	1	2
22	Nyctaginaceae	1	0	1	1	1
23	Balanitaceae	1	0	1	1	1
24	Amaryllidaceae	1	0	1	1	1
25	Acanthaceae	1	0	1	1	1
26	Caryophyllaceae	1	0	1	0	1
27	Verbenaceae	1	1	0	1	1
28	Rosaceae	1	1	0	1	1
29	Lamiaceae	1	1	0	0	1
30	Resedaceae	0	-1	1	1	2
31	Portulacaceae	0	-1	1	1	1
32	Burseaceae	0	-1	1	1	1
33	Polygonaceae	0	-1	1	0	1
34	Scophulariaceae	0	0	0	1	1
35	Salvadoraceae	0	0	0	1	1
36	Loranthaceae	0	0	0	1	1
37	Convolvulaceae	0	0	0	1	1
	Nombre d'espèces	95	1	94	137	160
	%	59,38	0,625	58,75	85,63	100

2.3.2.2.1.2. Nombre d'espèces par famille/zones

Les 157 espèces collectées au cours des 138 relevés floristiques appartiennent à 37 familles botaniques différentes (tableau XXIII).

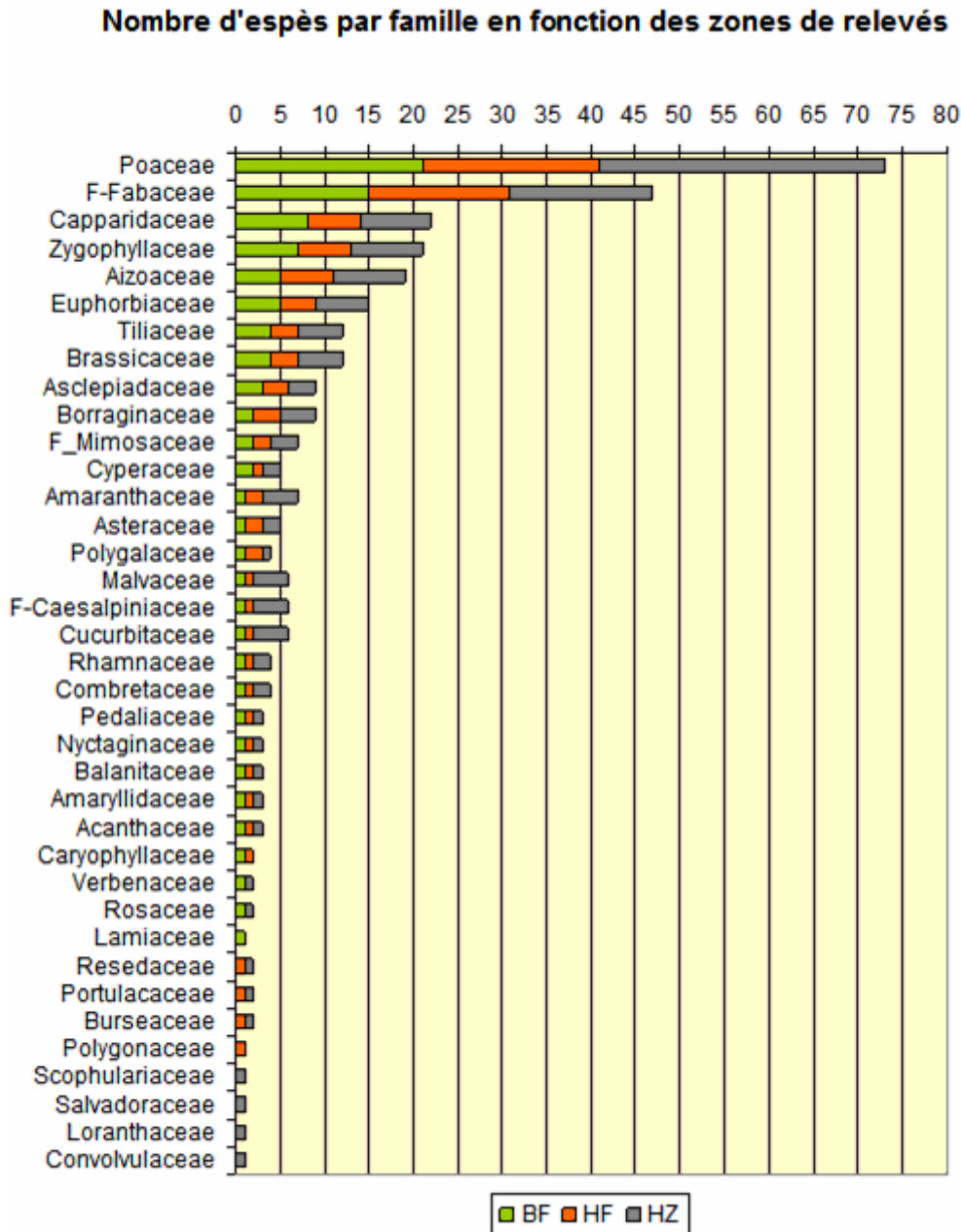


Fig. 49 : Nombre d'espèces par famille en fonction des zones de relevés.

Il n'y a pas de différences flagrantes entre les compositions floristiques globales des deux zones : 95 contre 94 espèces et les familles sont représentées de façon similaire dans les deux zones. Par contre, on note une différence significative pour les relevés effectués en dehors de la zone d'étude puisque l'on passe de 95 à 137 espèces en conservant la même gamme de familles (figure 49). Ce phénomène est parfaitement justifié puisque les relevés effectués hors-zone ont été réalisés dans des régions plus méridionales, où l'influence sahélienne se fait nettement sentir. Les différences eussent été encore plus grandes si la gamme des milieux prospectés hors de la zone d'étude n'avait pas été limitée aux biotopes acridiens. on ne peut

que regretter qu'il n'ait point été possible d'effectuer des relevés au-delà de 20°N, les différences auraient été vraisemblablement nettement plus importantes avec l'accroissement de l'aridité et l'importance croissante des pluies automno-hivernales. Quelques relevés, malheureusement incomplets effectués en novembre 1994 indiquaient une présence plus importante d'espèces "méditerranéennes" (Duranton c.p.).

2.3.2.2.1.3. Abondance relative des types biogéographiques

Dix sept types biogéographiques principaux ont été distingués parmi les 157 participants aux 138 relevés. Il apparaît que l'on peut regrouper les espèces en quatre catégories majeures (tableau XXIV) :

- un fonds d'espèces sub-cosmopolites des régions chaudes : 33 %,
- un fond d'espèces à tendance méditerranéenne : 6,4 %,
- un fond important d'espèces saharo-sindiennes : 44 %,
- un fond d'espèces afro-tropicales : 16 %.

La tendance majeure est l'importance des espèces désertiques (Saharo-sindiennes) mais avec une influence tropicale marquée et renforcée des espèces afro-tropicales et ceci d'autant plus que l'essentiel des relevés hors-zone ont été effectués en région méridionale.

Tab. XXIV : Occurrence des types biogéographiques pour les 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.

Code	Affinités biogéographiques des espèces	Occurrence		
		absolue	relative %	Part.
01_Cosm /Paléarct	espèces cosmopolites paléartiques	1	0.6	33.1
02_Pantrop	espèces pantropicales	11	7.0	
03_Pantrop RgCh	espèces pantropicales et des régions chaudes	11	7.0	
04_Pantrop-sec	espèces pantropicales (sec)	2	1.3	
05_Paleo trop	espèces paléotropicales	14	8.9	
06_Paleo trop sec	espèces paléotropicales (sec)	13	8.3	
07_Méd	espèces méditerranéennes	4	2.5	6.4
08_Macc-méd	espèces méditerranéennes et macaronésiennes	1	0.6	
09_Méd-Afr trop	espèces méditerranéennes et d'Afrique tropicale	3	1.9	
10_End-Wsahara	espèces endémique de l'Ouest saharien	2	1.3	
11_SS-méd	espèces saharo-sindiennes et méditerranéennes	3	1.9	43.9
12_SS	espèces saharo-sindienne	33	21.0	
13_SS-Trop	espèces saharo-sindienne et tropicales	33	21.0	
14_Sahel	espèces sahéliennes	7	4.5	15.9
15_SSZ	espèces saharo-sindiennes et zambésiennes	5	3.2	
16_Afr sèche	espèces de l'Afrique sèche	9	5.7	
17_Afr trop	espèces de l'Afrique tropicale sèche	4	2.5	
99_INDET	affinité indéterminée	1	0.6	0.6
Total		157	100	

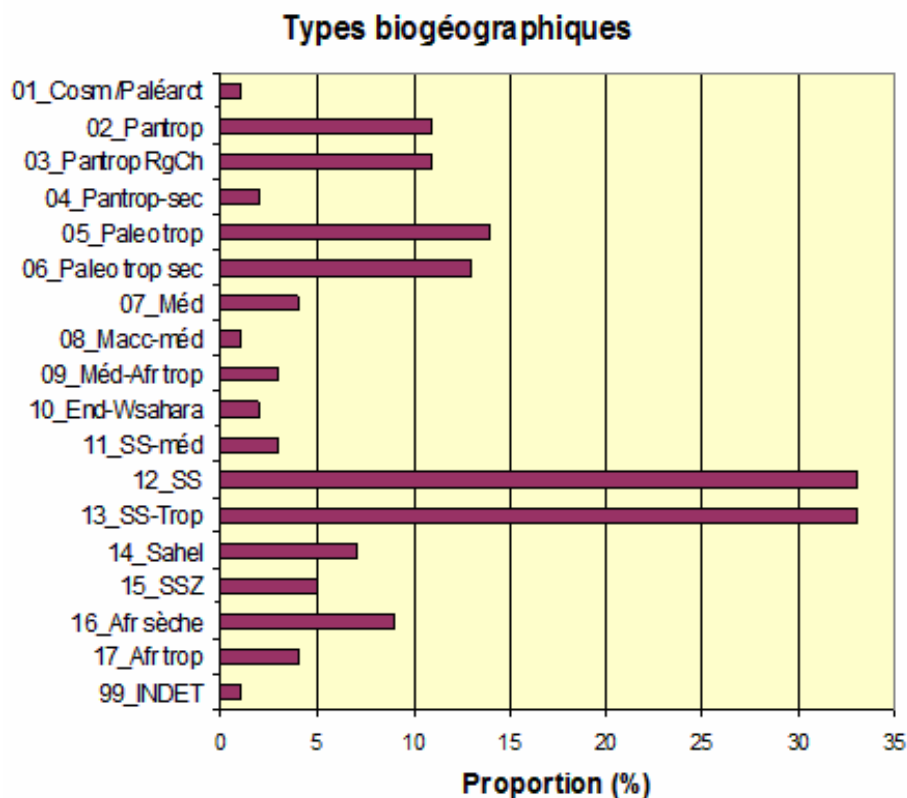


Fig. 50 : Abondance relative des types biogéographiques.
Les codes des types biogéographiques en ordonnés figurent dans le tableau XXIV.

Au niveau de la zone d'étude, la tendance méditerranéenne est perceptible (figure 50) mais fort peu marquée ; cette tendance se renforcerait avec des relevés issus des régions septentrionales de la Mauritanie comme le montre les cartes chorologiques dressées en 2003 par Ould Babah à partir des espèces dominantes notées par les prospecteurs.

2.3.2.2.1.4 Abondance relative des types biomorphologiques de Raunkier

Le spectre des types biomorphologiques de Raunkier (tableau XXV et figure 51) fait apparaître une occurrence dominante des thérophytes (espèces annuelles, plus de 70%). Les cryptophytes comme les chamæphytes sont faiblement représentés (moins de 3 % pour chacune de ces catégories). Les phanérophytes (arbres et arbustes) atteignent 15% des espèces observées mais il faut souligner que les relevés des régions méridionales contribuent à renforcer cette classe.

L'influence désertique est ainsi fortement marquée et constitue un puissant facteur de sélection des espèces présentes dans les régions étudiées.

Tab. XXV : Occurrence des types biomorphologiques de Raunkier pour les 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.

Code	Type biomorphologique	Occurrence	
		absolue	relative %
The	Thérophytes	112	71.3
Krypt	Cryptophytes	4	2.5
H-Crypt	Hémi-cryptophytes	14	8.9
Cham	Chamæphytes	4	2.5
aPhan	Phanérophytes	23	14.6
		157	100.0

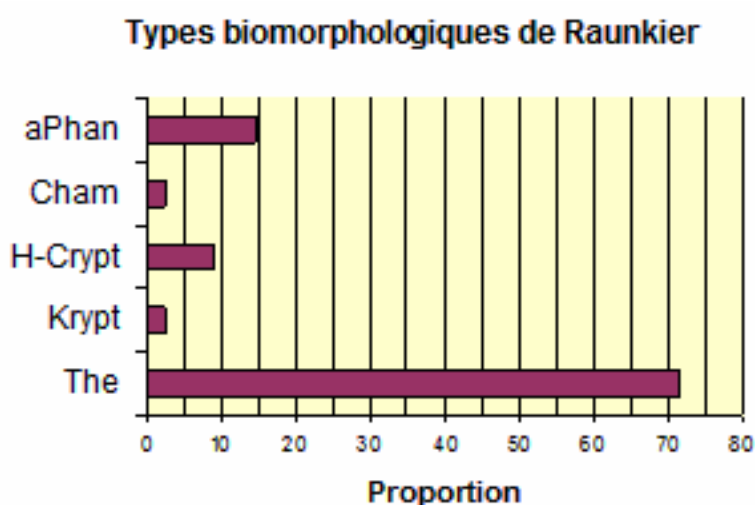


Fig. 51 : Abondance relative des types biomorphologiques de Raunkier.

2.3.2.2.1.5. Abondance relative des types morphologiques

Les types biomorphologiques de Raunkier sont communément utilisés en écologie végétale mais en acridologie il est d'usage d'utiliser des types morphologiques qui permettent d'affiner la description physionomique du tapis végétal et facilitent, en particulier, l'identification des strates (base de la description des formations végétales. Parmi les 157 espèces, 16 types morphologiques ont été identifiés (tableau XXVI et figure 52).

Les quatre strates traditionnellement retenues pour décrire l'habitat du Criquet pèlerin ont ensuite été détaillées :

- les herbes annuelles,
- les herbes vivaces,
- les ligneux bas (buissonneux),
- les ligneux hauts (arbres et arbustes).



Tab. XXVI : Occurrence des types morphologiques pour les 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.

Code	Type morphologiques	Occurrence		
		absolue	relative %	partielle %
H_Aan	Herbe annuelle	55	35.0	71.3
H_Ab	Herbe annuelle buissonneuse basse	7	4.5	
H_Abb	Herbe annuelle buissonneuse moyenne	16	10.2	
H_Abbb	Herbe annuelle buissonneuse grande	4	2.5	
H_An	Herbe annuelle robuste	28	17.8	
H_An-sar	Herbe annuelle sarmenteuse	2	1.3	
H_V	Herbe vivace	9	5.7	11.3
H_Vbb	Herbe vivace buissonneuse	4	2.5	
H_Vg	Herbe vivace géophyte	4	2.5	
H_V-sar	Herbe vivace sarmenteuse	1	0.6	
P_B	Ligneux μ -buisson	4	2.5	2.5
P_BB	Ligneux buisson bas	3	1.9	9.5
P_BBB	Ligneux buisson haut	12	7.6	
P_BBBB	Ligneux arbuste	3	1.9	4.4
P_AAA	Ligneux arbre moyen	4	2.5	
P_B-par	Ligneux parasite	1	0.6	0.6
		157	100.0	

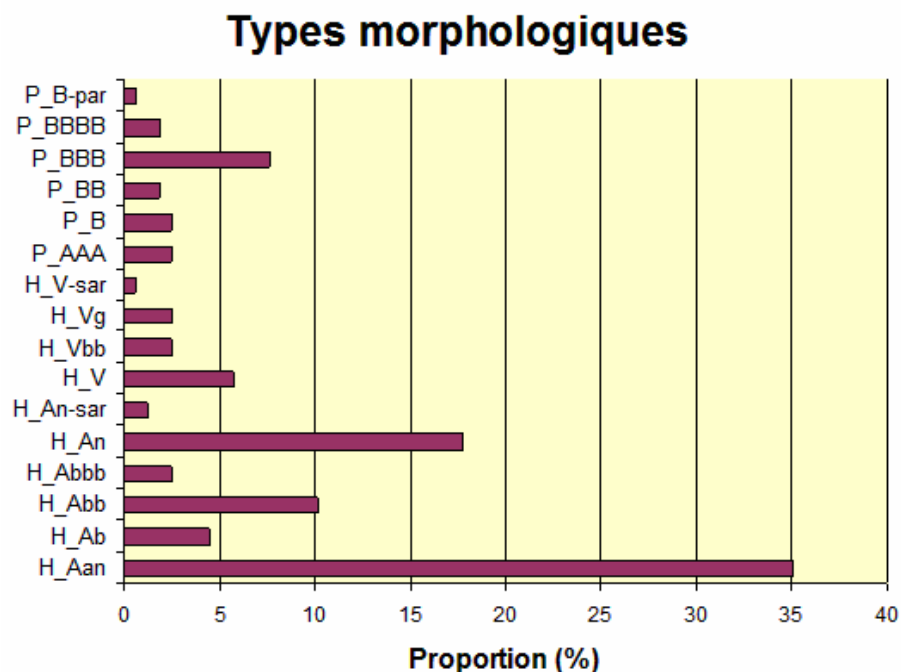


Fig. 52 : Abondance relative des types morphologiques.
Les codes des types biogéographiques en ordonnés figurent dans le tableau XXVI.

2.3.2.2.2. Tableau phytosociologique

L'analyse du tableau phytosociologique a mis en évidence 14 classes floristiques (ou groupements notés de A à N) qui sont caractérisées par la présence ou l'absence d'une quinzaine de groupes d'espèces dont un groupe de 67 espèces trop peu fréquentes pour avoir une signification sociologique dans ce tableau.

Dans un premier temps les principales caractéristiques structurales du tableau phytosociologique seront examinées avant de passer à la description des groupements.

2.3.2.2.2.1. Présence des 157 espèces dans les 138 relevés.

Près de 45 % des espèces sont présentes dans moins de six relevés sur 138 (tableau XXVII et figure 53), alors que plus de 10 % sont présentes dans plus de 50 relevés. Les présences moyennes ne concernent que 25 % des espèces; l'analyse du tableau phytosociologique sera donc délicate.

Tab. XXVII : Occurrence des 157 espèces végétales participant aux 138 relevés.

Classes de présence	Fréquence		
	absolue	relative %	% cumulé
1 à 5	70	44.59	44,59%
5 à 10	30	19.11	63,69%
10 à 25	26	16.56	80,25%
25 à 50	14	8.92	89,17%
50 à 100	14	8.92	98,09%
100 ou plus	3	1.91	100,00%
Total	157	100	

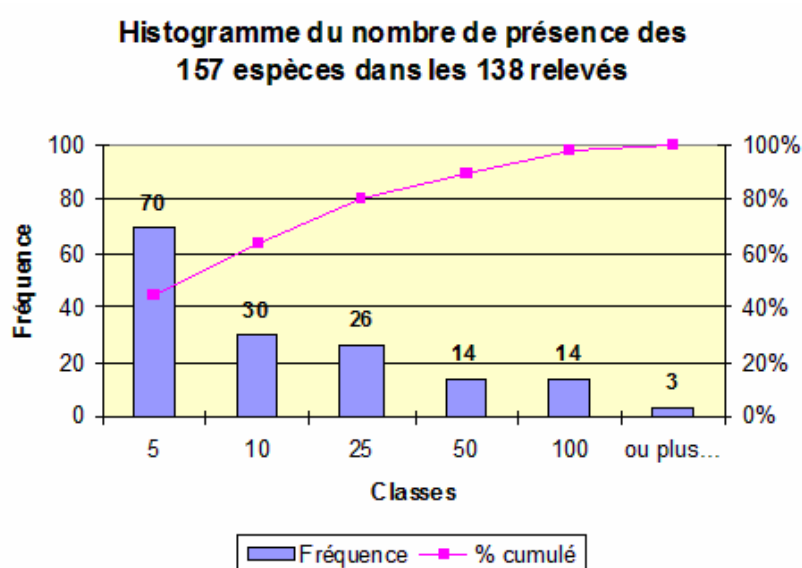


Fig. 53 : Présence des 157 espèces dans les 138 relevés.

2.3.2.2.2 Nombre d'espèces par relevé et par classe floristique

Le nombre d'espèces par relevé est assez faible, de l'ordre d'une vingtaine (tableau XXVIII et figure 54, il reflète les difficiles conditions de vie en milieu prè-désertique, en particulier dans les biotopes extensifs. Par contre, dès que les apports hydriques s'amplifient par le biais d'une redistribution locale (épandage) ou en fonction du gradient pluviométrique (relevés sahéliens) le nombre d'espèces augmente.

Tab. XXVIII : Occurrence des présences pour les espèces végétales participant aux relevés, en fonction des groupements floristiques mis en évidence.

	Classe floristique														Total
	A	B	C	D	E	F	G*	H*	I*	J*	K*	L*	M*	N*	
Nombre de présences	297	150	418	216	455	148	193	110	79	39	77	83	104	272	2641
Nombre de relevés	11	8	24	11	22	11	11	5	5	5	3	4	6	12	138
Nombre sp par relevé : moyen	27	19	17	20	21	13	18	22	16	8	26	21	17	23	
Nombre sp par relevé : minimum	20	9	7	14	15	8	10	18	13	2	15	18	12	13	
Nombre sp par relevé : maximum	37	25	25	31	26	18	22	27	19	14	33	23	25	52	

* groupements dont les relevés ont été effectués hors de la zone d'étude.

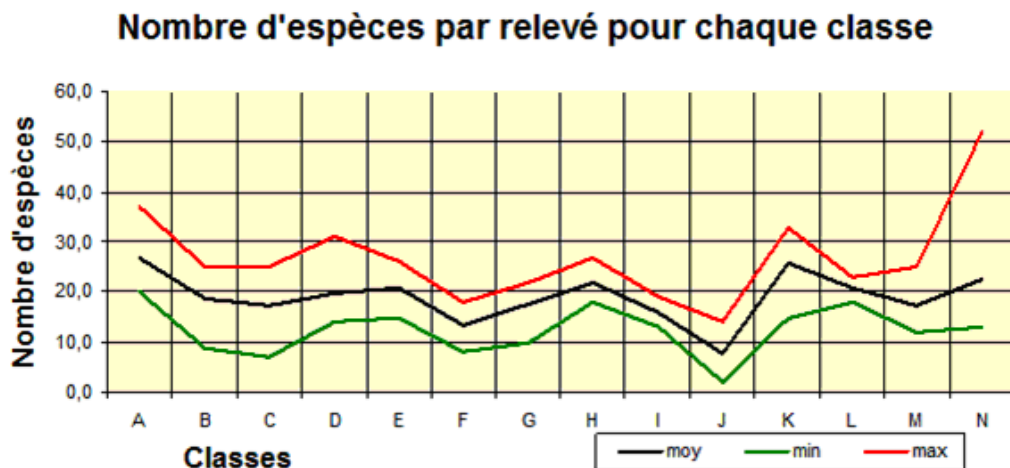


Fig. 54 : Nombre d'espèces par relevé et par classe floristique.

2.3.2.2.3. Structure générale du tableau phytosociologique

Les classes floristiques A à F regroupent des relevés effectués dans la zone d'étude alors que les classes G à N ont été effectués hors de la zone d'étude.

Le groupe d'espèces 1 est commun à l'ensemble des classes mais on distingue un gradient de présence permettant de constituer deux sous groupes 1a et 1b. La classe J est marquée par un net déficit de présence du groupe 1 et aussi du groupe 2.

Les groupes 2 à 7 contribuent à caractériser les classes A à F, alors que les groupes 8 à 11 caractérisent les classes G à N.

Le groupe d'espèces 12 constituent un groupe de "compagnes" quelque peu artificiel dont le tempérament sociologique n'a pas été clairement cerné au cours, de cette campagne de relevés pour diverses raisons : espèces rares, milieux sous-prospectés... Il faut en effet souligner que cette étude reste relativement localisée à l'échelle de la Mauritanie et que, seule, une faible part des biotopes acridiens mauritaniens ont été visités.

Le groupe d'espèces 13, rassemble en fin de tableau 67 espèces généralement peu fréquentes que l'on peut provisoirement qualifier d'accidentelles ou dont le statut sociologique ne peut être clairement établi sur la base des relevés disponibles.

Tab. XXIX : Classes phytosociologiques.

Classes floristiques	Nb relevés	Milieu
A : groupement à <i>Morettia</i>	11	Épandages et écoulements
B : groupement à <i>Cleome scaposa</i>	8	Rocailles /collines et pentes
C : groupement à <i>Seetzenia lanata</i>	24	Regs
D : groupement à <i>Neurada procumbens</i>	11	Interdunes
E : groupement à <i>Stipagrostis acutiflora</i>	22	Ensablements
F : groupement à <i>Pancratium trianthum</i>	11	Ensablements
G : mélange reg/sables méso	11	Mosaïques sables/regs
H : groupement à <i>Corchorus depressus</i>	5	Alluvion et sables
I : faciès à <i>Fagonia</i> spp.	5	Sables sur sol lourd
J : faciès appauvri	5	Divers
K : groupement à <i>Boscia senegalensis</i>	3	Ecoulement (Hygro +)
L : groupement <i>Lasiurus scindicus</i>	4	Rocailles et sables
M : groupement à <i>Requienia obcordata</i>	6	Profil hétérogène
N : groupement à <i>Leptothrium senegalense</i>	12	Sahel : Sables et divers

Classe floristique A : groupement à *Morettia*

La classe floristique A regroupe 11 relevés effectués dans des zones d'épandage ou d'écoulement. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 1a, 4, 5, 6,
- la présence des groupes : 1b, 2, 3, 8, 9, 12,
- l'absence des groupes : 10 et 11.

Il s'agit pour l'essentiel de steppes ou de pseudo-steppes souvent arbustives bénéficiant d'apports hydriques complémentaires et susceptible de fournir des biotopes de survie et de reproduction pour le Criquet pèlerin.

Classe floristique B : groupement à *Cleome scaposa*

La classe floristique B regroupe 8 relevés effectués dans des zones rocailleuses de pentes et de collines plus ou moins légèrement ensablées. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 1a, 2, 5, 6,
- la présence des groupes : 1b, 3, 4, 8, 9, 12,
- la très faible présence du groupe : 7
- l'absence des groupes : 8, 10 et 11.

Ces groupements forment des pseudo-steppes ou des pelouses à faible biomasse végétale et constituent de médiocres biotopes pour le Criquet pèlerin.

Classe floristique C : groupement à *Seetzenia lanata*

La classe floristique C regroupe 24 relevés effectués dans des zones de regs. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 2 et 4,
- la présence des groupes : 1a, 1b, 3, 5, 12,
- la très faible présence des groupes : 7, 8, 9,
- l'absence des groupes : 6, 10 et 11.

Ces groupements de pelouses ou de pseudo-steppes (parfois de steppes) colonisent des regs. Ceux-ci peuvent être diversement ensablés. Ces apports sableux induisent une diversité écologique propice à une plus grande richesse de la composition floristique. Ces formations sont généralement peu favorables au Criquet pèlerin qui peut y survivre, ou s'y reproduire.

Classe floristique D : groupement à *Neurada procumbens*

La classe floristique D regroupe 11 relevés effectués dans des zones d'interdune. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 1a, 2,
- la présence des groupes : 1b, 3, 4,
- la très faible présence des groupes : 7, 8, 9, 12
- l'absence des groupes : 5, 6, 10 et 11.

Ces groupements d'interdune ont une composition floristique plus riche que celle des groupements de reg, la redistribution des eaux y est souvent plus active, avec des phénomènes de concentration (cuvette). Avec une bonne pluviosité, le Criquet pèlerin y trouve de bonnes conditions de survie ou de reproduction, voire de grégarisation.

Classe floristique E : groupement à *Stipagrostis acutiflora*

La classe floristique E regroupe 22 relevés effectués dans des zones d'ensablements plus ou moins puissants. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 2, 3, 7,
- la présence des groupes : 1a, 1b, 8, 9,
- la très faible présence des groupes : 4, 6, 12,
- l'absence des groupes : 5, 10 et 11.

Cette classe regroupe des groupements psamophiles floristiquement les plus riches qui colonisent les ensablements plus ou moins stabilisés. Le Criquet pèlerin peut y trouver de bonnes conditions de survie, de reproduction, voire de grégarisation lorsque la pluviosité est favorable.

Classe floristique F : groupement à *Pancratium trianthum*

La classe floristique F regroupe 11 relevés effectués dans des zones d'ensablements plus ou moins puissants. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 2, 7,
- la présence des groupes : 1a, 3,
- la très faible présence des groupes : 1b, 8, 9,
- l'absence des groupes : 4, 5, 6, 10, 11 et 12.

Ces groupements sont floristiquement plus pauvres que ceux de la classe E, ils colonisent des sables moins stables et offrent globalement de moins bonnes conditions pour le Criquet pèlerin.

En conditions extrêmes, la composition floristique de ces groupements psamophiles peut se réduire à deux espèces *Stipagrostis acutiflora* et *Stipagrostis pungens* dans les sables profonds des abords de la Majahabat al Koubra.

Classe floristique G : mélange reg/sables méso

La classe floristique G regroupe 11 relevés effectués dans des zones complexes de regs plus ou moins ensablés. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 9 et 10,
- la présence des groupes : 1a, 1b, 2, 3, 7, 8, 12,
- l'absence des groupes : 4, 5, 6, 11.

La classe G constitue une transition avec des groupements plus ou moins psamophiles prospectés en dehors de la zone d'étude mais à des latitudes similaires.

Classe floristique H : groupement à *Corchorus depressus*

La classe floristique H regroupe 5 relevés effectués dans des zones alluviales plus ou moins ensablées. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 1a, 1b, 4, 5,
- la présence des groupes : 2, 8, 9,
- la très faible présence des groupes : 3, 11, 12,
- l'absence des groupes : 6, 7, 10.

Classe floristique I : faciès à *Fagonia* spp.

La classe floristique I regroupe 5 relevés effectués dans des zones de sols lourds plus ou moins ensablés en surface. Elle se distingue par :

- la présence des groupes : 1a, 1b, 2, 3, 5, 8,
- la très faible présence des groupes : 4, 7, 12,
- l'absence des groupes : 6, 9, 10 et 11.

Classe floristique J : faciès appauvri

La classe floristique J regroupe 5 relevés effectués divers substrats. Elle se distingue par :

- la présence du groupe : 12,
- la très faible présence des groupes : 1a, 1b, 4, 6, 7, 8,
- l'absence des groupes : 2, 3, 5, 9, 10 et 11.

Classe floristique K : association à *Boscia senegalensis*

La classe floristique K regroupe 3 relevés effectués dans des zones d'écoulement bénéficiant d'apports hydriques complémentaires. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 1a et 8,
- la présence du groupe : 1b, 2, 5, 6, 12,
- la très faible présence des groupes : 4,
- l'absence des groupes : 3, 6, 9, 10 et 11.

Classe floristique L : groupement à *Lasiurus scindicus*

La classe floristique L regroupe 4 relevés effectués dans des zones de rocaillès et/ou de sables limoneux. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 1a, 7,
- la présence des groupes : 1b, 4, 5, 6, 12,
- la très faible présence des groupes : 2, 7, 9,
- l'absence des groupes : 3, 10 et 11.

Classe floristique M : groupement à *Requienia obcordata*

La classe floristique M regroupe 6 relevés effectués sur des sols au profil hétérogène. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 1b, 8, 9, 11,
- la présence des groupes : 1a, 7,
- la très faible présence des groupes : 5, 12,

- l'absence des groupes : 2, 3, 4, 6, 10.

Classe floristique N : groupement à *Leptothrium senegalense*

La classe floristique N regroupe 12 relevés effectués dans des zones sableuses ou plus rarement sur divers substrats mais en climat sahélien. Elle se distingue par :

- la présence forte des groupes : 8, 9, 10, 11,
- la présence des groupes : 1b, 7, 12,
- la très faible présence des groupes : 1a, 6,
- l'absence des groupes : 2, 3, 4, 5.

2.3.2.2.3. Conclusion partielle

Les groupements de la zone d'étude sont des groupements de type tropical pré-saharien :

- d'une manière générale les groupements comportent peu d'espèces (15 à 20 taxons par relevé) ;
- plus de 40 % d'espèces saharo-sindiennes, dont 20 % d'espèces tropico-saharo-sindiennes auxquelles il faut ajouter 16 % d'espèces aux affinités tropicales ;
- les espèces d'affinité méditerranéenne constituent à peine 6 % de l'ensemble.
- les phanérogames sont peu nombreuses : moins de 15 % alors que les thérophytes avoisinent 75 %. Lors des relevés et des prospections dans la zone d'étude, il était évident que la strate ligneuse se raréfiait, certaines espèces comme *Commophora africana* ou *Calligonum commosum* sont devenues extrêmement rares (quelques individus vivant observés) alors que les effectifs d'autres espèces diminuent mais les cadavres ou les souches sont encore relativement nombreux (cas de *Boscia senegalensis*). L'aridification de la région est flagrante et le tapis végétal doit s'adapter à ce contexte de désertification.

La gamme des biotopes est assez restreinte :

- steppes d'épandage ou d'écoulement, ce sont les groupements floristiquement le plus riches ;
- pelouses de pentes rocheuses, ces groupements présentent ordinairement une assez grande originalité floristique mais sont de faible intérêt pour le Criquet pèlerin ;
- pelouses et steppes sur reg, ce sont les groupements floristiquement les plus pauvres ;
- pelouses et steppes sur ensablements, ces groupements, souvent extensifs, sont particulièrement dépendants des apports hydriques telluriques et présentent une grande amplitude de potentiel bioécologique pour le Criquet pèlerin qui peut y survivre, s'y reproduire ou grégatiser en fonction des conditions météorologiques de la saison.

Dans chaque cas, il existe une notable variabilité en fonction des particularités du substrat (plus ou moins hétérogène) et de la redistribution des apports en eau.

L'écodiversité comme la phytodiversité sont moindres dans la zone de basse fréquence. Les sables vifs y sont dominants et écologiquement omniprésents, quasiment tous les biotopes présentent un taux d'ensablement notoire et tous les groupements attestent une tendance psammophile plus ou moins marquée.

La relation entre la composition floristique des groupements et les classes géomorphologiques n'est pas évidente car les échelles d'investigation sont différentes : la composition floristique, intègre non seulement la qualité du substrat mais aussi et surtout (à ces latitudes) la disponibilité en eau (apports directs météorologiques) et indirects via la redistribution locale des eaux de surface et de faible profondeur. Les classes géomorphologiques associent ainsi une palette de conditions hydriques et des contextes similaires peuvent se retrouver dans des classes différentes ce qui empêche d'établir des corrélations simples, *in fine*,

il apparaît que la dimension à prendre en compte pour la description des biotopes élémentaires du Criquet pèlerin relève plus de la morphopédologie que de la morphogéologie qui correspond à un niveau supérieur d'intégration des conditions stationnelles.

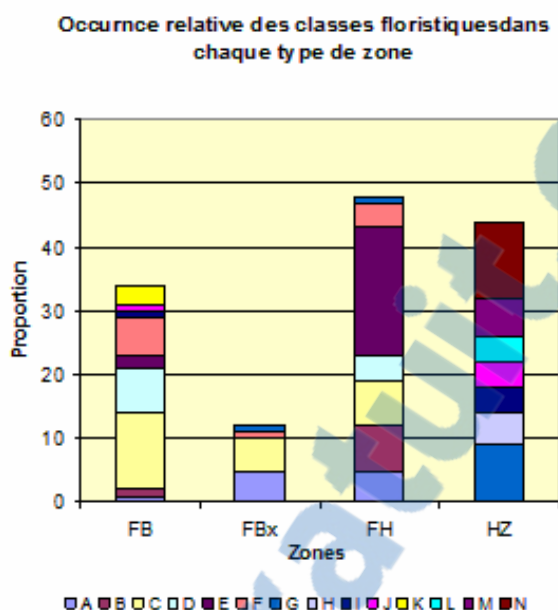


Fig. 55 : Occurrence relative des classes floristiques dans chaque type de zone.

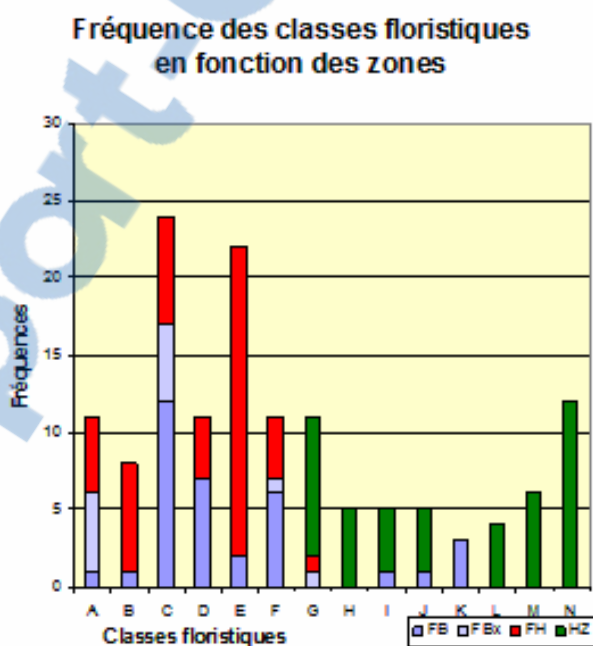


Fig. 56 : Fréquence des classes floristiques en fonction des zones.

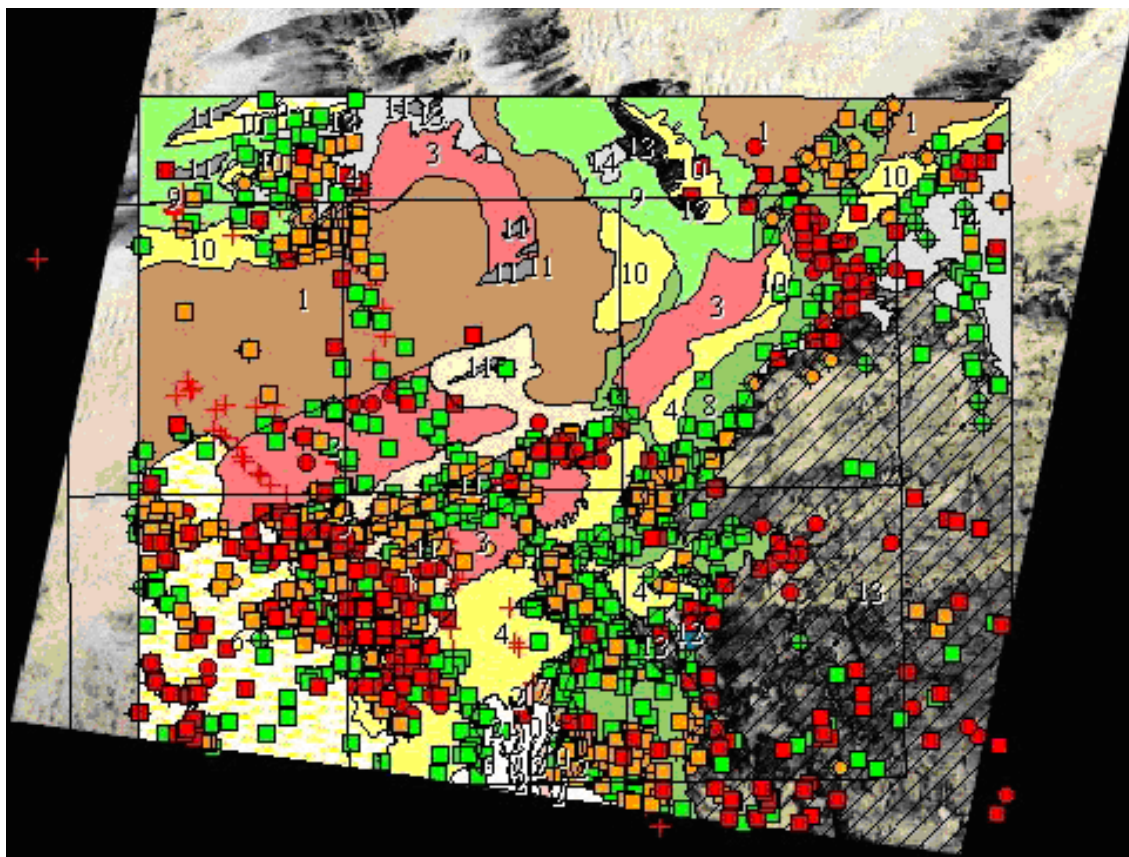
Au plan floristique, la principale différence qui distingue les deux zones est une plus grande et plus riche biodiversité de la zone de haute fréquence. Tout se passe comme si à conditions météorologiques plus ou moins équivalentes le Criquet pèlerin avait plus de chances de trouver des conditions favorables à sa reproduction et éventuellement à la grégarisation dans la zone de haute fréquence où les structures paysagères sont plus diversifiées et plus contrastées.

Tab. XXX : Occurrences des classes phytosociologiques en fonction des zones d'étude.

Classe phytosociologique		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Total
Basse fréquence	FB	1	1	12	7	2	6	0	0	1	1	3	0	0	0	34
Basse fréquence ext	FBx	5	0	5	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	12
Haute fréquence	FH	5	7	7	4	20	4	1	0	0	0	0	0	0	0	48
Hors zone	HZ	0	0	0	0	0	0	9	5	4	4	0	4	6	12	44
Total		11	8	24	11	22	11	11	5	5	5	3	4	6	12	138

Tab. XXXI : Tableau comparatif des caractéristiques des groupements floristiques des zones à haute et basse fréquences.

Descripteurs du tapis végétal	Zone de basse fréquence	Zone de haute fréquence
Nombre de familles	équivalent	
Diversité de la composition spécifique	faible	plus grande
Diversité phytosociologique	faible	plus grande
Taille des individus d'association	moyenne à grande	diversifiée
Nombre d'espèce par relevé	moyenne	plus grande
Psammophilie	omniprésente	contrastée

**Fig. 57 :** Carte des relevés acridiens dans la zone d'étude.

2.3.3. Les signalisations acridiennes

Les 3 116 signalisations et/relevés faits dans la zone d'étude (6 quarts de degré carré) sont spatialisées sur le fond la carte des unités géomorphologiques (figure 57).

2.3.4. Les biotopes acridiens

Analyses acridiennes

Au total, 3 612 relevés ont été effectués dans la zone d'étude, dont 1 563 avec une observation de Criquet pèlerin.

Tab. XXXII : Matrice de co-occurrence entre les trois phases de Criquet pèlerin et les entités géomorphologiques mises en évidence par photo-interprétation.

Classe G	LS	LT	LG	AS	AT	AG	Total
0	12	5	1	21	7	2	52
1	16	13	2	33	18	6	101
2	10	4	0	11	4	0	33
3	26	11	17	56	12	9	138
4	29	15	28	70	14	20	187
5	90	94	52	140	84	34	553
6	68	66	44	126	90	44	475
7	6	0	0	7	0	0	13
8	204	131	40	289	83	39	865
9	12	12	0	17	9	3	65
10	5	4	1	17	4	4	39
11	6	5	0	18	8	0	42
12	0	0	0	3	1	4	8
13	23	12	35	52	13	71	211
14	37	26	13	59	26	19	202
Total	484	360	185	805	333	161	

Classes G : 15 classes géomorphologiques spatialisées sur la zone d'étude.

L : Larve, A : Ailé, S : Solitaire, T : *Transiens*, G : Grégaire

Voir feuillet AFC -7 : AFC sans la classe 7 qui est déséquilibrée.

Le test du khi² préalable montre que la répartition des larves entre les classes géomorphologiques n'est pas homogène mais bien différentielle, avec un seuil de probabilité de $P = 10^{-14}$.

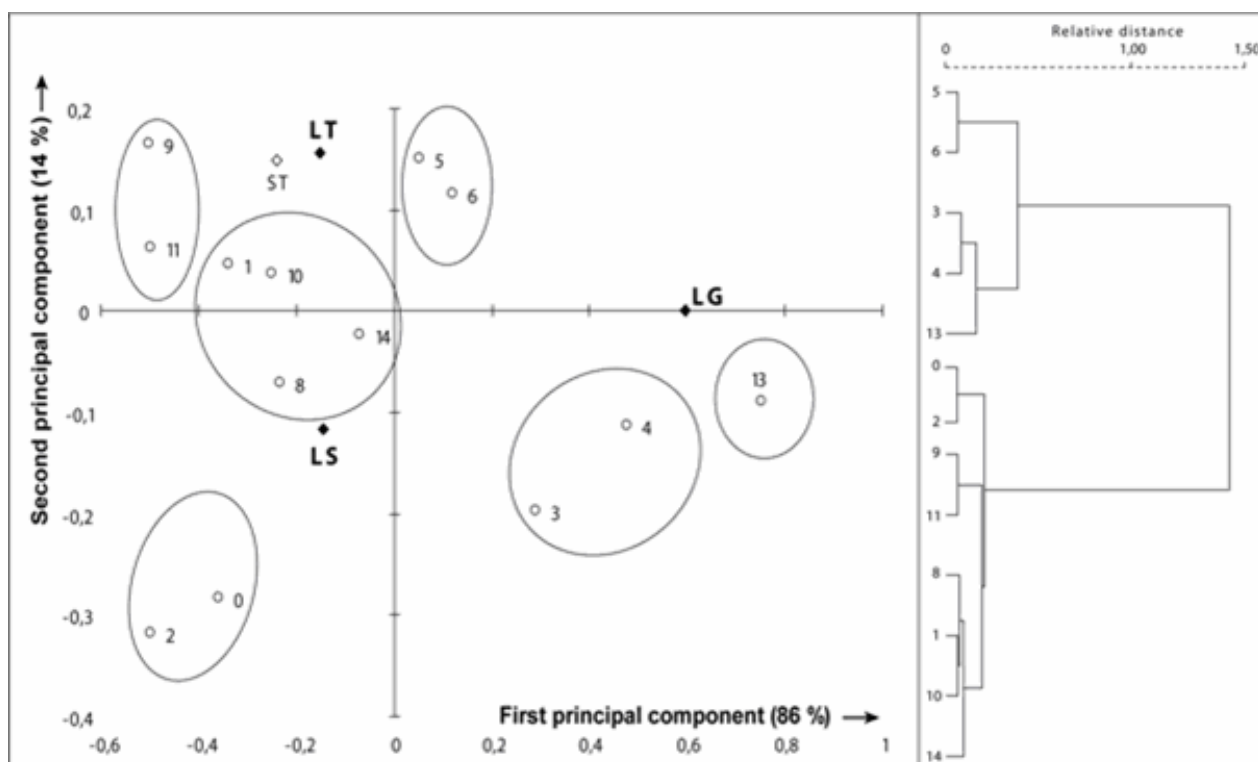


Fig. 58 : Analyse factorielle des correspondances liant la présence des 3 phases des larves de Criquet pèlerin avec les entités géomorphologiques mises en évidence par photo-interprétation.

0 à 14 : 15 classes géomorphologiques spatialisées sur la zone d'étude.

L : larve, S : solitaire, T : *transiens*, G : grégaire.

Les deux premiers axes de l'AFC expliquent 100 % de la répartition. La présence de larves grégaires (LG) contribue très fortement au 1^{er} axe. La présence de larves solitaires (LS) *transiens* (LT) contribue de manière opposée au 2^{ème} axe.

La région 13 et la région 8 sont fortement opposées entre elles et expliquent la répartition des larves grégaires.

Les régions 13, 4 et 3 sont préférentiellement utilisées pour la reproduction des grégaires.

Les régions 8, 0 et 2 sont préférentiellement utilisées pour la reproduction des solitaires.

Les régions 9, 11, 1 et 10 sont préférentiellement utilisées pour la reproduction des *transiens*.

Les unités de la zone de haute fréquence sont sans aucun doute favorables à la présence de *Schistocerca gregaria*, puisqu'elles regroupent 91,5 % de l'ensemble des individus, de la forme larvaire à la forme ailée, recensés dans les deux zones de haute et basse fréquences.

Tab. XXXIII : Occurrence des différentes phases du Criquet pèlerin dans les unités géomorphologiques de la zone de haute fréquence.

Unités	LS	LT	LG	AS	AT	AG	Total	% total
2	10	4	0	11	4	0	33	1,33
3	25	11	17	56	12	9	138	5,53
4	29	15	29	70	14	20	187	7,50
5	90	94	52	140	84	34	553	22,18
6	68	66	44	126	90	44	475	19,05
7	5	0	0	7	0	0	13	0,005
8	204	131	40	289	83	39	863	34,0
12	0	0	0	3	1	4	8	0,003
13	23	12	35	52	13	71	211	8,46

LS : larves solitaires, LT : larves *transiens*, LG : larves grégaires; AS : ailés solitaires, AT : ailés *transiens*, AG : ailés grégaires.

Dans la zone de haute fréquence, les larves (LS, LT, LG) et les ailés (AS, AT, AG) représentent 40,35 % et 51,18 % respectivement de l'ensemble des individus décombrés dans les 2 zones.

Les unités où les effectifs les plus nombreux sont :

- El Khatt (8),
- le système dunaire complexe (5),
- la plaine sableuse (6),
- le Tagant (13),
- le système dunaire akleiforme (4) et les grandes dunes dissymétriques (3), c'est-à-dire, à l'exception de la bordure occidentale du Tagant, les unités dunaires ou sableuses portant généralement sur un tapis végétal à *Stipagrostis pungens* et *Panicum turgidum*, relativement dense.

Les unités géomorphologiques de la zone de basse fréquence sont à l'exception de l'unité (1) : dunes dissymétriques séparées par des formes d'érosion : versants glacis de piedmont (14) des glacis d'érosion (9) et (10) où le substratum rocheux est couvert de blocs et de cailloutis (reg) ou d'un voile sableux peu épais ou des étendues planes correspondant à des dépôts lacustres et fluvio-lacustres dépourvus de toute végétation. À ce propos, on peut affirmer que les unités de la zone de basse fréquence sont faiblement végétalisées. On comprend alors pourquoi la zone de basse fréquence ne regroupe que 8,5 % des larves et les ailés recensés dans les 2 zones.

Tab. XXXIV : Occurrences des différentes formes du Criquet pèlerin dans les unités géomorphologiques de la zone de basse fréquence.

Unités	LS	LT	LG	AS	AT	AG	Total	% total ZHF+ZBF
1	16	13	2	33	18	6	101	4,05
9	12	12	0	17	9	3	65	2,61
10	5	4	1	17	4	4	39	1,57
11	6	5	0	18	8	0	42	1,69

Tab. XXXV : Occurrences des différents stades et phases du Criquet pèlerin dans les zones de haute et basse fréquence.

Zone de basse fréquence		Zone de haute fréquence
1,57%	Larves solitaires	18,29 %
1,33	Larves <i>transiens</i>	13,40
0,001	Larves grégaires	8,66
3,41	Ailés solitaires	30,24
1,57	Ailés transiens	12,07
0,005	Ailés grégaires	8,87

NB : les ailés sont les plus fréquents (ZHF : 51,18%, ZBF : 4,95%) que les larves (ZHF : 40,35 %, ZBF : 2,90 %), dans les deux zones.

La « fréquentation » de la zone de haute fréquence par les différents stades du Criquet pèlerin (larves et ailés) est beaucoup plus importante que dans la zone de basse fréquence. Ceci s'explique par l'extension des ensembles dunaires et des alluvions fluviales du Khatt et l'état satisfaisant de la pseudo-steppe qui le couvre. Il est vraisemblable d'ailleurs que ces mêmes formations sableuses « piègent » et « thésaurisent » les eaux de ruissellement provenant du Tagant occidental et les eaux de pluie estivales.

Delpy (1959) dans la notice hydrogéologique de la feuille au 1/200 000 à Ksar et Barka, se référant à la tradition orale locale, fait l'hypothèse que le Khatt qui aujourd'hui suit le piedmont du Tagant, coulait vers le SSW pour rejoindre le Sénégal. Cette hypothèse est plausible puisque la pluviométrie en Adrar était de l'ordre de 600 à 800 mm entre 9 000 et 5 000 BP (Holocène supérieur), de 400 à 500 mm vers 3 500 BP contre 100 à 150 mm aujourd'hui (Chamard 1973a). Sous une telle pluviométrie, les rivières fonctionnaient et les lacs étaient nombreux dans de Trabel Hajra. Les formations dunaires (unités 2, 3, 4, 5 et 6) qui se sont mises en place au début de l'assèchement progressif de l'Afrique occidentale, ont modifié, en les barrant, les cours d'eau descendant du Tagant comme le Khatt.

Il est donc vraisemblable que l'humectation de la masse sableuse des champs de dunes de la zone de haute fréquence ait pour origine le sous écoulement des eaux fluviales dans les vallées d'oueds aujourd'hui fossilisées par les sables éoliens.

Ce n'est pas tant les formes que la nature des formations qui font de ces unités des sites à forte présence acridienne les formes les plus fréquentées sont les ergs à elb-alâb, les aklés à substrat sableux, les épandages fluvio-éoliens épais de plus de 3 mètres et les allusions des grands oueds, etc. à la condition d'être constituées de sables fins à moyens, légèrement hétérométriques, ayant un pouvoir de rétention de l'humidité relativement élevé.

À ces formes majeures bien représentées dans l'espace mauritanien, s'en ajoutent de nombreuses autres discontinues et spatialement dispersées :

- les cordons dunaires reposant sur un substrat rocheux et séparés par des couloirs interdunaires plus ou moins larges dont le plancher est tapissé de paléosols, de dépôts fluvio-lacustres ou lacustres, de formations pédologiques (croûte calcaire, grès de type alios) ;
- les épandages sableux pelliculaires ;
- les cuvettes lacustres où les dépôts argileux plus ou moins riches en chlorure de sodium et sulfate de calcium des sebkhas.
- les dépressions lacustres où se sont accumulés au cours de l'Holocène, des dépôts diatomitiques (eaux douces ou légèrement salées) fossilifères ;

– les versants-glacis, les glacis d'érosion ou les glacis d'épandage à la périphérie des plateaux (Adrar, Tagant, Assaba) et enfin, les affleurements rocheux de la surface des plateaux sus-cités.

Telles sont les formes de relief d'accumulation (erg, aklé), d'invention (buttes de diatomites, de paléosols) d'érosion ou d'érosion-accumulation (les glacis) et les reliefs structuraux qui caractérisent les régions désertiques de Mauritanie.

2.3.5. Discussion et Conclusion

Géomorphologie-Criquet

La distribution des criquets se concentre quantitativement à son niveau le plus élevé dans la classe 8 aussi bien pour les larves solitaires que *transiens* mais aussi pour les ailés solitaires.

Cette classe est constituée par l'Oued Elkhatt connu pour son importance pour les acridiens (Popov *et al.* 1991) et son prolongement jusqu'au contour Nord-Ouest du Tagant. Les larves solitaires et les larves *transiens* occupent majoritairement cette classe parallèlement à une présence significative de larves grégaires. Ce qui démontre que c'est une zone où tout le processus de grégarisation est possible : zone de grégarisation. Cette présence, peut être expliquée par le fait que c'est une zone d'écoulement qui garde en profondeur le plus longtemps l'humidité du sol : inféro-flux lié à la juxtaposition de son alignement au relief montagneux du Tagant qui l'alimente en cas de pluie vue la forte baisse de son niveau de nivellement par rapport à celui-ci.

La classe 7, sous forme d'un triangle, à l'angle d'en bas de l'Oued qui constitue le prolongement géographique de la classe 8 est exclusivement occupée par les larves solitaires probablement du fait qu'elle dispose très probablement du maximum de réserve d'humidité dans la durée vue son niveau de nivellement en aval. Ceci pourrait confirmer la tendance de la dynamique mésologique de ce milieu qui continue très probablement en période de basse activité acridienne.

Tout au long de l'Oued de la classe 8, la végétation est constituée des espèces pérennes dominées par les *Stipagrostis* et annuelles telles que (*Tribulus* sp., *Boheravia repens*) qui reste également le plus longtemps à l'état vert. C'est d'ailleurs, dans cette classe que l'on trouve aussi le plus grand nombre d'ailés solitaires mais aussi de larves et d'ailés *transiens* ainsi qu'un peu moins de larves et d'ailés grégaires.

La classe 13 est une zone montagneuse. Cette zone semble n'être concernée que par les grégaires.

Si les classes 7, 8 et 13 sont plus ou moins claires au niveau occupation les autres classes sont moins spécifiques dans leurs composition.

Ce qui veut dire que la classification géomorphologique apporte de façon incontestable, un plus mais reste limité tant qu'elle n'est pas croisée avec la répartition de l'eau et de la végétation.

À signaler par ailleurs que les zones d'occurrences des larves solitaires et les *transiens* aussi bien en zone de haute que de basse fréquence sont les mêmes. Elles sont parfois rejoints par des larves grégaires particulièrement en zone de haute fréquence. Ce qui laisse présumer que ces zones reflètent bien un fonctionnement grégarigène.

2.3.6. Conclusion partielle

- **"Variabilité" structurelle différentielle entre les zones pilotes**

- Potentiel acridien des biotopes peut varier entre la survie, la reproduction, la grégarisation. Les potentiels de survie de reproduction et de grégarisation sont plus importants dans la zone de haute fréquence que dans la zone de basse fréquence.
- Enfin les conditions dynamiques écométéorologiques révèlent plus ou moins le Potentiel acridien.

Il ressort de ces résultats que des particularités météorologiques de chaque zone ont pu être mises en évidence malgré la proximité spatiale des stations. La zone de haute fréquence présente une originalité météorologique comparée à la zone de basse fréquence. Dans la ZHF, la fréquence des pluies est plus importante et les vents sont moins violents. Par contre, dans la ZBF, si les pluies sont plus abondantes elles sont moins régulièrement réparties. Il y a des irrégularités des pluies en dépit de leur abondance.

Les conditions météorologiques dans la zone de haute fréquence qui sont caractérisées par des pluies régulières sont potentiellement plus favorables à la reproduction du Criquet pèlerin. Ceci devra être confirmé à travers une superposition des données acridiennes sur les données météorologiques entre 2003 et 2004.

On a pu aussi ressortir de cette étude la similarité des conditions météorologiques particulièrement températures et pluviométrie des zones d'études avec des localités environnantes, ce qui suggère l'existence en Mauritanie d'autres zones à climat similaires. Il faut toutefois rester prudent eu égard à la courte durée sur laquelle les données météorologiques ont été récoltées (2 ans).

– Analyse phytosociologique du tapis végétal

Si le nombre de familles est semblable dans les deux zones de basse et de haute fréquence l'écodiversité (gamme de biotopes) comme la phytodiversité (nombre d'espèces végétales) sont plus importantes dans la zone haute fréquence que dans la zone de basse fréquence.

– **Relevés acridiens (± 3000) prenant en compte les caractéristiques phénologiques et phasaires mais il serait aussi possible d'approfondir en revenant à la base RAMSES, en prenant en compte les densités, la taille des taches et des bandes, etc.**

La « fréquentation » de la ZHF par les différents stades du Criquet pèlerin (larves et ailés) se confirme toujours être beaucoup plus importante que dans la ZBF. Les ailés sont les plus fréquents dans les deux zones : ZHF : 51,18% ZBF : 4,95% que les larves : ZHF : 40, 35% ZBF : 2,90 %.

Tous les stades et phases sont plus importants dans la zone de haute fréquence que la zone de basse fréquence à des proportions en moyenne de 10 fois plus.

– **On est alors en mesure d'aborder les biotopes acridiens (diverses AFC) et montrer que :**

- les 14 entités géomorphologiques devraient être subdivisées pour prendre en compte la redistribution des eaux de sub-surface,

- en fonction des réserves hydriques disponibles, le la nature et de l'abondance des populations parentales on peut distinguer les biotopes propices à l'apparition de *transiens*,
- le "*pattern*" géomorphologique contribue à amortir ou amplifier l'ampleur du phénomène.

Relation flore-géomorphologie

La relation entre la composition floristique des groupements et les classes géomorphologiques n'est pas évidente car les échelles d'investigation sont différentes : la composition floristique, intègre non seulement la qualité du substrat mais aussi et surtout (à ces latitudes) la disponibilité en eau (apports directs météorologiques) et indirects via la redistribution locale des eaux de surface et de faible profondeur. Les classes géomorphologiques associent ainsi une palette de conditions hydriques et des contextes similaires peuvent se retrouver dans des classes différentes ce qui empêche d'établir des corrélations simples, *in fine*, il apparaît que la dimension à prendre en compte pour la description des biotopes élémentaires du Criquet pèlerin relève plus de la morphopédologie que de la morphogéologie qui correspond à un niveau supérieur d'intégration des conditions stationnelles.

Relation géomorphologie-criquet

La zone de haute fréquence continue à se confirmer malgré la différence des classes géomorphologiques.

La distribution localisée dans la zone de haute fréquence des criquets se concentre quantitativement à son niveau le plus élevé dans la classe 8 aussi bien pour les larves solitaires que *transiens* mais aussi pour les ailés solitaires. La classe 7, sous forme d'un triangle, à l'angle d'en bas de l'Oued qui constitue le prolongement géographique de la classe 8 est exclusivement occupée par les larves solitaires.

La classe 13 est une zone montagneuse .Cette zone ne semble pas être préférées par les phases autres que grégaires.

Si les classes 7, 8 et 13 sont plus ou moins claires au niveau occupation les autres classes le sont moins spécifiques dans leur composition.

2.4. Données météorologiques relatives aux zones de haute et de basse fréquences

2.4.1. Introduction

En prospection et lutte antiacridienne, la météorologie joue un rôle important dans la dynamique des populations acridiennes Rainey, 1963 , Gerbier, 1965, Ceccato *et al.* 2007 grâce à la connaissance de la pluviométrie, les températures et les vents.

Le présent chapitre décrit les conditions météorologiques dans deux zones pilotes, une zone de haute fréquence caractérisée par une occurrence élevée des populations solitaires ou *transiens* du Criquet pèlerin et une zone de basse fréquence caractérisée par de moindres occurrences acridiennes (Ould Babah 2003). Ces zones ont confirmé leur statut durant toute la période 2003-2006.

Dans cette étude sur la météorologie, vu les interruptions d'enregistrement des stations, on a uniquement analysé les séries complètes.

P6	P5			26	21			70,8	60,5		
G2	P4			22	28			68,6	85,6		
		P2	P3			8	20			31,1	77,1
		P1	G1			11	17			44,4	62,4
Position relative des stations				Nombre de mois (/29)				Enregistrements \pm disponibles (%)			

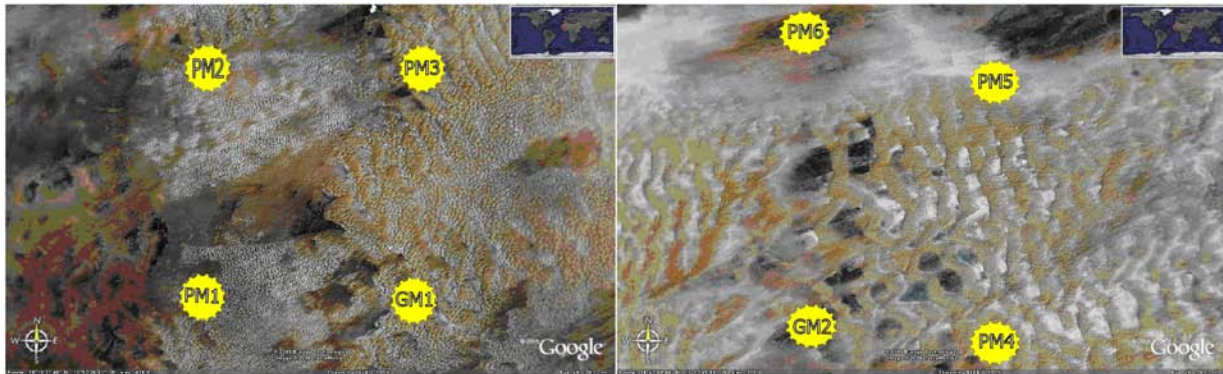


Fig. 59 : Position et performances relatives des 8 stations météorologiques semi-automatiques.

À gauche, la zone de haute fréquence ; à droite, la zone de basse fréquence.

PM1 à PM6 : petites stations ; GM1 et GM2 : grandes stations.

Images Google® 2005.

Dans ce chapitre, une comparaison des conditions météorologiques a été réalisée entre ces deux zones pilotes. Dans chaque zone, ont été installées entre juillet 2002 et octobre 2004 (figure 59) quatre stations météorologiques fonctionnant avec des piles type AA alcalines : trois petites stations WatchDog® (PM1, PM2, PM3 dans la zone de haute fréquence et PM4, PM5, PM6 dans la zone de basse fréquence) enregistrant la température, l'humidité de l'air et du sol et 2 grandes stations (GM1 dans la zone de haute fréquence et GM2 dans la zone de basse fréquence) qui enregistrent la pluviométrie, la température, l'humidité du sol, l'humidité de l'air, la vitesse et la direction du vent. Dans chacune des zones pilotes, les quatre stations sont équidistantes les unes des autres de 25 km. Les deux grandes stations sont montées sur des supports à une hauteur de 1,5 m. Des clôtures de protection ont été mises en place autour de chaque station contre les animaux errants et les nomades. Les données sont téléchargées sur un ordinateur portable tous les deux mois via un *shutel specware* et à l'aide d'un logiciel Specware 7.0 (figure 60). Toutes les stations sont programmées pour que tous les paramètres soient enregistrés automatiquement toutes les heures. Les interruptions d'enregistrement de certaines stations particulièrement dans la zone de haute fréquence sont liées à une défaillance des piles ou à un acte de vandalisme. Ces interruptions ont affecté la continuité donc la qualité de données. Avant leur première utilisation, les stations ont fait l'objet d'un étalonnage, elles ont donné des enregistrements similaires à ceux des stations météorologiques de l'ASECNA (figure 61).



Fig. 60 : Station météorologique grand modèle avec téléchargement de données (à droite).

2.4.2. Structure des données

Deux niveaux de problèmes sont possibles :

- il n'y a pas d'enregistrements disponibles pour une période donnée (défaillance de la pile ou vandalisme, etc.) ;
- les enregistrements sont disponibles mais une ou plusieurs sondes ont présenté un dysfonctionnement ponctuel ou général.

Tab. XXXVI : Performances relatives globales des sondes des stations météorologiques semi-automatiques.

Data dispo	Température	SMA	RNF	Humidité	Vent rafale	Vent vitesse	Vent direction	Vent secteur
Stat. Gm	2	2	2	2	2	2	2	2
Stat.Pm	6	6	0	0	0	0	0	0
Max	84,5	49,2	68,4	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6
Min	30,0	1,1	60,9	61,4	61,4	61,4	61,4	62,4

Il apparaît que la station PM2 est celle qui présente le plus grand nombre de défaillances, fort heureusement, elle est proche de la PM4 qui s'est montrée particulièrement performante (plus de 85 % de données théoriquement disponibles, en nombre d'enregistrements).

Dans l'ensemble la fiabilité globale tourne autour de 65 %, avec un maximum pour les sondes thermométriques mais une très médiocre performance pour la mesure de l'humidité édaphique qui constitue un paramètre primordial de l'environnement acridien et végétal.

Une des possibilités du dysfonctionnement est peut être la performance des sondes du fabricant, car les mêmes irrégularités sont actuellement observées sur 10 nouvelles stations actuellement sur le terrain dans un autre cadre.

2.4.3. Précipitations

Les précipitations sont le facteur déterminant de la dynamique des populations acridiennes, elles jouent un rôle primordial dans la reproduction du Criquet pèlerin. Dans les zones pilotes d'études, les précipitations ont été enregistrées en 2002 et 2004 grâce aux deux grandes stations situées dans chaque zone. Chaque grande station est munie d'une cuve qui mesure automatiquement la pluviométrie. Cette pluviométrie est analysée sur un pas de temps mensuel par cumul pluviométrique.

Le cumul pluviométrique mensuel est représenté dans la figure 61. La moyenne générale des quantités de pluies n'est pas significativement différente entre les zones de haute et de basse fréquences. Cependant, en 2003, les deux ont reçu des pluies exceptionnelles. Le cumul pluviométrique et la durée d'humidité édaphique du sol dans les deux zones ont été résumés dans les tableaux XXXVII et XXXVIII. Dans la zone de haute fréquence, l'humidité édaphique est très fortement corrélée à la pluviométrie, par contre, dans la zone de basse fréquence, l'analyse n'a pas pu être faite à cause manque de données relatives à l'humidité édaphique.

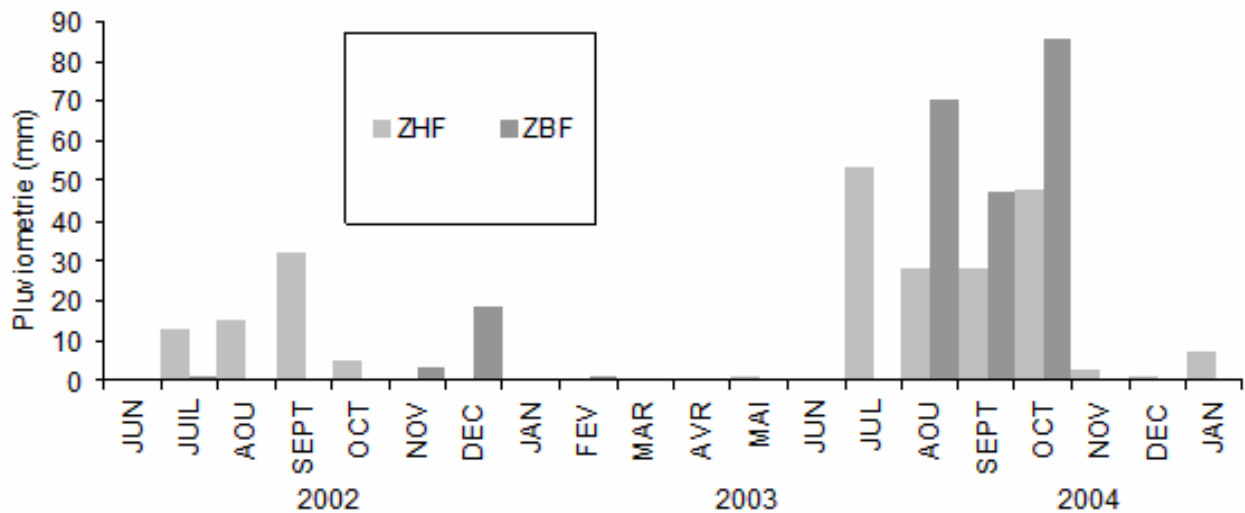


Fig. 61 : Pluviométrie mensuelle mesurée dans les zones de haute et basse fréquences.

Les moyennes générales des pluies entre les 2 zones ne sont pas significativement différentes à $p=0.05$ (LSD, ANOVA).

Tab. XXXVII : Corrélation entre le cumul pluviométrique et la durée d'humidité édaphique du sol dans la zone de haute fréquence. Cumul mensuel entre juin 2002 et décembre 2003.

Année	Mois	Cumul pluviométrique (mm)	Durée d'humidité édaphique (en heures)	Corrélation
2002	Juin	0.3	5	0.80956 p<0.001
	Juillet	1.8	62	
	Août	12.8	61	
	Septembre	31.9	343	
	Octobre	4.7	42	
2003	Mai	0.7	25	
	Juillet	53.8	433	
	Août	27.9	460	
	Octobre	48.0	231	
	Novembre	2.5	229	
	Décembre	0.7	0	
2004	Janvier	7.3	309	

Tab. XXXVIII : Corrélation entre le cumul pluviométrique et la durée d'humidité édaphique du sol dans la zone de basse fréquence. Cumul mensuel entre juin 2002 et janvier 2004.

Année	Mois	Cumul pluviométrique (mm)	Durée d'humidité édaphique (en heure)	Corrélation
2002	Juin	0.5	-	
	Juillet	0.8	49	
	Novembre	3.1	-	
	Décembre	18.6	-	
2003	Août	70.5	-	
	Septembre	47.5	-	
	Octobre	85.7	-	
	Décembre	0.3	-	
2004	Janvier	5	-	
	Février	1.1	-	
	Mars	0.8	-	

2.4.4. Évaluation des pluies dans les deux zones

Dans chaque zone pilote, une grande station enregistre les données pluviométriques. Les deux zones pilotes reçoivent plus de pluies saisonnières particulièrement en période estivale (juin-octobre) que durant la saison hivernale (novembre-février).

La figure 61 montre que malgré les grandes quantités de pluies que reçoit la zone de basse fréquence, la fréquence pluviométrique est plus importante dans la zone de haute fréquence qui enregistre mensuellement un nombre plus élevé de jours de pluies par mois. D'après les enregistrements pluviométriques, il apparaît que les pluies ont été plus régulières dans la zone de haute fréquence que dans la zone de basse fréquence durant la période d'observation. Si la tendance se confirmait sur une longue durée, ceci expliquerait sans aucun doute pourquoi les criquets sont plus nombreux dans la zone de haute fréquence, même si la pluviométrie n'est pas le seul facteur à prendre en compte.

L'évaluation journalière des hauteurs pluviométriques journalières pour les deux zones permet de préciser la durée moyenne des épisodes secs pendant les phases pluvieuses des années 2002 et 2003 et d'évaluer la pluviométrie moyenne journalière (en mm/jour) pendant ces phases et expliquer l'état du couvert végétal et des plantes herbacées qui le constituent. On sait en effet, qu'au Sahel central, la productivité du tapis herbacé peut atteindre jusqu'à 1 200 kg.ms.ha lorsque la pluviométrie journalière moyenne est de 3,5 mm/jour pour une durée moyenne des épisodes secs de 2 jours (Courel, c.p.).

Grâce aux enregistrements des stations automatiques, enregistrements lacunaires pendant la saison sèche, nous avons pu évaluer la pluviométrie moyenne journalière de 2002 pour les deux zones.

Elle fut de 1,32 mm/jour pour une durée moyenne des épisodes secs de 6,75 jours dans la zone de haute fréquence et de 2,5 mm/jour pour une durée moyenne des épisodes secs de 6,66 jours dans la zone de basse fréquence. Ces chiffres, qui n'ont aucune valeur particulière, montrent simplement qu'en 2002 la pluviométrie journalière, très faible dans les 2 stations, est malheureusement dans la zone de basse fréquence où il n'a pas plu en 2003.

Il en ressort que :

- l'état du tapis végétal et l'humectation des sols dépendent plus de la bonne répartition temporelle des pluies que de leur abondance (cette dernière favorisant davantage le cryptoruisellement que l'infiltration).

Les pluies d'une intensité de 30 mm/½ heure sont généralement à l'origine du ruisellement et du ravinement sur les versants des dunes du Trarza du Brakna et de l'Awkar oriental formées de sables fins dont la médiane est comprise entre 160 et 200 µm.

À ce propos, il serait intéressant de disposer de données granulométriques plus précises sur les différentes formations qui caractérisent les deux zones étudiées dans la mesure où l'on sait que le bilan hydrique des sables dunaires ou des épandages est meilleur que celui des sables fins homométriques, des dépôts argileux ou diatomitiques qui tapissent le fond des couloirs interdunaires de la zone de basse fréquence.

On peut donc conclure que ce sont les caractères des pluies (abondance moyenne et bonne répartition temporelle) et les caractères granulométriques des dépôts et accumulations à texture sableuse qui expliquent que le couvert végétal est plus continu dans la zone de haute fréquence que dans la zone de basse fréquence.

2.4.5. Les données pluviométriques déductibles de l'imagerie METEOSAT

Les données fournies par METEOSAT nouvelle génération (MSG) n'ont pu être utilisées du fait de la mise en place tardive de la station de réception.

Nous avons donc consulté les images de la génération précédente et notamment celles révélant une nébulosité significative caractérisée par la présence de nuages à sommet froid, c'est à dire des nuages potentiellement pluviogènes (ils apparaissent en blanc sur les images).

Les deux zones ont été géo-référencées sur les sorties papier d'utilisation plus aisée.

L'analyse de ces documents n'a pas permis d'établir une réelle corrélation entre les pluies mesurées en stations et l'occurrence des nuages à sommet froid.

Cela peut s'expliquer par le fait que la vitesse de déplacement de ces nuages dont l'activité pluviogène n'est pas continue, est élevée.

Ces images, comme l'attestent les images tri-horaires, défilent au dessus d'immenses territoires alors que la superficie de notre secteur d'étude est infime. Ceci explique cela et confirme que l'interprétation d'une quelconque image METEOSAT ne peut être que globale car elle intègre nombre d'éléments de la circulation générale de l'atmosphère. Il y a donc là un problème d'échelle.

2.4.6. Humidité du sol

L'humidité du sol notamment entre la surface et 15 cm de profondeur joue un rôle important pour la ponte des femelles du Criquet pèlerin. L'humidité dépend surtout de la nature du sol et de sa texture. Toutes les stations sont munies de senseurs enterrés dans le sol et permettant de détecter l'humidité du sol entre 10 et 15 cm. Le degré d'humidité est automatiquement enregistré suivant une échelle allant de 0 (sol saturé) à 200 kpa (sol très sec). La durée d'humidité édaphique est calculée grâce au nombre d'heures pendant lesquelles le sol reste humide (< 200 kpa) (tableaux XXXVII et XXXVIII). Le degré d'humidité édaphique représenté dans la figure 62 montre qu'il n'y a pas de différences entre les deux zones.

L'humidité édaphique a été, dans les deux stations automatiques, évaluées pendant des mois secs, des mois d'automne et d'hiver et des mois d'été (pluies de mousson).

Il nous semble que la mesure de la teneur en eau d'échantillons de sols prélevés jusqu'à 15 cm de profondeur au laboratoire pourrait confirmer ou non les résultats en kpa assujettis à la sensibilité des senseurs.

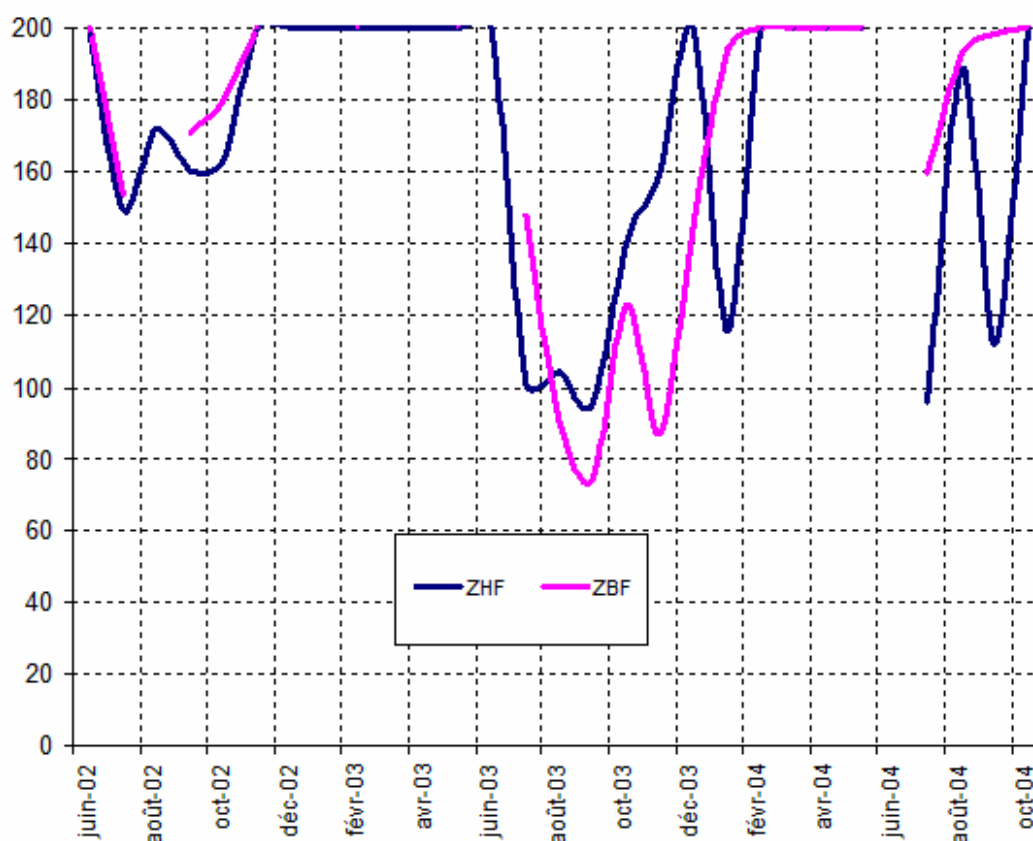


Fig. 62 : Moyenne mensuelle de l'humidité édaphique (en kpa).

L'examen attentif de la figure 62 (variations mensuelles de l'humidité édaphiques) et de la figure 61 (pluviométrie mensuelle dans les zones de haute et de basse fréquence) révèle les faits suivants :

- À la station de la zone de haute fréquence, l'humidité du sol est en juin 2003 de l'ordre de 90 Kpa alors qu'aucune précipitation n'a été enregistrée depuis novembre 2002.
- En octobre 2003, à la fin de la saison des pluies, l'humidité n'est que de 140 kpa.

- À la station de la zone de basse fréquence en décembre 2002, les précipitations cumulées ont été de 15 mm or ce même mois l'humidité est nulle (200 kpa).

2.4.7. Températures

La température joue un rôle déterminant sur la dynamique des populations du Criquet pèlerin car elle influence significativement la maturation, la vitesse de développement et le déplacement des ailés. Toutes les stations sont munies d'un capteur de température qui enregistre automatiquement la température toutes les heures. ce qui permet d'accéder au minimum et au maximum quotidiens.

Les deux zones n'ont pas présenté de différences significatives des variations thermiques avec une moyenne de température mensuelle entre 20°C et 36 °C (figure 63) bien qu'il y ait eu des anomalies liées au dysfonctionnement.

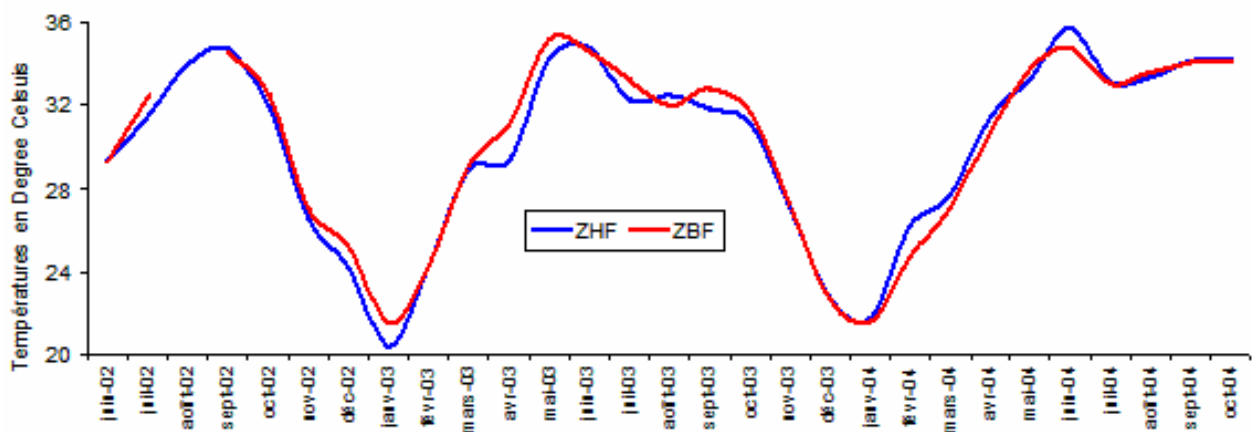


Fig. 63 : Températures moyennes mensuelles dans les zones de haute et basse fréquences de juin 2002 à octobre 2004.

Les courbes ne sont pas significativement différentes à $p=0.05$ (SNK, ANOVA).

2.4.8. Conditions anémométriques

La migration du Criquet pèlerin est intimement liée à la direction et à la vitesse des vents dans les basses couches de la troposphère et dans la troposphère moyenne entre 2 500 m et 4 000 m d'altitude.

Les enregistrements des deux grandes stations installées dans les 2 zones étudiées ont permis de réaliser les roses des vents portant dans chacune des 8 directions, la fréquence des classes de vitesses (en m/sec).

Il ressort des figures 64 et 65 que la variabilité directionnelle des vents dans la zone de basse fréquence est plus forte que dans la zone de haute fréquence, notamment pendant la saison des pluies. En saison sèche, les vents de secteur Nord-Est sont les plus fréquents.

Il apparaît également que la vitesse moyenne annuelle est faible dans les 2 stations mais légèrement plus élevée dans la zone de basse fréquence : 3,5 m/sec contre 0,1 m/sec dans la zone de haute fréquence.

Ceci s'explique, selon nous, par le contexte orographique de la région étudiée, limitée au Nord par l'Adrar et à l'Ouest par le Tagant, séparés par un ensellement emprunté par le Khatt, comme par la localisation des stations. Tout laisse à penser que la chenalisation du vent dans le couloir interdunaire où est implantée la station de la ZBF, est à l'origine de la légère accélération du vent.

Quoi qu'il en soit la faible efficacité des vents n'est pas un obstacle aux déplacements des criquets.

Il apparaît donc, si on se réfère aux données des stations automatiques que 2 années d'enregistrements lacunaires, ne permettent pas de mettre en évidence des différences significatives entre les 2 zones. Il semble néanmoins que dans la zone de basse fréquence, l'abondance des pluies annuelles est plus faible et la répartition temporelle des pluies plus irrégulière que dans la zone de haute fréquence. La faible vélocité des vents quant à elle ne peut contribuer à la sécheresse caractéristique de la zone de basse fréquence.

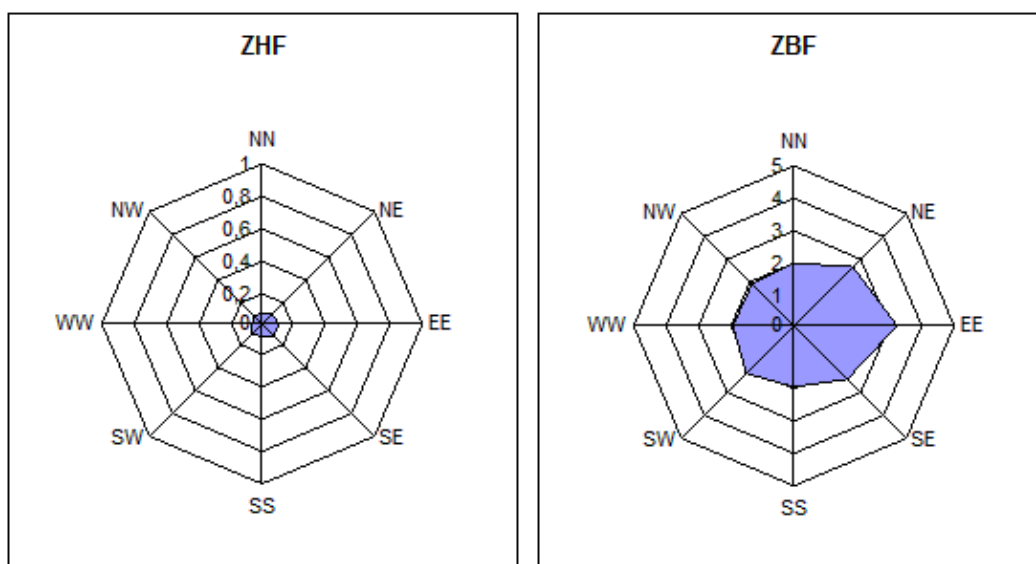


Fig. 64 : Moyenne des roses des vents de mois disponibles en 2003 et 2004.

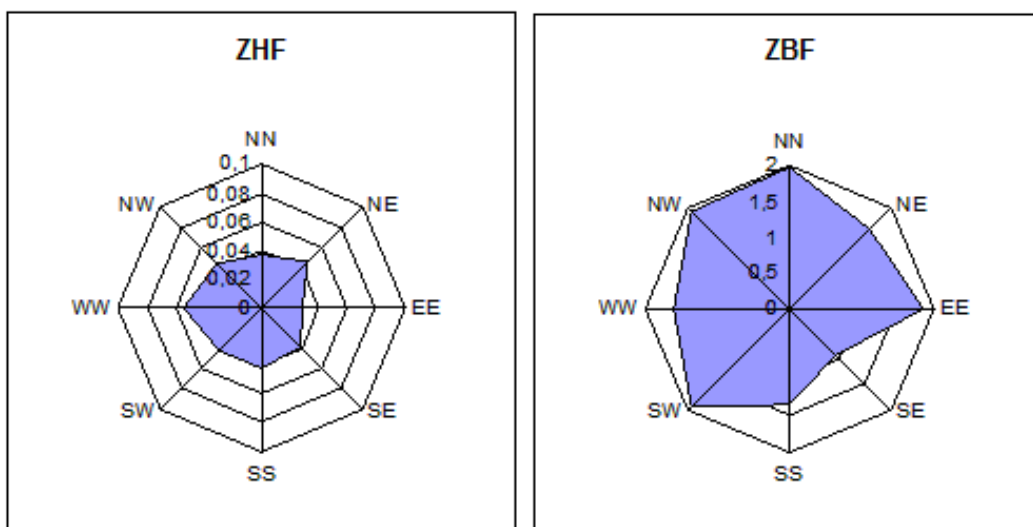


Fig. 65 : Roses des vents réalisées entre 18h00 et 22h00 à partir des données mensuelles disponibles en 2003 et 2004.

2.4.9. Météorologie comparée avec les stations de la Météorologie nationale

Les données de la météorologie nationale sont collectées sur un réseau de 70 stations météorologiques, réparties de façon irrégulière sur le territoire (figure 34). Ce réseau fournit des données météorologiques : pluviométrie, températures (minimales et maximale), humidité de l'air (minimale et maximale), aérologie (force et direction du vent).

Deux paramètres météorologiques, pluviométrie et température, sont comparés avec ceux enregistrés par les stations de la météorologie nationale des localités les plus proches des deux zones. Les données enregistrées dans la zone de haute fréquence sont comparées à celle de Boutilimit et Tidjikja tandis que celles enregistrées dans la zone de basse fréquence sont comparées à celles d'Akjoujt et d'Atar.

Dans la zone de basse fréquence, la pluviométrie est plus moins comparable à celle recueillie dans les stations de la météorologie nationale d'Akjoujt et d'Atar (figure 66). Par contre, les températures en zone de basse fréquence est significativement différente de celle d'Atar mais similaire à celle d'Akjoujt (figure 67). De même, la pluviométrie en zone de haute fréquence est comparable à celle de Tidjikja et de Boutilimit (figure 68). Néanmoins, les températures dans la zone de haute fréquence sont significativement différentes de celles de Tidjikja (figure 69).

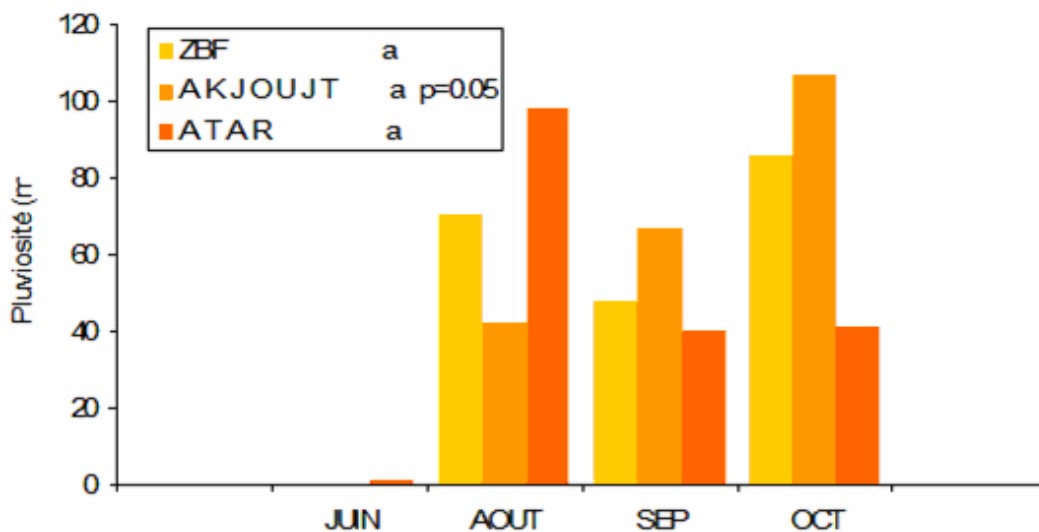


Fig. 66 : Comparaison de la pluviométrie mensuelle mesurée en 2003 dans la zone de basse fréquence et les stations d'Akjoujt et d'Atar.

Les histogrammes avec le même lettre ne sont pas significativement différentes à $p=0.05$ (LSD, ANOVA).

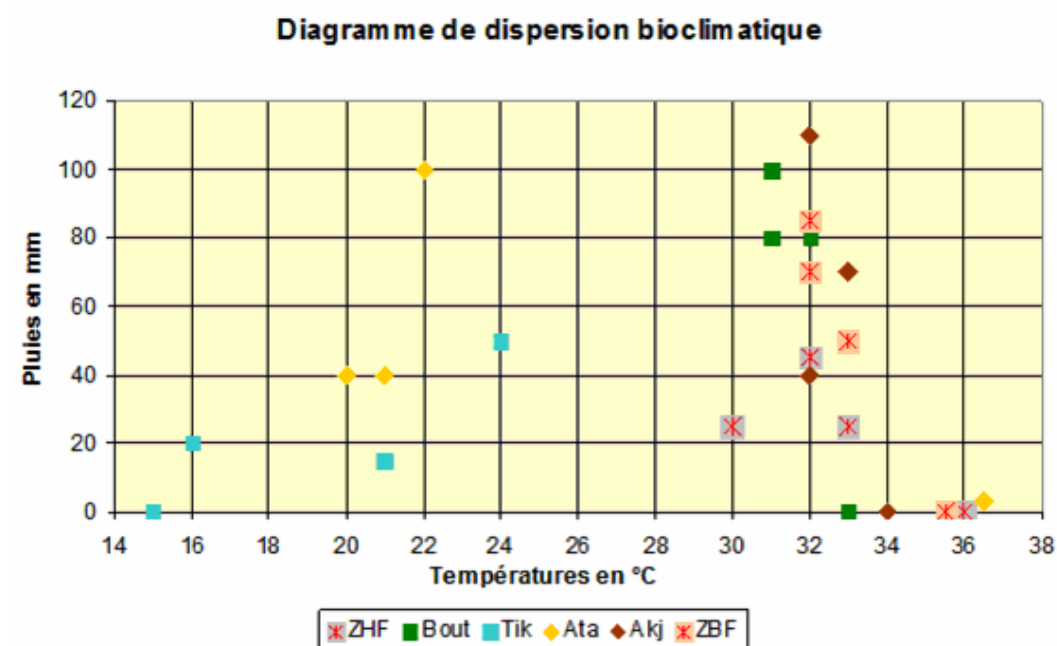


Fig. 67 : Diagramme de dispersion bioclimatique.

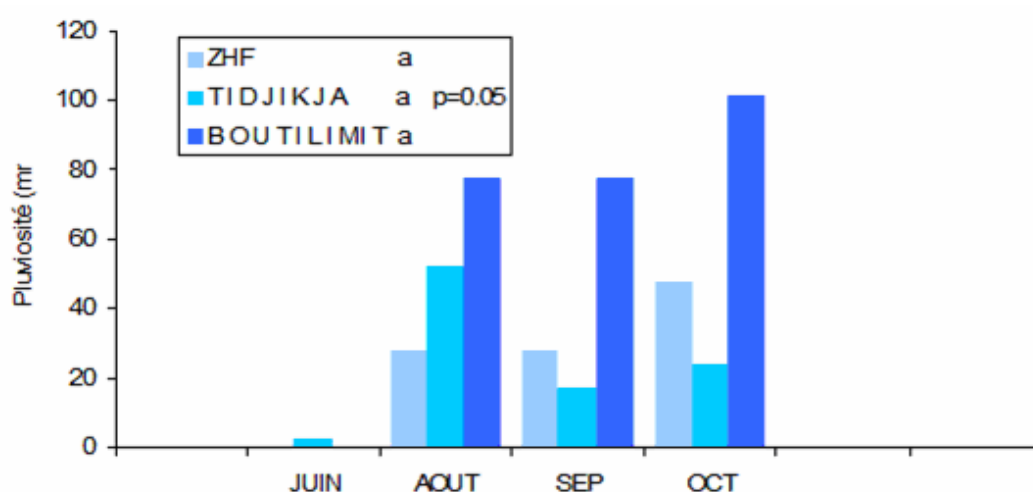


Fig. 68 : Comparaison de la pluviométrie mensuelle mesurée en 2003 dans la zone de haute fréquence et les stations de Boutilimit et Tidjikja.
Les histogrammes avec le même lettre ne sont pas significativement différentes à $p=0.05$ (LSD, ANOVA).

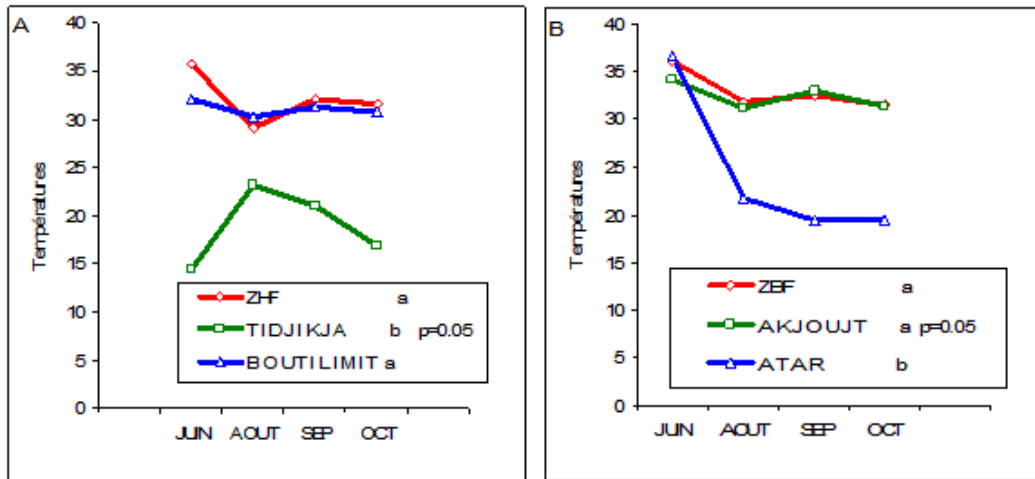


Fig. 69 : Comparaison des températures mensuelles moyennes entre les stations de la zone d'étude et 4 stations du réseau national de juin à octobre 2003.

Les courbes avec la même lettre ne sont pas significativement différentes à $p=0.05$ (LSD, ANOVA).

On constate immédiatement que ni Tidjikja ni Atar ne sont de bonnes alternatives climatiques, Boutilimit et Akjoujt étant beaucoup plus proches des conditions des ZHF et ZBF.

2.4.10. Météorologie du réseau comparé avec METEOSAT

Une comparaison de la pluviométrie a été tentée entre Meteosat et les données enregistrées par les stations automatiques mais malheureusement la nouvelle génération MSG n'a pas pu être utilisée en raison du retard de la mise en place de la station de réception.

À défaut, les images des nuages à sommet froid, de Météosat ancienne génération ont été utilisées. La station de réception de l'ASECNA a servi pour ce travail. Les zones d'étude (basse et haute fréquence) y ont été géo-référencées.

Ces images sont consultées quotidiennement imprimées au cas où elles montrent une présence significative de nuages.

Toutefois aucune corrélation n'a pu être trouvée entre les précipitations enregistrées par les stations et l'occurrence des nuages, à sommet froid visible sur l'image METEOSAT.

Ce qui confirme l'existence d'écart entre les niveaux des températures des nuages dans les zones sahariennes et celles détectables par Météosat (Routier 2000).

2.4.11. Conclusions partielles

Il ressort de ces résultats que des particularités météorologiques de chaque zone ont pu être mises en évidence malgré la proximité spatiale des stations. La ZHF présente une originalité météorologique comparée à la ZBF. Dans la ZHF, la fréquence des pluies est plus importante et les vents sont moins violents. Par contre, dans la ZBF, si les pluies sont plus abondantes elles sont moins régulièrement réparties. Les conditions météorologiques dans la ZHF qui sont caractérisées par des pluies régulières seraient potentiellement plus favorables à la reproduction du Criquet pèlerin.

On a pu aussi ressortir de cette étude la similarité des conditions météorologiques particulièrement températures et pluviométrie des zones d'études avec des localités environnantes, ce qui suggère l'existence en Mauritanie d'autres zones à climat similaires. La connaissance approfondie de ces différentes zones sur le plan climatique mais aussi acridien permettra de mieux cerner la problématique acridienne en ce qui concerne la prédiction des invasions et la détection précoce des gîtes de grégarisation du Criquet pèlerin en Mauritanie.

Il faut toutefois rester prudent eu égard à la courte durée sur laquelle les données météorologiques ont été récoltées (2 ans).

En perspectives, cette étude dégage l'importance de développer des recherches plus poussées pour une identification et une cartographie de toutes les ZHF et ZBF en Mauritanie. Ce qui sera d'une grande utilité pour la lutte préventive du Criquet pèlerin.

2.5. Conclusion

La méthodologie suivie dans l'étude comparative des deux zones de haute et de basse fréquence en utilisant plusieurs disciplines (acridologie, géomorphologie, cartographie, botanique et météorologie) et un peu de télédétection – à travers un fond d'image satellitaire – l'échelle utilisée sont relativement innovatrices dans le domaine des études du Criquet pèlerin sur le terrain.

Elles ont permis, tout en faisant roder la méthode, de dégager les caractéristiques écologiques et biogéographiques qui peuvent affecter le niveau de développement et de grégarisation des populations.

2.5.1. Sur le plan géomorphologique et cartographique

La caractérisation du paysage de la zone de 6 quarts de degrés carré inclus les deux de la zone de haute et de basse fréquence a permis de distinguer 14 classes.

Sur ces 14 classes, 6 (0, 2, 4, 5, 8, 11) couvrent la zone de haute fréquence contre 4 en zone de basse fréquence (1, 3, 9, 10) et le reste dans les 4 quarts de degrés carrés de la zone d'étude.

La classe 8 abrite le niveau le plus élevé des occurrences acridiennes aussi bien pour les larves solitaires que *transiens* mais aussi pour les ailés solitaires.

La « fréquentation » de la zone de haute fréquence par les larves et ailés du Criquet pèlerin est beaucoup plus importante que dans la zone de basse fréquence. Ceci s'explique par l'extension des ensembles dunaires et des alluvions fluviales du Khatt (classe 8) et l'état satisfaisant de la pseudo-steppe qui le couvre. Il est vraisemblable d'ailleurs que ces mêmes formations sableuses « piègent » et « thésaurisent » les eaux de ruissellement provenant du Tagant occidental et les eaux de pluie estivales.

Ainsi, les classes de la zone de haute fréquence sont sans aucun doute les plus favorables à la présence de *Schistocerca gregaria*, puisqu'elles regroupent 91,5 % de l'ensemble des individus recensés dans les deux zones.

Ce qui fait que la zone de haute fréquence continue à se confirmer par la différence plus grande de diversité par rapport à la zone de basse fréquence au niveau du spectre des classes

de leur nombre , des substrats , maille du réseau dunaire, de la taille des biotopes acridiens , de la complexité de leurs structures la relation hautement fréquentielle des certains de ces classes avec les criquets.

2.5.2. Sur le plan floristique

L'analyse statistique des 138 relevés phytosociologiques réalisés (tableau 18) démontre que :

- les groupements de la zone d'étude sont des groupements de type tropical pré-saharien ;
- l'aridification de la région est flagrante et le tapis végétal doit s'adapter à ce contexte de désertification ;
- la gamme des biotopes est assez restreinte :
 - dans chaque cas, il existe une notable variabilité en fonction des particularités du substrat (plus ou moins hétérogène) et de la redistribution des apports en eau ;
 - les sables vifs y sont dominants et écologiquement omniprésents, quasiment tous les biotopes présentent un taux d'ensablement notoire et tous les groupements attestent une tendance psammophile plus ou moins marquée.

À titre comparatif, **la principale différence qui distingue les deux zones est une plus grande et plus riche biodiversité de la zone de haute fréquence.**

En effet, si le nombre de familles est semblable dans les deux zones de basse et de haute fréquence l'écodiversité (gamme de biotopes) comme la phytodiversité (nombre d'espèces végétales) sont plus importantes dans la zone haute fréquence que dans la zone de basse fréquence.

Les différences floristiques ont été également étudiées sur plan distribution et taille des deux touffes des espèces herbacées pérennes de *Panicum turgidum* et *Stipagrostis pungens* au niveau des deux zones de haute fréquence et basse fréquence (Ould Babah & Sword 2004).

Leurs résultats ont montré qu'il existe des différences significatives quant à l'abondance et la taille des touffes des deux espèces entre les zones de haute et de basse fréquences de grégation. Les abondances des touffes par transect sont significativement supérieures dans la zone de haute fréquence pour *P. turgidum* et pour les deux espèces considérées comme unique ressource. En termes de taille, les touffes de *S. pungens*, sont significativement plus larges en diamètre et les touffes de *P. turgidum* sont significativement plus longues dans la zone de haute fréquence (figure 46).

En conclusion, le potentiel végétal des biotopes acridien pour la survie, la reproduction, la grégation est plus important dans la zone de haute fréquence que la zone de basse fréquence.

2.5.3. Sur le plan météorologique

Les données collectées par le réseau météorologique automatique multi-paramètres sur 2 ans avec des enregistrements horaires ont montré, malgré quelques défaillances, les principales tendances observées durant cette période.

Il ressort de ces résultats que des particularités météorologiques de chaque zone ont pu être mises en évidence malgré la proximité spatiale des stations. La zone de haute fréquence présente une originalité météorologique. La fréquence des pluies y est plus importante et les vents sont moins violents. Par contre, dans la zone de basse fréquence, si les pluies sont plus

abondantes, elles sont moins régulièrement réparties. Les conditions météorologiques dans la zone de haute fréquence, caractérisées par des pluies régulières, sont potentiellement plus favorables à la reproduction du Criquet pèlerin.

On a pu aussi ressortir de cette étude la similarité des conditions météorologiques particulièrement températures et pluviométrie des zones d'études avec des localités environnantes, ce qui suggère l'existence en Mauritanie d'autres zones à climat similaires. La connaissance approfondie de ces différentes zones sur le plan climatique mais aussi acridien permettra de mieux cerner la problématique acridienne en ce qui concerne la prédiction des invasions et la détection précoce des gîtes de grégarisation du Criquet pèlerin en Mauritanie.

Il faut toutefois rester prudent eu égard à la courte durée sur laquelle les données météorologiques ont été récoltées (2 ans).

2.5.4. Sur le plan acridien

Les relevés acridiens (3 116) effectués par les équipes du CLA et du CNLA, durant les 20 dernières années prenant en compte les caractéristiques phénologiques et phasaires continuent à confirmer que la « fréquentation » de la zone de haute fréquence par les différents stades du Criquet pèlerin est toujours beaucoup plus importante que dans la zone de basse fréquence.

Tous les stades et phases sont plus importants dans la zone de haute fréquence que la zone de basse fréquence à des proportions en moyenne de 10 fois plus.

Les aillés sont plus fréquents (ZHF : 51,18 % ; ZBF : 4,95 %) que les larves (ZHF : 40,35 % ; ZBF : 2,90 %).

Ce qui laisse confirmer que le potentiel de survie de reproduction et de grégarisation se confirme être plus important dans la zone de haute fréquence que dans la zone de basse fréquence.

2.5.5. Synthèse des relations entre les divers paramètres (acridien, climat, flore et géomorphologie)

Les principaux liens décelés entre ces différents paramètres montrent qu'ils sont significatifs avec les acridiens. Ainsi, tout se passe comme si à conditions météorologiques plus ou moins équivalentes le Criquet pèlerin avait plus de chances de trouver des conditions favorables à sa reproduction et éventuellement à la grégarisation dans la zone de haute où les structures paysagères sont plus diversifiées et plus contrastées et où la flore est plus riche et plus diversifiées.

Par contre, la relation entre la composition floristique des groupements et les classes géomorphologiques n'est pas évidente car les échelles d'investigation sont différentes : la composition floristique, intègre non seulement la qualité du substrat mais aussi et surtout (à ces latitudes) la disponibilité en eau (apports directs météorologiques) et indirects via la redistribution locale des eaux de surface et de faible profondeur. Les classes géomorphologiques associent ainsi une palette de conditions hydriques et des contextes similaires peuvent se retrouver dans des classes différentes ce qui empêche d'établir des corrélations simples, *in fine*, il apparaît que la dimension à prendre en compte pour la description des biotopes élémentaires

du Criquet pèlerin relève plus de la morphopédologie que de la morphogéologie qui correspond à un niveau supérieur d'intégration des conditions stationnelles.

La réalisation, de ces études dans ces deux zones de haute et basse fréquence a permis d'identifier la variabilité" structurelle différentielle entre les zones pilotes et d'aider à mieux connaître et cibler, dans le temps, les zones à haut risque acridien dans le pays et par conséquent améliorer la planification et la mise en application de la stratégie de lutte préventive et par conséquent de réduire les coûts récurrents de la surveillance.

Les résultats de ce travail ont également permis, de développer une méthodologie adaptée pour identifier et étudier d'autres zones similaires dans le pays et dans ceux de la région occidentale et dans l'ensemble de l'aire de distribution du Criquet pèlerin.

En perspective, cette étude dégage l'importance de développer des recherches plus poussées pour une identification et une cartographie de toutes les zones de haute et basse fréquences en Mauritanie mais aussi dans les autres pays de la région et toute l'aire de distribution. Ce qui sera d'une grande utilité pour la lutte préventive du Criquet pèlerin dans ces pays.

3. DISCUSSION

3.1. La gestion des données dans le cadre de la surveillance et de la lutte préventive

Les prospecteurs acridiens accomplissent un difficile et rude travail de terrain, les conditions sont éprouvantes, parfois dangereuses. Les informations collectées sont transmises en temps réel aux centres d'analyse qui procèdent à des interprétations immédiates pour suivre l'évolution de la situation acridienne (dynamique des populations acridienne et état de l'environnement). Il est ainsi possible de dégager jour après jour une stratégie d'intervention en fonction des moyens disponibles.

Si l'exploitation extemporanée des données collectées constitue l'objectif principal, on peut également envisager une exploitation différée ces archives qui se trouvent valorisée par une analyse diachronique à moyen et long termes. Les ressources récentes de l'informatique et en particulier des bases de données relationnelle ouvrent des perspectives nouvelles. Des les années 1990, une première tentative d'informatisation des archives acridiennes de Mauritanie a été tentée sous la forme de la base LOCDAT (sous DBase IV) dont l'usage s'est révélé fort peu ergonomique en raison d'une structure beaucoup trop rustique et fort peu conviviale. Dès 1993, la FAO proposait une nouvelle structure en MS-ACCESS : la base RAMSES (Cherlet 1993) qui fut ensuite couplée avec un SIG (ArcView) autorisant toute une gamme de sorties cartographiques pré-définies et standardisées. Plusieurs versions successives ont été mises à la disposition des pays et en particulier de la Mauritanie. Les 20 000 enregistrements déjà saisis sous LOCDAT ont été transcrits et transposés au format RAMSES. Si bien que plus de 50 000 enregistrements sont actuellement disponibles pour la Mauritanie, couvrant une période allant de (1968) 1988 à 2007. L'essentiel des résultats présentés dans le premier chapitre de ce travail ont été obtenus à partir de la base RAMSES de mauritanie mais l'exploitation des données suggère plusieurs remarques opérationnelles.

Les données sont d'origines différentes et la structure des informations a varié au cours d'un quart de siècle de prospection : tous les descripteurs ne sont donc pas disponibles pour tous les enregistrements.

Les transpositions du système LOCDAT en RAMSES ont généré des erreurs de conversion qui ne sont pas toutes détectées ; des vérifications doivent être entreprises en particulier en ce qui concerne la codification des espèces végétales.

La structure de la base RAMSES reste très analytique, il a donc fallu créer une table complémentaire permettant de disposer simplement (en évitant le recours à des requêtes complexes) des informations synthétiques relatives :

- à la présence/absence de Criquet pèlerin sur le site référencé,
- au chrono-référencement (jour, décade, mois, trimestre, campagne, etc.),
- à l'état phasaire, (solitaire, *transiens*, gégiaire),
- à l'état phénologique (larve, imago),
- au contexte acridien (rémission, résurgence, recrudescence-invasion, déclin),
- au contexte institutionnel (OCLALAV, CLAA, CNLA, etc.).

La richesse de la base est telle, que seule une fraction de l'information a été exploitée et validée.

Cependant, il faut souligner que trop peu d'attention est portée aux solitario-*transiens*, stade phasaire capital pour la localisation des foyers de grégarisation : là où s'amorce la transformation phasaire de grégarisation. La localisation de ces foyers revêt une grande importance stratégique car une analyse fréquentielle temporo-spatiale conduirait à une typologie probabiliste susceptible d'orienter géographiquement les prospections en fonction des saisons lorsque les effectifs acridiens laissent craindre des regroupements ou des pullulations grégariques.

Bien que perfectible, RAMSES est un outil puissant d'analyse et de synthèse de l'information acridienne en temps réel comme en temps différé. Une des conséquences les plus positives a été l'obligation de recourir à une fiche d'observation standardisée qui permet de disposer de données structurellement homogènes. Le second point fort est de disposer de bloc de données considérable, chrono- et géo-référencé autorisant de multiples investigations croisées, diachroniques ou synchroniques.

Dans le cas de la Mauritanie la connaissance de la biogéographie du Criquet pèlerin a été affinée, en précisant pour les différentes phases quelles étaient les aires de distribution et les barycentres des populations en fonction des saisons ce qui conduit à distinguer 7 acrido-régions ayant une valeur bioécologique mais aussi opérationnelle pour la conduite de la surveillance et de la lutte préventive.

Ce type de travail présente un intérêt capital pour l'amélioration des connaissances, de la conception et de la mise en œuvre de la stratégie de lutte préventive contre le Criquet pèlerin dans le pays ainsi que pour l'aide à la décision à condition toutefois que les informations soient archivées avec rigueur et que les info critiques soient disponibles et qu'une attention particulière soit portée à la description des populations solitario-*transiens*.

Il reste, bien sûr, des archives non exploitées telle que celles de l'OCLALAV (1965-1987) encore sous forme de carnets de messages radio au Siège de Dakar. Elles ont été partiellement exploitées par Popov (1997, 1992) mais elles devraient être informatisées. Compte-tenu de l'importante transformation des milieux sahélo-saharien lors du dernier demi-siècle des comparaisons diachroniques seraient possibles.

Par conséquent et au vu du caractère transfrontalier du fléau acridien, il serait utile que les autres pays de la région occidentale comme ceux des autres régions l'aire de distribution du Criquet pèlerin engagent des travaux similaires sur leurs archives acridiennes. Ce qui permettra d'améliorer les connaissances synoptiques du fléau et l'amélioration globale de sa lutte préventive et curative au bénéfice de tous.

3.1.1. Climat, météorologie, Criquet pèlerin en Mauritanie

Le climat est une composante structurante essentielle de l'environnement acridien ; il permet de caractériser les entités géographiques et en particulier les éco-régions mais aussi de comprendre les causalités fonctionnelles des acrido-régions. On doit cependant regretter que les données disponibles concernent essentiellement la partie méridionale du territoire mauritanien si bien qu'il reste difficile de cerner avec précision les caractéristiques des entités centrales et septentrionales. Les facilités offertes par les stations météorologiques semi-automatiques modernes sont à prendre en considération pour envisager des implantations ciblées qui permettraient de constituer les indispensables référentiels du futur car au delà des anti-acridiens d'autres praticiens sont également concernés.

La météo régit, *pro parte*, la dynamique des populations acridiennes. Dans les milieux sahariens et péri-saharien la redistribution des eaux joue un rôle fondamental sur la dynamique fonctionnelle des biotopes acridiens tous les éléments qui permettent d'évaluer le bilan hydrique des sols sont à prendre en considération mais pour cela il faut se donner les moyens de travailler à la micro-échelle.

Cependant, même à la méso-échelle des relations semblent se dégager entre les excédents pluviométriques saisonniers et le déclenchement des recrudescences.

En effet, si l'on retient 8 stations réparties de façon représentative sur l'ensemble du territoire mauritanien (tableau XL) et que l'on compare les quantités de précipitations enregistrées l'année d'une recrudescence/invasion (année 1), l'année suivante (année 2) aux moyennes pluviométriques inter-annuelles de la période (1972-2005) on observe un lien très perceptible. Bien que certaines de ces stations aient parfois quelques lacunes, on perçoit une corrélation entre les années d'excédents pluviométriques et les années de fortes activités acridiennes au plan national mais aussi par zone.

Tab. XL : Pluviosité comparée de 8 stations durant la première année et la deuxième année de recrudescence avec la moyenne inter-annuelle pour la période 1972-2005.

Stations	Moy 1972-2005	A1_Inv-87	A2_Inv-88	A1_Inv-93	A2_Recr-94	A1_Rec-03	A2_Rec-04
Bir Moghreïn	32	77	31	36	32	183	20
Zoueratt	51	118	11	81	81	38	83
Atar	72	52	68	79	74	207	40
Tidjikja	92	41	142	136	47	114	61
Aleg	179	137	191	211	183	407	210
Rosso	198	197	278	187	225	332	232
Nema	201	132	199	179	435	454	260
Kaedi	247	274	262	328	263	341	342
moy	134,0	128,5	147,8	154,6	167,5	259,5	156,0
Total	1072	1028	1182	1237	1340	2076	1248

Ainsi le dépassement des cumuls pluviométriques annuels par rapport aux moyennes inter-annuelles a été enregistré au cours de 2 recrudescences sur 3, enregistrées durant les vingt dernières années. En 2003, la pluviosité quasiment le double de la moyenne inter-annuelle.

Chaque cas présente ses particularités. L'excédent pluviométrique peut être généralisé (2003) ou localisé ce qui influe sur la zone de pullulation et de regroupement ultérieur. Ainsi en 1987, l'invasion a démarré en zone hiverno-printannière dans le Nord du pays, la moyenne annuelle a été dépassée dans les deux stations correspondant à cette zone. En 1993, l'invasion a commencé au Tagant, où la station de Tidjikja montre un excédent. En 2003, c'est encore le centre du pays (Adrar, Nord-Tagant) où les pluies ont enregistré un excédent comme d'autres postes, d'ailleurs.

La comparaison pour les 8 stations entre la deuxième année de recrudescence et la moyenne inter-annuelle pour la période 1972-2005 montre qu'en année 2 du démarrage d'une recrudescence/invasion, les cumuls annuels vont généralement dépasser les moyennes inter-annuelles des 3 événements (Recrudescence /invasion).

Cependant le dépassement n'est forcément général, il peut varier en fonction des zones de reproduction. Ainsi au Nord la moyenne est dépassée, durant 2 événements sur 3, au centre 1 fois sur 3, tandis qu'au Sud et au Sud-Est, il y a dépassement dans les 3 cas.

Une nette tendance se dégage de ces observations : les excédents pluviométriques sont favorables aux pullulations et à la grégarisation du Criquet pèlerin. Même géographiquement limités ils peuvent influencer sur la dynamique générale des populations et ils sont d'autant plus redoutables qu'ils concernent plusieurs reproductions successives. Il est regrettable que nous ne disposions pas de suffisamment de répétitions pour confirmer ou infirmer statistiquement ces observations mais on peut mentionner que la sagesse populaire associe les bonnes années de récolte aux années pluvieuses et... aux années à criquets !

Sur le plan pratique, ceci contribue à l'aide à la décision. En effet, dans la gestion des campagnes de lutte contre les recrudescences et invasions nous allons pouvoir mieux planifier nos opérations d'intervention et de logistique en renforçant la vigilance dès que des excédents pluviométriques seront détectés soit localement sur une ou plusieurs acrido-région soit sur l'ensemble du territoire. En fonction de la localisation et de la saison des excédents observés nous disposons donc d'une possibilité d'anticipation.

3.1.2. Limites spatiales et temporelles des biotopes acridiens

L'analyse des données historiques nous a montré que le Criquet pèlerin trouvait sur le territoire mauritanien des espaces complémentaires qu'il exploitait de façon préférentielle et circonstanciée en fonction de son état phasaire et de sa phénologie. Sept entités territoriales ont ainsi été mises en évidence et qualifiées d'acrido-régions. Trois d'entre elles (3, 4 et 5) revêtent une importance primordiale pour la compréhension des phénomènes de transformation phasaire primaire car il est montré que ces événements ne sont pas homogènement répartis mais se rassemblent sur des territoires restreints et, qui plus est, à des saisons particulières.

Par ailleurs, une synthèse a été faite des composantes mésologiques qui structurent l'espace acridien : géologie, géomorphologie, climat, végétation, etc. Elle est intégrée dans une spatialisation géographique qui conduit à distinguer 49 unités territoriales écologiquement homogènes et hiérarchisées en Mauritanie.

Dès lors il devient possible de croiser les informations pour tenter de déceler une part plus ou moins grande de la causalité écologique ou biogéographique des acrido-régions. Cette démarche nous amène à souligner que nous ne disposons pas de données suffisamment homogènes, consistantes et cohérentes pour aller plus loin dans la construction d'un SIG performant mais cette voie d'investigation nous espérons pouvoir l'approfondir dans les années à venir, persuadé que ce qui est utile à la compréhension de l'écologie du Criquet pèlerin, l'est tout autant pour l'agriculture ou l'élevage dans notre pays. Il faudra se donner les moyens d'aller plus loin mais nous pouvons désormais le faire en connaissance de cause et dégager prioritairement les points de blocage qui ont été détectés.

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte :

- augmenter le nombre de stations météorologiques, dans les sites les plus sensibles ;
- procéder à une nouvelle typologie des quarts de degré carré sur la base d'analyses factorielles des correspondances et de classifications ascendantes hiérarchiques afin de préciser les limites et les caractéristiques acridiennes des éco-régions ;
- évaluer l'impact exact de la dérive climatique des dernières années sur les caractéristiques géomorphologiques et le tapis végétal (structure et composition floristique) des principaux biotopes acridiens, en utilisant comme référence les cartes IGN des années 1960 pour les comparer aux images satellitaires récentes.

La dynamique des populations acridiennes est la résultante de l'action des conditions dynamiques (entre autres, météorologiques) sur les structures statiques des environnements

acridiens. La lutte préventive repose sur une connaissance aussi exacte que possible, quantitative (effectifs acridiens et surfaces plus ou moins favorables disponibles) et qualitative (phase et phénologie) des populations acridiennes.

Il faut évaluer les facteurs de natalité, de mortalité et de déplacement pour gérer les populations et pour cela les ressources en eau (à la méso-échelle, niveau régional) et au niveau local (biotope) sont discriminantes. On comprend dès lors l'importance de la télédétection :

- pour évaluer les apports hydriques (zones où il a plu) de façon synoptique et pour suivre les effets de ces apports hydriques, en particulier sur l'activité du tapis végétal. Pour cela, de gros espoirs reposent encore sur les capteurs à basse résolution et à courte périodicité, en particulier dans les "radars" sensés pouvoir évaluer les variations de la température du sol : conséquence immédiate de l'évaporation due abondante humidité édaphique de surface mais la méthode reste à mettre au point ;
- pour délimiter et évaluer l'impact des conditions météorologiques sur des structures mésologiques préalablement identifiées et caractérisées quant à leur potentiel acridien. pour cela le recours à des images issues de capteurs à haute définition à des moments critiques (les saisons les plus favorables au cours des années disponibles). Dans le cas présent il est évident que les images du dernier trimestre l'année 2003 pourraient constituer une référence pour évaluer le potentiel écologique des biotopes acridiens de nombreuses écorégions de Mauritanie.

Une stratégie d'investigation moderne à mettre au point les tentatives faites en ce domaines n'ayant pu être menées à termes pour diverses raisons (principalement, la qualité des images disponibles n'était pas adaptée à l'objet d'étude). Les travaux engagés ont néanmoins permis de souligner l'importance de disposer données indépendantes, comparables à la même échelle d'investigation or les investigations ont été menées à différentes échelles s'emboîtant progressivement :

Les niveaux d'intégration impliquent un "*emboîtement des échelles*" :

- | | | |
|---|-------------------------------|-------------------------|
| • Biotope élémentaire | /association végétale | /unité morphopédo |
| • Station-biotope complexe | /synassociation végétale | /toposéquence |
| • Unité de paysage | /itération des synassociation | /unité géomorphologique |
| • Région naturelle | | |
| | Acridorégions fonctionnelles | |
| • Domaine climatique ou bioclimatique.... | | |
| • (Pays) | | |
| • Macro-région occidentale, centrale, orientale | | |
| • Aire de dispersion de l'espèce <i>Schistocerca gregaria</i> | | |

La clé du problème se situe au niveau des biotopes complexes ou "stations" regroupant un ou plusieurs biotopes "élémentaire" et constituant les unités écologiques fonctionnelles. Il s'agit en effet d'apprécier quelles sont les surfaces en jeu et quel est le potentiel bioécologique maximal de chaque type de station :

- **pour la survie** du Criquet pèlerin : la qualité de l'abri et de la nourriture,
- **pour la reproduction** : la nature et l'humidité du sol (possibilité de ponte), la qualité de l'abri et de la nourriture pour une durée minimale assurant un développement larvaire,
- **pour la grégarisation** : la nature et l'humidité du sol, la qualité de l'abri et de la nourriture pour la durée d'un développement larvaire et le potentiel de densation (hétérogénéité structurale, dessèchement différentiel, etc.).

Il faut ensuite prendre en compte :

- de la disponibilité des populations, leur état phasaire d'origine, leurs effectifs, etc.
- de l'accessibilité (saisonnaire et effective) des biotopes au moment où les insectes sont disponibles.

Dès lors que ces informations sont disponibles il devient possible d'accéder aux densités l'unique facteur-clé de la transformation phasaire.

L'inventaire descriptif, causal et hiérarchisé des biotopes du Criquet pèlerin en Mauritanie a été amorcé. Les investigations sont à poursuivre afin de répertorier les types de biotopes en fonction des écorégions et en évaluer le potentiel écologique en matière de survie, de reproduction et de grégarisation. C'est un travail indispensable qu'il reste à amplifier et à préciser.

3.2. Le Criquet pèlerin en Mauritanie

Les connaissances relatives à la biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie ont été significativement accrues par l'analyse scientifique des données collectées par les prospecteurs au fil des ans. Ces résultats permettent de rationaliser la surveillance et la lutte préventive, ils ont également des implications économiques mais aussi géopolitiques car la Mauritanie doit être repositionnée dans le contexte macro-régional où elle détient un rôle-clé pour la gestion des populations du Criquet pèlerin en Afrique de l'Ouest.

3.2.1. Statut acridien de la Mauritanie

Le chronogramme des événements acridiens enregistrés durant la période 1962-2007, confirme la très grande vulnérabilité de la Mauritanie au risque acridien. On enregistre un nombre élevé de résurgences, de recrudescences, d'invasions dans ce pays (21 événements en 45 ans) soit, en moyenne, un événement tous les deux ans.

Cette vulnérabilité est également avérée, par les résultats de l'analyse détaillée des données soigneusement accumulées au cours des vingt dernières années. Ces analyses confèrent à la Mauritanie un statut confirmé d'habitat permanent du Criquet, "confirmé" au lieu de "réputé" (Ghaout 1993) du fait qu'il n'y a pas eu une seule sans présence d'un nombre minimal d'individus, fussent de solitaire qui ne soit observée dans le territoire. La possibilité de "fonctionner" et de déclencher des résurgences locales, moyennes ou grandes à partir des populations autochtones solitaires a été mise en évidence à plusieurs reprises. La possibilité de voire se déclencher et se développer des résurgences locales moyennes à fortes à partir des populations autochtones solitaires a été démontrée en 2003-04.

Des conditions écométéorologiques plus ou moins favorables selon les saisons et les régions offrent la possibilité d'une succession permanente des reproductions avec des fluctuations d'effectifs et de densités tout au long des années.

Des zones confirmées de haute fréquence significatives de solitaires et de *transiens* dont les limites temporelles et spatiales ont été circonscrites avec une bonne précision. Ces zones peuvent être considérées comme englobant les principaux foyers de transformation phasaire initiale du Criquet pèlerin en Mauritanie.

De nouvelles zones de reproduction de grégaires, non connues par le passé, ont été mises en évidence, en particulier aux abords d'El Hank. Les limites d'autres zones de reproduction des *transiens* ont été précisées, certaines plus ou moins soupçonnées ont été confirmées.

Sept zones écologiquement complémentaires dans le temps et dans l'espace (les acrido-régions) qui peuvent être exploitées en alternance tout au long de l'année par des populations phasairement distinctes du Criquet pèlerin ont été mises en évidence et délimitées.

Des interdépendances fortes vérifiées entre le pays et ses voisins proches dans la sous-région occidentale (niveau intra-régional) mais aussi avec la sous-région adjacente (relation inter-régionale avec la région centrale (mer Rouge) clairement démontrée en 1993), **font de la Mauritanie un pays clé dans la stratégie régionale globale de la lutte anti-acridienne.** Les 3 derniers événements (1986-88, 1993-95, 2003-05) ont apporté différents enseignements complémentaires qui confirment et précisent ces inter-dépendances tant intra-régionales qu'inter-régionales.

Ces connaissances nouvelles obtenues à partir de l'analyse cartographique (fréquences temporo-spatiales), clarifient les dynamiques saisonnières et spatiales apportent les enseignements suivants :

- les schémas de la dynamique saisonnière et spatiale locale du fléau acridien en fonction des phases ou de la situation acridienne globale : rémission, résurgence, recrudescences, déclin, sont affinés.
- des éléments nouveaux sont disponibles pour faire des prévisions saisonnières concernant la dynamique des populations acridiennes dans le pays.
- des bases fiables sont disponibles pour une meilleure planification du calendrier saisonnier de prospection et le déploiement des dispositifs anti-acridiens.
- ces informations constituent une aide pratique à la décision et aux tactiques d'intervention de lutte et de logistique dans l'ensemble du pays par l'amélioration et la rationalisation des stratégies de surveillance et de lutte.

Enfin, toutes ces nouvelles facilités induisent des réductions de coûts lors de la mise en œuvre des plans de surveillance et des opérations de terrain en ajustant les moyens à la prévision des risques encourus et ceci en fonction d'une meilleure connaissance des cycles saisonniers régionaux. L'économie peut atteindre 50 % des coûts appliqués actuellement au niveau national.

3.2.1.1. Statut acridien de la Mauritanie à l'échelle régionale

La Mauritanie est aussi, naturellement, envahie depuis l'extérieur. Ces invasions proviennent très souvent, de l'Est, soit des pays sahéliens de la ligne de front (par exemple en 1987), soit des pays du pourtour de la mer rouge (comme en 1993).

Par contre, on voit que les événements acridiens enregistrés dans le pays aussi bien ceux, issus de sources locales que ceux d'origine externes, se déplacent vers les pays voisins du Nord ou du Sud, voire de l'Ouest (Cap-Vert, Canaries, Espagne) à des degrés variables et en fonction du niveau des reproductions mais aussi et surtout des capacités dont disposent la Mauritanie et ou celles apportées par la communauté internationale lors des périodes de crise au fil des années.

Ainsi, les années durant lesquelles, les ressources sont disponibles en Mauritanie pour mener des interventions, rapides, fortes et efficaces, les pays voisins vont moins souffrir du fléau

(exemple de 1993-94). Par contre, les années où les capacités sont moins importantes, c'est l'inverse qui se produit comme en 2003-2004.

Le Sénégal, le Maroc et le Cap-Vert, l'Espagne (Canaries) sont quasi-exclusivement dépendants de l'évolution des événements acridiens en Mauritanie. Pour le Cap-Vert, cette dépendance est soit directe, soit indirecte (via le Sénégal) tandis que les îles Canaries reçoivent eux aussi des essaims directement de la Mauritanie ou via le Maroc.

Le Mali et l'Algérie en dépendent à des niveaux différents mais globalement d'une façon moins importantes que les autres pays, le Mali plus que l'Algérie.

La position de la Mauritanie sur le plan acridien est donc stratégique pour les pays voisins du Nord, de l'Ouest (Espagne-Iles Canaries et Cap-Vert) et du Sud et du Sud-Est (Sénégal, Mali).

Le Maroc, le Sénégal, le Cap-Vert et les Canaries sont dépendants à 100 % des événements acridiens qui ont lieu en Mauritanie. L'Algérie et le Mali sont moins dépendants mais le restent quand même vulnérables en fonction de l'importance des événements. Pour l'Algérie : en cas de montée des essaims vers le Nord et pour le Mali : en cas de retour du Nord et en cas de reproduction estivale importante.

Naturellement tous ces pays, renvoient également populations acridiennes non maîtrisées dans leurs territoires à la Mauritanie, soit directement, pour le Sénégal, le Maroc, le Mali, soit indirectement comme l'Algérie via le Mali (2004). Le Mali, en plus est la principale source d'invasion ou de transit (Sahel-pourtour de la mer Rouge) d'invasion pour la Mauritanie.

Ainsi, la Mauritanie constitue-t-elle une plaque tournante à l'extrémité occidentale de l'Afrique de l'Ouest, son importance bio-éco-géographique est indéniable son importance stratégique dans la gestion des populations acridienne l'est tout autant : amplifiant et redistribuant les effectifs en cas de moyens insuffisant ou, tout au contraire, cassant les dynamiques de pullulation lorsqu'elle dispose de moyens adéquats d'intervention.

3.2.1.2. Implications et perspectives institutionnelles et organisationnelles

La situation de la Mauritanie à l'échelle régionale lui confère un statut acridien régional qui lui impose rationnellement l'absolue nécessité de disposer de moyens lui permettant d'assumer son rôle de rempart régional. Pour cela, il lui faut mettre en place et maintenir un renforcement durable du potentiel d'intervention sous forme d'un mécanisme de coordination activable dès que le besoin se fait sentir. Ce mécanisme ne peut se mettre en place qu'en concertation et coopération avec les pays les plus proches et les plus interdépendants sur le plan du fléau acridien. Ce sous-mécanisme aura pour objectifs de renforcer les capacités de l'organisation et la mise en œuvre des interventions précoces communes sur les lieux où se déclarent les premières recrudescences ou invasions.

Ce mécanisme opérationnel d'intervention adapté au sein de ce carrefour de la région occidentale doit venir en renforcement de la structure régionale existante (CLCPRO) et le programme EMPRES. Ce Programme devrait continuer vu l'écart entre les capacités des pays du Nord et ceux du Sud malgré la qualité du problème commun et de ses solutions qui sont moins coûteuses dans le Sud que dans le Nord (1 ha traité au Sahel équivaut à 2 ou 3 au Maghreb, communication personnelle du Ministre Algérien de l'Agriculture en 2005)

L'architecture de ce mécanisme inter-états pourrait être pensée, plus en profondeur, dans le futur, en tenant compte des expériences vécues, ça et là. Mais en attendant, on peut penser, à priori, à une composition constituée des dispositifs intégrés autonomes et compétents d'équipes terrestres, aériennes et de suivi et de sauvegarde environnementale, issus de chacun des pays voisins à la Mauritanie et qui soient prêts à intervenir, dès la demande de celle-ci, en fonction du niveau des recrudescences ou invasions. La gestion de ces dispositifs serait placée sous une coordination gérée, d'une façon efficace, par le pays hôte mais ouverte aux pays, eux-mêmes, à la CLCPRO et la FAO.

Ce mécanisme doit, pour être efficace, rester, naturellement, flexible et par conséquent déplaçable là où il y a urgence ou nécessité, par exemple, au Mali si ce dernier pays, reçoit les premières recrudescences ou invasions, ou au Sénégal si la pression y est plus importante qu'ailleurs et pourquoi pas les pays maghrébins du Nord si besoin est et si les conditions le permettent.

Cet exemple de sous-mécanisme organisationnel pourrait être, facilement, copié pour d'autres pays, de la région et pour ceux des autres régions, sous réserve que les conditions politiques soient favorables bien sûr. Par exemple, au Sahel, le Niger va être assisté par les dispositifs Algérie-Mali, le Tchad par la Libye et le Niger, le Soudan par l'Égypte et l'Arabie Saoudite, la Libye et le Tchad. L'Erytrée par le Soudan et l'Éthiopie et ainsi de suite.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La connaissance détaillée de la biogéographie du Criquet pèlerin est importante dans l'amélioration de la conception et la mise en œuvre des stratégies de surveillance et de lutte au niveau des pays et plus particulièrement ceux de la ligne de front. Ceux-ci doivent par conséquent en faire la première priorité de leurs structures chargées de la lutte antiacridienne. C'est dans ce contexte que ce travail a été déclenché et réalisé en Mauritanie durant plusieurs années.

Au cours de ce travail nous avons essayé de dégager les principales caractéristiques acridiennes du pays et de ses différentes régions ainsi que la dynamique spatio-temporelle du fléau, sur des pas de temps trimestriels et événementiels (rémission, résurgence, recrudescence, invasion et déclin) durant le dernier quart du siècle de même que la dynamique climatique et écologique qui a prévalu dans ce pays.

En utilisant les archives acridiennes mauritaniennes contenues dans la base de données RAMSES dont il faut souligner que la richesse est telle, que seule une fraction de l'information a été exploitée et validée malgré le fait que trop peu d'attention est porté aux solitario-*transiens*, stade phasaire capital pour la localisation des foyers de grégarisation : là où s'amorce la transformation phasaire de grégarisation. La localisation de ces foyers revêt, en effet, une grande importance stratégique car une analyse fréquentielle temporo-spatiale conduirait à une typologie probabiliste susceptible d'orienter géographiquement les prospections en fonction des saisons lorsque les effectifs acridiens laissent craindre des regroupements ou des pullulations grégariques.

Toutefois, bien que perfectible, RAMSES reste un outil puissant d'analyse et de synthèse de l'information acridienne en temps réel comme en temps différé. Une des conséquences les plus positives a été l'obligation de recourir à une fiche d'observation standardisée qui permet de disposer de données structurellement homogènes. Le second point fort est de disposer de bloc de données considérable, chrono- et géo-référencé autorisant de multiples investigations croisées, diachroniques ou synchroniques.

Ainsi et grâce au travail analytique sur les données historiques contenue dans la base de données Ramses, la connaissance de la biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie a été affinée et des connaissances nouvelles sur la dynamique spatiotemporelle sont apparues.

Il a été démontré que le Criquet pèlerin trouvait sur le territoire mauritanien des espaces complémentaires qu'il exploitait de façon préférentielle et circonstanciée en fonction de son état phasaire et de sa phénologie. Il a été précisé pour les différentes phases quelles étaient les aires de distribution et les barycentres des populations en fonction des saisons ce qui a conduit à distinguer 7 entités territoriales qui ont ainsi été mises en évidence et qualifiées d'acrido-régions ayant une valeur bioécologique mais aussi opérationnelle pour la conduite de la surveillance et de la lutte préventive. Quatre d'entre elles (2, 3, 4 et 5) revêtent une importance primordiale pour la compréhension des phénomènes de transformation phasaire primaire car il est montré que ces événements ne sont pas homogènement répartis mais se rassemblent sur des territoires restreints et qui plus est à des saisons particulières.

La Mauritanie constitue-t-elle une plaque tournante à l'extrémité occidentale de l'Afrique de l'ouest, dont l'importance bio-éco-géographique est indéniable, est une importance stratégique dans

la gestion des populations acridienne l'est tout autant : amplifiant et redistribuant les effectifs en cas de moyens insuffisant ou, tout au contraire, cassant les dynamiques de pullulation lorsqu'elle dispose de moyens adéquats d'intervention.

Des interdépendances fortes vérifiées entre le pays et ses voisins proches dans la sous-région occidentale (niveau intra-régional) mais aussi avec les la sous-région adjacente (relation inter-régionale avec la région centrale (mer Rouge) clairement démontrée en 1993 (Ould Babah *et al.* 2001), **font de la Mauritanie un pays clé dans la stratégie régionale globale de la lutte anti-acridienne.**

La synthèse des composantes mésologiques qui structurent l'espace acridien : géologie, géomorphologie, climat, végétation... et leur intégration dans une spatialisation géographique a conduit à distinguer 49 unités territoriales écologiquement homogènes et hiérarchisées.

On doit cependant regretter que les données météorologiques disponibles concernent essentiellement la partie méridionale du territoire mauritanien si bien qu'il reste difficile de cerner avec précision les caractéristiques des entités centrales et septentrionales. Les facilités offertes par les stations météorologiques semi-automatiques modernes sont à prendre en considération pour envisager des implantations ciblées qui permettraient de constituer les indispensables référentiels du futur car au delà des anti-acridiens d'autres praticiens sont également concernés.

Cependant, même à la méso-échelle des relations semblent se dégager entre les excédents pluviométriques saisonniers et le déclenchement des recrudescences.

En effet, une nette tendance se dégage des observations disponibles : les excédents pluviométriques sont favorables aux pullulations et à la grégarisation du Criquet pèlerin. Même géographiquement limités ils peuvent influencer sur la dynamique générale des populations et ils sont d'autant plus redoutables qu'ils concernent plusieurs reproductions successives. Il est regrettable que nous ne disposions pas de suffisamment de répétitions pour confirmer ou infirmer statistiquement ces observations mais on peut mentionner que la sagesse populaire associe les bonnes années de récolte aux années pluvieuses et ...aux années à criquets !

Sur le plan pratique, ceci contribue à l'aide à la décision. En effet, dans la gestion des campagnes de lutte contre les recrudescences et invasions nous allons pouvoir mieux planifier nos opérations d'intervention et de logistique en renforçant la vigilance dès que des excédents pluviométriques seront détectés soit localement sur une ou plusieurs acrido-région soit sur l'ensemble du territoire. En fonction de la localisation et de la saison des excédents observés nous disposons donc d'une possibilité d'anticipation.

La spatialisation acridienne du territoire mauritanien étant acquise, même si elle reste perfectible, la question qui s'est imposée était de comprendre pour quelles raisons la répartition de certains événements acridiens était à ce point hétérogène, pourquoi certains quarts de degré carré présentaient une fréquence élevée de signalisations de reproduction ou de grégarisation alors que d'autres étaient délaissés sans que l'on puisse mettre en cause la pression d'échantillonnage. Deux quarts de degré carré des deux acrido-régions voisines (2 & 3) ont été choisis pour mener une étude causale de cette disparité. L'un est un espace de haute fréquence de reproduction l'autre un espace de très faible fréquence. Les deux sont très voisins puisque opposés par leur angle commun. Cette disparité a-t-elle pour cause une différence de structure écologique (géologique, géomorphologique, botanique, etc.), une particularité aérologique accroissant ou réduisant l'accessibilité des acridiens, des conditions micro-climatiques...

Pour répondre à ces interrogations, il a fallu faire de façon relativement innovatrice appel à plusieurs disciplines (acridologie, géomorphologie, cartographie, botanique et météorologie et un peu la télédétection). Ce qui a permis de dégager les aspects suivants :

- la caractérisation du paysage de la zone de 6 quarts de degré carré inclus les 2 de la zone de haute et de basse fréquence a permis de distinguer 14 classes geomorphologiques ;
- sur ces 14 classes, 6 classes (0, 2, 4, 5, 8 et 11) couvrent la zone de haute fréquence contre 4 en zone de basse fréquence (1, 3, 9 et 10) et le reste dans les 4 quarts de degré carré de la zone d'étude ;
- la classe 8 abrite le niveau le plus élevé des occurrences acridiennes aussi bien pour les larves solitaires que *transiens* mais aussi pour les ailés solitaires ;
- la « fréquentation » de la zone de haute fréquence par les différents stades du Criquet pèlerin (larve et ailé) est beaucoup plus importante que dans la zone de basse fréquence ;
- ainsi, les classes de la zone de haute fréquence sont sans aucun doute les plus favorables à la présence de *Schistocerca gregaria*, puisqu'elles regroupent 91,5 % de l'ensemble des individus, du stade larvaire au stade ailé, recensés dans les deux zones de haute et basse fréquence ;
- ce qui fait que la zone de haute fréquence continue à se confirmer par la différence plus grande de diversité par rapport à la zone de basse fréquence au niveau du spectre des classes de leur nombre, des substrats, maille du réseau dunaire, de la taille des biotopes acridiens, de la complexité de leurs structures la relation hautement fréquentielle des certaine de ces classe avec les criquets.

L'analyse statistique des 138 relevés phytosociologiques réalisés démontre que :

- les groupements de la zone d'étude sont des groupements de type tropical pré-saharien ;
- L'aridification de la région est flagrante et le tapis végétal doit s'adapter à ce contexte de désertification ;
- La gamme des biotopes est assez restreinte ;
- dans chaque cas, il existe une notable variabilité en fonction des particularités du substrat (plus ou moins hétérogène) et de la redistribution des apports en eau ;
- les sables vifs y sont dominants et écologiquement omniprésents, quasiment tous les biotopes présentent un taux d'ensablement notoire et tous les groupements attestent une tendance psammophile plus ou moins marquée.

À titre comparatif, la principale différence qui distingue les deux zones est une plus grande et plus riche biodiversité de la zone de haute fréquence.

En effet, si le nombre de familles est semblable dans les deux zones de basse et de haute fréquence l'éco-diversité (gamme de biotopes) comme la phyto-diversité (nombre d'espèces végétales) sont plus importantes dans la zone haute fréquence que dans la zone de basse fréquence.

Les différences floristiques ont été également étudiées et confirmées sur plan distribution et taille des deux touffes des espèces herbeuses pérennes de *Panicum turgidum* et *Stipagrostis*

pungens au niveau des deux zones de haute fréquence et basse fréquence (Ould Babah & Sword 2004).

Leurs résultats ont en effet montré qu'il existe des différences significatives quant à l'abondance et la taille des touffes des deux espèces entre les zones de haute et de basse fréquence de grégarisation. Les abondances des touffes par transect sont significativement supérieures dans la zone de haute fréquence pour *P. turgidum*, et pour les deux espèces considérées comme unique ressource. En termes de taille, les touffes de *S. pungens*, sont significativement plus larges en diamètre et les touffes de *P. turgidum* sont significativement plus hautes dans la zone de haute fréquence.

En conclusion, le potentiel végétal des biotopes acridien pour la survie, reproduction, grégarisation est plus important dans la zone de haute fréquence que la zone de basse fréquence.

Les données collectées par le réseau météorologique automatique multi-paramètres sur 2 ans, avec des enregistrements par heure, ont montré, malgré quelques défaillances, les principales tendances observées durant cette période.

Il ressort de ces résultats que des particularités météorologiques de chaque zone ont pu être mises en évidence malgré la proximité spatiale des stations. La zone de haute fréquence présente une originalité météorologique comparée à la zone de basse fréquence. Dans la zone de haute fréquence, la fréquence des pluies est plus importante et les vents sont moins violents. Par contre, dans la zone de basse fréquence, si les pluies sont plus abondantes, elles sont moins régulièrement réparties. Les conditions météorologiques dans la zone de haute fréquence qui sont caractérisées par des pluies régulières sont potentiellement plus favorables à la reproduction du Criquet pèlerin.

On a pu aussi ressortir, la similarité des conditions météorologiques particulièrement températures et pluviométrie des zones d'études avec des localités environnantes, ce qui suggère l'existence en Mauritanie d'autres zones à climat similaires.

La connaissance approfondie de ces différentes zones sur le plan climatique mais aussi acridien permettra de mieux cerner la problématique acridienne en ce qui concerne la prédiction des invasions et la détection précoce des gîtes de grégarisation du Criquet pèlerin en Mauritanie. Il faut toutefois rester prudent eu égard à la courte durée sur laquelle les données météorologiques ont été récoltées (2 ans).

Les 3 116 relevés acridiens effectués par les équipes du CLA et du CNLA durant les 20 dernières années, en prenant en compte les caractéristiques phénologiques et phasaires, continuent à confirmer que la « fréquentation » de la zone de haute fréquence par les différents stades du Criquet pèlerin est toujours beaucoup plus importante que dans la zone de basse fréquence.

Tous les stades et phases sont plus importants dans la zone de haute fréquence que la zone de basse fréquence à des proportions en moyenne de 10 fois plus.

Les ailés sont les plus fréquents dans les deux zones (zone de haute fréquence : 51,18 %, zone de basse fréquence : 4,95 %) que les larves (zone de haute fréquence : 40,35 %, zone de basse fréquence : 2,90 %).

Ce qui laisse confirmer que le potentiel de survie de reproduction et de grégarisation se confirme être plus important dans la zone de haute fréquence que dans la zone de basse fréquence.

Les principaux liens décelés entre ces différents paramètres montrent qu'ils sont significatifs avec les acridiens. Ainsi, tout se passe comme si à conditions météorologiques plus ou moins équivalentes le Criquet pèlerin avait plus de chances de trouver des conditions favorables à sa reproduction et éventuellement à la grégarisation dans la zone de haute fréquence où les structures paysagères sont plus diversifiées et plus contrastées et où la flore est plus riche et plus diversifiée.

Par contre, la relation entre la composition floristique des groupements et les classes géomorphologiques n'est pas évidente car, les échelles d'investigation sont différentes : la composition floristique, intègre non seulement la qualité du substrat mais aussi et surtout (à ces latitudes) la disponibilité en eau (apports directs météorologiques) et indirects par la redistribution locale des eaux de surface et de faible profondeur. Les classes géomorphologiques associent ainsi une palette de conditions hydriques et des contextes similaires peuvent se retrouver dans des classes différentes ce qui empêche d'établir des corrélations simples, *in fine*, il apparaît que la dimension à prendre en compte pour la description des biotopes élémentaires du Criquet pèlerin relève plus de la morphopédologie que de la morpho géologie qui correspond à un niveau supérieur d'intégration des conditions stationnelles.

La réalisation, de ces études dans ces deux zones de haute et basse fréquence a permis d'identifier la variabilité structurelle différentielle entre les zones pilotes et d'aider à mieux connaître et cibler, dans le temps, les zones à haut risque acridien dans le pays et par conséquent améliorer la planification et la mise en application de la stratégie de surveillance et de lutte préventive et en réduire les coûts récurrents.

Les résultats de ce travail ont également permis, de développer une méthodologie adaptée pour identifier et étudier d'autres zones similaires dans le pays et dans ceux de la région occidentale et dans l'ensemble de l'aire de distribution du Criquet pèlerin.

Enfin, toutes ces nouvelles facilités induisent des réductions de coûts lors de la mise en œuvre des plans de surveillance et des opérations de terrain en ajustant les moyens à la prévision des risques encourus et ceci en fonction d'une meilleure connaissance des cycles saisonniers régionaux. L'économie peut atteindre 50 % des coûts appliqués actuellement au niveau national.

Perspectives

Au vu de ce qui a été trouvé des travaux de recherche peuvent continuer à travers :

- Le croisement des informations pour tenter de déceler une part plus ou moins grande de la causalité écologique ou biogéographique des acrido-régions et la construction d'un SIG performant ;
- la mise à contribution de la télédétection dans l'évaluation des facteurs de natalité, de mortalité et de déplacement pour gérer les populations et pour lesquelles les ressources en eau (à la méso-échelle, niveau régional) et au niveau local (biotope) ;
- l'inventaire descriptif, causal et hiérarchisé des biotopes du Criquet pèlerin en Mauritanie a été amorcé. Les investigations sont à poursuivre afin de répertorier les types de biotopes en fonction des écorégions et en évaluer le potentiel écologique en matière de survie, de reproduction et de grégarisation. C'est un travail indispensable qu'il reste à amplifier et à préciser.

- l'augmentation du nombre de stations météorologiques, dans les sites les plus sensibles ;
- la réalisation d'une nouvelle typologie des quarts de degré carré sur la base d'analyses factorielles des correspondances et de classifications ascendantes hiérarchiques afin de préciser les limites et les caractéristiques acridiennes des éco-régions ;
- l'évaluation l'impact exact de la dérive climatique des dernières années sur les caractéristiques géomorphologiques et le tapis végétal (structure et composition floristique) des principaux biotopes acridiens. en utilisant comme référence les cartes IGN des années 1960 pour le comparer aux images satellitaires récentes.
- le développement des recherches plus poussées pour une identification et une cartographie de toutes les zones de haute fréquence et zones de basse fréquence en Mauritanie mais aussi dans les autres pays de la région et toute l'aire de distribution. Ce qui sera d'une grande utilité pour la lutte préventive du Criquet pèlerin dans ces pays ;
- l'engagement des travaux similaires sur les archives acridiennes des autres pays de la région occidentale comme ceux des autres régions de l'aire de distribution du Criquet pèlerin. Ce qui permettra d'améliorer les connaissances synoptiques du fléau et l'amélioration globale de sa lutte préventive et curative au bénéfice de tous ;
- l'exploitation des archives régionales non exploitées telle que celles de l'OCLALAV (1965-1987) encore sous forme de carnets de messages radio au Siège de Dakar. Compte-tenu de l'importante transformation des milieux sahélo-sahariens lors du dernier demi-siècle des comparaisons diachroniques seraient possibles.

Sur le plan des outils d'intervention, le mécanisme de coordination et d'intervention intra-regionale proposé et décrit dans la discussion devra être mis en place et maintenu avec un renforcement durable en concertation et coopération avec les pays les plus proches et les plus interdépendants sur le plan du fléau acridien sous l'égide de la CLCPRO et la FAO.

ANNEXE I : Fiche de prospection RAMSES standardisée.

INSTRUCTIONS POUR REMPLIR LE FORMULAIRE FAO DE PROSPECTION ET DE LUTTE CONTRE LE CRIQUET PELERIN	
1 POINT D'OBSERVATION	
1-1 date	écrire jour, mois, année de la prospection
1-2 localité	écrire nom local de l'endroit (? = nom inconnu)
1-3 latitude (N)	degrés, minutes, secondes Nord; utiliser un GPS
1-4 longitude (O ou E)	degrés, minutes, secondes Ouest ou Est; utiliser un GPS
2 ECOLOGIE	
2-1 superficie de prospection (ha)	superficie prospectée estimée en ha à ce point d'observation (ceci pourrait être basé sur l'estimation de surface de végétation verte à ce point)
2-2 habitat (oued, plaines, dunes, cultures)	décrire l'environnement de ce point d'observation (wadi, plaines, dunes, cultures)
2-3 date de la dernière pluie	jour, mois, année si la date exacte est connue; sinon, estimation (p.ex. 2 jours, 3 mois etc.) ou ? Si inconnu
2-4 quantité de pluie (mm, Faible, Modérée, Importante, ?)	nombre de millimètres si la quantité exacte est connue; sinon entourer F pour Faible (1-20mm), M pour Modérée (21-50mm) ou I pour Importante (50+mm), ou ? si inconnue
2-5 végétation (sèche, en pousse, verte, dessèchement)	noter si la végétation est globalement sèche , devenant verte (en pousse), déjà verte ou en dessèchement
2-6 densité de végétation (Faible, Moyenne, Dense)	estimer si la densité globale de la végétation est F pour Faible (plus de sol nu que de végétation), M pour Moyenne (même superficie de sol et de végétation), ou D pour dense (plus superficie en végétation que du sol nu)
2-7 humidité du sol (humide, sec)	entourer H pour humide si le sol est mouillé jusqu'à environ 10-15 cm; sinon entourer S pour sec
3 CRIQUETS PELERINS	
3-1 présence ou absence	entourer P s'il y a des criquets présents, quelque soit le stade ou A si aucun criquet n'a été vu ou n'est présent
3-2 superficie infestée (ha)	indiquer une estimation de la superficie infestée des criquets à ce point d'observation
4 LARVES	
4-1 stade larvaire ou jeune ailé (E123456J)	entourer (1,2,3,4,5) quels stades et jeunes ailés (J) sont présents ou E pour éclosion
4-2 apparence (solitaire, transiens, grégaire)	entourer S pour solitaire (couleur verte), T pour transiens (couleur verte/noire), G pour grégaires (couleur noire ou jaune/noire)
4-3 comportement (isolées, dispersées, groupes)	entourer I pour isolées (larves individuelles), D pour dispersées (plusieurs larves), G pour groupes (beaucoup de larves rassemblées)
4-4 densité larvaires (/site, /m2, Faible, Moyenne, Dense)	examiner au moins 10 échantillons de 1 m2 chacun ou 10 buissons et noter le nombre le plus faible et le nombre le plus élevé de larves comptées dans un échantillon, ou estimez F pour faible, M pour moyenne, D pour dense
5 BANDES	
5-1 stade de la bande (E123456J)	entourer quel stade de larves (1,2,3,4,5) et jeunes ailés (J) sont présents ou E pour éclosion
5-2 densité de la bande (/m2, Faible, Moyenne, Dense)	indiquer le nombre des larves présentes sur 1 m2 (p.ex. 30/m2) ou dans un buisson ou estimez F pour faible (plus de sol nu visible que de bande larvaires), M pour moyenne (même superficie de sol nu et de bande larvaire visible), D pour dense (plus de bande larvaire que du sol nu visible)
5-3 dimension de la bande (m2 ou ha)	indiquer les dimensions estimées en m2 ou indiquer la taille minimale et maximale
5-4 nombre de bandes	indiquer le nombre des bandes larvaires présentes au point d'observation
6 AILÉS	
6-1 maturité (immature, mature)	entourer I pour immature, M pour mature, ou les deux si présents
6-2 apparence (solitaire, transiens, grégaire)	entourer S pour solitaire (couleur brunâtre), T pour transiens (couleur brun-rosâtre ou brun-jaunâtre), G pour grégaires (couleur rose ou jaune)
6-3 comportement (isolés, dispersés, groupes)	entourer I pour isolés (adultes individuels), D pour dispersés (plusieurs adultes), G pour groupes (beaucoup d'adultes rassemblés)
6-4 densité d'adultes (/transect, /ha, Faible, Moyenne, Dense)	compter le nombre d'adultes sur un transect de 250-400 m de long (indiquer la longueur et le large du transect à pied); ou bien estimer le nombre d'adultes par ha (p.ex. 4/1000m2 ou 20/ha), ou estimez F pour faible, M pour moyenne, D pour dense
6-5 reproduction (accouplement, ponte)	entourer A si les adultes sont vus en accouplement ou P si les femelles sont en ponte
7 ESSAIM	
7-1 maturité (immature, mature)	entourer I pour immature, M pour mature, ou les deux si présents
7-2 densité de l'essaim (/m2 ou Faible, Moyenne, Dense)	noter le nombre d'adultes par buisson ou m2; ou noter F pour faible (plus de sol nu visible que d'essaim), M pour moyenne (même superficie de sol nu et d'essaim visible), D pour dense (plus d'essaim que du sol nu visible)
7-3 dimension de l'essaim (km2 ou ha)	indiquer les dimensions estimées de l'essaim en km2 ou ha
7-4 nombre d'essaims	indiquer le nombre d'essaims présents au point d'observation
7-5 reproduction (accouplement, ponte)	entourer A si les adultes sont vus en accouplement ou P si les femelles sont en ponte
7-6 en vol (direction, durée du passage)	si les essaims sont en vol, indiquer la direction D'OU et VERS OU ils volent, la durée (heures, minutes)
7-7 hauteur de vol (Bas Moyenne Haut)	mise pour passer au-dessus de vous indiquer la hauteur estimée de vol (en mètres au-dessus du sol) ou entourer B pour bas (moins de 100m), M pour moyenne (100-500m), H pour Haut (500+m)
8 LUTTE	
8-1 nom du pesticide & formulation	vous pouvez abréger, p.ex. MAL pour Malathion, FEN pour Fenitrothion, etc.; et indiquer la formulation (UBV, CE, poudre, appât)
8-2 volume d'application (l/ha ou kg/ha)	quantité de pesticide appliquée à l'hectare (en litres ou en kg)
8-3 quantité (l)	quantité totale de pesticide appliquée, en litres ou en kg
8-4 surface traitée (ha)	superficie totale traitée en hectares
8-5 terrestre ou aérien	entourer T s'il s'agit de traitement par voie terrestre ou A par voie aérienne
8-6 % estimé de mortalité	estimer le nombre de criquets tués sur 100. Examiner plusieurs échantillons de 1 m2
9 COMMENTAIRES	
	Indiquer toute information importante qui ne pourrait être écrite plus haut. P.ex. si un type de criquet est plus abondant qu'un autre (plus de transiens que de solitaires, plus de 5è stade larvaire que de 2è etc.); ou bien la présence de cultures; ou bien les conditions écologiques entre arrêts; ou bien si les criquets ont été vus par des nomades et n'ont pu être confirmés etc.

A-t-on utilisé un GPS pour déterminer les localités? oui non Une brève interprétation des résultats est-elle incluse? oui non

pays : _____ Prospecteur : _____ date : _____

autorisé par : _____ date : _____

ANNEXE II : Données climatiques des stations météorologiques de référence de Mauritanie.

AIOUN EL ATROUSS								9°36' W-16°42' N
Période d'observation : 1965-2005								
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (41 ans)	Tmax °C (41 ans)	Tmoy °C (20 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (18 ans)	ETP mm (18 ans)	Hmin % (41 ans)	Hmax % (31 ans)
Janvier	15,9	29,2	22,7	0	7	220	10	29
Février	18,6	32,3	25,5	0	8	228	10	25
Mars	21,6	35,4	28,6	0	9	269	11	22
Avril	25,4	38,8	31,7	2	8	250	12	21
Mai	28,7	41,2	34,8	3	8	237	14	25
Juin	29,6	41,4	35,3	14	7	213	19	41
Juillet	27,2	38,2	32,5	46	6	196	25	65
Août	25,7	36,0	30,5	86	6	173	28	78
Septembre	26,1	37,1	31,1	41	6	178	25	70
Octobre	25,7	37,7	31,6	13	7	214	16	41
Novembre	21,2	34,0	27,6	1	7	206	12	30
Décembre	17,1	29,8	23,2	1	6	199	11	31
Année	moyenne 24,2	moyenne 36,0	moyenne 29,6	total 207	moyenne 7	moyenne 215	moyenne 16	moyenne 40

AIOUN EL ATROUSS												9°36' W-16°42' N
Période d'observation : 41 ans (1965-2005)												
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	34	33	35	27	22	3	0	0	0	12	34	30
1 - 5 mm	3	4	0	5	14	17	0	1	1	10	1	4
6 - 10 mm	1	0	0	2	2	6	2	0	2	5	0	0
11 - 15 mm	0	0	0	1	0	0	1	0	4	0	1	0
16 - 25 mm	0	0	0	0	2	6	4	1	6	5	1	1
26 - 50 mm	0	0	0	0	1	1	1	4	17	4	0	0
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	1	17	15	7	3	0	0
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	1	10	8	1	0	0	0
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	4	7	2	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	2	5	1	0	0	0
(sans obs.)	3	4	6	4	0	0	0	0	0	2	4	6

ALEG					13°55' W-17°03' N			
Période d'observation : 1965-2005								
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (16 ans)	Tmax °C (16 ans)	Tmoy °C	P mm (37 ans)	ETPj mm (16 ans)	ETP mm (16 ans)	Hmin %	Hmax %
Janvier	15,4	30,8	23,5	2	7	209		
Février	16,8	33,7	25,5	2	7	199		
Mars	19,7	34,5	27,6	0	7	227		
Avril	22,0	37,7	30,2	0	7	224		
Mai	25,2	41,0	33,0	2	7	220		
Juin	24,2	40,3	32,5	7	7	199		
Juillet	23,6	37,9	31,1	45	6	173		
Août	24,4	37,1	30,6	75	6	163		
Septembre	24,8	37,2	30,8	64	6	174		
Octobre	24,6	38,2	31,4	14	6	198		
Novembre	20,5	35,1	27,9	1	6	181		
Décembre	16,6	30,8	24,0	1	6	174		
Année	moyenne 21,4	moyenne 36,2	moyenne 29,0	total 214	moyenne 6	moyenne 195		

ALEG 13°55' W-17°03' N Période d'observation : 37 ans (1969-2005)												
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	31	29	29	32	27	18	2	0	1	17	31	28
1 - 5 mm	0	1	3	2	7	7	1	0	0	5	1	2
6 - 10 mm	0	0	0	0	1	4	0	2	0	4	0	0
11 - 15 mm	1	2	0	0	1	2	6	2	1	1	0	1
16 - 25 mm	1	1	0	0	1	2	6	1	5	4	2	1
26 - 50 mm	1	1	0	0	0	3	10	7	8	2	0	0
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	1	4	10	8	1	0	0
76 -100 mm	0	0	0	0	0	0	4	8	10	0	0	0
101 -150 mm	0	0	0	0	0	0	4	4	2	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0
(sans obs.)	7	7	9	8	4	4	4	4	4	6	7	9

ATAR Période d'observation : 1965-2005								13°04' W, 20°31' N
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (31 ans)	Tmax °C (31 ans)	Tmoy °C	Pmm (37 ans)	ETPj mm (18 ans)	ETP mm (18 ans)	Hmin % (29 ans)	Hmax % (30 ans)
Janvier	13,8	27,5	20,2	1	5	169	19	48
Février	16,4	30,2	22,2	2	6	179	17	43
Mars	18,4	32,6	24,5	1	7	222	16	44
Avril	20,9	35,8	26,8	1	7	226	14	40
Mai	24,5	38,8	30,1	0	8	238	14	36
Juin	28,1	41,8	33,6	2	9	258	14	37
Juillet	28,4	41,9	34,3	8	8	250	18	49
Août	28,5	41,4	34,1	22	8	236	20	55
Septembre	27,7	40,3	32,8	25	8	225	19	52
Octobre	24,0	37,4	29,8	5	7	211	16	43
Novembre	19,3	32,6	25,2	1	6	173	19	45
Décembre	15,7	28,5	20,6	5	5	164	19	48
Année	moyenne 22,1	moyenne 35,7	moyenne 27,9	total 73	moyenne 7	moyenne 213	moyenne 17	moyenne 45

ATAR Période d'observation : 37 ans (1969-2005)												13°04' W-20°31' N
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	26	29	25	22	33	26	17	2	7	21	27	20
1 - 5 mm	5	2	5	6	3	6	5	8	4	5	5	4
6 - 10 mm	0	0	1	1	0	1	6	1	2	3	0	2
11 - 15 mm	1	0	1	0	0	0	0	5	2	2	0	0
16 - 25 mm	0	1	0	0	0	3	3	10	7	2	0	1
26 - 50 mm	0	1	0	0	0	0	5	5	8	2	1	1
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	1
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
(sans obs.)	8	7	8	11	4	4	4	4	4	5	7	10

BIR MOGHREIN								11°37' W-25°14' N	
Période d'observation : 1965-2005									
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles								
	Tmin °C (33 ans)	Tmax °C (33 ans)	Tmoy °C (22 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (16 ans)	ETP mm (16 ans)	Hmin % (36 ans)	Hmax % (19 ans)	
Janvier	10,4	22,7	17,0	2	4	119	11	78	
Février	12,0	25,3	18,7	2	5	136	11	73	
Mars	13,8	27,9	20,7	1	6	173	12	76	
Avril	14,6	29,5	21,6	1	6	175	14	76	
Mai	16,1	32,3	23,9	0	6	191	15	76	
Juin	18,6	35,6	26,9	0	7	201	17	74	
Juillet	22,6	40,4	30,8	2	8	245	19	65	
Août	23,7	40,6	31,6	9	8	255	20	65	
Septembre	22,4	37,1	28,9	11	7	204	20	69	
Octobre	19,2	32,2	25,1	5	5	168	17	72	
Novembre	15,0	27,0	21,0	2	4	130	14	77	
Décembre	10,9	22,8	16,7	4	4	112	11	74	
Année	moyenne 17,0	moyenne 31,6	moyenne 23,6	total 40	moyenne 6	moyenne 176	moyenne 15	moyenne 71	

BIR MOGHREIN												11°37' W-25°14' N	
Période d'observation : 41 ans (1965-2005)													
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations												
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	
0 mm	29	25	32	34	39	36	29	19	16	29	30	27	
1 - 5 mm	5	7	2	1	2	4	7	10	11	5	5	4	
6 - 10 mm	2	5	1	1	0	1	2	4	2	1	1	1	
11 - 15 mm	1	0	1	0	0	0	1	3	1	0	0	1	
16 - 25 mm	1	1	0	0	0	0	2	2	5	0	1	1	
26 - 50 mm	0	0	0	1	0	0	0	1	4	3	1	1	
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
(sans obs.)	3	3	4	5	0	0	0	0	0	2	3	5	

KAEDI								13°30' W-16°09' N
Période d'observation : 1965-2005								
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (41 ans)	Tmax °C (41 ans)	Tmoy °C (28 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (16 ans)	ETP mm (16 ans)	Hmin % (40 ans)	Hmax % (19 ans)
Janvier	17,6	31,7	24,3	1	6	178	8	37
Février	19,8	34,8	27,1	2	7	184	10	31
Mars	22,3	37,5	29,7	0	7	211	9	29
Avril	25,0	40,3	32,3	0	7	203	10	33
Mai	27,3	42,0	34,4	1	6	195	14	39
Juin	27,2	40,6	33,7	17	6	170	19	57
Juillet	25,9	37,1	31,5	70	5	150	25	74
Août	25,5	35,3	29,8	94	4	138	29	83
Septembre	25,4	35,8	30,3	78	5	148	29	82
Octobre	25,3	38,1	31,5	15	6	175	20	65
Novembre	22,2	36,1	29,0	1	6	166	12	41
Décembre	18,8	32,5	25,2	2	5	163	9	36
Année	moyenne 23,5	moyenne 36,8	moyenne 29,9	total 280	moyenne 6	moyenne 173	moyenne 17	moyenne 51

KAEDI												13°30' W-16°09' N
Période d'observation : 1965-2005												
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	32	31	36	37	37	11	0	0	0	13	33	29
1 - 5 mm	2	3	0	0	3	5	2	0	0	6	1	3
6 - 10 mm	1	0	0	0	0	7	2	0	1	3	0	0
11 - 15 mm	0	1	0	0	0	3	2	1	1	6	2	0
16 - 25 mm	1	0	0	0	1	4	3	0	4	3	0	1
26 - 50 mm	0	1	0	0	0	5	7	5	9	6	0	1
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	4	9	10	6	0	0	0
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	1	8	8	8	2	0	0
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	3	12	8	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	5	5	4	0	0	0
(sans obs.)	5	5	5	4	0	1	0	0	0	2	5	7

KIFFA								11°24' W-16°38' N
Période d'observation : 1965-2005								
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (41 ans)	Tmax °C (41 ans)	Tmoy °C (20 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (17 ans)	ETP mm (17 ans)	Hmin % (41 ans)	Hmax % (34 ans)
Janvier	15,1	30,5	22,8	1	6	174	7	35
Février	17,4	33,9	25,4	1	6	177	7	32
Mars	20,5	37,1	28,6	0	7	211	8	29
Avril	24,3	40,5	31,8	0	7	201	9	26
Mai	28,1	42,6	34,8	2	6	194	11	29
Juin	29,5	42,1	35,3	19	6	183	16	45
Juillet	27,6	38,6	32,8	53	6	167	22	66
Août	26,2	36,3	31,0	102	5	153	27	79
Septembre	26,0	37,6	31,3	73	5	158	25	77
Octobre	24,6	38,9	31,2	17	6	186	16	52
Novembre	20,0	35,6	27,5	1	6	169	10	38
Décembre	16,2	31,1	23,4	1	5	162	8	36
Année	moyenne 23,0	moyenne 37,1	moyenne 29,7	total 269	moyenne 6	moyenne 178	moyenne 14	moyenne 45

KIFFA												11°24' W-16°38' N
Période d'observation : 41 ans (1965-2005)												
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	32	30	31	30	29	6	1	0	0	15	30	29
1 - 5 mm	2	2	1	3	8	7	1	0	0	8	3	1
6 - 10 mm	0	1	1	0	3	8	1	0	0	3	0	1
11 - 15 mm	1	1	0	0	0	4	5	1	3	2	0	0
16 - 25 mm	0	0	0	0	1	5	5	0	3	3	0	1
26 - 50 mm	0	0	0	0	0	5	8	4	10	4	1	0
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	6	10	8	13	3	0	0
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	0	6	10	5	0	0	0
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	3	13	4	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1	0	0
(sans obs.)	6	7	8	8	0	0	0	0	0	2	7	9

NEMA								7°16' W-16°36' N
Période d'observation : 1965-2005								
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (39 ans)	Tmax °C (39 ans)	Tmoy °C (20 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (19 ans)	ETP mm (19 ans)	Hmin % (40 ans)	Hmax % (40 ans)
Janvier	18,3	30,5	24,2	1	8	255	6	30
Février	21,1	34,0	27,0	0	9	259	6	25
Mars	24,1	37,0	30,1	0	10	295	7	24
Avril	27,8	40,3	33,2	3	9	277	8	24
Mai	30,6	42,5	35,9	3	8	247	12	31
Juin	30,4	42,3	35,7	16	7	207	17	48
Juillet	27,7	38,8	32,7	57	6	185	23	69
Août	26,3	37,2	31,0	88	5	167	25	78
Septembre	27,0	38,7	32,0	46	6	183	22	69
Octobre	27,6	39,2	32,8	9	7	232	13	40
Novembre	23,6	35,6	29,1	1	8	242	8	29
Décembre	19,4	31,2	24,8	1	8	233	7	32
Année	moyenne 25,3	moyenne 37,2	moyenne 30,7	total 225	moyenne 8	moyenne 232	moyenne 13	moyenne 41

NEMA												7°16' W-16°36' N
Période d'observation : 41 ans (1965-2005)												
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	32	32	32	27	23	1	1	0	0	22	32	28
1 - 5 mm	2	1	1	2	11	10	0	0	3	4	0	2
6 - 10 mm	0	0	0	2	3	9	0	0	5	4	1	1
11 - 15 mm	0	1	0	0	2	5	1	1	2	2	1	0
16 - 25 mm	0	0	0	2	1	8	3	3	2	4	0	1
26 - 50 mm	1	0	0	1	1	6	15	8	14	1	0	0
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	1	10	7	10	1	0	0
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	1	6	9	2	1	0	0
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	5	8	1	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0
(sans obs.)	6	7	8	7	0	0	0	0	0	2	7	9

NOUADHIBOU Période d'observation : 1965-2005								17°02' W-20°56' N
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (41 ans)	Tmax °C (41 ans)	Tmoy °C (40 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (16 ans)	ETP mm (16 ans)	Hmin % (41 ans)	Hmax % (38 ans)
Janvier	14,0	24,7	18,5	4	5	146	16	84
Février	14,1	25,9	19,2	2	5	151	17	87
Mars	15,3	26,7	19,7	1	6	183	18	90
Avril	15,5	26,5	19,7	0	6	166	19	92
Mai	16,4	27,0	20,3	0	5	159	19	91
Juin	17,9	28,4	21,6	0	5	150	21	91
Juillet	19,1	27,6	22,2	1	4	128	23	93
Août	20,1	28,9	23,4	2	4	139	24	92
Septembre	20,5	30,9	24,1	4	5	160	24	89
Octobre	19,1	30,3	23,2	3	6	173	22	90
Novembre	17,2	27,9	21,3	1	5	147	20	88
Décembre	14,9	25,4	19,3	1	5	143	16	85
Année	moyenne 17,1	moyenne 27,5	moyenne 21,0	total 19	moyenne 5	moyenne 154	moyenne 20	moyenne 89

NOUADHIBOU Période d'observation : 41 ans (1965-2005)												17°02' W-20°56' N
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	27	30	29	29	38	40	34	27	23	30	28	27
1 - 5 mm	4	1	1	5	3	1	4	8	8	6	4	3
6 - 10 mm	2	1	2	0	0	0	2	3	4	1	0	1
11 - 15 mm	1	1	1	0	0	0	0	1	4	1	1	1
16 - 25 mm	2	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0
26 - 50 mm	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
51 - 75 mm	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76 -100 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
101 -150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(sans obs.)	5	7	8	7	0	0	1	0	0	2	7	9

NOUAKCHOTT Période d'observation : 1965-2005								
15°57' W-18°06' N								
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (41 ans)	Tmax °C (41 ans)	Tmoy °C (23 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (18 ans)	ETP mm (18 ans)	Hmin % (41 ans)	Hmax % (41 ans)
Janvier	14,2	29,1	20,7	1	7	209	10	59
Février	15,7	31,1	22,4	3	7	208	11	65
Mars	17,2	32,6	23,7	2	8	234	13	74
Avril	18,2	33,2	24,0	0	7	214	16	83
Mai	20,0	34,2	25,2	0	7	212	18	83
Juin	22,0	34,4	26,6	1	6	177	22	85
Juillet	23,7	31,6	26,7	8	4	139	27	88
Août	25,0	32,8	28,0	35	5	149	29	89
Septembre	25,3	35,1	29,2	32	6	171	28	87
Octobre	22,9	36,6	28,4	5	7	207	21	81
Novembre	19,1	33,6	25,2	1	6	193	15	70
Décembre	15,6	30,0	22,1	4	6	190	11	61
Année	moyenne 19,9	moyenne 32,9	moyenne 25,2	total 91	moyenne 6	moyenne 192	moyenne 18	moyenne 77

NOUAKCHOTT Période d'observation : 41 ans (1965-2005)												
15°57' W-18°06' N												
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	29	27	28	32	40	36	19	2	4	29	26	24
1 - 5 mm	2	2	3	2	1	2	7	4	5	3	8	6
6 - 10 mm	1	2	2	1	0	1	5	5	5	2	1	1
11 - 15 mm	1	1	0	0	0	1	3	2	3	2	0	0
16 - 25 mm	0	1	0	0	0	1	3	7	5	1	0	0
26 - 50 mm	0	2	1	0	0	0	2	11	10	1	0	1
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	0	2	6	5	1	0	1
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(sans obs.)	8	6	7	6	0	0	0	0	0	2	6	8

ROSSO								15°49' W-16°30' N	
Période d'observation : 1965-2005									
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles								
	Tmin °C (39 ans)	Tmax °C (41 ans)	Tmoy °C (24 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (16 ans)	ETP mm (16 ans)	Hmin % (41 ans)	Hmax % (34 ans)	
Janvier	15,2	31,5	22,2	4	7	209	8	49	
Février	16,8	34,4	24,0	2	8	216	10	53	
Mars	18,1	36,7	26,0	0	8	254	11	61	
Avril	19,1	38,7	27,4	0	8	248	13	69	
Mai	20,8	40,5	29,0	0	8	239	16	71	
Juin	22,7	39,2	30,0	6	6	190	21	79	
Juillet	23,9	36,5	29,6	39	5	157	26	86	
Août	24,5	35,7	29,6	88	5	148	29	88	
Septembre	24,7	36,4	29,9	68	5	159	29	88	
Octobre	23,4	38,5	30,2	16	6	201	21	78	
Novembre	19,7	36,0	26,8	0	6	190	13	61	
Décembre	16,5	32,4	23,1	1	6	188	10	50	
Année	moyenne 20,5	moyenne 36,4	moyenne 27,3	total 225	moyenne 7	moyenne 200	moyenne 17	moyenne 70	

ROSSO												15°49' W-16°30' N	
Période d'observation : 41 ans (1965-2005)													
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations												
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	
0 mm	24	26	29	31	37	22	3	0	0	17	33	27	
1 - 5 mm	8	2	3	3	4	6	3	1	2	6	0	3	
6 - 10 mm	0	3	1	0	0	2	3	1	1	5	0	0	
11 - 15 mm	1	2	0	0	0	3	1	0	1	3	1	2	
16 - 25 mm	1	1	0	0	0	5	6	2	5	2	0	0	
26 - 50 mm	0	0	0	0	0	3	15	4	9	2	0	0	
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	0	4	8	9	0	0	0	
76 - 100 mm	1	0	0	0	0	0	4	10	6	2	0	0	
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	2	11	5	2	0	0	
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	
(sans obs.)	6	7	8	7	0	0	0	0	0	2	7	9	

TIDJIKJA								11°26' W-18°34' N	
Période d'observation : 1965-2005									
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles								
	Tmin °C	Tmax °C	Tmoy °C	P mm (37 ans)	ETPj mm (19 ans)	ETP mm (19 ans)	Hmin %	Hmax %	
Janvier	13,5	27,0	20,6	3	6	174	5	41	
Février	15,7	30,1	23,0	2	7	182	5	39	
Mars	18,4	32,9	25,6	0	7	218	6	35	
Avril	21,6	36,3	28,5	0	6,9	206	7	29	
Mai	25,2	39,3	31,8	1	7	215	10	26	
Juin	28,1	40,9	34,3	7	7	207	14	33	
Juillet	27,1	39,0	33,1	19	6	183	19	55	
Août	26,5	38,0	32,0	38	6	180	16	67	
Septembre	26,2	38,1	31,7	21	6	185	12	60	
Octobre	23,7	36,7	30,0	5	6	199	6	40	
Novembre	18,8	32,2	25,4	1	6	174	5	39	
Décembre	14,6	27,7	21,1	2	5	164	6	39	
Année	moyenne 21,6	moyenne 34,9	moyenne 28,1	total 100	moyenne 6	moyenne 190	moyenne 9	moyenne 42	

TIDJIKJA												11°26' W-18°34' N	
Période d'observation : 37 ans (1969-2005)													
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations												
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	
0 mm	23	23	26	24	27	18	8	0	4	22	23	24	
1 - 5 mm	3	5	3	4	7	8	7	2	8	4	4	2	
6 - 10 mm	3	1	0	1	0	4	2	5	7	2	2	1	
11 - 15 mm	1	0	0	0	2	1	7	0	5	3	1	0	
16 - 25 mm	0	0	0	0	1	2	3	5	3	2	0	0	
26 - 50 mm	1	1	0	0	0	3	5	15	7	1	0	1	
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	0	4	8	1	1	0	0	
76 - 100 mm	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	
101 - 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
(sans obs.)	6	7	8	8	0	0	0	0	0	2	7	9	

ZOUÉRATE								12°42' W-22°41' N
Période d'observation : 1965-2005								
Mois	Moyennes mensuelles interannuelles							
	Tmin °C (40 ans)	Tmax °C (40 ans)	Tmoy °C (19 ans)	P mm (41 ans)	ETPj mm (18 ans)	ETP mm (18 ans)	Hmin % (40 ans)	Hmax % (31 ans)
Janvier	12,3	24,5	19,1	2	6	172	9	59
Février	13,7	26,9	20,9	2	7	184	12	59
Mars	15,6	29,6	22,9	1	8	236	11	61
Avril	16,9	31,9	24,5	1	8	246	12	62
Mai	19,0	34,6	27,1	0	9	271	13	61
Juin	22,1	38,3	30,2	1	10	293	14	58
Juillet	24,8	41,4	33,1	2	10	310	16	54
Août	25,8	40,9	32,8	8	10	308	17	55
Septembre	24,1	38,3	31,6	21	9	269	17	57
Octobre	21,4	34,0	28,1	4	8	236	14	57
Novembre	17,2	29,1	23,6	3	6	187	12	59
Décembre	13,6	25,2	19,5	4	5	164	11	61
Année	moyenne 18,9	moyenne 33,1	moyenne 26,1	total 49	moyenne 8	moyenne 240	moyenne 13	moyenne 59

ZOUÉRATE												12°42' W-22°41' N
Période d'observation : 31 ans (1969-1999)												
Classes	Fréquences moyennes mensuelles des précipitations											
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
0 mm	29	26	26	29	35	32	29	13	12	28	23	21
1 - 5 mm	3	4	6	2	6	5	5	14	10	6	8	7
6 - 10 mm	0	2	0	1	0	4	3	4	2	2	1	1
11 - 15 mm	0	0	0	0	0	0	3	5	2	0	0	1
16 - 25 mm	3	2	0	1	0	0	1	3	3	0	1	0
26 - 50 mm	0	0	1	0	0	0	0	1	7	2	1	1
51 - 75 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
76 -100 mm	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0
101 -150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
> 150 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(sans obs.)	6	7	8	8	0	0	0	0	0	2	7	9

[illegible]

BIBLIOGRAPHIE

- ABDALLAHI, O.M.S.**, 1972. – *Rapport de prospection exploratoire en Mauritanie sud-orientale et confins maliens, 1-27 octobre 1971. Rapport préliminaire de prospection spéciale conjointe au Mali occidental et confins mauritaniens, 20 septembre-11 octobre 1972.* Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain, séries techniques. FAO : Rome. – **AGP/DL/TS/19**. 109 p.
- ANONYME**, 1999. – *Notice d'utilisation du logiciel SPSS 11.0.1* (Statistical Package for Social Sciences) SPSS Editors : <http://www.spss.com/fr>.
- ANONYME (FAO)**, 1996. – *Commission de lutte contre le Criquet pèlerin en Afrique du Nord Ouest. 20^{ème} session. Nouakchott, République Islamique de Mauritanie, 8-13 juin 1996.* FAO : Rome. I + 20 p.
- ANONYME (OCLALAV)**, 1970b. – *Prospections conjointes Algérie-Mauritanie et Algérie-Mali. Septembre/octobre 1970.* – Coll. : Rapport sur l'avancement des travaux. – FAO : Rome. 16 p.
- ANONYME (OCLALAV)**, 1970a. – *Prospections en Mauritanie et au Sahara Espagnol.* Janvier-mai 1970. – Coll. : Rapport sur l'avancement des travaux. – PNUD/FAO : Rome. II + 19 p.
- ASTON R., OULD EL HADJ A. & OULD TALEB M.E.**, 1999. – Field studies on operator monitoring for pesticide exposure in Desert Locust control operations. – Field validation of methods. – **GCP/INT/651/NOR**. 38 p.
- BASHIR M.O., EL RAHIM SORKATI I.A. & HASSANALI A.**, 1998. – The effect of Desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål), on the productivity of rangeland in the Red Sea coast of the Sudan and its population management through environment – friendly control tactics. **IN** : Sidahmed, A.E. (Ed. Sc.). – *Drylands: Sustainable use of rangelands into the twenty-first century.* – Coll. Technical Reports IFAD : 321-328.
- BELAYNEH Y.T.**, 2005. – Acridid Pest Management in the Developing World: A Challenge to the Rural Population, a Dilemma to the International Community. – *Journal of Orthoptera Research*, **14**(2) : 187-195.
- BESNAULT C., ROY J. & ROSSETTI C.**, 1962. – *Études en Afrique occidentale : distribution des pontes et des pullulations de Schistocerca gregaria Forsk. signalées entre 1950 et 1961 en Afrique occidentale.* – Coll. : Prospections écologiques. – FAO : Rome. 86 p.
- BOUAÏCHI A., SIMPSON S.J. & ROESSINGH P.**, 1996. – The influence of environmental microstructure on the behavioural phase state and distribution of the Desert locust *Schistocerca gregaria*. – *Physiological Entomology*, **21** : 247-256.
- BRADER L., DJIBO H., FAYE F.G., GHAOUT S., LAZAR M., NGUALA P.M. & OULD BABAH, M.A.**, 2006. – *Towards a More Effective Response to Desert Locusts and their Impacts on Food Insecurity, Livelihoods and Poverty. Independent Multilateral Evaluation of the 2003-05 Desert Locust Campaign.* – FAO : Rome. 113 p.

- BRUNEAU DE MIRÉ P.**, 1952. – Rapport de prospection en Mauritanie orientale (A.O.F.). *Bulletin de l'Office national anti-acridien*, **3** : 1-54.
- BURNETT G.F.**, 1951. – Field observations of the behaviour of the Red locust (*Nomadacris septemfasciata* Serville) in the solitary phase. *Anti-Locust Bulletin*. Londres, **8** : 1-37.
- CECCATO P., CRESSMAN K., GIANNINI A. & TRZASKA S.**, 2007. – The Desert locust upsurge in West Africa (2003-2005): information on the Desert locust early warning system and the prospects for seasonal climate forecasting. *International Journal of Pest Management*, **53**(1): 7-13.
- CHAMARD P.**, 1973a. – *Essai sur les paléoclimats du Sud-Ouest Saharien au Quaternaire récent* – Colloque sur la désertification. Tenu à Nouakchott. – Dakar. – 21-25.
- CHAMARD P.**, 1973b. – Géomorphologie et Géologie du Quaternaire du Tiris méridional. – *Bulletin de l'Institut Fondamentale d'Afrique noire, série A*. Dakar, **25**(2) : 21-25.
- CHAPMAN R.F.**, 1965. – The behaviour of nymphs of *Shistocerca gregaria* (Forskål) (Orthoptera, Acrididae) in a temperature gradient, with special reference to temperature preference. – *Behaviour*. Leiden, **24**(3-4) : 19-317.
- CHERLET M.R.**, 1993. – *RAMSES : Reconnaissance and Management System of the Environment of Schistocerca (Desert Locust). Programme Outline on Future Requirements in Remote Sensing and Modelling and their Integration using GIS to Improve Desert Locust Forecasting*. – FAO : Rome. – 49 p.
- CHERLET M.R. & DI GREGORIO A.**, 1991. – *Calibration and Integrated Modelling of Remote Sensing Data for Desert Locust Habitat Monitoring*. – FAO : Rome. 113 p.
- CHEVALIER, A.**, 1933. – Le territoire géobotanique de l'Afrique tropicale nord-occidentale et ses subdivisions. – *Bulletin de la Société botanique de France*, **80** : 4-26.
- CHOPARD L.**, 1952. – Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie. Orthoptéroïdes. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire*, **14**(2) : 457-478.
- COLLETT M., DESPLAND E., SIMPSON S.J. & KRAKAUER D.C.**, 1998. – Spatial scales of Desert locust gregarization. – *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Washington, **95** : 13052-13055.
- COUREL M.F.**, 1984. – *Étude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites*. Thèse doctorat d'état lettres et sciences humaines, Paris I : 407 p.
- CULMSEE H.**, 2002. – The habitat functions of vegetation in relation to the behaviour of the Desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål) (Acrididae: Orthoptera). A study in Mauritania (West Africa). – *Phytocoenologia*. Berlin / Stuttgart, **32**(4) : 645-664.
- DAGET P. & GORDON M.**, 1982. – *Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les communautés*. Collection d'Écologie Masson : Paris. 163 p.
- DAVEAU S., MOUSHINHO R. & TOUPET C.**, 1967. – Les grandes dépressions fermées de l'Adrar mauritanien, Sebkha de Chemchan et Richat. – *Bulletin de l'Institut fondamentale d'Afrique noire, série A*, **29**(2) : 413-446.

- DELPY J.**, 1959. – Observations sur le "primaire" du Tagant (Mauritanie). – *Bulletin de la Société géologique de France*. Paris, 1959, 1 (2) : 123-127
- DESPLAND E.**, 2003. – Fractal index captures the role of vegetation clumping in locust swarming. – *Functional Ecology*, **17** : 315-322.
- DESPLAND E., COLLETT M. & SIMPSON S.J.**, 2000. – Small-scale processes in Desert Locust swarm formation : vegetation patterns influence gregarization. – *Oikos*. Kobenhavn, **88** : 652-662.
- DESPLAND E., ROSENBERG J. & SIMPSON S.J.**, 2004. – Landscape structure and locust swarming: a satellite's eye view. – *Ecography*, **27**(3) : 381-391.
- DESPLAND E. & SIMPSON S.J.**, 2000. – The role of food distribution and nutritional quality in behavioural phase change in the Desert locust. *Animal Behaviour*, **59**(3) : 643-652.
- DURANTON J.F.**, 1975. – *Recherches phytosociologiques dans le Sud et le Sud-Ouest de Madagascar*. Thèse de Doctorat ès Sciences. – Ministère de la coopération. Université d'Orsay-Paris, 182 p.
- DURANTON J.F.**, 2005. – *Expertise acridienne et anti-acridienne en Mauritanie. Rapport de mission (15 août-16 septembre 2005)*. – CIRAD-Amis-Acridologie : Montpellier. VII + 105 p.
- DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H. & LECOQ M.**, 1982. – *Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. De la théorie à la pratique*. Ministère des Relations Extérieures, Coopération et développement / GERDAT : Paris. Vol. 1 et 2 : 1496 p.
- DURANTON J.F. & LECOQ M.**, 1990. – *Le criquet pèlerin au Sahel*. Coll. : Acridologie opérationnelle- Ministère des Affaires Étrangères des Pays-Bas, CIRAD-PRIFAS. 183 p.
- EL KHAZIM E.A.A.B.M.B.I.**, 1896. – *Tafsir Elkhazin "Elmoussama libabi Ettaewil vi Maani Ettenzil" ou "Nommé la porte d'interprétation des sens de la parole de Dieu"*. Coll. : Tafsir Elkhazin- Librairie Almeimenye : Le Caire : 432 p.
- ELLIS P.E.**, 1963. – Changes in the social aggregation of locust hoppers with changes in rearing conditions. – *Animal Behaviour*. London, **11**(1) : 152-160.
- FAO**, 1975. – *Manuel du prospecteur. Commission de lutte contre le Criquet pèlerin en Afrique du Nord-Ouest* – FAO : Rome, **NWA/DL/SS/2**, 69 p.
- FRANC A.**, 2007. – *Impact des transformations mésologiques sur la dynamique des populations et la grégarisation du Criquet nomade dans le bassin de la Sofia (Madagascar)*. Université Paul Valéry : Montpellier. XVIII + 408 p.
- FRANC A., ANDRIAMAROAHINA T., DURANTON J.F., LECOQ M., LEGROS Y., LUONG-SKOVMAND M.H., RABESISOA L., RANDRIAMIFIDIMANANA H. & SOLOFOHAINA H.**, 2005. – *La Lutte Préventive Antiacridienne à Madagascar*. CIRAD / Projet de Contribution à la Lutte Antiacridienne / Centre National Antiacridien : Montpellier. 140 p.
- GANDEGA Y.**, 1988. – *Aperçu de la pluviométrie en Mauritanie*. – Rapport du service Météorologique MDR, Direction de l'Agriculture. Service Agrométéorologie et Hydrologie. Nouakchott, 8 p.

- GAUTIER E.F. & CHUDEAU R.**, 1909. – *Missions au Sahara (Sahara Soudanais)*. Vol. II, Librairie Armand Collin. Paris : 328 p. 83 fig
- GHAOUT S.**, 1990. – *Contribution à l'étude des ressources trophiques de Schistocerca gregaria (FORSK.) (Orthoptera, Acrididae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite*. – Université Paris XI .Orsay, France : 241 p.
- GHAOUT S.**, 1993. – *Rapport de mission effectuée en Mauritanie du 4 au 19/11/93*. – FAO : Rome. 14 p.
- GIRARD M.C. & GIRARD C.**, 1999. – *Traitement des données de télédétection*. Dunod, Paris : 529 p.
- GUINOCHET M. & DE VILMORIN R.** 1975. – *Flore de France*. Éditions du CNRS. Paris : 451 p.
- HEBRARD L.**, 1973. – *Contribution à l'étude géologique du Quaternaire du littoral mauritanien entre Nouakchott et Nouadhibou. Participation à l'étude des désertifications du Sahara*. – Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon, **71**, 210 p., 59 fig.
- HEBRARD L.**, 1968. – Résultats de terrain, stratigraphie résumé du Quaternaire de la feuille de Port-Etienne (Mauritanie). **IN** : *Rapport annuel, Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences*. – Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, Dakar : 31-34.
- HEMMING, C. F., POPOV, G. B., ROFFEY, J. & WALOFF, Z.**, 1979. – Characteristics of desert locust plague upsurges. – *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences*. London, **287** : 375-386.
- HEPPER F.N.**, 1972. – *Flora of West Tropical Africa*. Vol. 21, International Association for Plant Taxonomy (IAPT). 525 p.
- HIELKEMA J.U., AYYANGAR R.S. & SINHA P.P.**, 1981. – Satellite remote sensing, a new dimension in international Desert locust survey and control. – *FAO Plant Protection Bulletin* : Rome, **33**(3-4) : 165-173.
- HIELKEMA J. U., ROFFEY J. & TUCKER C.J.**, 1986. – Assessment of Ecological Conditions Associated with the 1980/81 Desert Locust Plague Upsurge in West Africa using Environmental Satellite Data. – *International Journal of Remote Sensing*, **7**(11) : 1609-1622.
- HUGOT, G.**, 1977. – *Un secteur du quaternaire lacustre mauritanien : Tichitt*. Mémoires de l'Institut Mauritanien de la Recherche Scientifique. Nouakchott 190 p.
- HURLBERT S.H.**, 1984. – Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecological Monographs*, **54**, 187-211.
- IBN BATTÛTA**, 1858. – *Voyages : De l'Afrique du Nord à La Mecque*. – Édition la Découverte. Paris : 480 p.
- JOERN A. & GAINES S.B.**, 1990. – Population dynamics and regulation in grasshoppers. **IN** : CHAPMAN R.F. & JOERN A. (Ed. Sc.). – *Biology of Grasshoppers*. – R. Wiley : New York : 415-482.

- KANE C.M.H.**, 2004. – *Cross-stage physiological effects of the Desert locust, Schistocerca gregaria, aggregation pheromones on their behaviour and susceptibility to control agents*. Thèse de l'Université du Kenya et de l'ICIPE : 147 p.
- KENNEDY J.S.**, 1939. – The behaviour of the Desert locust (*Schistocerca gregaria*, Forsk.) (Orth.) in an outbreak centre. *Transactions of the Royal Entomological Society of London*. London, **89**(10) : 385-542.
- KIBASA**, 2006. – Use of SPOT 5 image to identify presence of locusts. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands. 75 p
- KRALL S., PEVELING R. & BA DIALLO D.** (Ed. sc.), 1997. – New strategies in Locust Control. – Birkhauser Verlag, Basel (Switzerland) : 522 p.
- KREBS C.J.**, 1999. – *Ecological Methodology*. 2nd ed., Menlo Park, California: Addison-Welsey Publishers.A : 620 p..
- LATCHININSKY A.V., SILVANPILLAI R., DRIESE K.L. & WILPS H.**, 2007. – Can early season Landsat images improve locust habitat monitoring in the Amudarya River delta of Uzbekistan ? *Journal of Orthoptera Research*, **16** (2): 167-173.
- LECOQ M.**, 2005. – Desert locust management: from ecology to anthropology. *Journal of Orthoptera Research*, **14** (2) : 179-186.
- LECOQ M.**, 2001. – Are preventive actions possible? Recent progress in Desert and Migratory locusts management in Africa. – *Metaleptea* (special meeting issue) : 88.
- LEVIN S.A.**, 1992. – The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, **73** : 1943-1967.
- LIU Q., LIU G., YANG Y., LIU P. & HUANG J.**, 2006. – Identifying the breeding areas of locusts in the Yellow River estuary using Landsat ETM+ imagery. *Proceedings of the 15th National Symposium on Remote Sensing of China, Guiyang, August 19-23, 2005*.
- LOUVEAUX A., GHAOUT S. & GILLON Y.**, 1990. – Fonctionnement de l'aire de reproduction hivernale du criquet pèlerin en Mauritanie. – *ANPP – Deuxième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture*. Versailles : 477.
- MAGOR J., CECCATO P., DOBSON H.M., PENDER J. & RITCHIE L.**, 2007. – *Preparedness to prevent Desert locust plagues in the Central Region, an historical review*. – Coll. : Desert Locust Technical Series. – FAO : Rome. – **AGP/DL/TS/35**. 129 p.
- MAHJOUR N.**, 1988. – Le problème du Criquet pèlerin et les perspectives de sa résolution. *Nature et faune*, **4** : 16-20.
- MAIRE R.**, 1936. – Contribution à l'étude de la flore du Sahara occidental. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **27** : 344-354.
- MIGAHID A.M. & EL SHOURBAGUI M.N.**, 1958. – The Ecological amplitude of the desert fodder grass *P. turgidum*. Comparison of the natural vegetation at Fuka and Almaza. *Bulletin de l'Institut d'Égypte*, **8** : 99-108.
- MONOD T.**, 1958. – Majâbat Al-Koubrâ. Contribution à l'étude de "l'Empty Quarter" ouest africain. *Mémoire de l'Institut Français d'Afrique noire*, **52** : -407.

- MONOD T.**, 1964. – Majâbat Al-Koubrâ, (2^e supplément). – *Bulletin de l'Institut Fondamentale d'Afrique noire, série A*, **24**(4) : 1393-1402.
- MONOD T.**, 1980. – Majâbat Al-Koubrâ (3^e supplément). – *Bulletin de l'Institut Fondamentale d'Afrique noire, série A*, **42**(1) : 201-209.
- MONOD T.**, 1938. – Notes botaniques sur le Sahara occidental et ses confins sahéliens IN : La vie dans la région désertique Nord tropicale de l'Ancien Monde. – *Mémoire de la Société de Biogéographie*. Paris, **6** : 351-374.
- MONOD T.**, 1944. – Tableau d'ensemble des divisions adoptées et remarques sur l'esquisse phytogéographique de M. Murat. (Esquisse phytogéographique du Sahara Occidental, † M.MURAT). *Mémoires de l'Office National Anti-Acridien*, (1945)**1** : 13-14.
- MONOD T.**, 1954a. – Modes "contracté" et "diffus" de la végétation saharienne – Biology of Deserts. Symposia of the Institute of Biology J. Cloudsley-Thompson, London, **3** : 35-44.
- MONOD T.**, 1954b – Excursion V3 Sénégal-Mauritanie (partie nord-Mauritanie). – Notices botaniques et itinéraires commentés publiés à l'occasion du VIII^{ème} congrès international de Botanique, Paris-Nice: 32 p.
- MURAT M.**, 1937. – La végétation du Sahara occidental en Mauritanie. – *C. R. des Séances de l'Académie des Sciences*, **205** : 338-340.
- MURAT M.**, 1939. – Recherches sur le Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria* Forsk., Acrididae) en Mauritanie Occidentale (A.O.F.) au Sahara Espagnol, années 1937 et 1938. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **29** : 1-204.
- MURAT M.**, 1944. – Esquisse phytogéographique du Sahara occidental. (Esquisse phytogéographique du Sahara Occidental, † M.MURAT). *Bulletin de l'Office national anti-acridien*, (1945)**1** : 7-13.
- OULD AHMEDOU M.L.**, 2002. – *Analyse écologique des formations grégaires de larves du Criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forsk., 1775) et leur impact sur les ressources végétales en Mauritanie*. Faculté des Sciences d'Agadir (Maroc). VI + 114 p.
- OULD BABAH M. A.**, 2000. – *Rapport de stage effectué au CIRAD-Prifas. Restructuration et analyse des archives anti-acridiennes de Mauritanie. Avancement des travaux (18 mars-16 mai 2000)*. EPHE / CIRAD-Amis-PC-Prifas : Montpellier (France). VII + 53 p.
- OULD BABAH M.A.**, 1998. – *Rapport sur le Criquet pèlerin et la lutte anti-acridienne en Mauritanie*. FAO-CL CPANO : Alger. – **TBA(RAF/CL CPANO**. 56 p.
- OULD BABAH M.A.**, 1997a. – *Évaluation des campagnes antiacridiennes récentes en Mauritanie de 1986 à 1996*. – FAO : Rome. 27 p.
- OULD BABAH M.A.**, 1997b. – Strategy for controlling the Desert locust in Mauritania. **IN** : KRALL S., PEVELING R. & BA DIALLO D. (Ed. Sc.). – *New strategies in Locust Control*. – Birkhauser Verlag : Basel : 487-491.

- OULD BABAH M.A.**, 2003. – *Biogéographie du Criquet pèlerin en Mauritanie. Fonctionnement d'une aire grégarigène et conséquences sur l'organisation de la surveillance et de la lutte anti-acridienne*. – Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain. Séries techniques. – FAO : Rome. – **AGP/DL/TS/31** – XII + 104 p.
- OULD BABAH M.A. & LEFFLER V.**, 1995. – *Criquet pèlerin en Mauritanie : Évolution de la situation au cours de la période 1985 – 1995* – Conférence Internationale sur les nouvelles stratégies de lutte antiacridienne (3-8 avril 1995). Bamako – Mali. p. 12.
- OULD BABAH M.A., OULD AHMEDOU M.L., IDRISSE HASSANI L.M., DURANTON J.F., COUREL M.F. & LETERRIER E.**, 2001. – *Recrudescence du Criquet pèlerin (Schistocerca gregaria) en Mauritanie en 1993-1995* – Poster. – Centre de lutte anti-acridienne / EPHE / Université Ibn Zohr / CIRAD-Amis-PC-Prifas : Nouakchott / Paris / Agadir (Maroc) / Montpellier (France).
- OULD BABAH M.A. & SWORD G.A.**, 2004. – Linking locust gregarization to local resource distribution patterns across a large spatial scale. *Environmental Entomology*, **33**(6) : 1577-1583.
- OULD BOUNA Z.A.**, 1998. – *Bilan des recherches effectuées sur le criquet pèlerin en Mauritanie*. Rapport MDRE, Nouakchott, draft non paginé..
- OULD CHEIKH A.E.W., ESTIBAL S., LAMARCHE B. & VERNET R.**, 2002. – *Sahara : L'Adrar de Mauritanie, sur les traces de Théodore Monod*. Vents de Sable : Paris. 192 p.
- OULD EL HADJ A.**, 1997. – *Biologie et écologie de Schistocerca gregaria (Forsk) (Orthoptera Acrididae) et de ses plantes – hôtes en Mauritanie : Effets des Triterpènes de Citrullus colocynthis Schrader*. Diplôme d'Études Supérieures de 3ème cycle, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Rabat, 98 p.
- OULD ELY S.**, 2004. – The reproductive behaviour of solitary desert locust in relation with semiochemical attributes of desert plant in the Red sea coast. University of Khartoum Ph thesis. 124 p.
- OULD MOHAMED SIDYA A.**, 1973a. – *Rapports de prospection dans le nord-ouest de la Mauritanie et au Sahara espagnol (1971). Rapport sur la prospection au Sahara espagnol (1973)*. – Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain. Séries Techniques. – FAO : Rome. 35 p.
- OULD MOHAMED SIDYA A.**, 1973b. – *Rapports de prospection dans le nord-ouest de la Mauritanie et au Sahara espagnol* – Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain. Séries Techniques. – FAO : Rome. 35 p.
- OULD TALEB M.E.H.**, 1996. – *Variabilité des biotopes à l'interface plantes / Schistocerca gregaria (Forsk.) (Orthoptera, Acrididae) en Mauritanie*. Université Paris XI : Orsay. France, 106 p.
- OZENDA P.**, 1983. – *Flore du Sahara*. CNRS, Paris, 3^{ème} édition, 622 p.
- PEDGLEY D.E.**, 1974. – ERTS surveys a 500 km² locust breeding site in Saudi Arabia. Third Earth Resources Technology Satellite-1 *Symposium Maryland, National Aeronautics and Space Administration*. December 1973, **1**: 233-246.

- PEDGLEY D.E., BETTS E., ROFFEY J., WALOFF Z., DRAPER J., PATON E. & STEEDMAN A.**, 1981. – *Desert Locust Forecasting Manual*. Centre for Overseas Pest Research. VIII + 268, 142 p.
- PEVELING R. & OULD ELY S.**, 1998a. – Non virulence du champignon entomopathogène *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal (Deuteromycotina : Hyphomycetes) sur *Chilocorus bipustulatus* (Coleoptera : Coccinellidae), prédateur de la cochenille blanche du palmier dattier. IN : Anonyme (GTZ) (Ed. Sc.). *Effets des agents antiacridiens (Melia volkensis et Metarhizium flavoviridae) sur les coleopteres non cibles (predateurs Coccinellidae)*. GTZ : Akjoujt (Mauritanie) : 31-36.
- PEVELING R. & OULD ELY S.**, 1998b. – Estimation de la toxicité de *Melia volkensis* (Gurke) sur *Schistocerca gregaria* Forskal (Orthoptera : Acrididae) et *Chilocorus bipustulatus* (Coleoptera : Coccinellidae) en cas de traitement avec le Microapplicateur et la Tour de Potter. IN : Anonyme (GTZ) (Ed. Sc.). *Effets des agents antiacridiens (Melia volkensis et Metarhizium flavoviridae) sur les coleopteres non cibles (predateurs, Coccinellidae)*. GTZ : Akjoujt (Mauritanie) : 9-30.
- PEVELING R. & OULD ELY S.**, 1998c. – Tests de toxicité de *Melia volkensis* (Gurke) sur *Chilocorus bipustulatus* et *Pharoscymnus anchorago* F. (Coleoptera : Coccinellidae), prédateurs de la cochenille du palmier dattier. IN : PEVELING, R. & OULD ELY, S. (Ed. Sc.). – *Effets des agents antiacridiens (Melia volkensis et Metarhizium flavoviride) sur les coleopteres non cibles (predateurs, Coccinellidae)*. GTZ : Akjoujt (Mauritanie) : 1-8.
- PEVELING R. & SY A.D.**, 1997. – *Effect of Metarhizium flavoviride, chlorpyrifos and fipronil on Acanthodactylus dumerili (Milne Edwards, 1829) (Squamata : Lacertidae)*. LUBILOSA bioassays in Akjoujt, (Nov 1996 – Feb 1997). GTZ : Akjoujt (Mauritanie). 50 p.
- PEVELING R., WEYRICH J. & MULLER P.**, 1994. – Effets secondaires des substances végétales, des régulateurs de croissance et des champignons entomopathogènes sur les arthropodes non cibles dans la lutte antiacridienne. IN : KRALL S. & WILPS H. (Ed. Sc.). – *News trends in Locust control*. GTZ : Eschborn (Allemagne) : 147-176.
- POPOV G.B.**, 1992. – *Field survey and mapping of the Desert Locust habitats in Mauritania 17 october – 11 november, 1992*. – Coll. : Rapport de mission. – GTZ 31 p.
- POPOV G.B.** 1958. – Ecological Studies on Oviposition by Swarms of the Desert Locust (*Schistocerca gregaria* Forskål) in Eastern Africa. *Anti-Locust Bulletin* 31, 1-70.
- POPOV G.B.**, 1974. – *Report on a visit to the Islamic Republic of Mauritania to assist OCLALAV with survey of the breeding grounds of the Desert locust (Schistocerca gregaria, Forskål), 11 September to 27 October 1973*. – Coll. : Progress Report. FAO : Rome. II + 22 p.
- POPOV G.B.**, 1997. – *Atlas des aires de reproduction du Criquet pèlerin, commentaire descriptif français et anglais*. FAO, organisation des nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome : 300 p + 40 cartes
- POPOV G.B., DURANTON J.F. & GIGAULT J.**, 1991. – *Étude écologique des biotopes du criquet pèlerin Schistocerca gregaria (Forskål, 1775) en Afrique Nord Occidentale. Mise en évidence et description des unités territoriales écologiquement homogènes*. Coll. : Les Acridiens- CIRAD-PRIFAS : Montpellier. XII + 744 p.
- POPOV G.B., WOOD T.G. & HAGGIS M.J.**, 1985. – Insect Pests of the Sahara. IN : Cloudsley-Thompson J.L. (Ed. Sc.). – *Sahara Desert*. Pergamon Press : Oxford : 145-171.

- ROFFEY J. & MAGOR J.I.**, 2003. – *Desert Locust population parameters*. – Coll. : Desert locust field research stations, technical series. – FAO : Rome. – **AGP/DL/TS/30** – V + 29 p.
- ROUTIER J.B.**, 2000. – *Possibilités d'utilisation de la télédétection en vue d'améliorer les performances de la surveillance du Criquet pèlerin (Schistocerca gregaria Forskål, 1775) en Mauritanie*. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Études Supérieures Spécialisées "Gestion des Systèmes agro-sylvo-pastoraux en zones tropicales. Université Paris XII : IV + 78 p.
- ROY J.**, 2001. – *Histoire d'un siècle de lutte anti-acridienne en Afrique. Contributions de la France*. Coll. : Les Acteurs de la Science- L'Harmattan : Paris. 278 p.
- Roy R.**, 1971. – Orthoptères recueillis par J.L.Amiet aux environs de Rosso Mauritanie. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique noire*. **33**(2) : 396-410.
- SIVANPILLAI R., LATCHININSKY A.V., DRIESE K.L. & KAMBULIN V.E.**, 2006. – Mapping locust habitats in River Ili Delta, Kazakhstan, using Landsat imagery. – *Agriculture Ecosystems & Environment*, **117**(2-3) : 128-134.
- SKAF R.**, 1973. – *Rapport sur la prospection du Sahara Espagnol*. FAO : ROME. 37-68 p.
- SKAF R.**, 1978. – *Étude sur les cas de grégarisation du Criquet pèlerin en 1974 dans le sud-ouest mauritanien et au Tamesna malien*. – Coll. : Stations de recherche acridienne sur le terrain. Séries Techniques. FAO : Rome. 46 p.
- SKAF R., POPOV G.B. & ROFFEY J.**, 1990. – The Desert Locust : an International Challenge. – *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, series B*. **328** : 525-538.
- SMITH-GILL S.J.**, 1975. – Cytophysiological basis of disruptive pigmentary patterns in the leopard frog *Rana pipiens*. II. Wild type and mutant cell specific patterns. *Journal of Morphology*, **146** : 35-54.
- STEEDMAN A.**, 1988. – *Locust handbook*. Overseas development Natural Resources Institute : London. 191 p.
- SWORD G.A., SIMPSON S.J., OULD TALEB M.E.H. & WILPS H.**, 2000. – Density – dependent aposematism in the Desert locust. – *Proceedings of the Royal Entomological Society of London, B*, **267** : 63-68.
- TASHI Y. & COUREL M.F.**, 2004. – Study of Oasis Desertification Dynamic Change in the south of Tarim Basin Based on remote sensing. – *Journal of Arid Geography* (1) :
- TESSIER F., DARS R. & SOUGY J.**, 1961. – Mise en évidence de charriages dans la série d'Akjoujt (République Islamique de Mauritanie). – *Compte Rendu de l'Académie des Sciences*, 252 : 1186-1188
- TOUPET C.**, 1966. – Étude du milieu physique du massif de l'Assaba (Mauritanie). Introduction à la mise en valeur d'une région sahélienne. *Initiations et études africaines*. IFAN, Dakar, 20 : 152 p.
- TRATALOS J.A.**, 2001.- Spatio-temporal variation in the population dynamics of the desert locust *Schistocerca gregaria*. Ph.D. Thesis, University of Greenwich, UK . 402 p.

- TROMPETTE R.**, 1973. – *Le Précambrien Supérieur et le Paléozoïque inférieur de l'Adrar de Mauritanie (bordure occidentale du Bassin de Taoudenni, Afrique de l'Ouest). Un exemple de sédimentation de craton. Etude stratigraphique et sédimentologique.* Travaux du laboratoire des Sciences de la Terre, St Jérôme, Marseille, (B) n°7, Marseille, 702 p.
- UVAROV B.P.**, 1977. – *Grasshoppers and locusts : Behaviour, Ecology, Biogeography population dynamics.* Centre for Overseas Pest Research : London. 613 p.
- VAN HUIS A.** (Ed. sc.), 1994. – *Lutte contre le criquet pèlerin par les techniques existantes. Évaluation des stratégies. Compte-rendu du Séminaire de Wageningen Pays Bas 6-11 décembre 1993.* Université Agronomique de Wageningen. Pays-Bas : xi +140 p.
- VAN HUIS A.**, 1997. – Desert locust plagues. *Review of Agricultural Entomology* **84** (3) : 2316.
- VOSS F. & DREISER U.**, 1994. – Localisation des habitats du Criquet pèlerin et autres ravageurs migrants par les techniques de télédétection. IN : KRALL, S. & WILPS, H. (Ed. Sc.). – *News trends in Locust control.* - GTZ. Eschborn : 23-29.
- VOSS F. & KRALL S.**, 1993. – *Principaux biotopes du criquet pèlerin dans la région Akjoujt-Atar (Mauritanie).* Échelle : 1/ 200 000. Dressée en 1993. – Projet de lutte antiacridienne, GTZ : Eschborn (Allemagne), 1 carte.
- WALOFF Z.**, 1966. – The upsurges and recessions of the Desert locust plague: an historical survey. – *Anti-Locust Memoir.* London, **8** : 1-111.
- WALOFF Z.**, 1962. – Flight activities of different phases of the Desert locust in relation to plague dynamics. – *Colloques internationaux du Centre national de la Recherche scientifique.* Paris, **114** : 201-216.
- WIENS J.A.**, 1989. – Spatial scaling in ecology. – *Functional Ecology*, **3** : 385-397.
- WILLIAMS J.T. & FARIAS R.M.**, 1971. – Utilization and taxonomy of the desert grass *Panicum turgidum*. – *Economic botany.* New York, **26** : 13-20.
- WILPS H. & NASSEH O.**, 1994. – Essais sur le terrain avec des substances végétales, des mycotoxines et des inhibiteurs de la synthèse de chitine. IN : GTZ (Ed. Sc.). – *News trends in Locust control.* : 51-79.
- ZAR J.H.**, 1999. – *Biostatistical Analysis.* Prentice Hall. 929 p.
- ZOLOTAREVSKY B.N.**, 1937. – Premières vues sur les régions présumées grégarigènes dans l'aire d'habitat du Criquet pèlerin. – *Comptes Rendus des Séances mensuelles de la Société des Sciences Naturelles du Maroc.* Rabat, **7** : 47-49.
- ZOLOTAREVSKY B.N. & DE LÉPINEY J.**, 1934. – Note préliminaire sur *Schistocerca gregaria* Forsk. dans le Nord-Ouest du Soudan Français. – *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord.* Alger, **15** : 61-70.
- ZOLOTAREVSKY B.N. & MURAT M.**, 1938a. – Divisions naturelles du Sahara et sa limite méridionale. IN : *La Vie dans la Région Désertique Nord-tropicale de l'Ancien Monde.* Société de Biogéographie / Paul Lechevalier : Paris : 335-350.

ZOLOTAREVSKY B.N. & MURAT M., 1938b. – Rapport scientifique sur les recherches de la mission d'études de la biologie des acridiens en Mauritanie (A.O.F.). Première mission, octobre 1936-mars 1937. – *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle d'Afrique du Nord*, **24** : 29-103.

RÉSUMÉ

Biogéographie du Criquet pèlerin (*Schistocerca gregaria*, Forskål, 1775) : identification, caractérisation et originalité d'un foyer grégarigène en Mauritanie centrale.

La Mauritanie subit le fléau du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). Si la stratégie de lutte préventive est pronée depuis de nombreuses années, il n'existant encore aucune synthèse nationale sur le cycle biogéographique du locuste. L'analyse des archives acridiennes mauritaniennes de plus de 51 000 enregistrements et 440 variables pour la période 1962-2007 dont la majeure partie sur les 20 dernières années et des données climatiques (1972-2008) permettent de comprendre cette dynamique saisonnière des populations solitaires de Criquet pèlerin. La chorologie des phases (solitaires, *transiens*, grégaires) associée à celle des états phénologiques (larve, imago) retrace en détail la dynamique spatio-temporelle du Criquet pèlerin en Mauritanie où il peut accomplir trois à quatre générations annuelles. Ce travail permet aussi de délimiter les régions où la transformation phasaire a eu lieu au cours des dernières recrudescences. Au final 7 acrido-régions et les principaux foyers grégarigènes ont été délimités et explicités. Par ailleurs, pour comprendre les facteurs environnementaux favorables à la reproduction du criquet pèlerin solitaire et à sa grégarisation, une étude comparative a été menée entre une zone à haute fréquence et une à basse fréquence de reproduction et de grégarisation, géographiquement voisines. Durant une étude étalée sur plus de deux années, les structures statiques des biotopes ont été décrites : climatologie, géomorphologie, floristique, acridologie. La télédétection a été utilisée pour spatialiser et généraliser les observations stationnelles. Au final certaines structures élémentaires des biotopes ressortent, mais surtout la diversité à la méso-échelle est fondamentale pour offrir au Criquet pèlerin des conditions de développement optimales. Les résultats obtenus ont de profondes et bénéfiques répercussions sur la stratégie de surveillance et de lutte préventive et curative en Mauritanie et dans la sous-région.

SUMMARY

Biogeography of the Desert locust (*Schistocerca gregaria*, Forskål, 1775) : identification, characterization and originality of a gregarious zone in central Mauritania.

The analysis of the mauritanian archives with more than 51 000 records and 440 variables for the 1962-2007 period of which the most part over the last 20 years and climatic data (1972-2008) allowed to surround better the status of Mauritania in relation with the Desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775). The chorology of phases (solitarious, *transiens*, gregarious) associated to the stages states (hopper, adult) drove in a mapping of the spatiotemporal dynamics of the Desert locust in Mauritania where it can fulfil annual three-four generations. On the basis of the phenomena frequencies analysis, based on one quarter square geographical degree and to a step of quarterly time and according to the types of locust events, 7 locust areas and the main « gregarious zones » were delimited. A comparative study of a zone with high frequency and a zone with low frequency of reproduction and of grégarisation geographically neighbours, allows to understand better the phenomena of phase transformation, *in natura*. During a study displayed over more than two years, static structures of biotopes were described (using multi-disciplinary study: climatology, geomorphology, botanic; acridology and remote sensing for spatialysing and generalising the stationnal observations), allowed to understand better the impact of eco-meteorological conditions on the quality of the desert locust biotopes and the populations dynamics. Acquired results have repercussions of deep and advantageous on the strategy of surveillance and preventative and curative control in Mauritania and the sub-region.