



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences agronomiques

Thèse réalisée et présentée par :

Mr. BENALI Abdel Wahab Wahid

En vue de l'obtention d'un diplôme de Doctorat (LMD)

Filière : Sciences agronomiques

Spécialité : Protection de l'agroenvironnement et sciences du sol

Thème :

Protection des grandes cultures contre les ennemis naturels

Soutenue publiquement le : 04/07/2022

Membres de jury :

Président :	Mme BOUCHENAFI Nadia	Professeur	Univ Tiaret
Directrice de thèse :	Mme ADAMOUC-DJERBAOUI Malika	Professeur	Univ Tiaret
Examinatrice 04 :	Mme BOUAMOUC Fatma	MCA	Univ Mostaganem
Examinatrice 02 :	Mme BOUSMAHA Fatima	MCA	Univ Tiaret
Examinatrice 01 :	Mme KOUCDRI Mokhtaria	MCA	Univ Tiaret
Examinatrice 03 :	Mme OUCRAB Samia	Professeur	Univ Blida

Année universitaire : 2021–2022

Remerciements

Ce travail de recherche a été réalisé sous la Direction de **Madame la Professeur ADAMOUDJERBAOUI Malika**, qu'elle trouve ici ma gratitude pour tous les efforts qu'elle a consenti du lancement du projet doctoral jusqu'au moment d'achèvement de cette thèse.

Je tiens à remercier les membres du jury en l'occurrence :

* **Madame BOUCHENA Nadia, Professeur** à l'Université de Tiaret pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir acceptée de présider ce jury

* **Madame BOUAMOUD Fatma, Maître de conférences (A)** à l'Université de Mostaganem pour l'honneur qu'elle me fait d'examiner ce travail de recherche

* **Madame BOUSMAHA Fatima, Maître de conférences (A)** à l'Université de Tiaret pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir acceptée de juger ce travail de recherche.

* **Madame KOUIDRI Mokhtaria, Maître de conférences (A)** à l'Université de Tiaret pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir acceptée d'examiner et de suivre ce travail de recherche.

* **Madame OUARAB Samia, Professeur** à l'Université de Blida pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir examinée ce travail de recherche

Je tiens également à remercier Mme LABDELLI Fatiha, Mr MAAMAR Benchohra ainsi que Mr BOUFARES Khaled ; enseignants à l'université de Tiaret, qui ont toujours été à l'écoute de mes doléances tout en me faisant profiter de leurs expériences à travers de riches conseils facilitant ainsi la réalisation de ce travail de recherche.

Enfin, je tien à adresser mes sincères remerciements à monsieur CHADLI Tarek, inspecteur de protection des végétaux de la wilaya de Tiaret, pour son soutien permanent et ses motivations durant la réalisation de cette thèse.

Dédicace

Je dédie ce travail exclusivement à ma mère et à mes grands-parents Hamdane et Khdidja que dieu ait pitié de leurs âmes

Une grande dédicace pour tous ceux qui sont cher à mon cœur, tous mes frères, sœur et amis qui ont toujours cru en moi.

Une dédicace spécial pour mon enseignant et ami Mr BOUKHATEM Saad et mon frère CHAFAA Zakaria qui nous ont quitté avant de pouvoir savourer cette réussite ensemble, que dieu ait pitié de leurs âmes

Une dédicace spéciale pour tous mes anciens camarades de la promo 2009 de sciences agronomique, et d'économie rurale spécialement.

Comme je dédie ce travail à mes compagnons de ce doctorat ; je cite en particulier les jeunes femmes : Samra , Keltouma, Mokhtaria et Soumia , sans que je puisse oublier mon camarade et ami de tous les temps , monsieur HAKEM Lakhdar

Une dernière dédicace pour tous mes amis d'enfance, de classe ou d'ailleurs, pour tous ceux qui me connaissent de près ou de loin à qui je n'ai pas eu l'occasion d'exprimer ma gratitude, ce travail a été réalisé par moi à l'aide de vous tous.

Merci

Liste des tableaux

Tableau 1 : Localisation d'exemples de lien entre pullulations de micromammifères et conditions climatiques dans le monde.....	10
Tableau 2 . Présentation des principaux types de dynamique de population de micromammifère.....	12
Tableau 3 : Cycles saisonniers de <i>Meriones shawii</i>	29
Tableau 4 : Superficies agricoles infestés à travers le territoire.....	30
Tableau 5 : Evolution temporelle de l'infestation.....	41
Tableau 6 : Indice de risque fréquentiel d'infestation.....	42
Tableau 7 : Risque moyen annuel d'infestation par daïra.....	44
Tableau 8 : Test post hoc de Benferroni.....	46
Tableau 9 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2015-2016 avec risque annuel par commune.....	49
Tableau 10 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2016-2017 avec risque annuel par commune.....	50
Tableau 11 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2017-2018 avec risque annuel par commune.....	51
Tableau 12 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2018-2019 avec risque annuel par commune.....	52
Tableau 13 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2019-2020 avec risque annuel par commune.....	54
Tableau 14 : Pluviométrie enregistré entre l'année 2015 et 2020 avec indice d'avertissement.....	55
Tableau 15 : Fiche signalétique des communes de la zone montagneuse.....	58
Tableau 16 : Fiche signalétique des communes de la zone des plaines.....	59
Tableau 17 : Fiche signalétique des communes de la zone steppique.....	60
Tableau 18 : Répartition des structures paysagères (relief) et de la couverture végétale dominante... 61	
Tableau 19 : Répartition du taux de risque moyen annuel par rapport au relief.....	61
Tableau 20 : Indice de corrélation entre les superficies d'Alfa et l'infestation par commune.....	63
Tableau 21 : Indice de corrélation entre les superficies de pacages et parcours et l'infestation par commune.....	64
Tableau 22 : Indice de corrélation entre les superficies forestières et l'infestation par commune.....	64
Tableau 23 : Dénombrement des communes selon le risque annuel et la présence/absence de foret.. 65	
Tableau 24 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante durant la période d'étude.....	70

Liste des figures

Figure 1 : Schéma global d'un processus d'invasion biologique.....	8
Figure 2 : Les différents types théoriques de pullulations.....	9
Figure 3 : Représentation d'un fonctionnement d'une population cyclique.....	9
Figure 4 : Cycle de pullulation à fluctuation pluriannuelle	11
Figure 5 : Présentation des interactions entre les principaux facteurs mis en cause dans les hypothèses explicatives.....	13
Figure 6 : Interaction entre un rongeur et les éléments de son environnement	14
Figure 7 : <i>Meriones Shawii</i>	26
Figure 8 : Carte administrative de la wilaya de Tiaret	35
Figure 9 : Evolution temporelle de l'infestation.....	41
Figure 10 : Représentation cartographique du risque moyen annuel par daïra	45
Figure 11 : Variance du degré d'infestation entre les daïras	47
Figure 12 : Représentation cartographique du risque moyen annuel par commune	56
Figure 13 : Représentation cartographique de la localisation géographique des zone de : montagnes, plaines et steppe	57
Figure 14 : Répartition du taux de risque moyen annuel par rapport au relief	62
Figure 15 : Dénombrement des communes selon le risque annuel et la présence/absence de foret....	65
Figure 16 : Couverture végétale et occupation du sol de la wilaya de Tiaret.....	66
Figure 17 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (compagne 2015/2016).....	67
Figure 18 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (compagne 2016-2017).....	68
Figure 19 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (compagne 2017-2018).....	68
Figure 20 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (compagne 2018-2019).....	69
Figure 21 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (compagne 2019-2020).....	70
Figure 22 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante durant la période d'étude	70
Figure 23 : Evolution des populations de <i>Meriones Shawii</i> par commune par rapport aux degrés d'infestation	73

Liste des abréviations

G : Gramme

Ha : Hectare

IA : Indice d'Avertissement

IF : Indice de Fréquence

Inf : Infestation

INPV : Inspection Nationale De Protection Des Végétaux

Kg : Kilogramme

Km : Kilomètre

Nbre : Nombre

RA : Risque Annuel

RMA : Risque Moyen Annuel

SAT : Superficie Agricole Totale

SAU : Superficie Agricole Utile

SMI : Surface Moyenne Infestée

ST : Superficie Totale

ZEA : Zmalet Amir Abdel Kader

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	

Introduction

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Interaction entre pullulations de rongeurs nuisibles et facteurs potentiels à leur développement

1-1- Notions sur le phénomène d'invasion des micromammifères.....	6
1-1-1 Définition.....	6
1-1-2- Populations invasives.....	6
1-1-3- Processus d'invasion.....	7
1-2- Notions sur le phénomène de pullulations de micromammifère.....	8
1-2-1- Définition de pullulation.....	8
1-2-2- Facteurs influençant sur les pullulations.....	10
1-3- Relation entre la dynamique de population et l'environnement.....	11
1-3-1- Dynamiques de population de micromammifères.....	11
1-3-2- Hypothèses explicatives de la dynamique de population.....	12
1-4- Relations entre les rongeurs nuisibles et l'environnement.....	13
1-4-1- Interactions entre les rongeurs et la végétation.....	14
1-4-2- Interactions entre les rongeurs et le sol.....	15
1-4-3- Interactions entre les rongeurs et les pratiques agricoles.....	15
1-5- Influence des pullulations de rongeurs sur l'environnement.....	16
1-5-1- Dommages causés par les rongeurs.....	17
1-5-1-1- Dégâts matériels.....	17
1-5-1- 2- Transmission des maladies.....	17
1-5-1- 3- Espèces invasives.....	18
1-5-1- 4- Pestes agricoles.....	18

Chapitre II : Notions sur les rongeurs et *Meriones shawii* en Algérie

2-1- Notions sur les rongeurs en Algérie.....	22
2-1-1- Définition d'un rongeur.....	22
2-1-2- Types de rongeurs.....	22

Table des matières

2-1-3- Lutte contre les rongeurs.....	23
2-1-3-1- Lutte préventive.....	23
2-1-3-2- Lutte physique.....	23
2-1-3-3- Lutte biologique.....	24
2-1-3-4- Lutte Chimique.....	24
2-2- Notions sur la merione de Shaw.....	25
2-2-1- Description de <i>Meriones shawii</i>	25
2-2-2- Systématique.....	26
2-2-3- Écologie.....	27
2-2-4- Reproduction.....	28
2-2-5- Régime alimentaire.....	29
2-2-6- Importance de la merione de Shaw.....	30
2-2-7- Méthodes de lutte.....	30
2-2-8- Répartition géographique et habitat.....	31

Partie expérimentale

Chapitre III : Méthodologie

3-1- Présentation de la zone d'étude.....	35
3-1-1- Cadre géographique.....	35
3-1-2- Cadre géomorphologique.....	35
3-1-3- Cadre hydrologique.....	36
3-1-4- Cadre climatique.....	36
3-2- Matériel et méthode.....	37
3-2-1- Traitements des données.....	38
3-2-2- Analyses cartographiques.....	38
3-2-3- Analyses spatio-temporelles de l'infestation.....	39
3-3- Choix de la période et de la zone d'étude.....	39

Chapitre IV : Résultats et discussions

4-1- Exploitation des résultats.....	41
4-1-1- Evolution de l'infestation de <i>Meriones Shawii</i> par rapport au temps.....	41
4-1-1-1- Calcule de l'indice de risque fréquentiel d'infestation.....	42
4-1-1-2- Calcule du risque moyen annuel d'infestation.....	43

Table des matières

4-1-1-3- Analyses statistiques.....	45
4-1-1-4- Evolution annuelle de l'infestation de <i>Meriones Shawii</i> à travers les communes de Tiaret.....	48
4-1-2- Evolution de l'infestation de <i>Meriones Shawii</i> par rapport à composantes paysagères.....	57
4-1-2-1- Zone de montagnes.....	58
4-1-2-2- Zone de plaines (prairies).....	59
4-1-2-3- Zone steppique.....	60
4-1-2-4- Interaction entre l'évolution des infestations et les reliefs.....	61
4-1-3- Evolution de l'infestation de <i>Meriones Shawii</i> par rapport à la couverture végétal....	62
4-1-3-1- Couverture d'Alfa.....	63
4-1-3-2- Pacages et parcours.....	63
4-1-3-3- Couverture Forestière.....	64
4-1-4- Evolution de l'infestation de <i>Meriones Shawii</i> par rapport aux pratiques agricoles....	66
4-2- Discussion.....	74
Conclusion.....	79

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

L'agriculture mondiale est historiquement basée sur quatre périodes distinctes de grands bouleversements sociaux, économiques, technologiques et environnementaux.

A titre illustratif, une estimation du temps nécessaire pour la production de un milliard de tonnes de céréales est passé de 10000 ans en 1960, à seulement 40 ans pour l'année 2000 (**Khuch ; 2001**), et dans ce contexte **Thirtle et al (2003)** ont estimé qu'en Inde et en Chine, une augmentation de 1% de la production agricole entraînerais une diminution de 0.4% à 1.9% du nombre de personnes considérés comme pauvre

Bairoch (1989) situe la première révolution agricole en Angleterre entre 1680 et 1700 et plus tardivement (entre 1770 et 1810) dans les autres pays économiquement développés (**Allen, 2000 ; Takata et al. 2009**). Cette période est principalement caractérisée par la généralisation d'un système agricole à rotation de l'occupation du sol et une forte diminution de la technique de la jachère.

La mécanisation de certaines tâches agricoles dans un contexte de révolution industrielle caractérise la deuxième révolution agricole, située au cours de la seconde moitié du 19^{ème} siècle (**Hardeman et Jochemsen, 2012**).

Dans les pays développés la troisième révolution agricole, aussi appelée « révolution verte » est située après la seconde guerre mondiale et voit la généralisation de la mécanisation, des intrants pétrochimiques et d'une intensification de la sélection génétique des organismes animaux comme végétaux notamment.

Les pays en voie de développement situés en Asie, Afrique ou encore Amérique latine n'ont connus cette troisième révolution qu'entre 1960 et 2000 (**Evenson et Gollin, 2003 ; Hardeman et Jochemsen, 2012**).

Bairoch (1989) a aussi présenté la quatrième révolution agricole que nous vivons actuellement, et qui est marquée par le développement des organismes génétiquement modifiés et l'introduction de systèmes d'exploitations guidées par des technologies de l'information de haute performance.

Durant le 19^{ème} et 20^{ème} siècle, les pratiques agricoles et l'occupation des sols ont subi une forte évolution (**Le Roux et al., 2008**) caractérisée par un phénomènes de spécialisation des productions agricoles et à la dissociation spatiale et technologique de l'élevage et des cultures végétales (**Le Roux et al., 2008**). cette spécialisation a rendu les plaines orientées vers la production de cultures céréalières, oléagineuses et légumineuses tandis qu'en zone de montagne l'agriculture s'est tournée vers la

production fourragère d'herbe pour l'élevage bovin et/ou ovin (**García-Martinez et al., 2011; Cocca et al., 2012**).

L'impact de la succession des différentes révolutions agricoles sur l'environnement est mesurable dans tous les compartiments de ce dernier. Une des questions fondamentales se pose sur l'altération des ressources naturelles par les activités anthropiques, notamment les pratiques agricoles qui entraînent une augmentation des quantités de matière organique, des traces de métaux lourds, des produits d'origine pétrochimique dans l'eau (**Thevenon et Poté, 2012**). L'évolution des modes de production la diminution de la qualité des sols (**Febles-González et al., 2011**), leur érosion (**Tiwari, 2000**) ou encore l'homogénéisation des paysages (**Loreau et al., 2001 ; Höbinger et al., 2012 ; Rohde et Hoffman, 2012**).

Outre les problèmes de pollution environnementale, les évolutions de l'agriculture au cours du siècle dernier ont eu comme conséquence une perte de la biodiversité faunistique et floristique (**Jacob & Halle, 2001**). En effet, les changements paysagers dus à l'intensification des pratiques agricoles ont affecté la dynamique des populations animales et végétales dans les processus fondamentaux de migration et de colonisation (**Giraudoux et al., 1997**).

Les évolutions de l'agriculture ont entraîné des changements majeurs dans la conduite des exploitations agricoles, cela a favorisé les pullulations de certaines espèces d'insectes et de micromammifères, en augmentant la proportion d'habitats optimaux dans le paysage (**Rands, 1985 ; Robertson et Berg, 1992 ; Broyer, 1988 et 1994 ; Tucker et Heath, 1994**).

Terrestres, nocturnes et de petites tailles (**Duplantier et al., 1984**), les rongeurs dominent la classe des mammifères constituant presque la moitié de celle-ci (**Wilson et Reeder, 1993 ; 2005**). Ils partagent avec l'être humain tout type d'habitat terrestre (urbains, agricoles, forestiers, désertiques) et même aquatique. Cette omniprésence s'explique par leur effectifs, leur diversité et leur capacité d'adaptation, qui fait des rongeurs un puissant compétiteur de l'homme, souvent générateur de problèmes et de dégâts importants (**Dellatre et al., 1999**).

Un des rongeurs les plus abondants en Afrique du Nord, est la mérione de Shaw (**Petter Et Saint-Girons, 1965 ; Bernard, 1970 ; Kowalski Et Rzebik-Kowalska, 1991 ; Fichet-Calvet, 2013**). *Meriones shawii*, est une espèce, endémique à la région méditerranéenne caractérisé par des biotopes relativement riches en végétations (**Petter, 1961**).

Les petits mammifères font partie intégrante des écosystèmes agricoles (ou agroécosystèmes) (**Freemark, 1995**) et représentent les espèces de vertébrés responsables des dégâts très importants

pour l'agriculture (**Myllymäki, 1977**). Certaines pratiques agricoles peuvent influencer positivement les populations de rongeurs, alors que d'autres leurs sont défavorables (**Jacob, 2003**).

Cette thèse a pour but d'apporter un supplément de connaissance concernant les relations qui peuvent exister entre les rongeurs arvicoles et l'environnement dans lequel ils pullulent, outre les travaux consacré à la biologie et la morphométrie des rongeurs, peut d'entre eux se sont intéressé aux paramètres environnementales qui peuvent favoriser la pullulation et la prolifération des micromammifères agricoles.

Nous essayerons au travers de ce travail de comparer le phénomène de pullulation de *Meriones Shawii* observé ces dernière années (2015-2020) dans la wilaya de Tiaret et d'exploiter les connaissances actuelles afin de donner des hypothèses et des explications quant aux variations du taux d'infestation observé entres les différentes daïras et communes de la wilaya

Par ailleurs nous allons essayer de faire une évaluation de l'impact éventuel de la composition paysagère diversifié du territoire de la wilaya, sur la dynamique de population de cette gerbille nuisible, et éventuellement évaluer le risque qui en découle à travers une simulation cartographique du risque d'infestation au niveau communale.

A travers l'analyse de données et la mise en place d'expérimentations de terrain nous apporterons un supplément informations quant aux relations entre les populations de rongeurs arvicoles et l'environnement naturel dans lequel elles évoluent et voir l'influences des pratiques agricoles, végétation et sol sur la pullulation des mériones.

Ce travail est organisé autour de deux parties contenant plusieurs chapitres, dont une première partie qui met l'accent sur la bibliographie concernant les pullulations des rongeurs, leurs influences sur l'environnement et les dommages qu'ils causent, dans un premier chapitre. Des notions sur les rongeurs d'Algérie et la merione de Shaw dans un second chapitre.

La deuxième partie consacrée à l'expérimentation met en évidence la présentation de la région d'étude, ainsi que la méthodologie avec laquelle nous avons procédé à la réalisation de ce manuscrit, les résultats sont présentés sous différentes formes et discutés d'une manière objective qui a permis de ressortir avec des conclusions pertinentes.

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Interaction entre pullulations de rongeurs nuisibles et facteurs potentiels à leur développement

Chapitre I :

*Interaction entre pullulations de rongeurs nuisibles et
facteurs potentiels à leur développement*

1-1- Notions sur le phénomène d'invasion des micromammifères

Les Rongeurs représentent plus de 40% des espèces de mammifères appartiennent à l'ordre des Rodentia qui compte 35 familles avec 389 genres différents et à peu près 1700 espèces. Avec deux familles considérées d'importance agronomique et médicale, le *Muridae* et les Gerbillidae (**Petter et Saint Girons, 1965**).

En raison de leurs commensalisme avec l'homme, les espèces de micromammifères ont toujours suscités beaucoup d'intérêt (**Meerburg et al..2004**), pouvant présenter des dynamiques de population cyclique, caractérisé par des fluctuations de densité saisonnières (**Krebs et Myer 1974 ; Lima et Jaksic 1999**).ces dynamiques de populations peuvent provoquer des dégâts considérables dans les zones agricoles à travers le monde (**Singleton et al. 2001**)

Du sacrifice aux piégeages, arrivant en temps modernes à l'utilisation des molécules toxiques et des rodenticides (**Chadli A, 2015**) l'homme devait mettre en œuvre des moyens de lutte divers face aux dégâts occasionnés par les rongeurs.

Les activités humaines peuvent provoquer des perturbations environnementales, pouvant modifier le fonctionnement des écosystèmes et la structure du paysage (**Tylianakis et al. 2008**).les populations invasives sont constituées de Certaines espèces qui possèdent et développent des mécanismes d'adaptation leur permettant de répondre positivement à ces modifications

1-1-1 Définition

Le terme « espèces invasives » fait référence à des espèces dont l'abondance relative est localement dominante et/ou la distribution géographique est étendue (**Colautti et MacIsaac 2004**). La plupart des études font référence à des espèces exogènes. Toutefois, certaines espèces endémiques peuvent devenir envahissantes dans leur aire native suite à des perturbations environnementales (**Mooney et Hobbs 2000 ; Van Auken 2000**). Le phénomène d'invasion biologique peut donc concerner à la fois des espèces endémiques et des espèces introduites.

1-1-2- Populations invasives

La gestion des populations invasives représente un enjeu de taille pour l'écologie, l'économie, et la santé publique. Toutefois il peut s'avérer extrêmement difficile de la réaliser.

En effet, cette difficulté a été démontré par une étude récente démontre (**Russel et al. 2005**), qui consistait à capturer un rat brun libéré sur une île de 9,5 hectares. Malgré des efforts développés et

variés (pièges, chasse, pesticides), le rongeur n'a pu être capturé qu'après quatre mois de traque intensive.

D'autre part, les stratégies d'éradication s'avèrent souvent techniquement impossibles en milieu continental car les invasions biologiques sont associées avec l'expansion des milieux agricoles (**Musser et Carleton 2005**). Cela conduit souvent à utiliser des stratégies de gestion dites de « contrôle » qui consiste à limiter l'expansion (démographique et territoriale) des populations invasives pour maintenir l'impact négatif de leur présence à un seuil acceptable en termes de dégâts occasionnés.

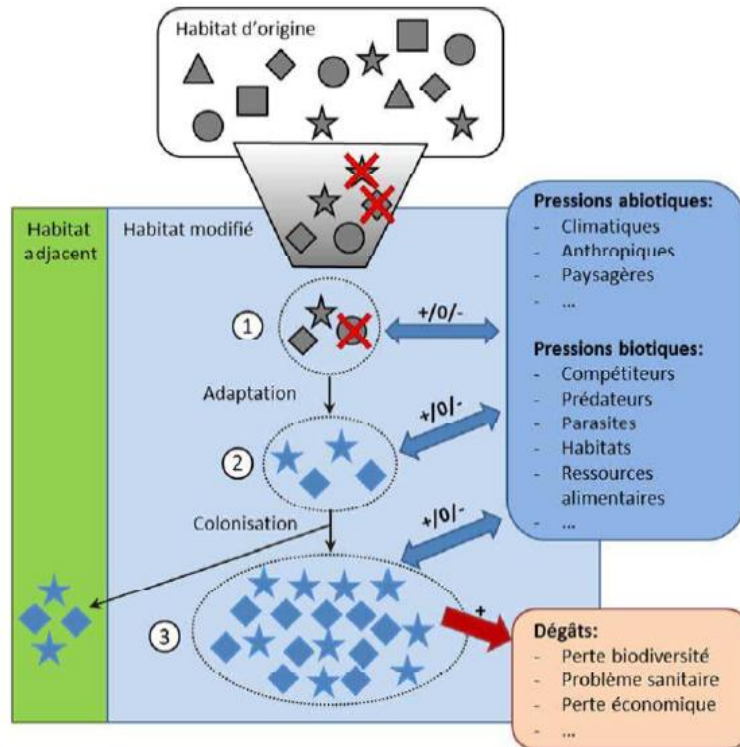
1-1-3- Processus d'invasion

Les principales étapes successives du processus d'invasion sont : l'introduction, l'établissement et l'expansion d'une population dans un nouvel environnement (**Kolar et Lodge 2001**).

Une population doit survivre à chaque étape pour se reproduire et se propager. Ainsi, elles doivent traverser plusieurs filtres représentés par des barrières géographiques, environnementales (abiotique et biotique), reproductives, de dispersion locales, et parfois des barrières climatiques (**Richardson et al. 2000**).

Le succès d'une invasion dépend des capacités d'adaptation de la population à un nouvel environnement et des pressions environnementales.

Par la « règle des dix », **Williamson et Fitter (1996)** estiment que sur 1 000 espèces importées, 100 pourront être considérées comme introduites, 10 seront réellement naturalisées et une seule deviendra envahissante (Figure 1). En d'autres termes, l'invasion dépend des caractéristiques intrinsèques de la population et des contraintes extrinsèques à celle-ci.



(1) introduction (2) établissement (3) expansion

Figure 1 : Schéma global d'un processus d'invasion biologique. (Williamson et Fitter. 1996)

1-2- Notions sur le phénomène de pullulations de micromammifère

Il est reconnu que l'une des plus grandes pressions anthropiques sur la biodiversité et les services éco systémiques qui lui sont associés est celle de l'intensification de l'agriculture (Hole et al., 2005).

L'émergence ou l'augmentation d'abondance d'espèces, qui sont devenues des pestes (fléaux) agricoles a été entraînée par l'intensification des pratiques agricoles qui a conduit à l'homogénéisation du paysage et la diminution des systèmes de rotation. En effet, dans des agroécosystèmes déstabilisés

Un certain nombre de micromammifères peuvent présenter une capacité à atteindre un fort taux de croissance de leur population et une forte compétitivité interspécifique pouvant engendrer des pullulations. (Korpimäki et al., 2004)

1-2-1- Définition de pullulation

Le phénomène de pullulation d'une espèce animale dans le temps est défini comme étant la variation statistiquement significative de son abondance entre une phase dite de basse abondance à une phase dite de forte abondance (Campbell, 1995). Ces pullulations peuvent être de nature temporelle différente à savoir absente, éruptive, épisodique ou cyclique (Figure 2) (Delattre et al., 1992).

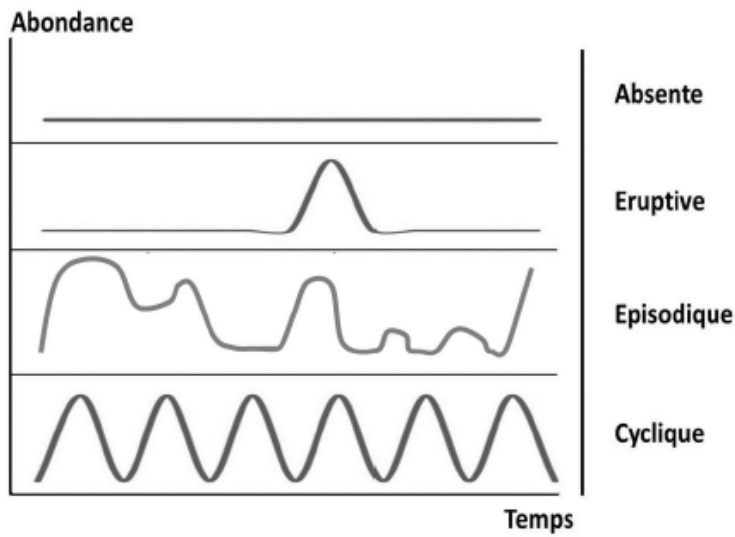


Figure 2 : Différents types théoriques de pullulations (Delattre et al., 1992).

Delattre et Giraudoux, 2009 ont suggéré une autre définition plus socio-économique de la pullulation qui ne correspond pas forcément à une variation significative de l'abondance mais plus à un niveau d'abondance toléré par l'homme (par exemple les agriculteurs).

Un phénomène de propagation spatiale de la pullulation peut être observé soit de manière isolée soit sous forme de vague voyageuse, ou l'organisation spatiale des différents sites présentant un phénomène de pullulation cyclique va s'organiser selon un certain gradient géographique et une vitesse de propagation déterminé par le rapport entre la surface occupée par chaque groupe d'individus et la durée de leur cycle de pullulation (figure 3) (Sherratt, 2001; Sherratt et Smith, 2008; Berthier et al., 2013).

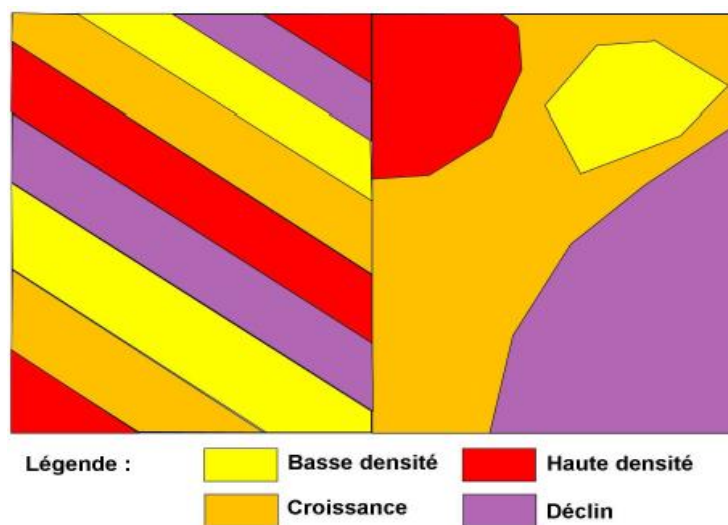


Figure 3 : Représentation d'un fonctionnement en vague voyageuse d'une population cyclique (gauche) et d'une population cyclique sans organisation en vague voyageuse (droite) d'après Sherratt et Smith (2008).

1-2-2- Facteurs influençant sur les pullulations

la variation d'abondance dans le temps pour une population de micromammifères va principalement dépendre de son taux d'accroissement (**Krebs, 2013**), et plus particulièrement des facteurs intrinsèques (capacité à se reproduire (**Hansson et Henttonen, 1985**), et extrinsèques : prédation (**Erlinge et al., 1983**), parasitisme, conditions météorologiques (**White, 2011**), disponibilité alimentaire (**Jareño et al., 2015**)) à la population et des relations complexes qui peuvent exister entre ces différents facteurs.

Les pullulations de micromammifères peuvent également être liées aux conditions climatiques telles que les précipitations (**Stenseth et al., 2003; Zhang et al., 2003; Ims et al., 2011**). Ainsi, **White (2011)** a montré que dans les zones sub-Arctique, l'altération de la cyclicité des populations de campagnols agreste (*Microtus agrestis*), de campagnol roussâtre (*Clethrionomys glareolus*) et de campagnol de Sundevall (*Clethrionomys rufocanus*) pouvait être reliée à une augmentation des températures hivernales et donc à des périodes d'enneigement plus courtes.

Globalement, il apparaît que le cas de pullulations de micromammifères en relation avec des données climatiques sont mondialement connus dans la littérature scientifique (tableau 1).

Tableau 1 : Localisation d'exemples de lien entre pullulations de micromammifères et conditions climatiques dans le monde.

1- Jareño et al; 2015 (Europe)	6- Zhang et al ; 2003 (Asie)
2- Cornulier et al ; 2013 (Europe)	7- Krebs et al ; 2004 (Australie)
3- Gilg et al ; 2009 (antarctique)	8- Stenseth et al ; 2003 (région sud-africaine)
4- Gilg et al ; 2012 (antarctique)	9- Andreo et al ; 2009 (Amérique du Sud)
5- Hansson et Henttonen, 1998 (Asie)	10- Hone et al ; 2001 (Amérique du Nord)

L'hypothèse d'un lien complexe entre précipitations, ressource alimentaire et survie des rongeurs est avancée par **Lima et al., 2002; Krebs et al., 2004** qui annoncent l'existence d'une relation positive entre le niveau des précipitations et l'existence de pullulation de rongeurs dans les milieux semi-arides .

L'intensification et/ou la spécialisation agricole est aussi mise en cause dans le phénomène de pullulation peuvent éventuellement favoriser les populations de micromammifères par :

1 – augmentation de la disponibilité en ressources alimentaires (**Parshad, 1999**),

2 – modification de la composition et la structure paysagère influant les communautés de prédateurs ou modifiant les barrières naturelles qui jouent un rôle important dans la régulation des populations des micromammifères (Michel *et al.*, 2006, 2007; Falk *et al.*, 2011; Fernex *et al.*, 2011).

Ainsi, la plupart des études montrent que les zones agricoles présentant des paysages et une occupation du sol homogènes présentent une diversité taxonomique très faible mais de gros effectifs (Monadjem, 1999; Arlettaz *et al.*, 2010). Tandis qu'un paysage et une occupation du sol fragmentés et diversifiés sont favorables à la diversité de la communauté de micromammifères (Sutherland *et al.*, 2014).

1-3- Relation entre la dynamique de population et l'environnement

1-3-1- Dynamiques de population de micromammifères

En raison de leur commensalisme avec l'Homme, les rongeurs suscitent beaucoup d'intérêt, du fait qu'ils peuvent être vecteurs de nombreux parasites et nuire aux cultures de par leur reproduction élevée (Meerburg *et al.*, 2004).

Les fluctuations de densité saisonnières et pluriannuelles résultant des dynamiques de population cycliques chez de nombreuses espèces se décomposent en quatre phases successives (figure 4) (Elton, 1924 ; Krebs & Myers, 1974 ; Taitt & Krebs, 1985) et peuvent provoquer des dégâts considérables dans les zones agricoles (Singleton *et al.*, 2001) et peuvent favoriser la transmission de pathogènes nuisibles à l'homme (Gratz, 1997 ; Delattre *et al.*, 1999).

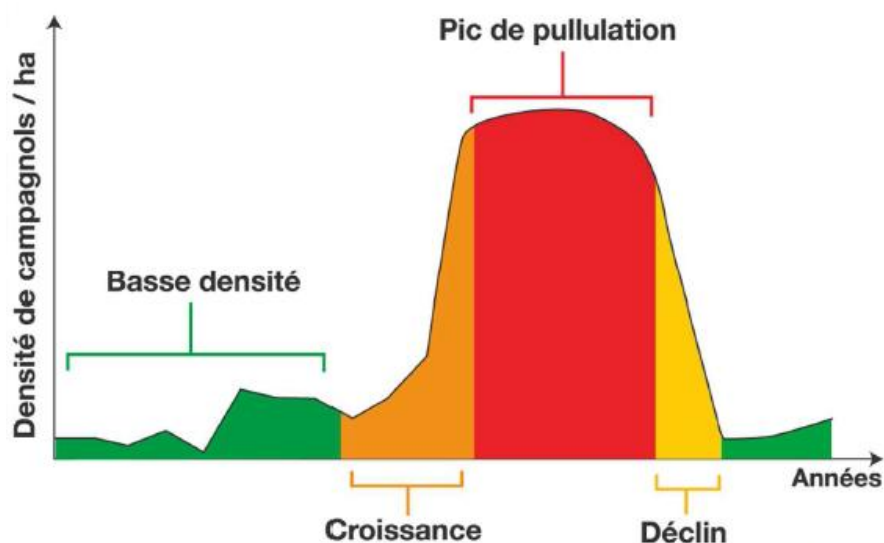


Figure 4 : Cycle de pullulation à fluctuation pluriannuelle

1-3-2- Hypothèses explicatives de la dynamique de population

Les chercheurs ont mis à jour une grande diversité de dynamiques de population et ont émis de nombreuses hypothèses explicatives du phénomène de fluctuation de densité de rongeurs, et l'irrégularité des pullulations (tableau 2)

Différentes théories ont été proposées et les facteurs généralement mis en cause sont les propriétés intrinsèques des populations et leurs interactions trophiques sous la dépendance de facteurs extrinsèques tels que le climat, l'offre en nourriture, les maladies et la prédation. (Figure 5).

Le but ici n'est pas de décrire les possibles causes des cycles de population de micromammifère mais de présenter les différentes dynamiques de population observées et leurs principales caractéristiques, ainsi que les principaux facteurs mis en cause dans les hypothèses explicatives

Tableau 2 : Présentation des principaux types de dynamique de population de micromammifère (adapté de **Hansson, 2002 et Korpimaki et al., 2004**).

Type de dynamique	Facteur d'amplitude	Périodicité (années)	Localisation géographique	Extension spatiale (Km)	Référence bibliographique
Stable	<10	Irrégulier	Régions tempérées	Majorité des habitats tempérés	Yoccoz et mesnager, 1998
Dépendante du climat et de la ressource	De 10 à 100	De 6 à 9	Foretsde feuilles, désert, décharges	De n x 10m à n x 2000 Km	Pucek et al, 1993
Cyclique	De 100 à 1000	De 3 à 5	Paysage homogenes sub-arctique et boréaux	n x 2000 Km	Henttonen et al, 1987 Hanson, 1999
Vague voyageuse	De 10 à 1000	De 3 à 6	Foret arctique et boréales, régions tempérées	De n x 50 Km à n x 100 Km	Teivanen, 1979 Delattre et al, 1996 Giraudoux et al, 1997 Fichet-Calvet et al, 2000 Lambin et al, 1998

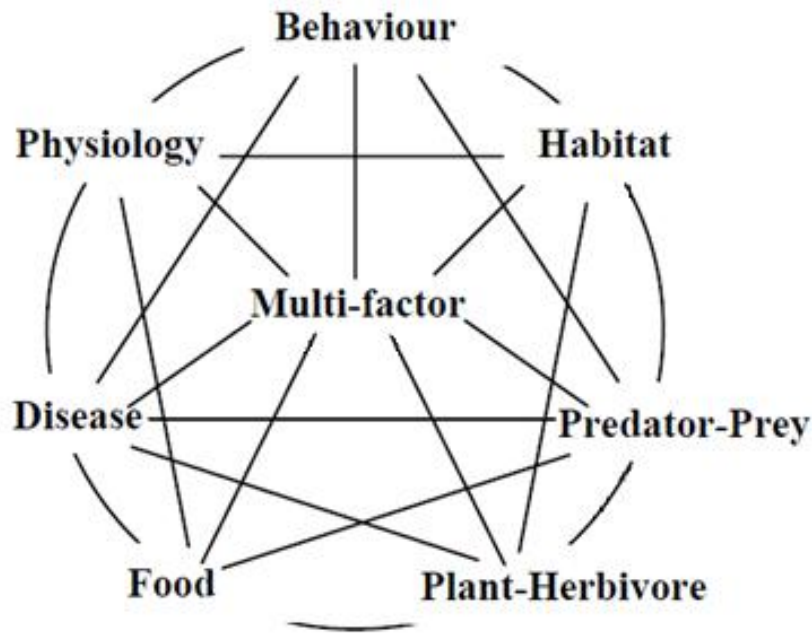


Figure 5 : Présentation des interactions entre les principaux facteurs mis en cause dans les hypothèses explicatives

Source : Lindstrom *et al.*, 2001 et Korpimaki *et al.*, 2004

La figure démontre l'impossibilité de conclure à une seule cause responsable des cycles de population, en raison des interactions possibles entre les facteurs de régulation, **Korpimaki *et al.*, 2004** supposent que les parasites et les maladies peuvent rendre des individus sous-alimentés plus vulnérables à la prédation. D'autre part, **Duhamel *et al.*, 2000** suggère que l'amplitude des fluctuations ne dépend pas seulement de l'espèce de rongeur considérée mais aussi de la localisation géographique du phénomène observé car différentes espèces de micromammifère occupent des environnements très différents et des réseaux trophiques complexes (impliquant ressources, compétiteurs et prédateurs). Alors que dans les écosystèmes plus complexes d'Europe tempérée (Europe centrale et de l'Ouest), les cycles de population ne semblent pas être causés par un seul facteur mais pourraient être expliqués par plusieurs facteurs de régulation hiérarchisés dans l'espace et le temps (**Lidicker, 2002 ; Fedriani *et al.*, 2002 ; Hansson, 2002**).

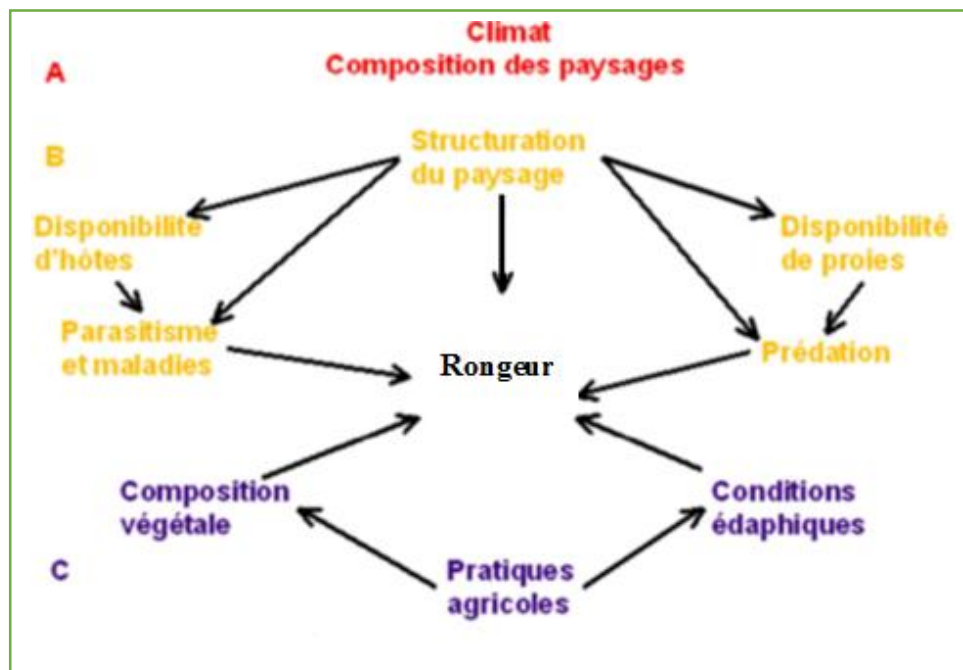
1-4- Relations entre les rongeurs nuisibles et l'environnement

Les micromammifères sont un maillon très important des réseaux trophiques des prairies (**Schmidt et Olsen, 2003**), parce qu'ils constituent la ressource alimentaire principale de nombreux prédateurs (rapaces et mammifères) (**Jacob, 2003**). Le sol et la végétation composent leur habitat, leur procurant nourriture et abri. Les interventions humaines, essentiellement liées aux pratiques

agricoles, peuvent avoir un impact considérable sur les populations de micromammifère, en modifiant leur habitat.

Ces trois composantes sont en interaction permanente par des relations fonctionnelles complexes. La végétation d'une prairie dépend du climat, de l'altitude et de son exposition, conditions qui sont modulées par la nature du sol et par son mode d'exploitation agricole.

Le schéma suivant représente l'interaction des plusieurs paramètres influençant directement sur la prolifération des micromammifères



(A) à l'échelle régionale, (B) à l'échelle communale, (C) à l'échelle parcellaire

Figure 6 : Interaction entre un rongeur et les éléments de son environnement

1-4-1- Interactions entre les rongeurs et la végétation

La végétation peut être définie comme l'ensemble des communautés végétales présentes dans un territoire donné (Gobat *et al.*, 1998).

Le terme de végétation peut désigner les propriétés de cet ensemble, d'un point de vue quantitatif (production primaire, richesse et diversité des espèces végétales) ou qualitatif (composition botanique, physiologie et morphologie des espèces végétales). Il peut également désigner la structure du couvert végétal, qui dépend de la hauteur et de la densité que lui confèrent la répartition et la physiologie des espèces végétales qui le composent.

La végétation ne peut pas expliquer à elle seule les dynamiques de population de micromammifère, cependant, la quantité et la qualité de la ressource nutritive végétale, ainsi que le couvert végétal peuvent jouer un rôle important dans les interactions entre micromammifères et végétation (**Birney et al., 1976 ; Taitt et Krebs, 1985**).

En consommant les végétaux, les rongeurs herbivores peuvent fortement influencer la production primaire. En effet, la pression qu'ils exercent sur les plantes peut fortement influencer :

- Quantité et disponibilité de la ressource nutritive végétale
- Qualité de la ressource nutritive végétale
- Structure du couvert végétal

1-4-2- Interactions entre les rongeurs et le sol

Le sol est un facteur important pour les micromammifères fouisseurs puisqu'il constitue leur habitat mais aussi leur lieu de prélèvement de nourriture. Ses propriétés physiques peuvent constituer une contrainte à la mise en place des galeries (pénétrabilité) et à leur maintien (stabilité).

Par ailleurs, l'activité de fouissage des rongeurs peut avoir un impact important sur la structure du sol. En effet, le creusement de galeries contribue à l'aération et au drainage du sol mais aussi au mélange des horizons et à la redistribution des sels minéraux, de plus, les rejets de terre en surface ne constituent un milieu favorable à la germination des graines et ainsi à la régénération de la végétation (**Andersen, 1987**). Enfin, les déjections et la décomposition des cadavres de rongeurs enrichissent le sol en éléments nutritifs (**Kopp, 1993**).

1-4-3- Interactions entre les rongeurs et les pratiques agricoles

Le mode d'exploitation des prairies peut agir sur la reproduction et la survie des populations de micromammifère en modifiant leur habitat (**White et al., 1998**). En Allemagne, **Jacob** et son équipe (**2001 ; 2003**) ont étudié les effets à court terme des pratiques agricoles sur les populations de campagnol des champs (*Microtus arvalis*). Pour cela, ils ont estimé les densités de campagnol par piégeage, un mois avant et un mois après l'application individuelle de 6 pratiques différentes. Ils ont ainsi pu mettre en évidence un gradient de perturbation, d'intensité et de durée croissantes, allant de la coupe du couvert végétal (par le paillage, la fauche et la moisson), en passant par le pâturage, jusqu'au travail du sol (par le hersage et le labour)

Les impacts des différentes pratiques se traduisent par leurs actions sur la structure de l'habitat et sur la disponibilité des ressources nutritives végétales des rongeurs, Ainsi, le travail du sol (hersage ou

labour) et le piétinement par le bétail dans les pâtures détruisent les galeries souterraines et le couvert végétal protecteur (**Jacob, 2003**). A l'inverse, des coupes répétées, souvent associées à des apports d'engrais importants, favorisent le cycle des éléments nutritifs (**Fedoroff et al., 2005**) et donc la production primaire, ressource nutritive des rongeurs.

1-5- Influence des pullulations de rongeurs sur l'environnement

L'étude des pullulations de ces micromammifères revêt un intérêt pluridisciplinaire car Parmi les domaines considérés, on peut citer l'économie agricole en raison des pertes de production imputées dans de nombreux endroits de la planète (**D'Andrea et al., 2007; Sluydts et al., 2009; Singleton et al., 2010; Fraschina et al., 2012**) .

En effet, les dommages causés aux productions agricoles liés aux pullulations de micromammifères est un processus qui revêt une importance vitale pour nombre de populations humaines des pays pauvres et émergents (**Mwanjabe et al., 2002; Singleton, 2003; Singleton et al., 2005; Meerburg et al., 2009; Monadjem et al., 2011**).

Ces fléaux agricoles ont un coût économique et environnemental, directement lié au contrôle de ces dernières (**Schreinemachers et Tipraqsa, 2012**), car l'utilisation de rodenticides pose la question de l'impact de ces traitements sur la faune non-cible et les populations humaines lors des transferts de contaminants (**Berny et al., 2010; Gabriel et al., 2012; Jacquot et al., 2013; Coeurdassier et al., 2014; López-Perea et al., 2015**) .

Enfin, la capacité des micromammifères à pulluler en fait des espèces importante dans le fonctionnement des agroécosystèmes en tant que réservoir d'agents pathogènes et de bactéries (**Wang et al., 2010; Decors et al., 2011; Guerra et al., 2014; Mayer-Scholl et al., 2014**) ou comme maillon essentiel des réseaux trophiques, notamment comme ressource alimentaire de la communauté de prédateurs (**Hanski et al., 2001; Ekerholm et al., 2004; Korpimäki et al., 2004**).

Ainsi, **Coeurdassier et al. (2012)** soulignent le fait que les pics de pullulations de rongeurs représentent une ressource alimentaire essentielle pour les communautés des prédateurs. ainsi, certaines espèces de prédateurs se trouvent menacées du fait du déclin des populations de micromammifères, et certaines ne peuvent se maintenir qu'en cas de présence de proies spécifiques, ou dans les zones où la densité restent élevées (**Delibes-Mateos et al., 2008**).

De ce fait le maintien des populations de micromammifères est un enjeu majeur dans la préservation des écosystèmes naturels.

1-5-1- Dommages causés par les rongeurs

1-5-1-1- Dégâts matériels

Les rongeurs peuvent endommager toutes sortes de matériel stocké (livres, vêtements,...), ils peuvent circuler dans l'isolation des bâtiments, ronger les tuyaux de gaz, les câbles électriques et leur isolation et ainsi augmenter les risques d'incendie.

Aux Etats-Unis les coûts de ces dégâts sont estimés à 8 millions de dollars par an (**United States Environmental Protection Agency 2008**)

Par ailleurs, certaines espèces de rongeurs fouisseuses, au Canada, en Europe et aux Etats-Unis et même en Asie du Sud, endommagent les barrages, les canaux d'irrigation et les structures de contrôle des inondations (**Tobin et Fall 2004 ; Quéré et Le Louarn 2011**). Ces dégâts sont difficilement chiffrables mais ils constituent une menace potentielle pour les cultures, les habitations et donc pour les vies humaines (**Tobin et Fall 2004**).

1-5-1- 2- Transmission des maladies

Les rongeurs sont porteurs de plus de 60 zoonoses (maladies et infections qui se transmettent naturellement entre les animaux vertébrés et l'homme) (**Singleton et al. 2010**).

La peste, par exemple, qui a causé la mort de dizaines de millions de personnes au cours de 3 pandémies ; est un bacille (*Yersinia pestis*), véhiculé par des puces entre les rongeurs (notamment le Rat noir (*Rattus rattus*) et les hommes, (**Quéré et Le Louarn 2011**).

Les zoonoses peuvent également être transmises directement entre les rongeurs et les hommes : par contact (morsure) ou par l'environnement (eau, air, aliments souillés par les déjections contaminées des rongeurs). Ainsi, la leptospirose (dont les rongeurs des rizières en sont un réservoir) a entraîné dans le Nord-Est de la Thaïlande, des centaines de morts de 1996 à 2003 (un pic de 14 285 cas enregistrés en l'an 2000 dont 362 mortels) La plupart des cas concernaient des agriculteurs, ce qui a eu des conséquences sur les communautés rurales et urbaines de la région (**Meerburg, Singleton et Kijlstra 2009**). Les rongeurs peuvent par ailleurs intervenir dans la transmission des maladies au bétail (paratuberculose, salmonellose et cryptosporidiose) en souillant la nourriture du bétail de par leurs excréments (**Daniels, Hutchings et Greig 2003**).

Le contrôle chimique des populations rongeurs permet de limiter la transmission des maladies dont ils sont vecteur ; aux USA Le nombre de cas de typhus murins humains a par exemple été considérablement réduit par l'amélioration des conditions sanitaires, ainsi que par le contrôle chimique des populations de rongeurs hôtes de la bactérie responsable de cette maladie (**U.S. Environmental Protection Agency 2006**).

1-5-1- 3- Espèces invasives

Les rats font partie des espèces de rongeurs invasives les plus préoccupantes (**Towns, Atkinson et Daugherty 2006**). Ils ont colonisé environ 80 % des îles du monde où ils peuvent, après leur introduction et en raison de leur omnivorie, représenter une vraie menace pour une grande variété de taxons (plantes, invertébrés, reptiles, mammifères et oiseaux ;(**Howald et al. 2007**). Ils constituent ainsi une des cibles principales des campagnes d'éradication ; en Europe, 67 % des campagnes d'éradication d'espèces invasives visaient les rats (**Genovesi 2005**).

La plupart des programmes de gestion des espèces invasives qui ont réussi, impliquent des moyens de contrôle chimiques (seuls ou associés à des méthodes mécaniques ou physiques), Les pesticides peuvent être, dans certains cas, le seul moyen de contrôle des espèces invasives disponible (**Simberloff ; 2009**). Ainsi, **Howald et al. (2007)** ont recensé à travers le monde 332 campagnes où les rongeurs ont été éradiqués avec succès et les rodenticides ont été utilisés pour 330 d'entre elles.

1-5-1- 4- Pestes agricoles

Les pestes agricoles (insectes, maladies, adventices, animaux vertébrés) causent la perte d'environ 40 % de la production alimentaire mondiale avant récolte, et 20% Après la récolte (pendant le transport et le stockage) (**Pimentel 2007**).

Oerke (2005) estime que sans les pesticides, 70 % des récoltes seraient perdues à cause des pestes, par ailleurs, les travaux de **Pimentel (2007)** ont montrés que les rongeurs causent la perte de 11 kg de nourriture par personne ce qui correspondrait au produit national brut combiné des 25 pays les plus pauvres.

Selon **Meerburg, Singleton et Leirs (2009)** Une réduction de 5 % des pertes dues aux rongeurs permettrait de nourrir 280 millions de personnes soit 34 % des personnes en sous-nutrition dans le monde.

- dans le monde :

Dans le sud asiatique, les rongeurs se classent au sommet des ravageurs durant la pré-récolte, ainsi, En Indonésie le Rat des rizières *Rattus argentiventer*, causent la perte de 15 % des récoltes de riz, en malaysie cette perte est estimé à 5% (**Stenseth et al. 2003**).

Dans certaines régions comme : Bangladesh, Laos Myanmar, Vietnam, et quelques regions de l'inde, beaucoup d'agriculteurs s'abstiennent de planter une seconde ou une troisieme riziere par creinte d'une invasion massive de rongeur, c'est une perte qui n'a jamais été prise en consideration (**Meerburg et al. 2009**).

Pour avoir une idée concrète sur l'ampleur de ces chiffres, une perte de 6% en Asie équivaux à suffisamment de riz pour nourrir 220 million de personnes (**Singleton ; 2003**).

En Europe, environ 8,5% des surfaces cultivées de blé durant l'année 2007 en ont été affectées par le Campagnol des champs et dans la zone affectée 11% des récoltes ont été perdues (Singleton *et al.* 2010).

Tandis qu'en France, Le Campagnol terrestre sous sa forme fouisseuse (*Arvicola terrestris* scherman) à causer des pertes entre 30 et 80 % de la production annuelles dans les parcelles touchées en Franche-Comté (**Quéré et Le Louarn 2011**).

Pertes forestières :

Les dommages forestiers causés par les rongeurs peuvent être substantiels ; notamment dans les plantations (**Carouille et Baubet 2006**). Par exemple en Allemagne les dommages annuels causés par le Campagnol terrestre aux parcelles de reforestation sont estimés à 1,4 millions d'euros et ceux causés par cette espèce aux arbres fruitiers s'élèveraient à plusieurs millions d'euros (**Singleton et al. 2010**).

Les pertes occasionnées par les rongeurs aux USA au niveau des stocks des céréales peuvent atteindre 19 millions de dollars chaque année (**Pimentel et al., 2000**).

D'une manière générale, des estimations récentes montrent que Presque 280 million de personnes sous alimentés pouvaient bénéficier des pertes dues aux rongeurs avant et après les récoltes (**Meerburg et al. 2009**).

- En Afrique et en Algérie :

Les informations sur l'Afrique sont moindre et usuellement orientées vers les dégâts sur les champ (**Bekele et al., 2003; Mulungu et al., 2003**).

Nous pouvons tout de même citer qu'en Tanzanie, les ravages du rongeur *Mastomys natalensis* ont entraîné des pertes estimées entre 5% et 15% de production nationale de maïs (**Skonhofs et al., 2006**)

Au Benin, quelques enquêtes ont été menée sur les condition de stockage des aliments, et sur les perte des graines stockées après récolte (**Arouna et al., 2011; Togola et al., 2013**).

Au Nigéria, les rongeurs entraînent jusqu'à 80 % de pertes dans la production d'huile de palme (**Tobin et Fall 2004**).

Pour l'ensemble des pays du Maghreb, Plusieurs espèces de rongeurs champêtres constituent des ravageurs notables de cultures et de pâturages. En dépit du fait que les dégâts imputables à ces rongeurs n'aient pas, à ce jour, fait l'objet d'évaluations précises, il est établi que plusieurs espèces, sont concernées à des degrés divers (**Zaïme et al. 1988**), Les dégâts les plus importantes sont ceux infligées à la céréaliculture et aux cultures maraîchères.

En Algérie plusieurs rongeurs nuisibles constituent une contrainte sérieuse à la productivité agricole, une attention particulière est orientée vers la gerbille *Meriones shawii* (**Adamou-Djerbaoui, 2010 ; Adamou-Djerbaoui et al. 2010**), du fait de son implication dans les dommages occasionnés à l'agriculture notamment les cultures céréalières (**Chadli. 2015**).

Selon l'Institut de protection des végétaux d'Algérie, les superficies agricoles infestées par ce rongeur été estimées à 400 000 ha en 2005 (**INPV, 2006**).

Ses pullulations diminuent ainsi la qualité et la quantité des récoltes, entraînant de fortes pertes économiques pour les agriculteurs. Par exemple, en 2004, une année de pic de pullulation, les pertes ont été chiffrées à plus de 5000 ha pour 548 exploitations au sud de la wilaya de Constantine (**INPV, 2006**).

Par ailleurs, Il faut savoir aussi que ce rongeur détruit plus qu'il ne consomme, car il a été prouvé que sur une tonne de blé, dix individus peuvent en consommer à eux seuls jusqu'à 6%. Mais le plus étonnant c'est sa capacité d'en contaminer 70% par ses urines, ses excréments et ses poils (**Bachar. 2015**).

Chapitre II :

Notions sur les rongeurs et Meriones Shawii en Algérie

2-1- Notions sur les rongeurs en Algérie

2-1-1- Définition d'un rongeur

Avec presque 50% l'ordre des rongeurs forme la plus grande population de la classe des mammifères (**Wilson et al. 1993**). Ces animaux sont généralement terrestres nocturnes et de petite taille avec certaines exceptions (**Duplantier et al. ,1984**).

Le caractère de rongeur est dû à la morphologie de leurs mâchoires et de leurs dentition, ce sont des mammifères plantigrades de formes et de dimensions diverses, caractérisés par une dentition qui ronge les aliments composée de deux paires d'incisives, à croissance continue et de structure émaillée, avec absence de canines, un long diastème éloignant les incisives des dents jugales (**Delamare, 1973**).

Dans les biotopes désertiques les rongeurs sont les vertébrés dominants et les plus répondeu. Ces vertébrés sont très adaptés à leur écosystème par des mœurs comportementales telles que des terriers où règnent des microclimats adéquats et rythme d'activité typique, tout en présentant des adaptations d'ordre physiologiques et anatomiques (**Amiret et al. ,2003**).

2-1-2- Types de rongeurs

Les rongeurs appartiennent à l'ordre des Rodentia qui comptent 35 Familles avec 389 genres différents à peu près 1700 espèces, Constituant les 50% des espèces de mammifères connues dans le monde. Ils sont présents dans tous les milieux terrestres. Les rongeurs sont classés en plusieurs groupes.

-Les rongeurs domestiques : Ils vivent avec l'homme dans son habitat et affectent sa nourriture, ses ustensiles et sa propre santé. Les plus connues de ces espèces sont *Rattus rattus* et *Mus musculus* (**Teka et Holou , 2002**).

-Les rongeurs commensaux : Ils vivent aux voisinages des maisons et s'y nourrissent. Ils sont en permanente relation avec l'homme et les animaux domestiques, Ce qui favorise la transmission des maladies microbiennes et parasitaires. Exemple : *Rattus norvegicus* et *R. Frugivorus* (**Ameur, 2003**).

-Les rongeurs des champs : parcourent les champs et les plaines voisines en ravageant les cultures installées .Exemple : *Meriones shawi*.

-Les rongeurs sauvages : Ces derniers sont indépendants de l'homme et présentent des hôtes de toutes sortes de parasites pour les animaux qui pâturent dans leurs écosystèmes (bovins, ovins et camelins). (**Ameur, 2003**).

2-1-3- Lutte contre les rongeurs

La lutte contre les rongeurs est adoptée par l'homme depuis l'antiquité. Les moyens classiques employés étaient les pièges et le poison, cependant l'utilisation des poisons est néfaste pour l'homme et les animaux d'élevage, et sont déconseillés vue leurs atteintes à l'environnement et à la santé de l'homme.

Cependant la lutte biologique contre les rongeurs nuisibles est très importante pour protéger la santé humaine et éviter des pertes économiques (**Arroub , non daté**).

2-1-3-1- Lutte préventive

Consistant à lutter contre les rongeurs anthropophiles pullulant dans les bâtisses de l'homme et visant à détruire les nids de ces animaux. Des mesures d'ordre et de propreté, jointes à l'emploi judicieux de matériaux durs (grillage, métal en plaque, ciment lisse, etc...) tentant ainsi à transformer le milieu hostile pour ces rongeurs. Ces techniques sont très efficaces contre le surmulot, le rat noir et même la souris domestique, néanmoins leurs applications est compliquées.

- **Hygiène**

Ces mesures sont indispensables pour réduire les abris et les sources de nourritures accessibles aux rats. Elles sont aussi compliquées dans les habitats que dans les champs et cultures (**Arroub, non daté**). Le contrôle des populations de rongeurs dans le milieu urbain est si difficile du fait de l'infestation permanente par les rongeurs sauvages ou commensaux des zones de cultures agricoles voisines.

- **Méthodes mécaniques**

Consiste à la mise de bandes métalliques autour des arbres fruitiers et ornementales et le choix de pièges adéquats, malheureusement l'emploi de ces techniques est limité, à cause de leur faible efficacité (**Toussaint, 1990**).

L'effet mécanique de certains outils (charrue, déchaumeuse...) inflige une forte mortalité chez les rongeurs, de même qu'à travers l'incinération des pailles et chaumes : en rendant le milieu inhospitalier (par diminution des réserves alimentaires, suppression des abris, et refuges...)

-L'élimination rapide des chaumes et repousses après récolte et l'enlèvement des pailles

- l'entretien des prairies et la remise en culture de terres en friches (**Greaves, 1985**).

2-1-3-2- Lutte physique

- **Piégeage :**

Les rongeurs ont un comportement différents face aux techniques de piégeage, Il y a ceux qui se piègent aisément (le Campagnol des champs, le mulot), d'autres ne s'attrapent que si on tient

compte de leurs mœurs particuliers, tel est le cas du surmulot et du Rat noir en raison phénomènes de néophobie et de méfiance qu'ils utilisent. Aussi, le piégeage n'est efficace que contre quelques rares espèces, **Le Louarne et al. ,1977** souligne qu'il est très efficace de piéger le campagnol terrestre par manque de meilleur procédé.

- **Colmatage :**

Cette technique est très utile pour connaître les effectifs de rongeurs nuisibles sur les parcelles de diverses cultures. Elle consiste à compter les terriers sur une surface donnée, à les reboucher légèrement, et à dénombrer les issues rouvertes après 48h qui représentent les terriers actifs (**Arroub ,non daté**).

2-1-3-3- Lutte biologique

- **Cultures microbiennes**

Les épizooties spécifiques réalisées et qui décimerait les populations de rongeurs était une idée révolutionnaire. Cependant, les études effectuées ont montrés certaines difficultés de réalisations mettant en jeux ces techniques (**Faurie, Ferra, Medori P., Deuaun, Hemptinne, 2003**). La France et L'U.R.S.S. sont à l'heure actuelle. Les deux seuls pays à autoriser l'utilisation raticide de cultures microbiennes spécifiques. La souche utilisée en France sous le nom de « virus Pasteur » (anciennement « virus Danisz ») n'est appliquée que dans les bâtiments contre le surmulot et la souris grise.

- **Prédateurs**

Les prédateurs généralistes et spécifique sont utiles contre les rongeurs nuisibles, ces derniers étant les proies favorite pour ces prédateurs (Vipère à cornes, Fennec, Rapaces, Renard Famélique. Chat des sables. Grand-Duc Ascalaphe. Chouette Chevêche, Vipère des sables, Chacal, Faucon) (**Biche, Sellam, Yahiaoui et Lebois, non date**).

2-1-3-4- Lutte Chimique

- **Appâts empoisonnés**

Cette technique est efficace mais inadéquate pour les écosystèmes, elle peut induire à des changements irréversibles aux seins de l'environnement. Le choix du poison, de l'appât, du dosage adéquat et la méthode de présentation des appâts empoisonnés, sont autant de problèmes à résoudre pour toutes les espèces.

De ce fait, L'intervention chimique contre les deux espèces les plus nuisibles au Maroc (le mérione de Shaw et la gerbille champêtre) s'effectuent généralement au moment convenable.

Les rodenticides incorporés à des appâts les plus utilisés sont classés parmi les composés à toxicité chronique. Les raticides chroniques sont pour la plupart des anticoagulants dont la matière active la plus utilisée est la Bromadiolone.

Ces campagnes de lutttes collectives sont mises en œuvre avec la mobilisation du plus grand Nombre d'usagers, qui peuvent également s'approvisionner en doses de raticide en fonction de leurs besoins.

- **Gaz toxiques**

Plusieurs méthodes qui se basent sur l'injection de gaz toxiques aux ouvertures des terriers actifs s'avèrent très efficaces et qui utilisent certains gaz tels que : acide cyanhydrique, anhydride sulfureux, sulfure de carbone, etc.... (**Duplantier et Quere ,2007**).

Cependant toutes ces pratiques de lutte reste relativement insuffisante face aux proliférations de ces mammifères ravageurs et réservoirs de zoonoses dans le monde, il faut procéder à des études et recherches de haute performances afin d'assurer un certain control des populations existantes.

2-2- Notions sur la merione de Shaw

2-2-1- Description de *Meriones shawii*

La mérione de Shaw est l'espèce la plus grande du genre *Meriones*, c'est une espèce qui fréquente des biotopes relativement humides. Les Mériones sont des rongeurs de la taille d'un rat qui possède une fourrure épaisse et soyeuse (**Aulagnier et Thevenot, 1986**) le plus souvent, de couleur adaptée au sol, autrement dit ; un pelage roux au niveau dorsal et blanchâtre au niveau ventral (**INPV, 2017**).

Il s'agit d'animaux dont les dimensions varient de celles d'un rat à celles d'une souris (**Petter et Saint-Girons, 1965 ; Bernard, 1977**) , Les Mériones adultes mesurent de 9 à 18 cm avec une queue égale ou légèrement plus longue que le reste de l'animal (**Corbet et Hill, 1992 ; Nowak, 1999**) se terminant par un pinceau de poils, les pattes postérieures sont plus longues que les pattes antérieures ce qui leur permet une course rapide sur un sol sablonneux et la possibilité de sauter. Leurs poids varie considérablement selon les espèces mais se situe généralement entre 30 et 100 grammes.

Les Gerbilles sont caractérisées par des yeux globuleux et des Oreilles à l'extrémité pigmentée. Ils ont de fortes griffes avant qui sont utilisés pour creuser leurs terriers.

Les membres du genre vont du social au plutôt solitaire. Même chez les espèces solitaires, les domaines vitaux se chevauchent souvent. Les femelles donnent naissance à 1 à 12 petits après une période de gestation d'environ 20 à 30 jours (**Nowak, 1999**).

Ils sont fousseurs et la plupart vivent enfouis dans des terriers où ils sont protégés durant le jour échappant aux températures extrêmes.

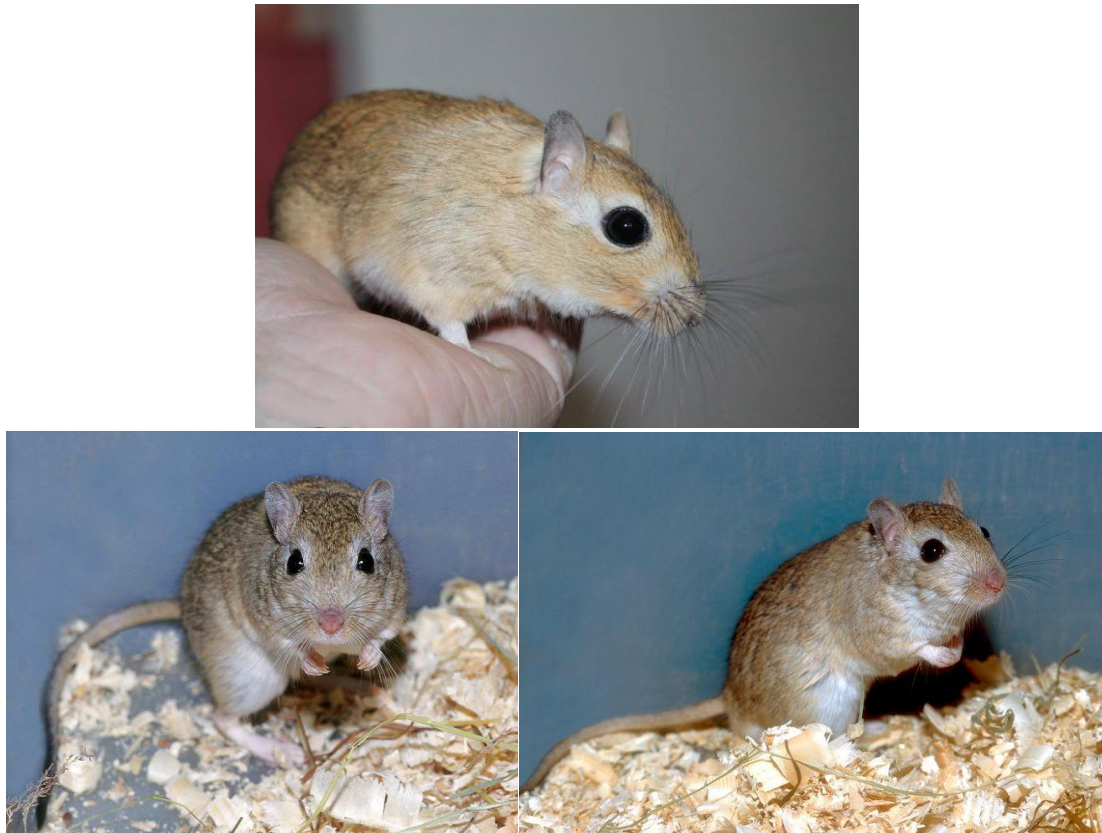


Figure 7 : *Meriones shawii* (I.N.P.V Tiaret)

2-2-2- Systématique

Les rongeurs ont une distribution géographique naturelle qui couvre le monde entier (Aulagnier et Thevenot, 1986). ils constituent le plus grand ordre de mammifères tant par le nombre des espèces que par les effectifs des populations.

Cet ordre est également le plus diversifié, si on doit tenir compte des caractéristiques morphologiques, des aptitudes physiques ainsi que des différents milieux qu'occupent ces animaux (Ouzouit, 2000). La classification des rongeurs repose surtout sur des caractères morphologiques tels que les mensurations corporelles, la dentition, la forme et la structure du crâne et la perforation correspondant au passage de l'artère méningé et autres caractères du pelage (Le Berre, 1990).

Selon Barreau et al. (1991) la détermination des Rodentia est faite suivant trois critères. Le premier s'appuie sur la forme de la partie postérieure de la mandibule. Le deuxième concerne les détails de la plaque zygomatique et des bulbes tympaniques du clavarium. Enfin le troisième porte sur le dessin de la surface d'usure des molaires et sur le nombre des alvéoles dentaires (Rozet, 1833 et Lataste, 1882 ; Sekour et al., 2006).

Une polémique se relance toujours par rapport à l'utilisation de la taille corporelles comme base à l'identification, du fait de la variation de taille des individus d'une même espèce (Age et bien-être) ou du fait que les adultes de certaines espèces possèdent la même taille (**Dako et al 2002**) D'où la nécessité d'évaluer alors les mensurations corporelles comme base de la classification des petits rongeurs.

La Mérione de Shaw ou Gerbille de Shaw, est un rongeur du genre *Meriones* qui vit au Maroc, en Algérie, en Tunisie, en Libye et de en Egypte. Nous distinguons en Trois sous- espèces : *Mériones shawi trouessarti* (**Lataste ,1888**) est plus petite et de couleur plus fauve, elle a été décrite de Boussaâda (Algérie) ; *Meriones Shawii grandis* (**Cabrera, 1907**) est de couleur gris foncé ; elle a été décrite à Marrakech (Maroc), la troisième espèce est le représentant type : *Mériones shawi* (*Pallasiomys*) décrite pour la 1er fois à Oran (Algérie) par Duvernoy, 1812 suivie par Rozet, 1833. Se distinguent par la présence de longues incisives recourbées, tranchantes taillées en biseau au niveau de l'avant crâne. Ces incisives sont recouvertes sur leur face antérieure d'une couche d'émail colorée de jaune orangé. En arrière de celles-ci un espace vide appelé diastème sépare les incisives du reste de la rangée dentaire qui comprend un nombre variable de prémolaires et de molaires (**Dejonghe, 1983**).

Selon **Petter et Saint Girons (1965)** Classification de *Meriones Shawii*

Règne : *Animalia*

Embranchement : *Chordata*

Sous-embranchement : *Vertebrata*

Classe : *Mammalia*

Sous-classe : *Theria*

Infra-classe : *Eutheria*

Ordre : *Rodentia*

Sous-ordre : *Myomorpha*

Famille : *Muridae*

Sous-famille : *Gerbillinae*

Genre : *Meriones* (Illiger 1811).

Sous-genre : *Meriones* (*Pallasiomys*)

Nom binominal : *Meriones (Pallasiomys) shawii* (Duvernoy, 1842).

2-2-3- Écologie

Les mériones occupent une grande variété d'habitats en milieu humide (**Petter, 1961**) jusqu'aux zones agricoles Sud tunisien (**Bernard, 1977**). Capables de déplacements très importants

pour exploiter de nouveaux habitats, et possibilités de retour au gîte jusqu'à plusieurs kilomètres (Petter, 1961), avec des mœurs Terrestre nocturnes, , relativement courtes (5 à 10 % de la nuit), donc difficilement décelable, leur activité est restreinte à une zone protégée par des buissons près du terrier, cas observé au désert du Néguev, Palestine .

Un rongeur de profondeur, où les variations de température et d'humidité sont très modérés par rapport à l'extérieur (**Petter ;1961**), occupant un terrier pouvant être très complexe (30 à 40 m de galeries). La merione vit dans des terriers de 1m de profondeur jusqu'à 1,20 - 1,5 m, où elle peut stocker jusqu'à 50 kg de nourriture. Durant toute l'année, elle s'attaque aux fruits, avec une préférence nette pour les céréales qu'elle consomme depuis la période des semis en automne jusqu'à la récolte en été (**Petter, 1961**). Perte de poids en hiver par manque de nourriture dans certain espaces.

Les meriones sont apparemment peu sociables, avec une forte agressivité interindividuelle et une dominance des femelles sur les mâles. En milieu désertique à faible densité de population, la « Podophonie » est interprétée comme un éventuel mode de communication (**Bridelance et Paillette, 1985**).

2-2-4- Reproduction

Il est utile de connaître les variations de reproduction des rongeurs pour établir des mesures de lutte efficaces La mérione de Shaw se caractérise, par un pouvoir exceptionnel de reproduction qui peut atteindre 5 portées par an et 7 petits par portée .Les femelles gestantes sont piégées dès le début du mois de janvier à septembre , avec des pics entre février et mai, et en août .Durée de gestation de 18 à 22 jours , ou exceptionnellement de 31 jours, (**Petter, 1961**).

Dans des conditions naturelles La période de reproduction chez *Meriones Shawii* commence à partir de la fin de l'hiver et atteint le maximum au printemps (**INPV, 2017**).

Zaïme et al. (1992) ont trouvés deux pics d'activité des gonades chez les mâles en novembre puis en janvier et mars, de ce fait, les mériones mâles en activité sexuelle apparaissent dans les effectifs piégés à partir de fin novembre et début décembre et la reproduction peut être constatée à partir de janvier avec une portées de 3 à 7 jeunes (**Gautun et Sicard, 1985**).

Cela suppose que la reproduction chez les mériones débute avec le prolongement de la période lumineuse, de la température et la disponibilité des ressources alimentaires, et s'arrête à l'automne avec la diminution des mêmes facteurs (**Hubert, 1984**).

Les femelles peuvent avoir une portée toutes les trois semaines dans le meilleur des cas. Alors es jeunes atteignent la maturité sexuelle dès l'âge de 2 à 3 mois, leurs longévité dans la nature est supérieure à 2 ans, et à plus de 3 ans en captivité. La Densité la plus élevée a été enregistrée dans les

dunes, au Néguev avec plus de 4 individus à l'hectare (**Krasnov et al., 1996**). En Algérie, la densité la plus élevée été d'environ 20 individu/ha (**Kowalski et Rzebik-kowalska, 1991**).

En conditions de Laboratoire, les différents facteurs de reproduction chez *Meriones Shawii* sont mentionnés dans le tableau ci-dessous selon **Zaïme (1985)**.

Tableau 3 : Cycles saisonniers de *Meriones Shawii* (**Zaïme, 1985**).

Les cycles saisonniers	Nombre de jours
Durée de gestation	21
Nombre de portée par an	4.5 ± 1
Nombre de petits par portée	5.62 ± 2
Duré de lactation	26 ± 4
Age d'acquisition de la maturité sexuelle	60 ± 3
Age d'ouverture des yeux	18 ± 1

2-2-5- Régime alimentaire

Le régime alimentaire annuel de *M. shawi* a un caractère généraliste résultant de la somme de ces activités sélectives qui permettent changent perpétuel de plantes cibles, ainsi qu'un ajustement aux conditions variables de l'environnement trophique ; d'où le grand nombre d'espèces végétales consommées sur l'année.

Toutefois, cette sélectivité des espèces végétales, est parfois accompagnée par un changement des organes ingérées : feuilles, sépales et pétales de fleurs en période hivernale et printanière ; d'avantage de fruits et de graines en début de période estivale.

Une consommation saisonnière des arthropodes s'ajoute au régime végétariens des. Néanmoins, cette sélectivité va de pair avec un prélèvement important et constant de quelques plantes très abondantes dans le milieu qui constituent l'alimentation de base (**Zaïme, 1985**).

Cependant, dans la région de Tiaret, l'analyse sur le terrain et l'expérience en captivité révèle que le régime alimentaire de *M. Shawii* est essentiellement basé sur la consommation des graminées (céréales), mais autant que rongeur opportuniste, il est capable d'adapter son régime alimentaire en fonction du développement des céréales cultivé en consommant les tiges, les feuilles ainsi que les graines (**Adamou-Djerbaoui et al., 2013**).

2-2-6- Importance de la merione de Shaw

En Afrique du Nord, la mérione de Shaw est l'un des rongeurs les plus abondants (**Petter et Saint Girons, 1965 ; Fichet-Calvet, 2013**). Cette espèce endémique à la région méditerranéenne est liée aux biotopes relativement riches en végétation (**Petter, 1961**).

Elle est rencontrée depuis des régions côtières jusqu'à environ 500 km à l'intérieur des terres, du nord-ouest du Maroc à l'Egypte (à l'ouest du Nil), en passant par l'Algérie, la Tunisie et la Libye (**Aulagnier et al, 2012**).

En raison des explosions démographiques de population périodiques de mériones enregistrées au Maroc, en Algérie et en Tunisie, cette espèce est classée comme nuisible (**Perret, 1961 ; Bernard, 1977**). *M. shawi* s'attaque à une large gamme de plantes herbacées et d'arbustes, et peut causer de grandes pertes aux cultures. Cette espèce généraliste et opportuniste a un régime alimentaire diversifié et apparaît comme une espèce qui peut se maintenir dans des zones à forte hétérogénéité végétale (**Zaïme et Gautier, 1987 ; Teka et al., 2002**).

Cette espèce est aussi le principal réservoir de leishmaniose cutanée causée par *Leishmania major* (**Rioux et al., 1942 ; Neoumine, 1996**). Cette zoonose touche tous les pays du Maghreb ; et elle a été considérée comme un problème de santé publique durant cette dernière décennie (**Riyad et al., 2013 ; Derbali et al., 2012**).

Tableau 4 : Superficies agricoles infestées à travers le territoire national (**I.N.P.V, 2017**).

Années	Superficies agricoles infestées en Ha	Nombre de wilaya infesté
1992	200000	20
2004	500000	29
2005	400000	29
2016-2017	44585	24
2017-2018	75227.5	22

2-2-7- Méthodes de lutte

Etant donné que les rongeurs sont une nuisance et qu'ils mettent en danger la santé publique, les sociétés humaines tentent souvent d'en contrôler la prolifération.

Récemment, la lutte intégrée tente d'améliorer le contrôle des populations de rongeurs par une combinaison d'études visant à déterminer la taille et la répartition de la population de nuisibles, l'établissement de seuils de tolérance (niveau d'activité des animaux au-delà duquel il est nécessaire

d'intervenir), d'interventions et d'évaluation de l'efficacité de ces interventions à partir d'études régulières. L'intervention la modification de l'habitat de ces animaux, la modification des pratiques agricoles et la lutte biologique en utilisant des pathogènes ou des prédateurs, ainsi que l'empoisonnement et le piégeage.

L'utilisation de pathogènes comme *Salmonella* a le défaut de pouvoir infecter l'Homme et les animaux domestiques, et les rongeurs deviennent souvent résistants. (Wodzicki, 1973). La pose d'affûts, de perchoirs et de nichoirs à rapaces est également une méthode de lutte contre la pullulation de nuisibles (Viguié, 2005).

Vu les capacités de reproduction des rongeurs, il est illusoire de vouloir les éradiquer ; le but à atteindre doit plutôt être de les exclure des zones sensibles et de limiter leurs populations pour que les dégâts causés restent à un niveau économiquement tolérable pour les cultures : à ce sujet, le terme anglophone « rodent control » est nettement plus réaliste que l'équivalent francophone de « dératisation » (Granjon et Duplantier, 2009).

La stratégie de lutte s'appuie sur le principe de la lutte intégrée qui allie les techniques agronomiques à la lutte chimique.

- Les techniques agronomiques

Elles consistent à opérer des labours profonds au printemps et en automne à l'aide des socs pour la destruction des terriers actifs installés dans les parcelles ainsi que l'inondation des terriers pour l'élimination des petits rongeurs.

- La lutte chimique

Elle repose sur l'utilisation des appâts empoisonnés en raison de 20g /terrier actif, identifié 48 heures à l'avance par colmatage .En général, le moment opportun de cette lutte doit se situer entre le mois d'octobre et le mois de mars correspondant à la période de disette de la mérione au cours de laquelle le couvert végétal est relativement absent.

Les produits sont procurés par les services de protection des végétaux et remis gratuitement aux agriculteurs après inspection des parcelles infestés, avec un accompagnement techniques durant l'opération d'abattage.

Il est à préciser que la campagne de lutte contre la mérione est ouverte par arrêté du wali qui détermine les zones infestées, les techniques de lutte à employer, les précautions à prendre ainsi que les opérateurs concernés.

2-2-8- Répartition géographique et habitat

L'aire d'habitat de cette espèce s'étend sur toute la partie nord de l'Afrique, du Maroc à l'Egypte. Son aire de répartition en Algérie couvre les zones des Hautes plaines intérieures. La mérione vit dans des terriers qu'elle creuse souvent dans des terrains en pente ou à texture légère elle

a une préférence marquée pour les terres en friche, des berges des oueds et les talus de routes et de voies ferrées qui offrent plus de Tranquillité et de sécurité à sa survie. Cependant, elle peut, en période de forte pullulation, coloniser tous les types de sol de grandes étendues de terrain.

La pullulation de *Meriones Shawii* se remarque par la présence de petits tumuli de terre d'herbes fraîches et d'excréments à proximité des terriers actifs qui est constitué de plusieurs galeries souterraines avec de multiples entrées Aériennes (jusqu'à 08 orifices au mètre carré) ces galeries dont le fond sert de Grenier pour les réserves en nourriture peuvent parfois atteindre 1,5 mètre de profondeur.

Hamdine, (1998) décrit la merione comme rongeur désertique typique, habitant aux sols sablonneux salins des fonds et des bords de Sebkhah. (**Bernard, 1977**), aux Plateaux de la hamada en creusant ses terriers dans les dayas ou les dépressions circulaires avec végétation buissonnante favorisé par le sable apporté le vent.

En effet, dans la région de Tiaret, **Adamou et al (2010)** ont confirmés que l'espèce *M. Shawii* a une nette préférence pour les sols a texture limono-sablonneuse bien pourvus en calcaire total, procurant à ce rongeur un habitat favorable à l'abri des excès d'humidité.

La distribution de *Meriones Shawii* est très hétérogène à travers les différentes régions en Algérie. En effet, depuis la découverte des premiers cas d'infestation à côté des anciennes aires de Tizi Ouzou, Bouira, Boumerdès, Médéa et Constantine, de nouvelles aires sont apparus : Le foyer de la Petite Kabylie s'étend jusqu'à Collo à l'Est et déborde jusqu'à Sétif, les zones les plus touchées sont Jijel, Mila, Skikda, Annaba, La Chiffa, Chleff au Centre , Tlemcen et Oran à l'Ouest .(**Harrat et al., 1995**).

Selon **Kowalski, 1991 et Petter, 1961** la merione occupe tout le Nord de l'Algérie, du rivage méditerranéen aux flans Sud de l'Atlas saharien .**Sekour et al., 2014** signalent sa présence dans toutes les stations d'étude sur les Hauts plateaux à Hassi Bahbah et à Ain El-Hadjel .

Par ailleurs, en **2014 MANAA** dans la région de Djelfa, compte la Mérione de Shaw parmi les espèces-proies qui ont les fréquences d'occurrence les plus élevées. Elle est considérée comme une proie régulière à El Mosrane.

Partie expérimentale

Chapitre III :

Méthodologie

3-1- Présentation de la zone d'étude

3-1-1- Cadre géographique

La wilaya de Tiaret, d'une superficie de 20050,05 km², est localisée au Nord-Ouest de l'Algérie, sur les hauts plateaux Ouest entre la chaîne Tellienne au Nord et la chaîne Atlasique au Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces steppiques au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0°.34' à 2°.5' de longitude Est et 34°.05' à 35°.30' de latitude Nord.

Administrativement, la wilaya dispose de 14 Daïras et 42 Communes dont 24 communes (carte1). Elle est délimitée par les wilayas de Tissemsilt et Relizane au Nord, les wilayas d'Elbayadh et Laghouat au Sud, les wilayas de Mascara et Saida à l'Ouest et par la wilaya de Djelfa à l'Est

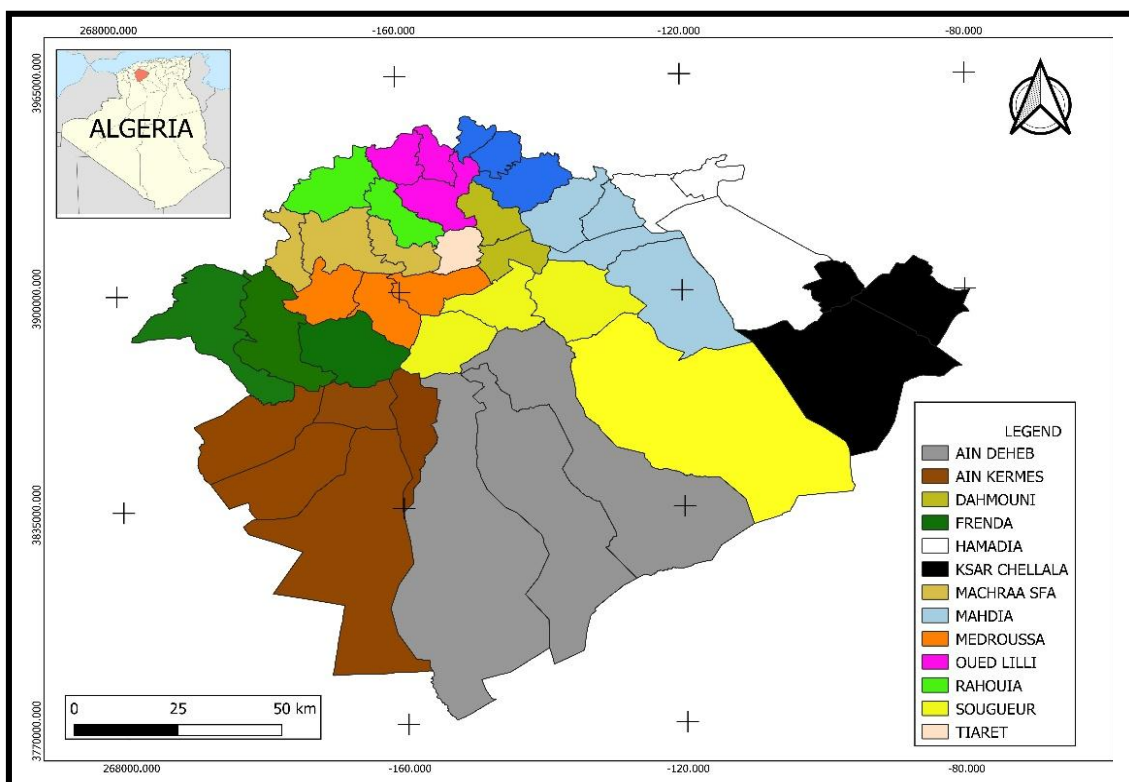


Figure 8 : carte administrative de la wilaya de Tiaret

3-1-2- Cadre géomorphologique

La région de Tiaret présente une diversité d'unités naturelles qui caractérisent les deux grands ensembles morphologiques l'Atlas tellien et les Hautes plaines. L'analyse géomorphologique, permet d'identifier quatre unités distinctes et plus au moins homogènes :

A- Collines de Tiaret : Une chaîne de piémont constituant le versant méridional de l'Ouarsenis (Dj. Bechtout, Dj. Si Maarouf, Dj Mahmoud, Dj Guedèle), à orientation Est-Ouest fortement érodée. Cette zone coïncide avec l'ensemble tellien, avec la vallée de la Mina autour du barrage Bakhadda et les monts de Tiaret.

B- Monts de Frenda : (Massif forestier de Sdamas Chergui et Sdamas Gharbi, bassin de Takhmart) un ensemble montagneux d'altitude moyenne 1200 m qui prolonge localement les monts de Saida, et en limite avec le territoire de Mascara, à relief modéré et localement boisé.

C- Plateau du Sersou : (Hautes plaines du Sersou, Vallée de Nahr El Oousel) un domaine tabulaire vaste, s'étendant au pied de l'Ouarsenis ou prédomine des formes planes emboîtées entre 800 m et 1000 m.

D- Parcours Steppiques : constituants une vaste plaine regroupant la cuvette du Chott Chergui à l'Ouest et le chaînon du Nador (Dj. Nador, Dj N'sour, Dj. Es safah, Dj Chemer, Ras Sidi Atallah).

3-1-3- Cadre hydrologique

A- Bassins versants :

La région de Tiaret s'inscrit au niveau des deux bassins versants, le bassin versant du Chellif Zahrez qui subdivise en 18 sous bassins versants, et le bassin versant des Hauts Plateaux Oranais qui subdivise en 06 sous bassins versants.

B- Réseau hydrographique :

La longueur du réseau hydrographique au sein de la région de Tiaret s'élève à 1938 Km, dont 889 Km d'Oueds permanents tels que : Oued Mina, Oued Faidja, Oued Touil, Oued Taht, Oued Abd, Oued Tiguiguesst, Oued Rhiou principalement situés dans la partie Nord et 1049 Km d'Oueds temporaires principalement situés dans la région Sud (les parcours steppiques).

3-1-4- Cadre climatique

Les changements climatiques sont au cœur de l'actualité, et constituent une préoccupation majeure pour tous les chercheurs du monde. En effet, la moindre variation permet de faire des prévisions de toute zone étudiée vis-à-vis des changements climatiques.

La région de Tiaret, par sa position géographique et la diversité de son relief, subit des influences climatiques conjuguées par des grandes masses d'air, de l'exposition du relief, et de l'altitude. En effet, pendant la saison hivernale, les masses d'air froid provenant de l'Atlantique rencontrent les masses d'air chaud et humide ce qui provoque une instabilité et des perturbations climatiques à l'origine des pluies hivernales parfois intenses. Durant la saison estivale, des masses d'air tropical liées à l'anticyclone des Açores prédominent et provoquent une zone de haute pression à l'origine d'un climat sec et ensoleillé qui perdure jusqu'au le début du mois d'octobre. L'étude climatique de

la région de Tiaret a montré une nette régression des précipitations pour passer de 600 mm à 360,4 mm, accompagnée d'une augmentation des températures durant le vingtième siècle. Cela va sans doute s'apercevoir sur le paysage végétal de la région et même au niveau des rendements agricoles. Les vents prédominants viennent de l'Ouest et du Nord-ouest

3-2- Matériel et méthode

Ce qui a été remarqué dans notre région d'étude est que *Meriones Shawii* se propage souvent par une intensification de pullulation, et pour faire face à ce fléau plusieurs campagnes de lutte ont été réalisées.

Notre objectif d'étude est d'évaluer l'efficacité de ces campagnes de lutte ainsi que les paramètres qui ont contribué aux pullulations intenses de ce micromammifère au cours des dernières années.

les travaux précédents ont été surtout focalisés sur la morphométrie , craniométrie ainsi que le régime alimentaire des mériones, aussi bien que important nous remarquons tout de même que les variations de pullulation est régie par des paramètres exogènes, telle que la couverture végétale et les spécificités géographiques des régions où elles se propagent qui restent encore des aspects très importants et sombres à la fois, qu'il faut découvrir .

Pour réaliser ce travail, nous avons procédé à la collecte, traitement et à l'analyse des données d'infestation de la *Meriones Shawii* dans la wilaya de Tiaret durant la période entre la campagne agricole de 2015/2016 jusqu'à celle de : 2019/2020.

Sur terrain, nous nous sommes basés sur des enquêtes à travers les différentes dairas et communes de la wilaya de Tiaret, guidé par les suggestions des services agricoles, ainsi que par des témoignages et indications pertinentes de la part des agriculteurs, essentiellement ceux qui ont subi des invasions de rongeurs.

D'autres données concernant les superficies infestées ont été collectées auprès des subdivisions agricoles à travers la wilaya et ont fait l'objet d'une organisation et d'un traitement adéquat pour qu'elles soient exploitées de la manière la plus efficace qui soit.

Les données d'infestation sont exprimées en superficies des parcelles infestées, cette méthode n'est pas destinée à représenter l'abondance réelle des micromammifères, mais surtout pour montrer l'activité et la dynamique spatiale des populations de rongeur. **Giraudoux et al (1995)** ont suggéré que cette méthode pourrait être employée autant qu'un indice d'abondance relative pour l'étude de la dynamique des rongeurs arvicole.

Nous avons dressé des tableaux récapitulatifs qui regroupent les données récoltés concernant le degré d'infestation des chaque daïra de la wilaya de Tiaret, et nous avons procédé à différents calculs qui se résume ci-dessous.

3-2-1- Traitements des données

- Indice de risque fréquentiel d'infestation (IF) : qui présente la fréquence la plus probable pour qu'un territoire donné soit infesté durant la période globale d'observation
- Risque moyen annuel d'infestation (RMA) : qui exprime le pourcentage de la surface moyenne infesté durant la période d'étude par rapport à la superficie agricole utile pour chaque
- Risque annuel (RA) : qui est le rapport entre les superficies communales infestées chaque année et la SAU respective à chaque commune de la wilaya de Tiaret.
- Analyses statistiques :
 - Test d'ANOVA : servant à comparer le degré moyen des infestations pour les années d'étude à travers les daïras
 - Test Post Hoc de Bonferroni : qui illustre les différences possibles entre les degrés d'infestation de chaque année.
 - Variance : pour comparer le degré d'infestation dans chaque daïra pour chaque année de notre étude.

3-2-2- Analyses cartographiques

La cartographie d'information représente un domaine riche dans les expérimentations de la recherche scientifique de par sa réalité qui intègre la complexité des données relatives aux infestations, et les phénomènes de diffusion spatiale de rongeurs arvicoles dans la wilaya de Tiaret. Dans ce contexte d'**Huff et Fletcher (1990)** définissent les cartes comme formes d'analyse permettant d'étudier les relations entre les éléments de connaissance spatio-temporelle des rongeurs, la variété des donnée des communes qu'ils infestent ainsi que les formes paysagères qui composent l'environnement dans lequel ils prospèrent.

Nous avons élaboré pour la première fois une cartographie de risque d'infestation sur le territoire de la wilaya, en prenant en compte l'évolution des taux d'infestations dans chaque commune durant la période de l'étude.

Cette carte théorique met en évidence la diffusion spatiale et la propagation intercommunale de *Meriones shawii* en fonction de son abondance et de son interaction avec les composantes paysagères de son environnement.

3-2-3- Analyses spatio-temporelles de l'infestation

Nous avons eu recours nombre de fois aux bilans élaboré par l'inspection de protection de végétaux de la wilaya de Tiaret, qui est un service, afin de fusionner les différents paramètres qui peuvent stimuler les pullulations de la merione, avec la réalité des infestations enregistré dans les différentes communes.

Ainsi notre méthodologie consistais essentiellement à mettre en évidence l'évolution de l'invasion de micromammifères dans la wilaya de Tiaret, par rapport à :

- La durée de la période d'infestation (facteur temporel)
- La composition du relief paysager de la wilaya
- La couverture végétale et l'occupation des sols de la wilaya
- Les pratiques agricoles et les cultures dominantes

3-3- Choix de la période et de la zone d'étude

Les pullulations des rongeurs présentes une évolution cyclique, ce qui se traduit par le développement d'une espèce de micromammifères passe par plusieurs étapes à savoir, le début de pullulation, une phase de croissance, un pic de pullulation ainsi qu'une phase de déclin

Notre choix de la période durant laquelle nous avons réalisé notre travail été surtout orienté à travers les infestations qui se sont produites aux cours de la période entre 2015 et 2020 qui marque le déclanchement d'un éventuel cycle de pullulation de rongeurs dans la wilaya de Tiaret.

Des programmes de luttés ont été préconisés par les services de protection des végétaux de Tiaret contre ce fléau, suite à la signalisation des populations invasives de rongeurs par les agriculteurs et par les subdivisions agricoles des différentes régions de la wilaya.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

4-1- Exploitation des résultats

4-1-1- Evolution de l'infestation de *Meriones Shawii* par rapport au temps

Nous allons initier notre présentation des résultats par le taux annuel de distribution des effectifs de mériones dans le territoire de la wilaya de Tiaret

Tableau 5 : Evolution temporelle de l'infestation :

	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020
superficie (Ha)	1900	3210	9000	5300	37220
nbre parcelles	187	233	724	273	3702
nbre commune	21	42	42	32	36

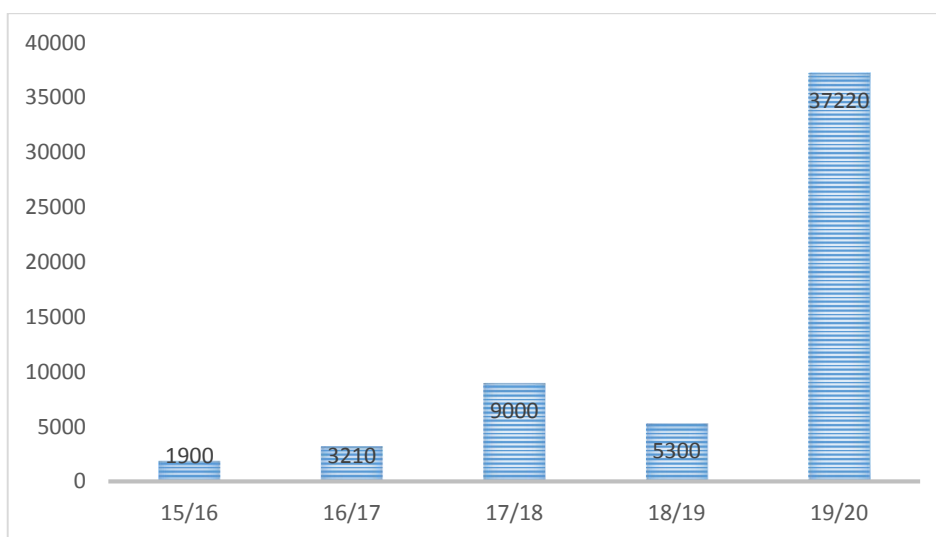


Figure 9 : évolution temporelle de l'infestation

Au cours de cinq années d'observation (2015-2020), nous constatons une évolution positive très importante des superficies infestées par les rongeurs arvicoles sur les parcelles céréalières de la wilaya de Tiaret, l'infestation la plus faible a été signalée au cours de la première année 2015-2016 où la superficie a été estimée à 1900 Ha marquant ainsi le début d'un cycle d'infestation, tandis que le pic d'infestation a été constaté la dernière année 2019-2020 avec une superficie de 37220 Ha.

Cette infestation importante se traduit par une grande mobilité des rongeurs, et dont les causes restent peu connues.

Dans ce travail nous allons essayer d'apporter un supplément d'information sur les paramètres environnementaux susceptibles d'être en interaction avec les pullulations des micromammifères,

provoquant ainsi un impact direct ou indirect sur l'évolution des infestations enregistrées dans la wilaya au cours de ces dernières années

4-1-1-1- Calcul de l'indice de risque fréquentiel d'infestation

La détermination du danger d'infestation dans le système actuel peut être définie comme « la fréquence la plus probable d'infestations sur un territoire donné, lors d'une année », période habituelle employée en statistique. Elle peut être déterminée dans notre cas d'étude en fonction des nombres de communes, de parcelles et aussi par les superficies infestées répertoriés durant notre période d'observation donnée (cinq ans de 2015 à 2020) .

L'indice de risque fréquentiel d'infestation se présente donc sous la formule suivante :

$$Fi = \sum ni / a$$

Fi : est la fréquence annuelle des infestations

Ni : le nombre de communes /parcelle/ superficie infestées par an

a : le nombre d'années de la période d'observation.

Tableau 6 : Indice de risque fréquentiel d'infestation

	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	cumule	Fi
superficie (Ha)	1900	3210	9000	5300	37220	56630	11326
nbre parcelles	187	233	724	273	3702	5119	1023,8
nbre commune	21	42	42	32	36	173	34,6

Durant la période étudiée nous dénombrons un total de 5119 parcelles infestées ce qui renvoie à une superficie cumulée de 56630 Ha (ce chiffre représente le quintuple de la superficie totale de la daïra de Tiaret), cela correspond à une moyenne annuelle d'environ 1024 parcelles et 11326 Ha de terres infestées

Globalement la tendance est à la hausse, autant pour le nombre de communes que pour les superficies infestées, et laisse entrevoir une aggravation de la situation, nous pouvons constater effectivement que la période entre 2015 et 2019 l'augmentation de nombre de communes et de parcelles infestées est considérable, alors que la campagne 2019/2020 se caractérise par une infestation immense qu'on peut qualifier par une explosion de rongeurs.

Néanmoins il faut se garder de conclusions hâtives, car la durée d'observation est courte et rien ne permet d'en déduire qu'une année qui suit (2021) ne sera pas une année clémente

Par ailleurs, pour estimer l'importance des infestations en région Tiaretienne, il est plus convenable de ramener la fréquence moyenne annuelle des superficies infestées à la superficie agricole utile, étant la surface sur laquelle les rongeurs arvicoles peuvent se proliférer, (et que rapporter la superficie infestée à la SAT ou à la superficie totale de la wilaya, pourrais certainement nuire à une éventuelle comparaison d'infestation entre les différentes daïras et communes de la wilaya). Ce faisant la comparaison entre les différentes régions devient plus objective. (En se référant sur des bases similaires)

En effet les comparaisons des superficies infestées par les rongeurs arvicole, entre les différentes communes doit se rapporter toujours à une même unité de référence pour voir le degré de gravité des infestations entre régions

4-1-1-2- Calcule du risque moyen annuel d'infestation (degré de gravité) :

Afin de mesurer le degré de gravité des infestations annuelles des rongeurs, il est d'usage d'utiliser la formule du risque moyen annuel, qui exprime le pourcentage de la surface infestée en moyenne chaque année par rapport à la superficie agricole utile

Ce risque peut être défini comme étant la probabilité qu'une superficie d'une parcelle soit infestée en cours d'année, et se calcule par la formule suivante

$$\mathbf{RMA = SMI \times 100/SAU}$$

SMI : Surface Moyenne Infestée par an (Ha)

SAU : Superficie Agricole Utile (Ha).

De ce fait, un RMA de 1% implique qu'en moyenne 1% de la superficie agricole utile de la zone étudiée est susceptible d'être infestée chaque année, donc si nous prenons par exemple une SAU de 1000 Ha, avec un RMA de 3%, c'est en moyenne 30 Ha qui sont exposées aux risques d'infestation de rongeurs chaque année.

Le tableau (7) représente le résultat des calculs du risque moyen annuel d'infestation (RMA) pour chaque daïra de la wilaya de Tiaret durant une période d'observation de 5 ans

Donc pour faciliter l'analyse et les comparaisons qui pourraient se faire ultérieurement, nous avons mis au point une échelle pour estimer les degrés d'infestation à travers les daïras qui est présenté comme suit, avec un choix de couleur pour chaque degré d'infestation :

Tableau 7 : Risque moyen annuel d'infestation par Daïras

Daïras	SMA	SAU	RMA
Ain d'heb	336	77236	0%
Ain kermas	660	97050	1%
Dahmouni	700	25465	3%
Frenda	608,4	59555	1%
Hamadia	1440	67011	2%
K. Chellala	126	45844	0%
M. sfa	114	33292	0%
Mahdia	3037,6	77265	4%
Medroussa	1240	39167	3%
Mghila	40	23983	0%
Oued Lili	114	18258	1%
Rahouia	74	36512	0%
Sougueur	2702	81684	3%
Tiaret	134	6403,22	2%

faible	<1
moyen	[1-2]
elevé	>2

Nous remarquons clairement que le RMA des daïras de la wilaya de Tiaret représente une différenciation importante, d'autant plus que toute ces daïra sont considéré comme zone infestées qui ont nécessité des programmes de lutte par le service local de protection des végétaux.

Les valeurs nulles (0%) dans le tableau n'exprime pas que la daïra soit épargnée des infestations de rongeur, néanmoins cela explique que l'infestation moyenne qu'a subit cette zone représente une valeur dérisoire par rapport à la SAU de celle-ci.

Pour faciliter la lecture du tableau (7), et avoir un aperçu clair sur la localisation des infestations à travers les daïra, nous avons élaboré une représentation cartographique simulant le risque moyen annuel des infestations au niveau des daïras, cela permet d'apprécier la localisation géographique des pullulations de rongeur ainsi que la connectivité entre les zones touché par ce fléau.

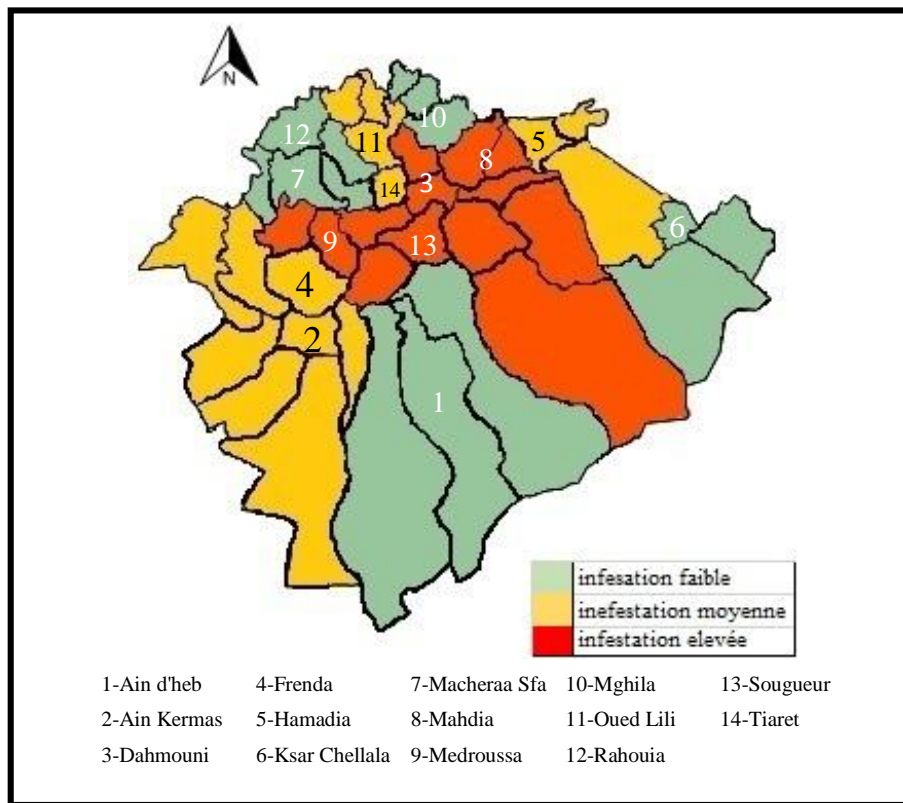


Figure 10 : Représentation cartographique du risque moyen annuel par daïra

Les résultats du tableau (7), issus du calcul du RMA d'infestation par daïra de la wilaya de Tiaret, ainsi que la représentation cartographique ont révélés que les daïras dont l'infestation a été extrême sont Mahdia (4%), Sougueur, Medroussa et Dahmouni (3%), tandis que les parcelles de Ain D'heb, Chellala, M. sfa et Mghila et Rahouia ont été le mois infesté

Pour confirmer ces résultats, nous allons procéder à une analyse statistique, brève mais assez suffisante pour que l'analyse que nous devons effectuer afin de voir les causes réelles de l'infestation de ces dernières années, soit la plus pertinente possible

4-1-1-3- Analyses statistiques

a) Test d'ANOVA, degré moyen d'infestation durant les années 2016-2020

Repeated Measures Analysis of Variance (Anova) Over-parameterized model Type III decomposition					
	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
Intercept	35160183	1	35160183	6,704351	0,041252
Error	31466299	6	5244383		
INFESTED	38760589	4	9690147	4,639281	0,006450**
Error	50129218	24	2088717		

***difference signi ** diff hautement sign ***tres hautement sign**

Les résultats de cette analyse montrent qu'il existe une différence hautement significative du degré d'infestation en fonction du temps ($P < .00^{**}$).

Tableau 8 : Test post hoc de Benferroni

INFESTED surfaces (Ha)	{1} - 271,43	{2} - 324,29	{3} - 900,00	{4} - 455,71	{5} - 3060,0
(2016)		1,00	1,00	1,00	0,014
(2017)	1,00		1,00	1,00	0,017
(2018)	1,00	1,00		1,00	0,10
(2019)	1,00	1,00	1,00		0,025
(2020)	0,014	0,017	0,10	0,025	

D'après le tableau (8), nous remarquons qu'il existe des fluctuations dans le degré d'infestation moyen dans la wilaya de Tiaret ce qui nous mène à dire que ; soit la stratégie de traitement appliqué n'est pas la même dans les différentes daïras, soit que les pullulations et la dynamique de population des rongeurs n'est pas la même dans les différentes espaces des daïras

b) Evolution de l'infestation dans chaque daïra en fonction des années :

Daira	r	Daira	r
Mahdia	0.99	Medroussa	0.99
Hamadia	0.99	Mghila	-0.94
Oued lili	0.91	Ksar chellala	-0.89
Dahmouni	0.94	Rahouia	0.68
Frenda	0.92	Macheraa sfa	0.86
Ain deheb	0.90	Sougueur	0.96
Ain kermes	-0.18	Tiaret	0.24

Nous pouvons constater à travers l'ensemble des résultats, qu'il existe un lien étroit entre les années et le degré d'infestation, plus on avance en année et plus l'infestation s'accroît. Tjrs est-il qu'il y a une exception pour les deux daïras de Mghila et Ksar Chellala pour lesquelles nous avons constaté une corrélation négative entre les années et la superficie des terres agricoles infestées. Ceci peut être

expliqué par l'efficacité probable des méthodes de lutte adoptées, ou bien par la réussite de la campagne de sensibilisation et le respect des consignes d'utilisation des produits rodenticides.

c) Analyse de variance du degré d'infestation entre les daïras

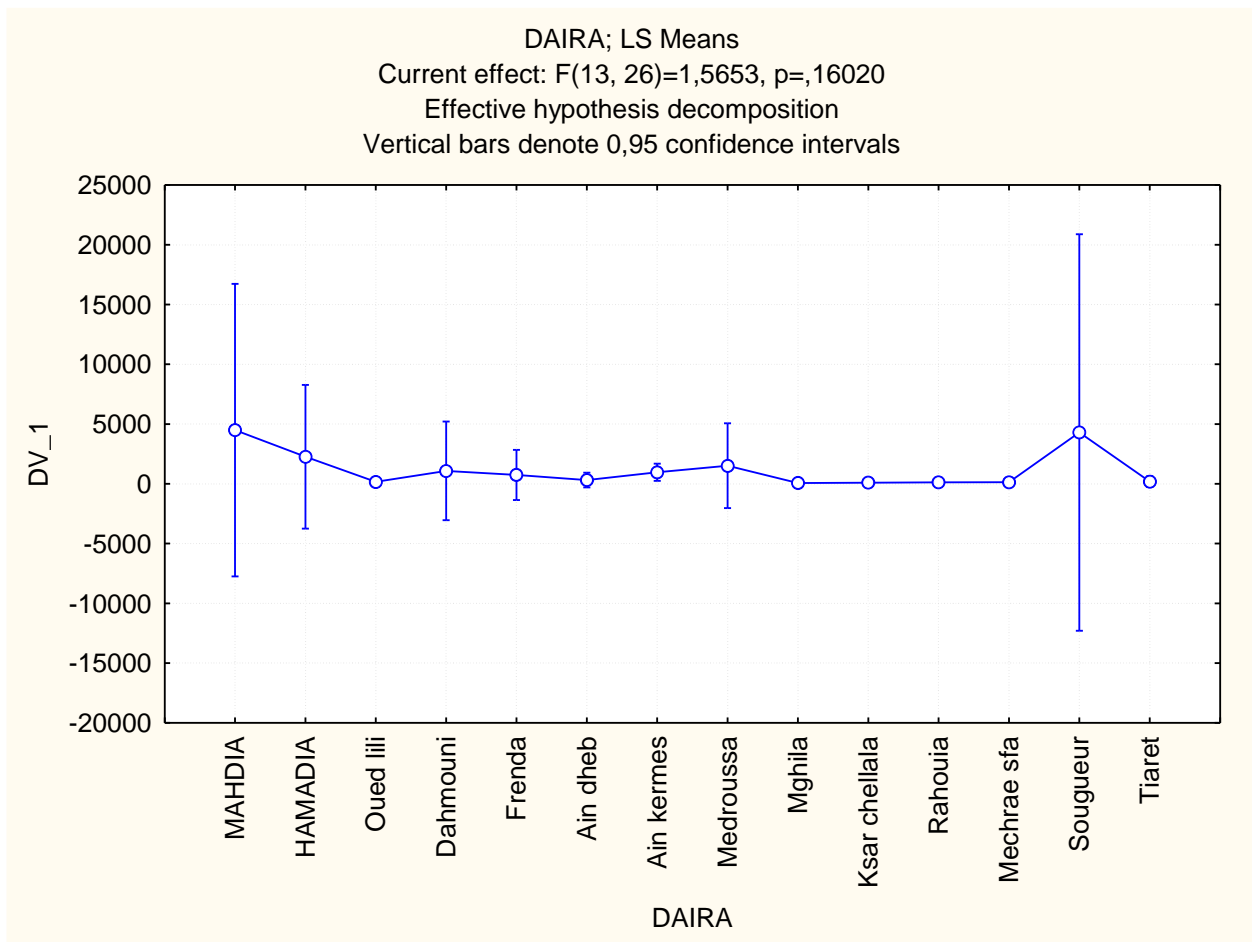


Figure 11 : Variance du degré d'infestation entre les daïras

Les résultats obtenus ont montré qu'il n'existe aucune différence significative des degrés d'infestation constaté entre les daïras étudiées à travers les cinq compagnes (Figure 11) Malgré l'exception démontrée dans le test précédent pour les deux daïras de Mghila et K .Chellala

Nous pouvons aussi constater à travers ce test, qu'il y deux daïras dont les surfaces agricoles ont été considérablement infesté par les pullulations de rongeurs, c'est la daïra de Sougueur et de Mahdia, suivie par les daïras de Hamadia, Dahmouni et Medroussa

Nous pouvant maintenant dire que les résultats de l'analyse statistique effectuée sont en parfaite concordance avec les résultats obtenus lors du calcul du RMA par daïra. néanmoins une analyse plus approfondie doit se faire au niveau des communes de chaque daïras pour détecter les cause probable de l'évolution des infestations, et permettre une bonne analyse des données et d'en tirer toute information utile afin de mieux comprendre la dynamique de population de ces rongeur ,ainsi que les cause direct ou indirecte susceptible de favoriser leur prolifération.

4-1-1-4- Evolution annuelle de l'infestation de *Meriones Shawii* à travers les communes

Tiaret

Comme nous l'avons déjà précisé auparavant, pour estimer la gravité des infestations à travers les différentes communes, il est plus convenable de ramener la fréquence d'infestation annuelle des superficies infestées à la superficie agricole utile de chacune d'entre elles, A partir des résultats du tableau (annexe) et après avoir calculer le risque annuel (RA) de chaque commune durant les cinq année de notre étude , nous allons pouvoir réaliser des cartes de risque d'infestation qui vont nous permettre de faire une comparaison géographique entre les différentes régions infesté, toujours dans le seul but de comprendre ce phénomène de pullulation des rongeurs arvicoles, et l'infestation énorme qu'a connue la wilaya de Tiaret ces derniers années

A- Campagne 2015/2016 :

Durant la campagne de lutte 2015/2016 nous constatons que 7 daïras (représentant 21 communes) sur 14 qui ont été touchées par l'infestation des rongeurs arvicoles, à savoir ; Ain d'heb, Dahmouni, Frenda, ksar Chellala, Macheraa Sfa, Mahdia et Medroussa.

La plus grande superficie infesté été celle enregistrée pour la daïra de Ain d'heb (580 Ha) alors que la daïra la moins touché été Macheraa sfa (100 Ha), cette situation marque le début d'un cycle de pullulation avec une infestation qui a touché au total 1900 Ha de terre agricole a travers la wilaya de Tiaret.

Il faut noter que les daïra de : Ain kermès, Hamadia, Mghila, oued Lili, rahouia, Sougueur et Tiaret n'ont pas été touché par l'infestation des rongeurs arvicoles (du moins la présence des rongeurs n'a pas dépasser le seuil de nuisibilité, estimé à 2 terriers actifs par hectare), de ce faite ces daïra n'été pas concerné par le programme de lutte et les superficies infesté ont été représenté par un chiffre nul.

Tableau 9 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2015-2016 avec risque annuel par commune

compagnes	2015/2016						
communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA	communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA
Ain d'heb	220	24321	1%	Djila Benamar	15	6602	0%
Naima	190	25621	1%	Mahdia	75	13410	1%
Chehaima	170	22133	1%	Sebaine	50	25305	0%
Ain Kermas	0	17718	0%	Ain Dzarit	45	14042	0%
Medrissa	0	24625	0%	Nadhorah	30	31360	0%
Madna	0	13985	0%	Medroussa	160	10628	2%
Rosfa	0	21571	0%	Mellakou	200	18676	1%
Sidi A/Rahmen	0	27122	0%	Sidi Bakhti	90	10098	1%
Dahmouni	50	12570	0%	Mghila	0	5852	0%
Bouhekif	100	13281	1%	Sidi Hosni	0	16683	0%
Frenda	90	14757	1%	Sebt	0	4594	0%
Ain Hdid	70	25099	0%	Oued Lili	0	14070	0%
Takhmart	60	21260	0%	Sidi Ali Mellal	0	2305	0%
Hamadia	0	14736	0%	Tidda	0	1933	0%
Rechaiga	0	46561	0%	Rahouia	0	23924	0%
Bougara	0	5774	0%	Guertoufa	0	13552	0%
Ksar Chellala	80	6633	1%	Sougueur	0	21429	0%
Serguine	65	15589	0%	Tousnina	0	29248	0%
Zmalt Amir Aek	55	20465	0%	Si A/Ghani	0	21114	0%
Macheraa Sfa	65	20015	0%	Faidja	0	12903	0%
Tagdempt	20	7010	0%	Tiaret	0	7076	0%
infestation totale campagne 2015/2016					1900	731980	/

Si nous revenons au calcul de la gravité des infestations par commune après le calcul du RA communal, nous constatons que parmi les 21 communes infestées 11 d'entre elles présentent un risque faible (>1%) d'infestation annuelle, tandis que les 10 commune restantes présentent un taux d'infestation moyen [1%-2%]

La commune la plus infesté est Ain d'heb avec 580 Ha, et celles qui été la moins touchée est bien Djilali Benamar avec 15 Ha.

B- Campagne 2016/2017 :

Pour cette campagne nous remarquons immédiatement que toutes les daïras ont été touché par l'infestation des rongeurs avec des proportions nettement différentes alors que durant la campagne précédente seulement 21 daïras été infecté.

Au total, la superficie infectée a presque doublé en atteignant 3200Ha avec un pic enregistré dans la daïra de Ain kermès avec 800Ha de terre infesté, tandis que l'infestation la plus faible durant cette campagne a été enregistrée à Tiaret (70Ha).

Tableau 10 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2016-2017 avec risque annuel par commune

compagnes	2016/2017						
communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA	communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA
Ain d'heb	80	24321	0%	Djila Benamar	20	6602	0%
Naima	70	25621	0%	Mahdia	150	13410	1%
Chehaima	50	22133	0%	Sebaine	100	25305	0%
Ain Kermas	180	17718	1%	Ain Dzarit	200	14042	1%
Medrissa	150	24625	1%	Nadhorah	50	31360	0%
Madna	110	13985	1%	Medroussa	50	10628	0%
Rosfa	110	21571	1%	Mellakou	50	18676	0%
Sidi A/Rahmen	250	27122	1%	Sidi Bakhti	50	10098	0%
Dahmouni	50	12570	0%	Mghila	30	5852	1%
Bouhekif	50	13281	0%	Sidi Hosni	50	16683	0%
Frenda	106	14757	1%	Sebt	20	4594	0%
Ain Hdid	116	25099	0%	Oued Lili	50	14070	0%
Takhmart	78	21260	0%	Sidi Ali Mellal	50	2305	2%
Hamadia	130	14736	1%	Tidda	20	1933	1%
Rechaiga	140	46561	0%	Rahouia	70	23924	0%
Bougara	130	5774	2%	Guertoufa	50	13552	0%
Ksar Chellala	60	6633	1%	Sougueur	30	21429	0%
Serguine	50	15589	0%	Tousnina	20	29248	0%
Zmalt Amir Aek	20	20465	0%	Si A/Ghani	20	21114	0%
Macheraa Sfa	70	20015	0%	Faidja	30	12903	0%
Tagdempt	30	7010	0%	Tiaret	70	7076	1%
infestation totale campagne 2015/2016					3210	731980	/

Il est important de signaler que les daïras de : Ain d'heb, Dahmouni, ksar Chellala, Medroussa ont enregistré une baisse de superficies infesté par rapport à la campagne précédente, cela pourrait très bien être un indicateur que la campagne de lutte menée la campagne précédente a servi en partie à alléger l'ampleur des dégâts.

Le calcul du RA pour les communes durant cette campagne révèle que 27 communes présentent un taux d'infestation faible par rapport au reste des communes (15 au totale) qui ont connu un taux d'infestation moyen.

Il est important de noter que l'infestation la plus élevée a été enregistrée dans la commune de si A/Rahman (daïra de Ain kermès) avec une superficie de 250Ha, et c'est les communes de ZEA, Djilali Benamar, sebt, Tidda, Tousnina et si A/Ghani qui ont enregistrés la plus faible valeur de superficie infesté ; 20Haseulement pour le territoire de chacune d'entre elles.

Cette campagne marque la phase d'accroissement du cycle de pullulation de ces dernières années

C- Compagne 2017/2018 :**Tableau 11 :** Evolution de l'infestation durant la compagne 2017-2018 avec risque annuel par commune

compagnes	2017/2018						
communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA	communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA
Ain d'heb	56	24321	0%	Djila Benamar	45	6602	1%
Naima	48	25621	0%	Mahdia	1950	13410	15%
Chehaima	46	22133	0%	Sebaine	418	25305	2%
Ain Kermas	370	17718	2%	Ain Dzarit	410	14042	3%
Medrissa	370	24625	2%	Nadhorah	210	31360	1%
Madna	120	13985	1%	Medroussa	405	10628	4%
Rosfa	180	21571	1%	Mellakou	565	18676	3%
Sidi A/Rahmen	260	27122	1%	Sidi Bakhti	430	10098	4%
Dahmouni	40	12570	0%	Mghila	50	5852	1%
Boucekif	110	13281	1%	Sidi Hosni	40	16683	0%
Frenda	87	14757	1%	Sebt	10	4594	0%
Ain Hdid	66	25099	0%	Oued Lili	25	14070	0%
Takhmart	59	21260	0%	Sidi Ali Mellal	35	2305	2%
Hamadia	1000	14736	7%	Tidda	40	1933	2%
Rechaiga	140	46561	0%	Rahouia	20	23924	0%
Bougara	260	5774	5%	Guertoufa	30	13552	0%
Ksar Chellala	60	6633	1%	Sougueur	165	21429	1%
Serguine	40	15589	0%	Tousnina	220	29248	1%
Zmalt Amir Aek	50	20465	0%	Si A/Ghani	230	21114	1%
Macheraa Sfa	40	20015	0%	Faidja	185	12903	1%
Tagdempt	15	7010	0%	Tiaret	100	7076	1%
infestation totale compagne 2015/2016					9000	731980	/

Durant cette compagne encore, nous observons une augmentation importante des superficie colonisé par les rongeurs dans la wilaya de Tiaret, passant de 1900Ha (compagne 2015/2016) à 3200Ha (compagne 2016/2017) et atteignant 9000HA durant cette période ou la superficie infestée a quasiment triplé.

Nous remarquons toujours que l'infestation a touché la totalité des daïras de la wilaya avec un pic enregistré sur le territoire de la daïra de Mahdia estimé à 2988Ha (ce chiffre correspond à presque à l'infestation globale durant la compagne 2016/2017).

Quant à elles, les daïras de M sfa, Mghila, O Lili ont enregistré une faible infestation estimée à 100 Ha pour chacune, mais la daïra la moins touché est bien Rahouia (50Ha).

Les résultats exprimés en pourcentage du RA montrent que la commune la plus touchée est Mahdia (1950Ha) suivi de Hamadia (10000Ha), alors que la commune la moins infestée est sebt avec 10Ha seulement.

Nous notons que pour la première fois (depuis le début de la période d'observation) il y a 7 communes qui ont enregistré un taux d'infestation élevé, à savoir : Hamadia, Bougara, Mahdia, Ain Dzarit, Medroussa, Mellakou et sidi Bakhti), pour le reste c'est 19 communes avec un taux moyen et 16 avec un RA faible.

De ce fait nous sommes toujours dans la phase d'accroissement du cycle de pullulation observé ces dernières années.

D- Campagne 2018/2019 :

Tableau 12 : Evolution de l'infestation durant la campagne 2018-2019 avec risque annuel par commune

campagnes	2018/2019						
communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA	communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA
Ain d'heb	90	24321	0%	Djila Benamar	28	6602	0%
Naima	60	25621	0%	Mahdia	850	13410	6%
Chehaima	0	22133	0%	Sebaine	290	25305	1%
Ain Kermas	150	17718	1%	Ain Dzarit	240	14042	2%
Medrissa	30	24625	0%	Nadhorah	120	31360	0%
Madna	30	13985	0%	Medroussa	545	10628	5%
Rosfa	55	21571	0%	Mellakou	445	18676	2%
Sidi A/Rahmen	135	27122	0%	Sidi Bakhti	210	10098	2%
Dahmouni	45	12570	0%	Mghila	0	5852	0%
Bouhekif	55	13281	0%	Sidi Hosni	0	16683	0%
Frenda	215	14757	1%	Sebt	0	4594	0%
Ain Hdid	165	25099	1%	Oued Lili	40	14070	0%
Takmart	210	21260	1%	Sidi Ali Mellal	10	2305	0%
Hamadia	180	14736	1%	Tidda	0	1933	0%
Rechaiga	75	46561	0%	Rahouia	0	23924	0%
Bougara	145	5774	3%	Guertoufa	0	13552	0%
Ksar Chellala	150	6633	2%	Sougueur	240	21429	1%
Serguine	0	15589	0%	Tousnina	90	29248	0%
Zmalt Amir Aek	0	20465	0%	Si A/Ghani	205	21114	1%
Macheraa Sfa	22	20015	0%	Faidja	75	12903	1%
Tagdempt	0	7010	0%	Tiaret	100	7076	1%
infestation totale campagne 2015/2016					5300	400846	/

Cette campagne fait l'exception car nous notons une régression nette des superficies infestées par les rongeurs, passant de 9000Ha durant la campagne précédente, à 5300 Ha seulement, néanmoins ce chiffre reste nettement plus élevé que ceux enregistrés durant la première et la deuxième campagne.

Cette régression fait signe que la campagne de lutte contre le fléau des rongeurs arvicoles menée par les organismes responsables a donné ses résultats, et cela se constate à travers 2 daïras (Mghila et Rahouia) dont la superficie infestée est redevenue nulle. Un pic de 1500Ha infestée est enregistré au niveau de la daïra de Mahdia à nouveau (chiffre en baisse par rapport à l'année précédente où le pic était de 1950Ha) et la daïra la moins touchée c'est M. Sfa et O. Lili (50Ha).

En parlant de commune, les résultats du calcul du RA ont fait ressortir les données suivantes :

- Infestation nulle sur 10 communes
- 14 communes avec un taux d'infestation faible, et M sfa est la commune qui a enregistré le taux le plus faible (10Ha seulement).
- Taux moyen sur 15 communes, et 3 communes seulement dont le taux a été élevé (contre 7 communes durant la campagne précédente) avec un pic de 850 Ha à Mahdia.

Les résultats observés durant cette campagne nous confirment une fois de plus, que la stratégie de lutte est menée dans le bon sens, et fait aussi signe que même le produit redenticide utilisé est efficace à un certain degré, mais seul paradoxe, c'est que malgré que toutes les superficies contaminées ont été traitées, et malgré la baisse des effectifs des rongeurs dans certaines régions, le chiffre de superficie infestée ne cesse d'augmenter, ce qui nous laisse penser qu'il y a d'autres facteurs qui font que le plan de lutte ne donne pas des résultats parfaitement satisfaisants, nous allons approfondir notre analyse de mieux en mieux afin de déterminer d'éventuelles causes qui vont à l'encontre des objectifs de lutte recherchés.

E- Compagne 2019/2020 :**Tableau 13 :** Evolution de l'infestation durant la compagne 2019-2020 avec risque annuel par commune

compagnes	2019/2020						
communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA	communes	inf (Ha)	SAU (Ha)	RA
Ain d'heb	200	24321	1%	Djila Benamar	100	6602	2%
Naima	200	25621	1%	Mahdia	5000	13410	37%
Chehaima	200	22133	1%	Sebaine	1500	25305	6%
Ain Kermas	160	17718	1%	Ain Dzarit	2000	14042	14%
Medrissa	180	24625	1%	Nadhorah	1500	31360	5%
Madna	140	13985	1%	Medroussa	1000	10628	9%
Rosfa	130	21571	1%	Mellakou	1500	18676	8%
Sidi A/Rahmen	190	27122	1%	Sidi Bakhti	500	10098	5%
Dahmouni	400	12570	3%	Mghila	0	5852	0%
Bouhekif	2600	13281	20%	Sidi Hosni	0	16683	0%
Frenda	650	14757	4%	Sebt	0	4594	0%
Ain Hdid	720	25099	3%	Oued Lili	150	14070	1%
Takhmart	350	21260	2%	Sidi Ali Mellal	75	2305	3%
Hamadia	4200	14736	29%	Tidda	75	1933	4%
Rechaiga	500	46561	1%	Rahouia	100	23924	0%
Bougara	300	5774	5%	Guertoufa	100	13552	1%
Ksar Chellala	0	6633	0%	Sougueur	5000	21429	23%
Serguine	0	15589	0%	Tousnina	5000	29248	17%
Zmalt Amir Aek	0	20465	0%	Si A/Ghani	1500	21114	7%
Macheraa Sfa	50	20015	0%	Faidja	500	12903	4%
Tagdempt	50	7010	1%	Tiaret	400	7076	6%
infestation totale compagne 2015/2016					37220	400846	/

A l'encontre de toute nos attentes, et suite aux compagnes 17/18 et 18/19 durant lesquelles nous avons constaté une régression relative des parcelles infesté, notre optimisme été précoce, car durant la présente compagne tout est remis en question suite aux résultats alarmants que nous avons pu constater.

Effectivement, nous assistons à un vrai boom d'infestation avec 37220 Ha de superficie infesté par les rongeur arvicoles (chiffre équivalent à plus 6 fois que celui enregistré à la compagne passé). Les daïra qui en ont plus souffert c'est Sougueur (1200Ha) et Mahdia (10000Ha), paradoxalement, les daïras de Mghila et K. Chellala n'ont enregistré aucune infestation, tandis que les daïras le M. sfa et rahouia marque les plus basse infestations avec seulement 200Ha pour chacune.

Le RA dévoile un chiffre énorme de 20 commune dont l'infestation été élevé (c'est presque la moitié de la wilaya), 14 communes avec un taux moyen, et seulement 2 communes dont l'infestation a marqué un taux faible.

De ce fait, et selon les informations réunies au cours de ces 5 années d'observation, nous pouvons résumer que les 4 premières campagnes marquent la phase de croissance des pullulations des rongeurs, alors que la dernière campagne marque potentiellement le pic de ce cycle. Il faut préciser que 5 années d'étude pour une dynamique de population de micromammifères reste nullement significative, et nous laisse loin d'apporter des jugements précoces sur les phases d'un éventuel cycle de pullulation, encore moins de prédire un déclin ou une même une stabilisation des effectifs de rongeurs, nous pouvons même assister durant les prochaines années à une pullulation plus intense d'autant plus que les paramètres pris en considération pour prévoir les infestations de rongeur reposent uniquement sur la pluviométrie.

Nous avons jugé important de présenter la formule sur laquelle les services concernés par la lutte anti rongeur reposent pour prévoir une éventuelle infestation. Cette formule repose essentiellement sur un paramètre naturel qui est la pluviométrie annuelle, la formule de l'indice d'avertissement est présentée comme suit :

$$IA = \frac{\text{Pluviométrie globale}}{\text{Nombre de mois où la pluviométrie} < 50 \text{ mm}}$$

En 1988 la FAO a établi cet indice au Maroc pour prévenir d'éventuelle infestation pour l'année suivante, cet indice est basé sur un critère climatique qui est la pluviométrie annuelle et son interprétation est la suivante :

IA < 70 indique qu'il n'y a pas de risque d'infestation pour l'année suivante

IA > 70 indique qu'il y a un risque probable d'infestation l'année qui suit

Si nous appliquons cet indice pour l'infestation enregistré durant notre période d'étude entre 2015 et 2020 nous aurons les résultats suivants :

Tableau 14 : pluviométrie enregistré entre l'année 2015 et 2020 avec indice d'avertissement

Campagne	Sept	oct	nov	dec	jan	fév	mars	avril	Mai	JUIN	total	P < 50	IA
2015/2016	26,3	74,3	20,6	0	14,6	54,2	115	31	43		379	6	63,17
2016/2017	7	3	56	35	152	12	12	4	0		281	6	46,83
2017/2018	0	23	27	69	27	39	133	116	22,5	45	501,5	6	83,58
2018/2019	51	95	30	34	89,1	19,8	19,9	29,8	17,6		386,2	6	64,37
2019/2020	38,3	6,6	62,9	49	23,2	0	49,2	70			299,2	6	49,87

Dans le cas où nous comptabilisons les mois qui ont connus une pluviométrie nulle avec ceux qui ont connu une pluviométrie inférieure à 50 mm, les résultats que nous avons obtenus pour l'indice d'avertissement ne reflètent pas la réalité sur l'infestation qu'a connue la wilaya de Tiaret durant les années de notre étude, car la majorité des résultats indique qu'il n'y a pas de risque d'infestation.

Par contre si nous ne comptabilisons pas les mois (de la période pluviale) avec des pluviométries nulles nous obtenons des résultats de l'IA qui reflètent bien la réalité des infestations, mais faudrait encore que l'indice pris en considération soit celui proposé par Adamou *et al* (2011) qui est égale à 60 dans la région de Tiaret (et non 70 proposé par la FAO pour le Maroc).

Beaucoup de travaux à travers le monde ont démontrés que les pullulations de micromammifères peuvent être liées aux conditions climatiques (tableau 1). En effet, La reproduction chez les petits rongeurs a certes lieu toute l’année, mais présente des périodes où elle est beaucoup plus importante que d’autres, ces fluctuations sont liées au cycle annuel des pluies (**Duplantier, 1989**). L’hypothèse d’un lien complexe entre précipitations, ressource alimentaire et survie des rongeurs est avancée par **Lima et al., 2002; Krebs et al., 2004** qui annoncent l’existence d’une relation positive entre le niveau des précipitations et l’existence de pullulation de rongeurs dans les milieux semi-arides, certaines hypothèses soulèvent même que le déclenchement de la reproduction est étroitement lié avec la teneur en eau des aliments consommés en saison plus pluvieuse.

A travers les résultats présentés au cour de l’observation des infestations communales par les rongeurs arvicoles (annexe 2), nous avons pu réaliser une cartographie illustrative du risque d’infestation moyen pour chaque commune (figure 12) , par rapport au pullulations de *Merioen Shawi* qui se sont produites durant la période entre l’année 2015 et 2020 dans la wilaya de Tiaret.

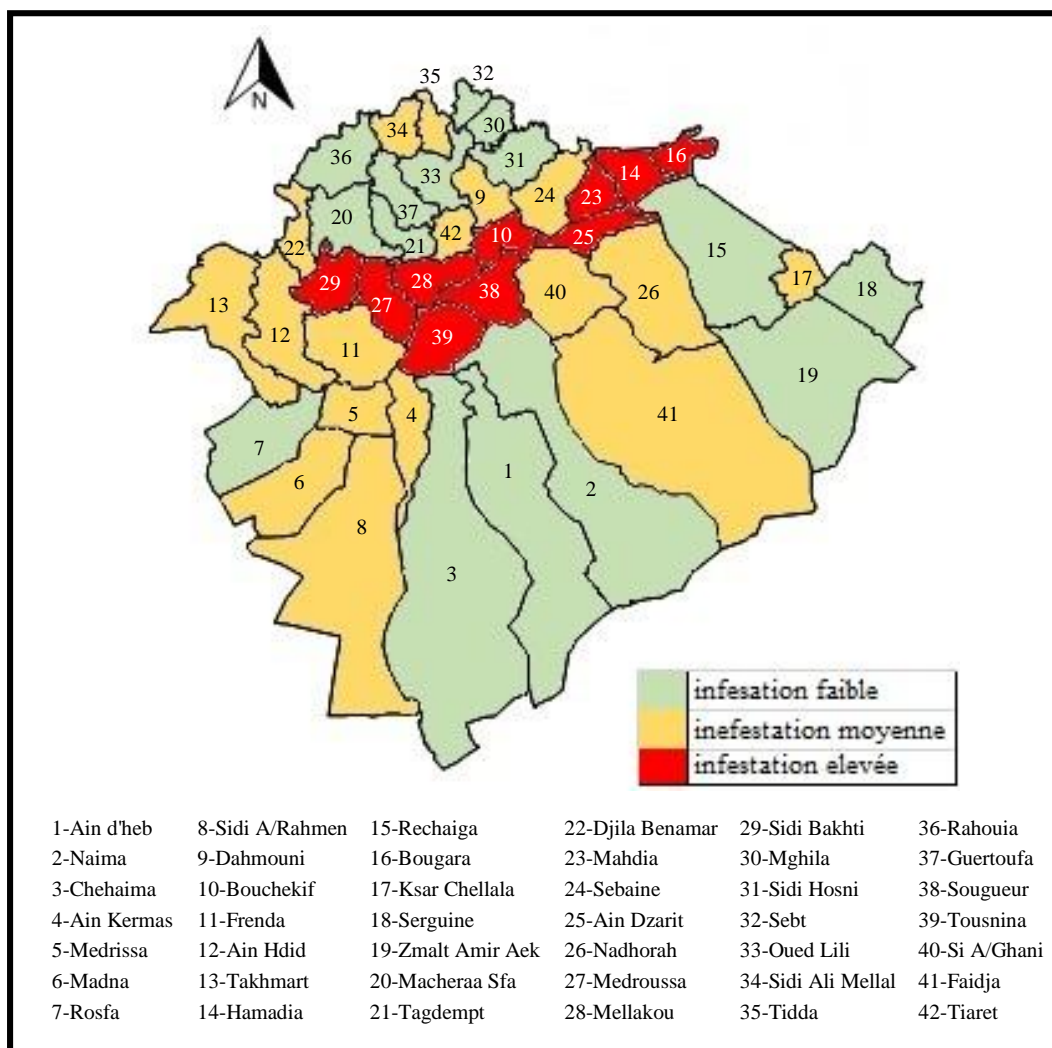


Figure 12 : Représentation cartographique du risque moyen annuel par commune.

Ces résultats nous en permis aussi de récapituler les variations d'abondances de la merione à travers les communes infesté de la wilaya, durant la même période d'étude, illustrer dans la figure (23)

Nous voyons à travers les résultats exposé que la wilaya de Tiaret a été confrontée à un vrai phénomène de pullulation de rongeurs arvicoles durant la période de 2015 à 2020

Les communes les plus exposées au risque d'infestation (Bougara, Hamadia, Mahdia, Ain Dzarit, Sougueur, Tousnina, Bouchekif, Mellakou, Medroussa et sidi Bakhti) un espace connecté qui a forcément une influence sur les populations de rongeurs leurs offrants éventuellement une large mobilité intercommunale qui peut nuire au contrôle de ces populations

4-1-2- Evolution de l'infestation de *Meriones Shawii* par rapport à composantes paysagères (Reliefs) :

L'un des facteurs clé qui influe sur les phénomènes de pullulation et d'infestation de rongeur arvicole c'est le milieu naturel ou ils vivent, naturellement quand nous parlons d'infestation c'est que c'est très évident que le rongeur trouve le maximum de paramètres vital pour sa survie et sa prolifération.

La composition paysagère s'agit du milieu naturel composé de différent formes qui vont interagir avec les différentes forme de vie qui y existe

Nous allons exposer dans cette partie de notre thèse les différent aspect paysagés qui compose la région de Tiaret

La figure (13) met en valeur les différentes formes géographiques composantes du territoire de la wilaya de Tiaret :

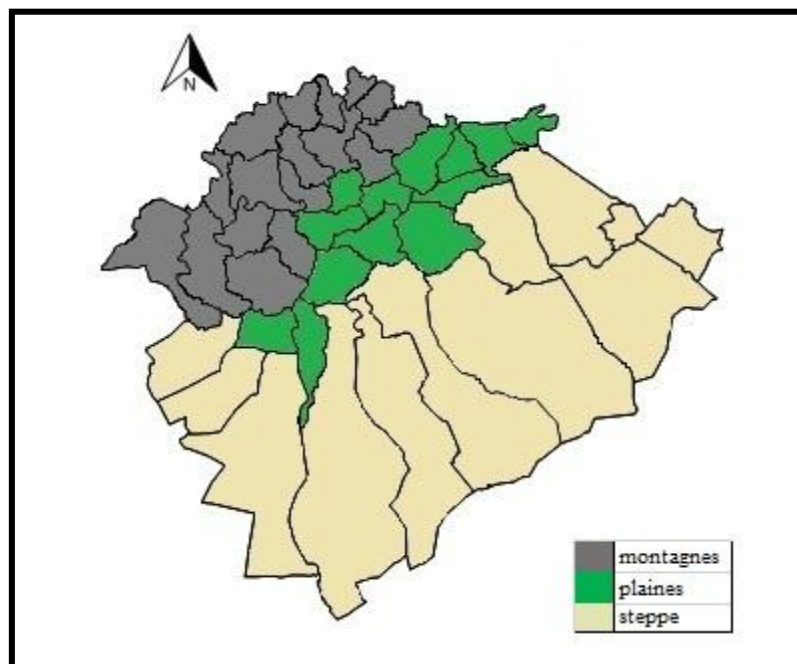


Figure 13 : Représentation cartographique de la localisation géographique des zone de : montagnes, plaines et steppe

Ce que nous pouvons constater immédiatement c'est la dominance de la couleur jaune, qui représente les surfaces occupées par les grandes cultures en sec, en deuxième lieu nous distinguons les surface forestière représentées en couleur verte, tandis que le sable (en couleur beige) couvre la majeure partie sud de la wilaya, c'est la zone steppique.

En parlant de composition paysagère, cela implique que nous devons à la fois aborder la couverture végétale qui couvre le sol de la wilaya de Tiaret, mais aussi il faut exposer la topographie et les reliefs associés à cette végétation.

4-1-2-1- Zone de montagnes

Tableau 15 : Fiche signalétique des communes de la zone montagneuse

montagne			
Communes	PACAGES PARCOURS	FORETS	ALFA
Dahmouni	594,8	865	0
Frenda	206	25605	0
Ain Hdid	4680	13993	0
Takhmart	12644	18157	0
Macheraa Sfa	3585,69	5376	0
Tagdempt	200	5912	0
Djila Benamar	400	8630	0
Medroussa	2737	8149	0
Sidi Bakhti	4880	6418	0
Mghila	490	0	0
Sidi Hosni	600	0	0
Sebt	50	712	0
Oued Lili	3219	912	0
Sidi Ali Mellal	1795,41	500	0
Tidda	577	495	0
Rahouia	314	41	0
Guertoufa	100	694	0
TOTAL	37072,9	96459	0

La zone montagneuse couvre toute la partie nord-ouest de la wilaya de Tiaret, elle est comprise entre la daïra de Mghila au nord de la wilaya et la daïra de Frenda.

Concernant ainsi (du nord vers l'ouest de la wilaya) les communes suivantes : Mghila, sidi Hosni, sebt (daïra de Mghila), Dahmouni (elle-même une daïra), oued Lili, sidi Ali et Tidda (daïra de oued Lili), rahouia et Guertoufa (daïra de rahouia), Macheraa sfa, Tagdempt et Djilali benamar (daïra de

Macheraa sfa), Medroussa et sidi Bakhti (daïra de Medroussa), Frenda Ain Hedid et Takhemart (daïra de Frenda).

La zone montagneuse couvre donc la majeure partie de 7 daïras du nord de la wilaya dont 17 communes au totale.

La couverture végétale reconnaissable à cette zone montagneuse se compose essentiellement de forêt avec 96459 Ha de superficie, et 37072 Ha de pacages

4-1-2-2- Zone de plaines (prairies)

Tableau 16 : Fiche signalétique des communes de la zone des plaines

plaines			
Communes	PACAGES PARCOURS	FORETS	ALFA
Ain Kermas	2479	1200	0
Medrissa	1978	0	0
Bouchekif	315	0	0
Hamadia	275	0	0
Bougara	320	0	0
Mahdia	21	0	0
Sebaine	332	0	0
Ain Dzarit	151	0	0
Mellakou	791,95	1089	0
Sougueur	2610	0	0
Tousnina	369	0	0
Si A/Ghani	8567	9688	2958
Tiaret	741,65	2342	0
TOTAL	18950,6	14319	2958

La zone prairial ou zone de plaine couvre une région allant de l'extrême nord-est de la wilaya (commune de Bougara) arrivant à la région sud-ouest de la wilaya ou se situe la daïra de Ain kermès, couvrant ainsi (de l'est à l'ouest) les espaces communaux suivants : Hamadia et Bougara(daïra de Hamadia), Mahdia, Sedaine et Ain Dzarit (daïra de Mahdia), Bouchekif (daïra de Dahmouni), Tiaret Mellakou (daïra de Medroussa), Sougueur, si Abdel Ghani et Tousnina (daïra de Sougueur), Ain kermès et Medrissa (daïra de Ain kermès).

C'est ainsi que la région prairial de la wilaya de Tiaret couvre un espace de presque 7 daïras, équivalente à 13 communes, formant de ce fait une zone de séparation entre le nord et le sud de la wilaya, autrement dit la zone des plaine sépare la zone montagneuse de la région steppique.

Cette zone est composée essentiellement de de pacage et parcours, la forêt se fait plus rare sauf dans la région de si Abdel Ghani (daïra de Sougueur) où nous observons une superficie forestière considérable (9688 Ha), nous pouvons noter aussi que cette zone est caractérisée par une grande activité céréalière.

4-1-2-3- Zone steppique

Tableau 17 : Fiche signalétique des communes de la zone steppique

STEPPE			
Communes	PACAGES PARCOURS	FORETS	ALFA
Ain d'heb	30297	0	83915
Naima	22848	0	41554
Chehaima	55234	0	81632
Madna	18881	1040	16697
Rosfa	6907	3060	13521
Sidi A/Rahmen	60682,5	0	17079
Rechaiga	31046	7257	0
Ksar Chellala	4722	0	0
Serguine	19105	0	0
Zmalt Amir Aek	89920	0	0
Nadhora	19174	9895	0
Faidja	5490	22170	68644
TOTAL	364306,5	43422	323042

La zone steppique s'étale sur la région sud de la wilaya de Tiaret couvrant ainsi 12 communes, à savoir : ksar Chellala, Serguine et Zmalet Emir Aek (daïra de K Chellala), Rechaiga (daïra Hamadia), Nadhora (daïra Mahdia) Faidja (daïra Sougueur) Ain d'heb, Naima et Chehaima (daïra Ain d'heb) sidi Abderrahmane, Rosfa et Madna (daïra Ain kermès).

Au total la zone steppique recouvre l'espace de 6 daïras, et est caractérisée par une couverture végétale composée essentiellement d'Alfa (326000 Ha) et de parcours (420330 Ha), avec la présence de superficies forestière nettement moins importante (154200Ha) localisée dans les communes de Nadhora, Rechaiga, Faidja et Madna (en frontière avec la zone prairial) , Rosfa (en frontière avec la zone montagneuse).

Comme nous pouvant le constater le relief paysager de la wilaya de Tiaret se compose de trois catégories de formes nettement distinguées, qui mettent en valeur la compositions paysager de chaque commune ; une zone montagneuse couvrant 17 commune, une zone de prairie et plaines qui englobe 13 commune et une zone steppique couvrant 12 communes. Le tableau suivant met en évidence la compositions paysager complète de la wilaya de Tiaret associant à la fois la couverture végétale ainsi que le relief caractéristique de chaque commune de la wilaya

Tableau 18 : Répartition des structures paysagères (relief) et de la couverture végétale dominante

zones	nombre de communes	PACAGES PARCOURS	FORETS	ALFA
montagne	S/T 17	37072,9	96459	0
plaine	S/T13	18950,6	14319	2958
steppe	S/T12	364306,5	43422	323042
total		420330	154200	326000

4-1-2-4- Interaction entre l'évolution des infestations et les reliefs

Pour faire un diagnostic d'une éventuelle interaction entre les différentes formes paysagères (reliefs) de la wilaya de Tiaret et l'évolution des infestations, nous avons procéder au dénombrement du nombre de communes ayant connue différents taux d'infestation pour les trois différentes structures topographique qui compose le sol de la wilaya. Les résultats obtenus sont indiqué dans le tableau (19) et la figure (14)

Tableau 19 : Répartition du taux de risque moyen annuel par rapport au relief

	Montagnes	Plaines	Steppe
NULLE	18 (9%)	8 (4%)	11 (5%)
FAIBLE	36 (17%)	11 (5%)	23 (11%)
MOYEN	21(10%)	28 (13%)	24 (11%)
FORT	10 (5%)	18 (9%)	2 (1%)

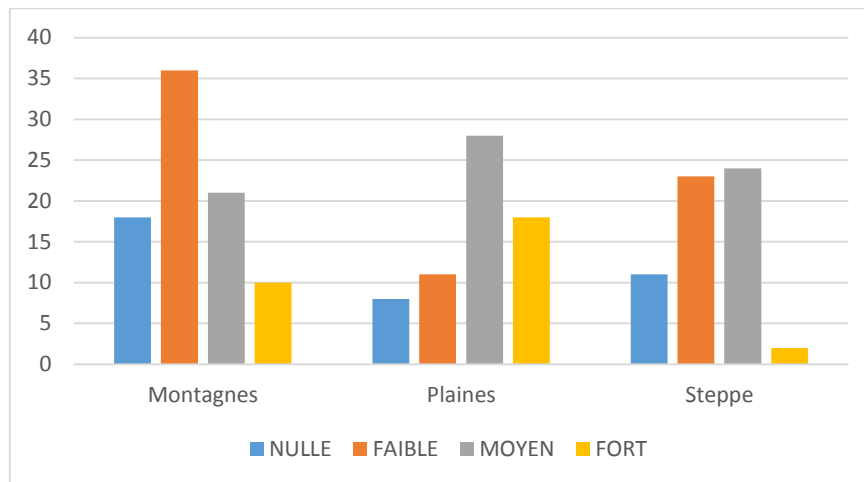


Figure 14 : Répartition du taux de risque moyen annuel par rapport au relief

Les résultats montrent que le nombre le plus élevé de communes ayant connues une infestation nulle et faible se localise dans la zone montagneuse, tandis que la zone des plaines regroupe le plus grand nombre de communes qui ont enregistré des taux d'infestation moyen et élevé

Nous pouvons dire de ce fait, que les reliefs géographiques présents dans la wilaya de Tiaret ont un impact relativement important sur l'évolution des infestations de rongeurs arvicole enregistré les dernières années au niveau de la wilaya de Tiaret.

4-1-3- Evolution de l'infestation de *Meriones Shawii* par rapport à la couverture végétal

A partir des résultats d'analyse de l'infestation des micromammifères dans les différentes communes de la wilaya de Tiaret, par rapport à la composition paysagère dans son volet concernant la couverture végétale, nous avons constaté la présence de quatre catégories de végétation dominante qui couvre le territoire régional, à savoir les productions agricole (majoritairement les grandes culture céréalières), des espaces forestiers, des zones de pacages et parcours ainsi que les steppes d'alfa

Nous allons examiner l'influence de la production agricole, ultérieurement dans cette thèse, car l'agriculture est une action humaine et non naturelle, géré de telle sorte à fournir aux populations les produits alimentaires dont ils ont besoin, selon certaine méthodes de production, ces pratiques agricoles font que les écosystèmes naturelle sont exposé à des changement qui peuvent des fois interagir avec les éléments qui compose ces écosystèmes, et de ce fait l'activité humaine peut avoir un impact sur le phénomène d'invasion de micromammifères dont notre thèse fait l'objet.

4-1-3-1- Couverture d'Alfa

Sur le territoire de la wilaya de Tiaret, l'alfa couvre des superficies différentes parcourant 8 communes, dont 1 au niveau de la zone des plaines, et 7 au niveau de la steppe, elle occupe une superficie totale de 326000 Ha

Vu que l'alfa occupe une superficie limité à quelque commune dans la zone steppique, nous ne pouvons pas la prendre dans ce cas, comme élément qui pourrait avoir un impact sur l'évolution de l'infestation des rongeurs arvicoles durant ces dernières années. Car peu importe le degré de signification que pourrais avoir le résultat d'une corrélation (tableau 20), cela ne peut pas s'appliquer au reste des commune dans les zones de plaines et de montagne, et sont loin d'être proche de la réalité

Tableau 20 : Indice de corrélation entre les superficies d'Alfa et l'infestation par commune

Compagnes	Coefficient de corrélation (r)
2015-2016	0,67
2016-2017	-0,15
2017-2018	-0,54
2018-2019	-0,61
2019-2020	-0,51

En effet les surface occupé par l'alfa ne sont pas des terres agricoles et de ce fait ils ne sont pas recensé durant la période d'infestions, cela n'implique pas une absence de rongeurs, néanmoins leurs dégât ne se fait pas ressentir sur les superficies de grande culture céréalière dont notre étude fait l'objet.

De rares exception été observé sur les abords des parcelles céréalières durant la période de forte infestation, ou les terres inculte voisines servant de refuges pour les rongeurs, du fait de la proximité des sources de nourriture (cas de la commune de si Abdel Ghani durant la compagne 2019-2020)

4-1-3-2- Pacages et parcours

Les zones de pacages et de parcours sont présent sur tous les espaces communaux, cela va nous emmener à chercher une éventuelle relation entre les superficies infesté durant chaque année de la période d'étude, et les superficies respectives des parcours dans chaque commune

pour cela nous avons procéder au calcule du coefficient de corrélation entre la superficie de la zone de parcours de chaque commune (exprimé en pourcentage par rapport à la superficie totale de cette même commune) et les taux d'infestation enregistré dans les communes durant chacune des cinq compagnes de notre étude , les résultats sont présenté dans le tableau ci-dessous

Tableau 21: Indice de corrélation entre les superficies de pacages et parcours et l'infestation par commune

Compagnes	Coefficient de corrélation (r)
2015-2016	0.12
2016-2017	-0.17
2017-2018	-0.24
2018-2019	-0.17
2019-2020	-0.32

Nous remarquons qu'il y a une très faible corrélation entre les superficies des parcours (exprimé en pourcentage par rapport à la surface totale des communes) et les taux d'infestations, ce qui nous laisse supposer que le degré d'infestation qu'a connue la wilaya durant la période d'étude n'a pas vraiment été influencé par les espaces de pacage et de parcours présent au niveau des différentes communes

4-1-3-3- Couverture Forestière

Dans la zone forestières dans la wilaya de Tiaret ne couvre que 24 communes parmi les 42 existantes, dont 15 communes dans la zone montagneuse, 4 dans la zones des plaines et 5 communes dans la steppe, et à des superficies nettement différentes, étant donné que ces mêmes communes ont aussi connu des infestations importantes de rongeurs arvicole, nous supposons que l'existence d'espaces forestiers peut avoir un impact sur les populations de ces petits mammifères et influencer leur dynamique.

De ce fait, nous avons tout d'abord procédé au calcul de coefficient de corrélation entre les espaces forestiers exprimé en pourcentage par rapport à la superficie totale de chaque commune, et le taux d'infestation par commune pour chaque année de notre étude.

Nous tenons à noter que pour ce calcul nous n'avons pris en considération que les communes dont la forêt occupe une partie de leurs sols, et les résultats de la corrélation sont comme suit :

Tableau 22 : Indice de corrélation entre les superficies forestières et l'infestation par commune

Compagnes	Coefficient de corrélation (r)
2015-2016	0.44
2016-2017	-0.16
2017-2018	0.07
2018-2019	0.37
2019-2020	0.25

Nous observant une corrélation positive faible pour les campagnes 2015-2016 et 2018-2019, et positive très faible durant la campagne 2019-2020, alors que les campagnes 2016-2017-2018 la corrélation est insignifiante

Ces résultats affirment que l'existence des espaces forestiers dans les communes influe d'une certaine manière sur l'évolution de l'infestation des rongeurs. En effet si nous procédant au dénombrement du nombre de communes ayant subi des infestations à des taux différents (nul, faible, moyen et fort), par rapport à la présence et l'absence de forêt nous obtenons les résultats suivants :

Tableau 23 : Dénombrement des communes selon le risque annuel et la présence/absence de forêt

	forêt	sans forêt
NULLE	19	18
FAIBLE	45	25
MOYENNE	40	33
FORTE	16	14

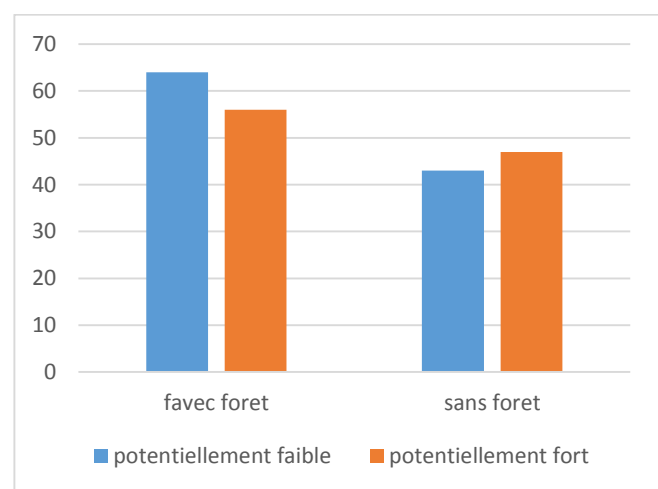


Figure 15 : Dénombrement des communes selon le risque annuel et la présence/absence de forêt.

Nous constatons que le nombre de communes ayant un taux d'infestation nul et faible avec existence d'espace forestier, dépasse les nombre des communes avec les même taux dans la zone où il n'y a pas de forêt.

Par contre, pour les communes qui ont enregistré des taux d'infestation moyen et fort, le nombre de celles qui ne possèdent pas d'espaces forestier dépasse le nombre de communes avec zone forestière.

De ce fait nous pouvons désormais affirmer que durant cette période d'étude, la présence d'espace forestier peut avoir un impact sur l'évolution des infestations de rongeurs arvicoles dans la wilaya de Tiaret, car les taux d'infestations observé durant cette période sont inférieur dans les communes possédant des superficies forestières par rapport aux autres communes qui n'en possèdent pas.

4-1-4- Evolution de l'infestation de *Meriones Shawii* par rapport aux pratiques agricoles

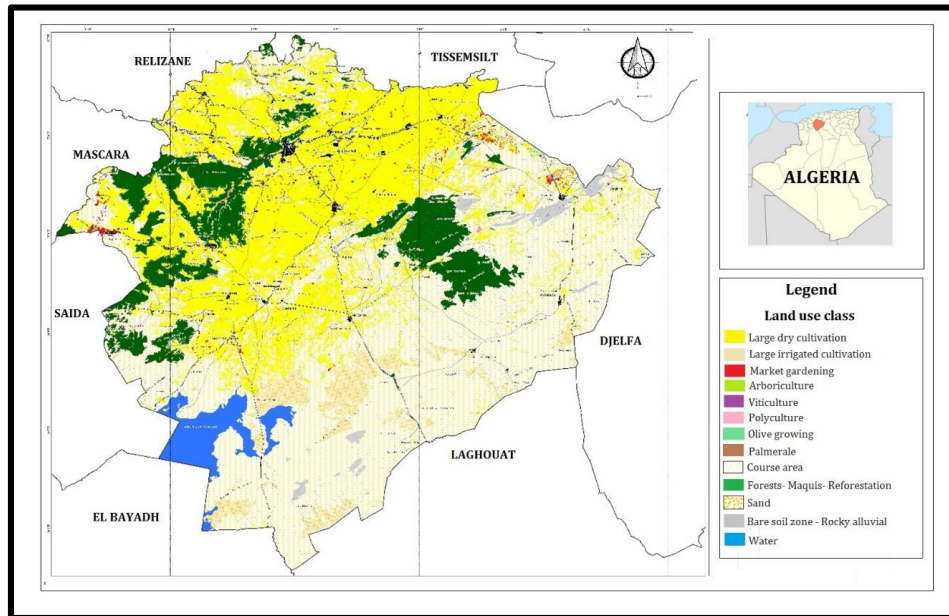


Figure 16 : Couverture végétale et occupation du sol de la wilaya de Tiaret

Comme nous l'avons constaté dans le chapitre précédent, une majeure partie des terres de la wilaya de Tiaret sont destinées à une pratique céréalière qui caractérise la wilaya depuis toujours, de ce fait nous pouvons dire que l'activité agricole dominante est bien la céréaliculture.

De ce fait, l'une des raisons des invasions de rongeurs arvicole c'est bien la dominance de la céréaliculture dans la wilaya de Tiaret, mais en évitant les jugements précoces, nous avons déjà constaté que le degré d'infestation des différentes communes est nettement distingué, de ce fait nous devons certainement analyser la pratique de céréaliculture à travers les communes de la wilaya, peut-être trouverons-nous quelque justification qui peut argumenter la différence considérable dans le degré d'infestations à travers les terres agricoles de la wilaya de Tiaret.

Dans ce qui suit nous allons exposer les activités agricoles liées à l'agriculture durant la période d'étude de l'infestation des rongeurs arvicole, de ce fait nous allons faire un récapitulatif des emblavures réalisées dans chaque commune durant les campagnes allant de 2015 à 2020.

Pour faire l'analyse de l'influence des pratiques agricoles sur le niveau d'infestation des terres agricoles par les rongeurs, nous nous sommes basés sur le critère de la culture dominante dans chaque commune.

La céréaliculture étant la spéculation dominante, occupant de ce fait la majeure partie de la SAU de la wilaya de Tiaret (plus de 300000Ha chaque année équivalent à plus de 44% de la SAU), nous allons départager les communes selon la production céréalière dominante pour chaque année de la période de notre étude.

D'après le tableau (annexe 3) qui met en valeur les superficies emblavées avec les cultures dominantes, nous constatons immédiatement que la culture d'avoine occupe les superficies les plus réduites atteignent une superficie maximale de 240 Ha à la commune de Sebt (daïra de Mghila) représentant 13% de la SAU de celle-ci, durant la campagne agricole 2016/2017.

De ce fait, le critère de culture dominante va être limité à la comparaison des degrés d'infestation à travers les communes dont la spéculation dominante varie entre l'orge et le blé

Nous allons faire analyse chaque campagne séparément en comparant le nombre de communes dont l'orge ou le blé est la spéculation dominante, par rapport aux taux d'infestation extrême (nul ou fort). Dans le cas où durant une campagne nous n'enregistrons pas de valeur d'infestations extrême, la comparaison se fera entre les valeurs disponibles, en comparant des taux faible avec moyen, ou faible avec fort c'est à dire que l'analyse sera orienté vers la tendance des taux d'infestations entre les communes caractérisé par la production d'orge ou de blé.

A- Campagne 2015/2016 :

Pour cette campagne nous avons trois degrés d'infestation, nul, faible et moyen

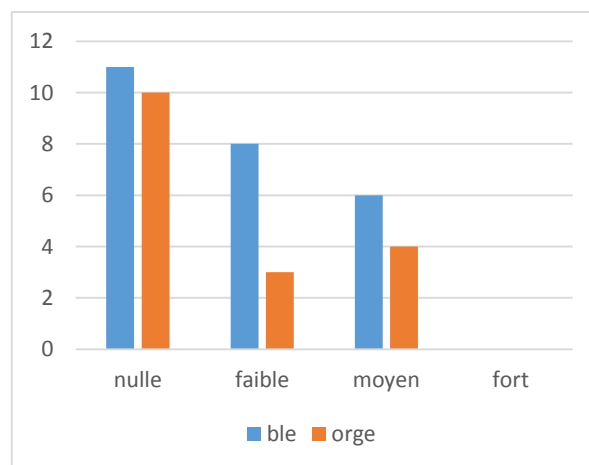


Figure 17 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (campagne 2015/2016)

L'observation des chiffres représentant le nombre de communes avec différents taux d'infestation selon la culture dominante (blé ou orge), nous fait constater que le plus grand nombre de communes ayant une infestation nulle, sont celles qui produisent majoritairement du blé. Cela ne nous permettra

pas d'avancer des hypothèses précoces car nous observons aussi, que le nombre le plus élevé de communes qui ont enregistré des taux d'infestation faible et moyen sont celle dont la production de blé est dominante.

B- Campagne 2016/2017 :

Pour cette campagne, nous n'avons constaté que deux différents taux d'infestation, à savoir faible et moyen.

Nous remarquons que la majeure partie des communes avec un taux faible sont celles dominée par la production de blé, alors que le nombre important de commune avec un taux moyen sont celle qui produisent potentiellement de l'orge.

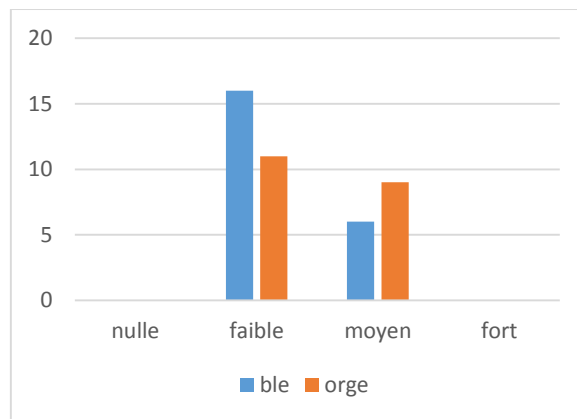


Figure 18 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (campagne 2016-2017)

C- Campagne 2017/2018 :

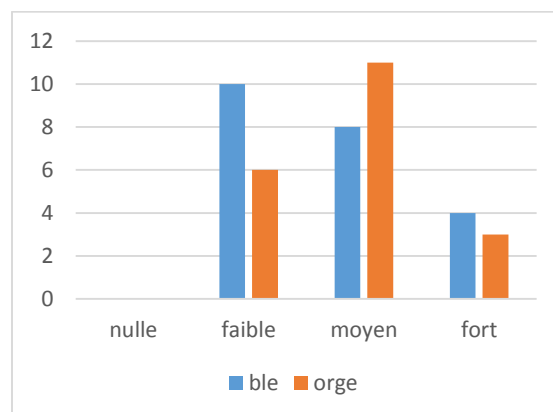


Figure 19 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (campagne 2017-2018)

Pour cette campagne il n'y a pas de commune avec un taux d'infestation nulle, seulement des taux faible, moyen et fort à travers tout le territoire de la wilaya, de ce faite la comparaison se fera entre les communes à faible taux d'infestation par rapport aux 2 autres (moyen et fort)

Le plus grand nombre de commune qui ont enregistré des taux d'infestation faible, se localise sur les parcelles dont la production de blé domine, alors que le nombre de commune avec moyen et fort taux d'infestation sont celle qui se caractérise par une production dominante d'orge

D- Campagne 2018/2019 :

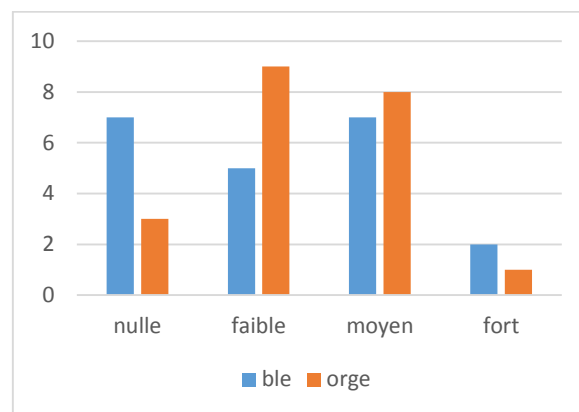


Figure 20 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (campagne 2018-2019)

Cette campagne est marquée par le retour les valeurs d'infestation nulles qui sont dominante dans les communes à production de blé, Tandis que Le nombre le plus important de commune qui ont subi une faible et moyenne infestation, est celui des communes productrices d'orge

Le taux d'infestation élevé ne concerne que 3 commune dont 2 productrice de blé, ce chiffre reste insignifiant pour la comparaison

E- Campagne 2019/2020 :

Du fait que le nombre de commune ayant un taux d'infestation identique pour les parcelle dominé par la production de blé et d'orge , et que la même situation a été observé pour les commune marqué par un taux d'infestation levé, notre comparaison se fait donc par rapport au nombre de communes avec des taux faible et moyen.

Nous observons alors que le nombre de communes productrice de blé ayant un taux d'infestation faible et moyen est de 7 (2 faible et 5 moyen) ce chiffre reste inférieur au nombre de commune productrice d'orge et qui ont connu une infestation moyenne (au nombre de 9 communes)

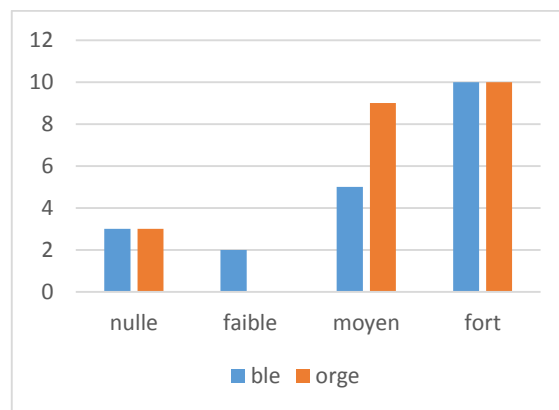


Figure 21 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante (campagne 2019-2020)

A l’issu des résultats présenté ci-dessus, nous pouvons constater que pour chaque campagne de notre étude, le nombre de communes qui ont enregistré des infestations fortes sont celle dont la spéculation dominante est l’orge.

Par contre, les communes productrice de blé sont celle qui ont connu les infestations les plus faible, ou même nulle.

Nous pouvons résumer ce constat dans ce qui suit :

Tableau 24 : dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante durant la période d’étude

	orge	blé
nul	9%	9%
faible	14%	20%
moyen	20%	15%
fort	6%	9%

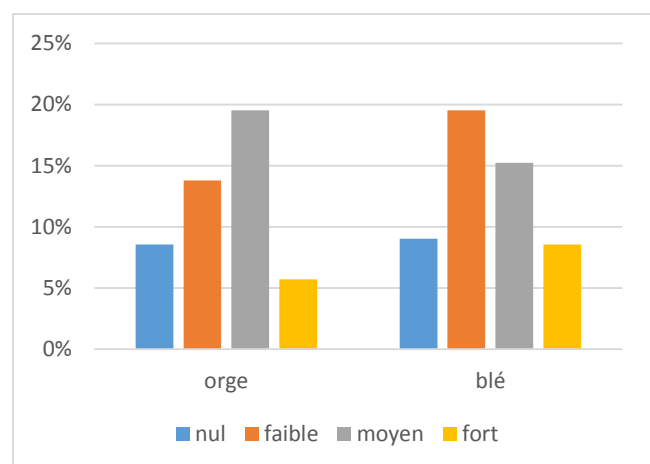


Figure 22 : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante durant la période d’étude

Nous avons dénombré les commune à faible taux d’infestation avec ceux qui ont présenter un infestation nulle, et le nombre de commune à un taux d’infestation moyen avec ceux qui ont enregistré un taux d’infestation fort.

Les résultats sont indiqués dans le tableau (24 bis) et le graphe (9 bis)

Tableau 24 (bis) : Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante durant la période d’étude

	orge	blé
Potentiellement faible	22%	29%
Potentiellement fort	25%	24%

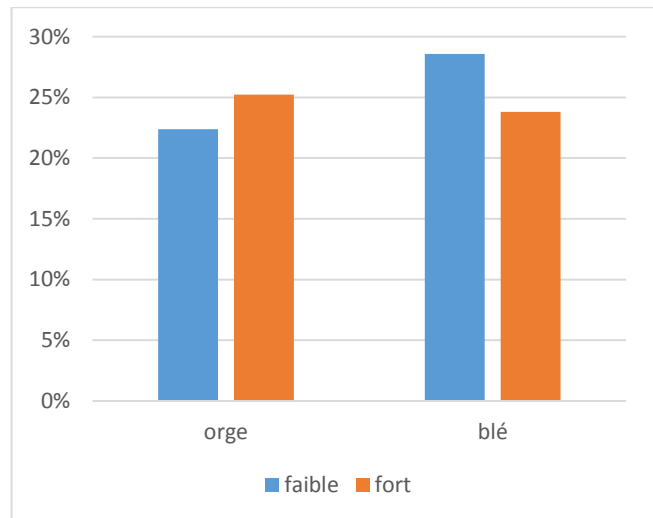


Figure 22 (bis): Dénombrement des communes selon risque annuel et spéculation dominante durant la période d’étude

A l’issu des résultats présentés et Pour mieux comprendre les interactions intercommunales des infestations qui se sont produites durant la période entre 2015 et 2020 dans la région de Tiaret, et faire une analyse de la dynamique de dispersion spatiale de *Meriones Shawii*, il été important que nous envisagions une représentation simplifié des flux de diffusion des rongeurs selon l’aspect paysager sous forme d’une carte d’infestation, réalisé pour la première fois, qui pourrais éventuellement fournir un appui opérationnel à des action ultérieures sur terrain (figure 23).

Cette carte met en évidence la dispersion spatiale des rongeurs à travers les communes par rapport à leurs degrés d’infestation, ainsi les résultats cartographier montrent pour la première fois l’infrastructure de déplacement de population de mériones durant ces dernières année qui servira potentiellement à localiser les interventions sur terrain visant à limiter la diffusion des pullulations.

Nous voyons clairement que l’infestation initial se localise dans certaines communes seulement, et à différents degrés, le plus élevé étant enregistré sur les plaines de la wilaya (commune de Mahdia, Bouchekif et Mellakou), ou sur les communes frontalière avec la zone des plaines et la zone steppique (Ain D’heb, Naima et Chehaima) nous pouvons qualifier ces communes , et même ceux qui ont

connue des infestation faible durant la premier campagne (2015-2016) de « commune de départ » , ou « « communes épiceutre » de l'infestation ; ou les populations de rongeurs trouvent forcément un milieu vital pour leur prolifération.

Plus nous avançons en années ,et plus l'infestation devient important, en occupant d'avantage de commune dans différentes zone qu'on pourrais qualifier de « communes de diffusion » qui enregistrent des taux d'infestation différents chaque année, avec une croissance pour certaine communes (Bougara, Hamadia, Mahdia , Ain Dzarit, Mellakou, Medroussa), et un déclin voir même une extinction pour certaine commune (essentiellement en zone de montagne et steppe) qui renvoi à un éventuel succès de la lutte chimique dans ; Mghila, sebt, sidi Hosni, Rahouia et Guertoufa.

Les fortes infestations connues durant la dernière campagne se localisent essentiellement sur les terres agricoles de la zone des plaines, et ceux malgré que la lutte soit en cours, cela implique impérativement l'existence de paramètres favorisant les pullulations de la merione, lié probablement à la composition paysager de cette zone, qui fait que les taux de pullulation et de dispersion des rongeurs soient supérieurs à ceux des mortalités provoquées par la lutte chimique.

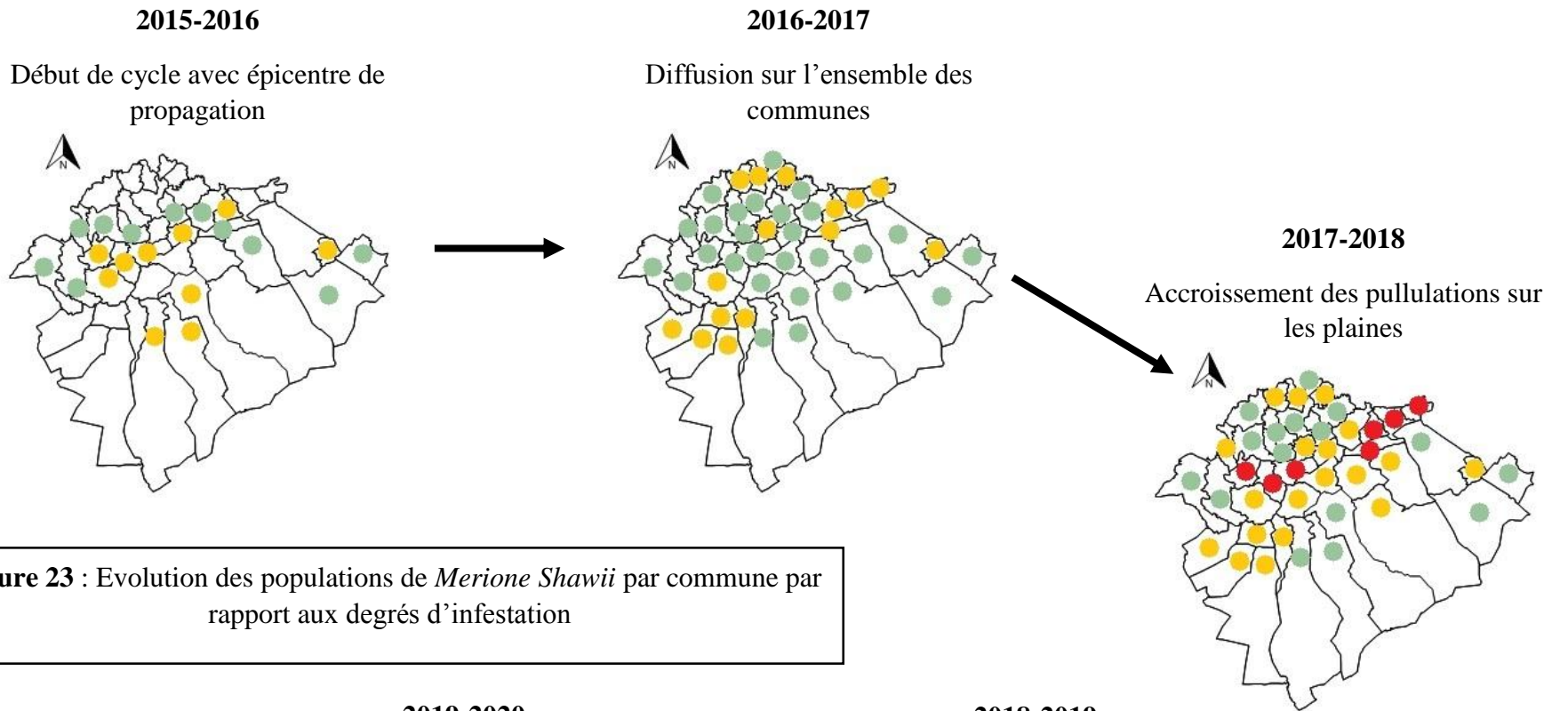
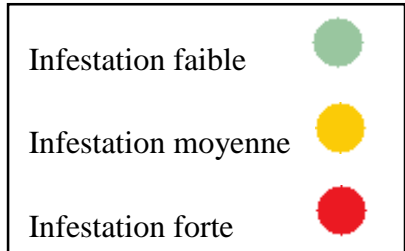
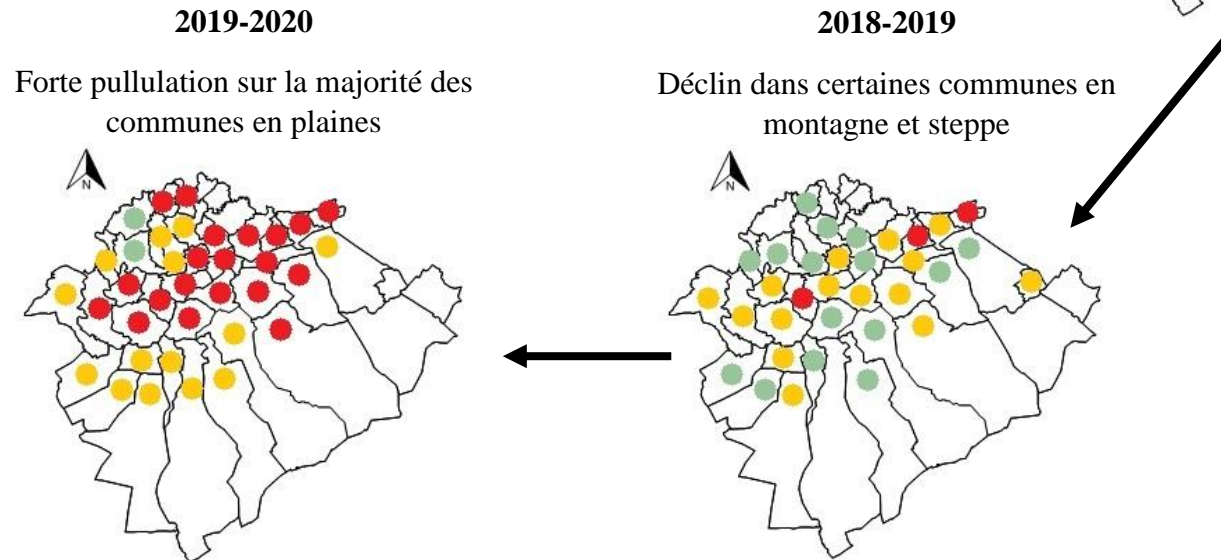


Figure 23 : Evolution des populations de *Merione Shawii* par commune par rapport aux degrés d'infestation



4-2- Discussion

Infestation dans le temps :

La wilaya de Tiaret a connu ces derniers années une infestation importante des terres agricoles par les rongeurs arvicoles de l'espèce *Meriones Shawii*, cette espèce se caractérisant par un régime alimentaire basé sur les céréales (**Adamou 2013**) a envahi des superficies importantes sur les zones céréalières de la wilaya entre 2016 et 2020.

L'infestation de merione de Shaw durant la période d'observation a connu une évolution croissante très importante. En considérant l'aspect temporel, nous avons constaté une croissance très rapide et abondante des parcelles infestées, une année été suffisante pour passer de 21 communes infestées à la totalité des parcelles de la wilaya entre les deux premières campagnes.

L'infestation la plus faible été de 1900 Ha durant la première année d'observation alors qu'un pic de pullulation a été constaté durant la dernière campagne avec une superficie de 37220 Ha infestée.

Cette infestation se traduit par une grande mobilité des micromammifères, et dont les causes sont peu connues, certains chercheurs (**Spitz 1972,1977, Imholt et al 2011 Esther et al.2014**) estiment que les facteurs climatiques liés à la température et à la pluviométrie, influencent considérablement le processus de pullulation.

Outre l'influence climatique, une variété de facteurs est à l'origine de pullulation de rongeurs, qui présentent potentiellement une forte compétitivité interspécifique (**Korpimäki et al.2004**) L'intensification de l'agriculture a pu favoriser leurs populations en augmentant la disponibilité en ressources alimentaires (**Parshad ; 1999; Morilhat et al.2007**), en effet, l'implantation de vastes champs de céréales dans la wilaya de Tiaret favorisent le déplacement de ce micromammifère qui y trouve une source alimentaire importante et une litière qu'elle semble rechercher. (**Zaim, 1988**).

L'impact de cette intensification peut également avoir un effet indirect en modifiant la composition et la structure paysagère et donc modifier l'abondance ou la composition des communautés de prédateurs ou les barrières naturelles jouant un rôle important dans la régulation des pullulations (**Delattre al.1996; Delattre et al.1999, Duhamel et al.2000; Michel, Burel, Butet ; 2006; Falk, Nol, Burke ;2011**).

De ce fait nous constatons là que les zones céréalières de Tiaret procurent à *Meriones Shawii* un espace vital, qui offre abri et refuges aux rongeurs ainsi qu'une source importante d'approvisionnement en nourriture.

Une réflexion plus récente met l'accent sur la composition spatiale des zones de fluctuation d'abondance des micromammifères nuisibles, sans doute du fait de son importance en terme de gestion des populations et /ou d'anticipation des dégâts.

Cette nouvelle vision dont notre thèse fait l'objet, met en cause les éventuelles interactions entre les fluctuations de densité de rongeurs à travers les différentes communes de la wilaya, et les compositions paysagères des espaces caractéristiques de chaque région de la wilaya

La composition spatiale traite de deux volets essentiels qui sont les reliefs géographiques et la couverture végétale dominante.

Infestation par rapport à la Composition géographique (relief)

- Zone de Montagnes

Les résultats d'infestation exprimée dans la zone montagneuse de la wilaya de Tiaret révèlent que les taux infestation élevés se font moindres. En effet, durant 5 ans d'observation 9% des communes (par rapport au nombre total des communes) ont enregistrées des taux d'infestation nulle et 17% avec un taux faible, contre 5% qui ont connues une forte infestation

C'est les résultats les plus satisfaisants que nous avons pu constater durant la période étudiée, par rapport aux autres reliefs de la wilaya.

La zone de montagne présente un relief difficile à parcourir pour les mériones, et constitue de ce fait une barrière contre toute éventuelle propagation des populations de rongeurs, d'autre part, Les zones de montagnes sont souvent considérées comme favorables à des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et à une biodiversité importante (**Fjeldså, Lambins, Mertens ;1999**), cette biodiversité assure une interaction entre les rongeurs et une densité de ravageurs qui maintiennent leurs populations relativement faibles (**Ryskowsky, 1982**).

- Zone de plaines :

La forte production agricole a engendré un phénomène de spécialisation des productions (**Leroux et al.2008**), orienté dans les plaines vers la production céréalière (**García-Martínez, Bernués, Olaizola ;2011**).

A Tiaret cette zone est celle qui a enregistré les plus grands taux d'infestation, avec 9% de communes enregistrant un taux d'infestation fort, tandis que seulement 4% avec une infestation nulle et 5% de taux faibles.

Ce résultat est due aux espace ouvert qui couvre la zone des plaine de la wilaya avec une certaine homogénéité dans la couverture végétale dominé par une mono culture céréalière qui confirme ce qui a été évoqué par **Sutherland et al (2014)** qu'une zone agricole présentant des paysages et une occupation du sol homogène présente une diversité taxonomique faible de micro mammifères mais avec de gros effectif, tandis qu'un paysage fragmenté et diversifié est favorable à la diversité de micromammifères

- **Zone steppique :**

Dans l'ensemble des années d'observation, l'infestation de la merione enregistré dans les communes de la zone steppique été relativement moyenne (11% avec taux faible et 11% aussi pour le taux moyen), avec un taux fort enregistré sur 1% des communes seulement.

Nous supposant que l'interaction entre les espaces steppique, et les densité de rongeurs se traduit par le manque de ressource alimentaire, qui pousse le rongeur à se rapprocher des parcelles céréalières situer aux frontières de la zone des plaine , de ce fait la steppe joue le rôle de barrière qui freine la propagation de ces micromammifères vers le sud , et en même temps un paramètres qui influe sur la dynamique de population en repoussant les population de rongeur , en période de haute infestation vers les plaines

Infestation par rapport à la couverture végétale :

La composition de la couverture végétale à travers le sol de la wilaya de Tiaret se divise en trois grandes superficies distinctes constituées essentiellement de zone forestières, une zone de pacage et de parcours ainsi qu'une couverture d'Alfa. Sur ces espaces nous avons constaté une hétérogénéité dans les niveaux d'infestation qui peut se traduire par ce qui suit :

- **Foret**

A travers les résultats exposés antérieurement nous avons constaté que le niveau d'infestation des terre par la merione dans les parcelles agricoles des commune dont la foret occupe une certaine superficie de leurs superficies, été nettement inférieur à celui observé dans les communes ou les espaces forestier n'été pas présent.

Cela peut s'expliquer par plusieurs hypothèses, liées principalement à la disponibilité de ressources alimentaire, ainsi que la présence d'une diversité de prédateurs qui font que les rongeurs arvicole n'arrivent pas à subsister dans un espace aussi défavorable.

Nous pouvons aussi prétendre que la végétation dans les espaces forestiers dominés par les arbres et arbustes, avec des systèmes racinaires évolués que ceux des céréales, constituent pour les rongeurs une barrière pour qu'ils puissent creuser des terriers.

- **Pacages et parcours :**

Nous avons précédemment énoncée dans la présentation des résultats que la zone de parcours est présente dans la quasi-totalité des communes de la wilaya, avec des proportions différentes, et la corrélation avec l'évolutions des infestations de mériones été relativement faible, néanmoins nous pouvant dire que les zone de parcours sont des zone de transit pour les rongeurs durant la période de haute densité, ou les parcelles deviennent surpeuplé, et peuvent contenir des terriers actifs surtout s'ils sont situé près ou aux bord des parcelles de céréales.

Une autre perception sur l'interaction entre la zone de parcours et l'évolution des infestations de rongeur nuisible aux cultures agricoles est celle donnée par **Couvall. G (2014)**, qui a démontré que le risque de pullulation des rongeurs arvicoles est nettement élevé dans les parcelles destiné exclusivement au pâturage, et que le nombre de cheptel n'est pas trop élevé, car le piétinement de la parcelle par les troupeaux détruits les terriers actif, et contribue à la diminution des populations de rongeurs.

Infestation par rapport aux pratiques agricoles

Les pratiques agricoles représentent la seule interaction directe qui puisse exister entre les pratiques humaine et les niveaux d'infestations du rongeur dont il est question, en effet, la forte productivité à entrainer une spécialisation de la production conduisant à une dissociation spatiale et technologique des cultures et de l'élevage (**Leroux et al 2008**).

Cette spécialisation à fortement participer à l'uniformisation du paysages agricole (création de zones céréalières ou maraichères) et exerce une s plus grande pression anthropique sur la biodiversité, de ce fait certaine espèces présentent une diminution inquiétante alors que d'autre peuvent pulluler de manières périodique comme c'est le cas des rongeur (**singleton et al 2010, koyanagi et al 2012**)

L'implantation de vastes champs de céréales sur les parcelles agricoles de la wilaya de Tiaret, a eu d'énormes conséquences sur les déplacements de rongeurs *Meriones shawii* (**Zaïme 1988**) qui semble y trouver un excellent espace vital leurs procurant des habitats principale pour les pullulations, un abri contre les prédateurs (la densité importante de couverture végétale) ainsi qu'une alimentation adapté à son régime (**Adamou et al 2013**).

A l'issue des résultats présenté précédemment, nous avons constaté que pour chaque compagne de notre étude, le nombre de communes qui ont enregistré des infestations fortes sont celle dont la spéculatation dominante est l'orge, ceci confirme les travaux de **Adamou (2013)** qui a évoquer que les régimes alimentaire de *Meriones Shawii* est principalement basé sur les céréales avec une préférence distinct pour l'orge.

Nous supposant dans le présent travail que l'orge étant riche en éléments nutritif, de par ces graines abondante durant l'été mais aussi ces feuilles et tiges en périodes de disette, fait que les parcelles les plus exposé aux populations de mériones sont ceux dont l'orge est la production dominante, Par ailleurs la couverture végétale dense qu'il crée, assure aux mériones un déplacement libre à l'abri des prédateurs.

Finalement il est important d'évoquer le programme de lutte chimique préconisé par les services agricoles de la wilaya durant les infestation de *Meriones Shawii*, basé sur des prévision essentiellement lié à l'indice d'avertissement qui repose sur la pluviométrie globale au cour de chaque année ; nous jugeons que cette méthode est nettement insuffisantes avec la présence de plusieurs facteurs lié à la structure paysagère et la couverture végétale ainsi qu'aux pratiques agricoles, influençant sur les populations de rongeurs arvicoles.

Conclusion :

Dans des situations où les productions agricoles sont confrontées à des risques de ravageurs, le souci majeur qui se présente est celui de l'explication des paramètres incitatifs à cette invasion ainsi que les moyens les plus appropriés pour diminuer l'ampleur des dégâts à un seuil tolérable proche de la valeur nulle.

Dans ce travail, nous avons concentré nos efforts sur la compréhension de la dynamique de population de *Meriones Shawii*, et le phénomène d'infestation qu'elle a engendrée sur les terres agricoles de la wilaya de Tiaret, ce qui nous a mené à l'élaboration d'un modèle théorique d'évaluation de risque, permettant de confronter les théories scientifiques à la réalité du terrain.

L'ensemble des résultats montrent clairement que, quelle que soit les causes des infestations connues ces dernières années à Tiaret, les interactions entre l'hétérogénéité du paysage et la démographie des populations restent une composante essentielle à la compréhension de la dynamique de pullulation de la mérione.

En effet, ce travail original réalisé pour la toute première fois a permis de mettre en exergue l'hétérogénéité paysagère comme un élément influenceur sur les pullulations et les dispersions des populations de *Meriones Shawii*.

Deux grands types d'hétérogénéité peuvent être distingués :

L'existence de disparités dans la qualité de l'habitat : les vagues émergent aux niveaux des communes épicyentriques (Medroussa, Mellakou, Ain d'heb, Frenda, Mahdia et Dahmouni), correspondant à un habitat très favorable et très connecté où les populations augmentent en densité rapidement, puis, elles diffusent vers les zones adjacentes de qualité et de connectivité moindres (les communes situées sur les plaines, aux frontières avec la zone de montagne et la steppe)

La présence d'obstacles physiques à la dispersion : Les populations de rongeurs arvicoles rencontrent des obstacles physiques qui jouent un rôle majeur dans la dispersion et la propagation à grande échelle, à Tiaret l'obstacle majeur est constituée de la zone montagneuse avec une grande couverture forestière au nord, ainsi que les zones steppiques dominées par l'alfa au sud, qui font que les populations de rongeurs s'accroissent et se diffusent essentiellement sur la zone des plaines.

Effectivement nous avons démontré à travers le calcul et l'interprétation cartographique que les communes les plus exposées au risque d'infestation de la mérione de Shaw sont présentes essentiellement sur la zone des plaines : Bougara, Hamadia, Mahdia, Ain Dzarit, Bouchekif, Sougueur, Tousnina, Mellakou, Medroussa et Sidi Bakhti, et qui présentent un espace intercommunale connecté avec une activité agricole dominée par la céréaliculture (proportion élevée pour la culture d'orge)

Les caractéristiques paysagères de ces communes orientées essentiellement vers une forte production céréalières en zone plaine à moyenne altitude offrent aux rongeurs un habitat exceptionnellement favorable pour sa mobilité à travers des espaces nettement ouverts et relativement homogénéisé avec un minimum d'obstacle physiques, ainsi qu'une nourriture abondante durant toute l'année.

Les populations de *Meriones Shawii*, comme la majorité des espèces de rongeurs, ont une propension naturelle à être cyclique et difficile à contrôler sans prendre en considération les interactions entre leur dynamique et les différentes composantes de leur environnement ; dans ce contexte la stratégie de lutte chimique adoptée par les services concernés de la wilaya de Tiaret a clairement montrée ses limites.

Nous suggérant par ce travail que chaque action de terrain nécessite impérativement de prendre en considération les éléments paysagers présents dans chaque commune de la Wilaya ainsi que la culture dominante.

Cependant, Comme il est pratiquement difficile de modifier profondément les éléments paysagers favorables à la reproduction et la diffusion spatiale de *Meriones Shawii*, il est donc plus judicieux de chercher à fragiliser certain liens du réseau inter parcellaire (essentiellement sur la zone prairial), par la perturbation du sol à travers la diversification des productions agricoles, ainsi que la densification de barrières physique telles que les haies et les bosquets, et modifier ainsi le paysage connectant deux ou plusieurs parcelles (éventuellement plusieurs régions), pour limiter la surface d'infestation et de propagation du rongeurs, et permettre donc des actions de lutte plus focalisé et plus efficaces.

Une analyse plus approfondie de la propagation intercommunale des populations de rongeurs arvicoles permettrait éventuellement de détecter l'existence de sous-ensembles géographique différencié, qui pourrait être décisif à la mise au point d'un système de prévention et d'action de lutte adéquate.

Références bibliographiques

❖ A

- ❖ Adamou-Djerbaoui M, Djellaila Y, Adamou M.S, Baziz B, Nicolas V, Et Denys, préférence édaphique et pullulation chez *Meriones shawii* (Mammalia, Rodentia) dans la région de Tiaret (Algérie). *Revue d'Ecologie, terre et vie, Société national de protection de la nature*, 2010, 65 (1), pp.63-73.
- ❖ Adamou-Djerbaoui M., 2010. Effets des pullulations de la mérione de Shaw *Meriones shawii* Duvernoy dans la région de Tiaret sur les cultures et la santé animale. Thèse Doctorat Sci. Agronomiques, ENSA, El Harrach Alger, 121 p.
- ❖ Adamou-Djerbaoui. M, C. Denys, H. Chaba, M.M. Seid, Y. Djelaila, F. Labdelli, M.S. Adamou, Étude du régime alimentaire d'un rongeur nuisible (*Meriones Shawii* Duvernoy, 1842, Mammalia, Rodentia) en Algérie, 2013, *Lebanese Science Journal, Vol. 14, No. 1* , pp, 15-32
- ❖ Allen RC (2000) Economic structure and agricultural productivity in Europe, 1300-1800. *European Review of Economic History* 3 : 1-25.
- ❖ Ameer B., 2003-Importance des rongeurs en santé publique, Séminaire national sur La surveillance et la lutte contre les rongeurs, le centre national des Rongeurs de Marrakech. Pp : 11-13-14 .
- ❖ Amiret Z, 2003 - Survie et pérennité des espèces, Mécanismes adaptatifs des petits vertébrés des zones arides et semi-aride : Laboratoire de recherche sur les zones arides et société d'histoire Naturelle d'Afrique du nord colloque : Algéro-Français. Pp : 12, 13.
- ❖ Andersen, D.C. (1987) Below-ground herbivory in natural communities: a review emphasizing fossorial animals. *The Quarterly Review of Biology*, 62, 261-286.
- ❖ Andreo V, Lima M, Provencal C, Priotto J, Polop J (2009) Population dynamics of two rodent species in agro ecosystems of central Argentina : intra-specific competition, land-use, and climate effects. *Population Ecology* 51: 297-306.
- ❖ Arlettaz R, Krähenbühl M, Almasi B, Roulin A, Schaub M (2010) Wildflower areas within revitalized agricultural matrices boost small mammal populations but not breeding Barn Owls. *Journal of Ornithology* 151 : 553-564.
- ❖ Arouna A., Adégbola P.Y. & Biaou G., 2011. Analyse des coûts de stockage et de conservation du maïs au Sud- Bénin. *Bull. Rech. Agron. Bénin*, 2, 1-11.
- ❖ Aulagnier S. et Thevenot M. : *Catalogue des mammifères sauvages du Maroc*. Travx. Insti. Scie., sér. Zool., Rabat, 1986, 164 p.
- ❖ Aulagnier S., L. Granjon, G. Amori, R. Huttere, B. Krystufek, N. Yigit, G. Mitsain, *Meriones shawi*, in : IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species Version 2012. 2, 2008.

❖ B

- ❖ Bachar MF., 2015. Contribution à l'étude bioécologique des rongeurs sauvages dans la région de Biskra. Thèse Doctorat Sci. Agronomiques, Université Mohamed Khider, Biskra, 215p.
- ❖ Bairoch P (1989) Les trois révolutions agricoles du monde développées : rendements et productivité de 1800 à 1985. *Annales Économies, Sociétés, Civilisations* 2 : 317-353.
- ❖ Barreau D., Roche A. Et Aulagnier S., 1991 – Eléments d'identification des crânes des rongeurs du Maroc. Ed . Société franç. ét. Protec.mammifères, Puceul, 17 p.
- ❖ Bekele A. Leirs H. & Verhagen R., 2003. Composition of rodents and damage estimates on maize farms at Ziway, Ethiopia. *In: Singleton G.R. et al., eds. Rats, mice and people: rodent biology and management.* Canberra, Australia : ACIAR, 262-263.
- ❖ Bernard J. 1970. Clef de détermination des rongeurs de Tunisie. *Extr. Archives Institut Pasteur Tunis*, 47 : 265 – 307.
- ❖ Bernard J. 1977. Damage caused by the rodents Gerbillidae to agriculture in North Africa and the countries of the Middle East. *European and Mediterranean Plant Protection Organisation Bulletin*, 7(2), 283-96.
- ❖ Berny P, Velardo J, Pulce C, D'Amico A, Kammerer M, Lasseur R (2010) Prevalence of anticoagulant rodenticide poisoning in humans and animals in France and substances involved. *Clinical Toxicology* 48 : 935-941.
- ❖ Berthier K, Piry S, Cosson JF, Giraudoux P, Foltête JC, Defaut R, Truchetet D, Lambin X (2013) Dispersal, landscape and travelling waves in cyclic vole populations. *Ecology letters* 17(1) : 53-64.
- ❖ Biche M., Sellam M., Yahiaoui N. et Lebois R., non date- Régime alimentaire du Grand – Duc Ascalaphe (*Bubo bubo ascalaphius*) dans la réserve naturelle de Mergueb (M'Sila, Algérie). Pp : 1-3.
- ❖ Birney, E.C., Grant, W.E., & Baird, D.D. (1976) Importance of vegetative cover to cycles of *Microtus* populations. *Ecology*, 57, 1043-1051.
- ❖ Broyer, J. (1988). Dépérissement des populations d'oiseaux nicheurs dans les sites cultivés et prairiaux : les responsabilités de la modernité agricole, 192 p.
- ❖ Broyer, J. (1994). Le Vanneau huppé. In *Nouvel Atlas des Oiseaux Nicheurs de France.* (eds D. Yeatman-Berthelot & G. Jarry), pp. 288-291.

❖ C

- ❖ Campbell NA. 1995. *Biology*, édition 3rd. De Boeck, Bruxelles. pp. 1189.
- ❖ Chadli A., 2015. Micro jeux et simulation multi-agents participative : apprentissage des procédures de lutte contre les rongeurs arvicoles. Thèse doctorat sci. Informatiques, univ. Oran, 186p
- ❖ Cocca G, Sturaro E, Gallo L, Ramanzin M (2012) Is the abandonment of traditional livestock farming systems the main driver of mountain landscape change in Alpine areas? *Land Use Policy* 29 : 878-886.
- ❖ Coeurdassier M, Poirson C, Paul JP, Rieffel D, Michelat D, Reymond D, Legay P, Giraudoux P, Scheifler R (2012) The diet of migrant Red Kites *Milvus milvus* during a Water Vole *Arvicola terrestris* outbreak in

eastern France and the associated risk of secondary poisoning by the rodenticide bromadiolone. *Ibis* 154 : 136-146.

- ❖ Coeurdassier M, Riols R, Decors A, Monnet A, David F, Quintaine T, Truchetet D, Scheifler R, Giraudoux P (2014) Unintentional wildlife poisoning and proposals for sustainable management of rodents. *Conservation Biology* 28(2) : 315-321.
- ❖ Colautti RI, Macisaac HJ (2004) A neutral terminology to define 'invasive' species. *Divers Distrib* 10: 135-141
- ❖ Corbet, Gordon Barclay; John Edwards Hill (1992). *The mammals of the Indomalayan region: a systematic review*. New York: Oxford University Press. ISBN 0-19-854693-9.
- ❖ Cornulier T, Yoccoz NG, Bretagnolle V, Brommer JE, Butet A, Ecke F, Elston DA, Framstad E, Henttonen H, Hörnfeldt B, Huitu O, Imholy C, Ims RA, Jacob J, Jedrzejewska B, Million A, Petty SJ, Pietiäinen H, Tkadlec E, Zub K, Lambin X (2013) Europe-wide dampening of population cycles in keystone herbivores. *Science* 340 : 63-66.

❖ D

- ❖ Dako G.E.A., Codja J.T.C., Bokonon Ganta A.H. 2002 - Evaluation de quelques paramètres corporels pour l'identification des petits rongeurs du Sud Bénin. Acte du séminaire sur la mammalogie et la biodiversité. Abomey-Calavi, Bénin du 30 octobre au 18 novembre : 41-54.
- ❖ D'Andrea PS, Gentile R, Maroja LS, Fernandes FA, Coura R, Cerqueira R (2007) Small mammal populations of an agroecosystem in the Atlantic Forest domain, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67(1) : 179-186.
- ❖ Daniels, M.J., Hutchings, M.R. & Greig, A. (2003) The risk of disease transmission to livestock posed by contamination of farm stored feed by wildlife excreta. *Epidemiology and Infection*, 130, 561- 568.UU.S. Environmental Protection Agency (2006) *Analysis of Rodenticide Bait Use. Memorandum from Biological Analysis Branch to Registration Branch*. United States Environmental Protection Agency.
- ❖ Decors A, Lesage C, Jourdain E, Giraud P, Houbroun P, Vanhem P, Madani N (2011) Outbreak of tularaemia in brown hares (*Lepus europaeus*) in France, January to March 2011. *Euro Surveillance* 16(28) : 1-3.
- ❖ Dejonghe J. F., 1983 – Les oiseaux des villes et des villages. Ed. Le Point vétérinaire, Paris, 296 p.
- ❖ Delamare CL., 1973 - Les mammifères de France et du Benelux (faune marine exceptée) DOIN, Paris. Pp : 387-389.
- ❖ Delattre P, Giraudoux P, Baudry J, Musard P, Toussaint M, Truchetet D, Stahl P, Poule ML, Artois M, Damange JP, Quéré JP (1992) Land use patterns and types of common vole (*Microtus arvalis*) population kinetics. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 39 : 153-169.
- ❖ Delattre P. De Sousa B. Fichet-Calvet E. Quéré JP. Giraudoux P. 1999- Vole outbreaks in a landscape context : evidence from a six year study of *Microtus arvalis*, *Landscape Ecology*, 14 : 401-412.

- ❖ Delattre P. Giraudoux P. Baudry J. Quéré JP. Fichet E. 1996- Effect of landscape structure on Common Vole (*Microtus arvalis*) distribution and abundance at several space scales, *Landscape Ecology*, 11(5) : 279-288.
- ❖ Delattre, P. et Giraudoux P. 2009. Le campagnol terrestre, prévention et contrôle des populations. Quae, Versailles. pp. 263.
- ❖ Delattre, P., Giraudoux, P., Baudry, J., Quere, J.P., & Fichet, E. (1996) Effect of landscape structure on Common Vole (*Microtus arvalis*) distribution and abundance at several space scales. *Landscape Ecol*, 11, 279-288.
- ❖ Delattre, P., Quere, J.P., Giraudoux, P., Grolleau, G., Habert, M., & Truchetet, D. (1999) Lutte chimique et rongeurs. *Le Courrier de l'Environnement de l'INRA*, 36.
- ❖ Delibes-Mateos M, Fernandez-de-Simon J, Villafuerte R, Ferreras P (2008) Feeding responses of the red fox (*Vulpes vulpes*) to different wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) densities: a regional approach. *European Journal of Wildlife Research* 54 : 71-78.
- ❖ Derbali M., I. Chelbi, S. Ben Hadj Ahmed, E. Zhioua, *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor, 1914 (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) in *Meriones shawi* Duvernoy, 1842 (Rodentia: Gerbillidae): persistence of the infection in meriones and its infectivity for the sand fly vector (*Phlebotomus*) papatasi Scopoli, 1786, (Diptera: Psychodidae), *Bull. Soc. Pathol. Exot.* 105 (5) (2012) 399–402.
- ❖ Duhamel R. Quéré JP. Delattre P. Giraudoux P. 2000- Landscape effects on the population dynamics of the fossorial form of the water vole (*Arvicola terrestris sherman*), *Landscape Ecology*, 15 : 89-98.
- ❖ Duplantier J. M., 1989 - Les rongeurs myomorphes forestiers du Nord – Est du Gabon : Structure du peuplement, démographie, domaines vitaux. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, 44 : 329 – 346.
- ❖ Duplantier J. M., Quere J. P., 2007- Les rongeurs du Sahel : identification, biologie, dynamique des populations, méthodes de lutte, source : Aghrymet, 02 – 06 Avril. Centre de biologie et gestion des populations (CBGP) campus international du Baillarguet, France.
- ❖ Duplantier J.M., et al. 1984 -Echantillonnage des populations de Muridés, Influence du protocole de piégeage sur les paramètres démographiques *.Mammalia*, Pp: 129-141.

❖ E

- ❖ Ekerholm P, Oksanen L, Oksanen T, Schneider M (2004) The impact of short-term predator removal on vole dynamics in an arctic-alpine landscape. *Oikos* 106 : 457-468.
- ❖ Elton, C.S. (1924) Periodic fluctuations in the numbers of animals : their causes and effects. *British Journal of Experimental Biology*, 2, 119-163.
- ❖ Erlinge S, Goransson G, Hansson L, Hogstedt G, Liberg O, Nilsson IN, Nilsson T, Von Schantz T, Sylven M (1983) Predation as a regulating factor on small rodent populations in southern Sweden. *Oikos* 40(1) : 36-52.

- ❖ Esther, A., Imholt, C., Perner, J., Schumacher, J. & Jacob, J. Correlations between weather conditions and common vole (*Microtus arvalis*) densities identified by regression tree analysis. *Basic Appl. Ecol.* 15, 75–84 (2014).
- ❖ Evenson RE, Gollin D (2003) Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000. *Science* 300 : 758-762.

❖ F

- ❖ F. Raoul, R. Defaut, D. Michelat et al 2001 ; landscape effects on the population dynamics of small mammals communities : a preliminary analysis of prey-resource variation ; *Revue Ecologie. (Terre Vie)* vol 56, 2001 ; 339-352
- ❖ Falk KJ, Nol E, Burke DM. 2011- Weak effect of edges on avian nesting success in fragmented and forested landscapes in Ontario, Canada, *Landscape Ecology*, 26 : 239-251.
- ❖ Faurie C., Ferra CH., Medori P., Deuaun J., Hemptinne J. L., 2003 - *Ecologie- approche scientifique et pratique*. 5^{ém} édition.
- ❖ Febles-González JM, Tolón-Becerra A, Lastra-Bravo X, Acosta-Valdés X (2011) Cuban agricultural policy in the last 25 years. From conventional to organic agriculture. *Land Use Policy* 28(4) : 723-735.
- ❖ Fedoroff, E., Ponge, J.F., Dubs, F., Fernandez-Gonzalez, F., & Lavelle, P. (2005) Small-scale response of plant species to land-use intensification. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 105, 283-290.
- ❖ Fedriani, J.M., Delibes, M., Ferreras, P., & Roman, J. (2002) Local and landscape habitat determinants of water vole distribution in a patchy Mediterranean environment. *Ecoscience*, 9, 12-19.
- ❖ Fernex A, Nagel P, Weber D (2011) Sites with reduced predation risk to young hares within an agricultural landscape. *Mammalia* 75 : 395-397.
- ❖ Fichet-Calvet E. 2013. *Meriones shawi* Shaw's Jird, *Mammals of Africa*, 3, Bloomsbury Publishing, London, pp. 338–339.
- ❖ Fichet-Calvet, E., Pradier, B., Quéré, J.P., Giraudoux, P., & Delattre, P. (2000) Landscape composition and vole outbreaks: evidence from an eight year study of *Arvicola terrestris scherman*. *Ecography*, 23, 659-668.
- ❖ Fjeldså J, Lambins E, Mertens B. (1999)- Correlation between endemism and local ecoclimatic stability documented by comparing andean bird distributions and remotely sensed land surface data, *Ecography*, 22 : 63-78.
- ❖ Fraschina J, León VA, Busch M (2012) Long-term variations in rodent abundance in a rural landscape of the Pampas, Argentina. *Ecological Research* 27 : 191-202.
- ❖ Freemark, K. (1995) Assessing effects of agriculture on terrestrial wildlife: developing a hierarchical approach for the US EPA. *Landscape and Urban Planning*, 31, 99-115.

❖ G

- ❖ Gabriel MW, Woods LW, Poppenga R, Sweitzer RA, Thompson C, Matthews SM, Higley JM, Keller SM, Purcell K, Barrett RH, Wengert GM, Sacks BN, Clifford DL (2012) Anticoagulant rodenticides on our public and community lands: Spatial distribution of exposure and poisoning of a rare forest carnivore. *Plos one* 7(7) : 15.
- ❖ García-Martínez A. Bernués A. Olaizola AM. (2011)- Simulation of mountain cattle farming system changes under diverse agricultural policies and off-farm labour scenarios, *Livestock Science*, 137 : 73-86.
- ❖ Genovesi, P. (2005) Eradications of invasive alien species in Europe: a review. *Biological Invasions*, 7, 127-133.
- ❖ Gilg O, Kovacs KM, Aars J, Fort J, Gauthier G, Grémillet D, Ims RA, Møltofte H, Moreau J, Post E, Schmidt NM, Yannic G, Bollache L (2012) Climate change and the ecology and evolution of Arctic vertebrates. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1249 : 166-190.
- ❖ Gilg O, Sittler B, Hanski I (2009) Climate change and cyclic predator-prey population dynamics in the high Arctic. *Global Change Biology* 15 : 2634-2652.
- ❖ Giraudoux P, Pradier B, Delattre P, Deblay S, Salvi D, Defaut R (1995) Estimation of water vole abundance by using surface indices. *Acta Theriologica* 40(1) : 77-96.
- ❖ Giraudoux, P., Delattre, P., Habert, M., Quere, J.P., Deblay, S., Defaut, R., Duhamel, R., Moissenet, M.F., Salvi, D., & Truchetet, D. (1997) Population dynamics of fossorial water vole (*Arvicola terrestris scherman*): a land usage and landscape perspective. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 66, 47-60.
- ❖ Gobat, J.M., Aragno, M., & Matthey, W. (1998) *Le Sol Vivant - Bases de pédologie, Biologie des sols*, Presses polytechniques romandes ed, 1015 Lausanne Switzerland.
- ❖ Granjon et Duplantier, 2009. *Les rongeurs de l'Afrique sahilo-soudanienne*.
- ❖ Gratz, N.G. (1997) The burden of rodent-borne diseases in Africa south of the Sahara. *Belg J Zool*, 127, 71-84.
- ❖ Greaves J.H. ; 1985-Lutte contre les rongeurs en milieu agricole. *Cahiers techniques de la F.A.O*
- ❖ Guerra D, Hegglin D, Bacciarini L, Schnyder M, Deplazes P (2014) Stability of the southern European border of *Echinococcus multilocularis* in the Alps: evidence that *Microtus arvalis* is a limiting factor. *Parasitology* 141(12) : 1593-1602.

❖ H

- ❖ Hamdine W., 1998.– Eléments d'identification des crânes des Gerbillidés d'Algérie. *Trav. EPHE, labo. BEV, Montpellier*, 19 p.
- ❖ Hanski I, Henttonen H, Korpimäki E, Oksanen L, Turchin P (2001) Small-rodent dynamics and predation. *Ecology* 82(6) : 1505-1520.
- ❖ Hansson L, Henttonen H (1985) Gradients in density variations of small rodents: the importance of latitude and snow cover. *Oecologia* 67 : 394-402.

- ❖ Hansson L, Henttonen H (1998) Rodent fluctuations in relation to seasonality in Fennoscandia and Hokkaido. *Researches on Population Ecology* 40(1) : 127-129.
- ❖ Hansson, L. (1999) Intraspecific variation in dynamics: small rodents between food and predation in changing landscapes. *Oikos*, 86, 159-169.
- ❖ Hansson, L. (2002) Cycles and travelling waves in rodent dynamics: a comparison. *Acta Theriologica*, 47 Suppl. 1, 9-22.
- ❖ Hardeman E, Jochemsen H (2012) Are there ideological aspects to the modernization of agriculture? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 25 : 657-674.
- ❖ Harrat Z, Hamrioui B., Belkaid M & Tabet-Derraz O. (1995). Point actuel sur l'épidémiologie des leishmanioses en Algérie. *Bull. Soc. Pathol. Exot*, 88, 180-184
- ❖ Henttonen, H., Oksanen, T., Jortikka, A., & Haukisalminen, V. (1987) How much do weasels shape microtine cycles in the northern Fennoscandia taiga? *Oikos*, 50, 353-365.
- ❖ Höbinger T, Schindler S, Seaman BS, Wrabka T, Weissenhofer A (2012) Impact of oil palm plantations on the structure of the agroforestry mosaic of La Gamba, southern Costa Rica: potential implications for biodiversity. *Agroforestry Systems* 85 : 367-381.
- ❖ Hole DG, Perkins AJ, Wilson JD, Alexander IH, Grice PV, Evans AD. 2005- Does organic farming benefit biodiversity ?, *Biological Conservation*, 122 : 113-130.
- ❖ Hone J, Krebs CJ, O'Donoghue M (2011) Is the relationship between predator and prey abundances related to climate for lynx and snowshoe hares? *Wildlife Research* 38 : 419-425.
- ❖ Howald, G., Donlan, C.J., Galvan, J.P., Russell, J.C., Parkes, J., Samaniego, A., Wang, Y.W., Veitch, D., Genovesi, P., Pascal, M., Saunders, A. & Tershy, B. (2007) Invasive rodent eradication on islands. *Conservation Biology*, 21, 1258-1268.
- ❖ Hubert B., 1984 - Ecologie des populations des rongeurs de Bandia (Sénégal) en zone sahélo Soudanienne. *Revue d'écologie (Terre & Vie)*, 31, 33-100.
- ❖ Huff A.S., Fletcher K.E. (1990), « Conclusion key mapping decisions » in Huff, A.S., *Mapping strategic thought*, NY, John Wiley.

❖ I

- ❖ Imholt, C., Esther, A., Perner, J. & Jacob, J. Identification of weather parameters related to regional population outbreak risk of common voles (*Microtus arvalis*) in eastern Germany. *Wildl. Res.* 38, 551–559 (2011).
- ❖ Ims RA, Henden JA, Killengreen ST (2007) Collapsing population cycles. *Trends in Ecology and Evolution* 23(2) : 79-86.
- ❖ Ims RA, Yoccoz NG, Killengreen ST. 2011- Determinants of lemming outbreaks, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(5) : 1970-1974.
- ❖ INPV., 2006. Bilan de l'année 2006. Institut National De La Protection Des Végétaux, Alger. In Adamou-Djerbaoui M. C. Denys H. Chaba M.M. Seid Y. Djelaila F. Labdelli M.S., 2013. Étude du régime

alimentaire d'un rongeur nuisible (*meriones shawii* duvernoy, 1842, mammalia, rodentia) en algérie.
Lebanese Science Journal, Vol. 14, No. 1, PP 15-32

- ❖ INPV., 2017 - institut national de la protection des végétaux, Bilan de l'année. INPV, Tlemcen.

❖ J

- ❖ Jacob, J. & Halle, S. (2001) The importance of land management for population parameters and spatial behaviour in common voles (*Microtus arvalis*). In *Advances in vertebrate pest management II* (eds H.J. Peltz, D.P. Cowan & e. al.), pp. 319-330, Finlander Fuerth.
- ❖ Jacob, J. & Halle, S. (2001). The importance of land management for population parameters and spatial behaviour in common voles (*Microtus arvalis*). In *Advances in vertebrate pest management II* (eds H.J. Peltz, D.P. Cowan & e. al.), pp. 319-330, Finlander Fuerth.
- ❖ Jacob, J. & Hempel, N. (2003) Effects of farming practices on spatial behaviour of common voles. *Journal of Ethology*, 21, 45-50.
- ❖ Jacob, J. (2003) Short-term effects of farming practices on populations of common voles. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 95, 321-325.
- ❖ Jacquot M, Coeurdassier M, Couval G, Renaude R, Pleydell D, Truchetet D, Raoul, Giraudoux P (2013) Using long-term monitoring of red fox populations to assess changes in rodent control practices. *Journal of Applied Ecology* : 50(6) : 1406-1414.
- ❖ Jareño D, Viñuela J, Luque-Larena JJ, Arroyo L, Arroyo B, Mougeot F (2015) Factors associated with the colonization of agricultural areas by common voles *Microtus arvalis* in NW Spain. *Biological Invasions* 17(8) : 2315-2327.

❖ K

- ❖ Kolar CS, Lodge DM (2001) Progress in invasion biology: predicting invaders. *Trends Ecol Evol* 16: 199–204
- ❖ Kopp, R. (1993) Etude de l'impact de la forme fouisseuse du Campagnol terrestre, *Arvicola terrestris scherman* (Shaw), sur la végétation d'une prairie. Thèse de doctorat, Université de Lausanne.
- ❖ Korpimäki E (1989) Mating system and mate choice of Tengmalm's Owls *Aegolius funereus*. *Ibis* 131 : 41-50.
- ❖ Korpimäki E, Brown PR, Jacob J, Pech RP (2004) The puzzles of population cycles and outbreaks of small mammals solved? *BioScience* 54(12) : 1071-1079.
- ❖ Korpimäki E. Brown PR. Jacob J. Pech RP. 2004- The puzzles of population cycles and outbreaks of small mammals solved ?, *BioScience* 54(12) : 1071-1079.
- ❖ Korpimäki, E., Brown, P.R., Jacob, J., & Pech, R. (2004) The puzzles of population cycles and outbreaks of small mammals solved? *Bioscience*, 54, 1071-1079.
- ❖ Korpimäki, E., Brown, P.R., Jacob, J., & Pech, R. (2004) The puzzles of population cycles and outbreaks of small mammals solved? *Bioscience*, 54, 1071-1079.

- ❖ Kowalski K., Kowalska B. (1991). Mammals of Algeria, Polish Academy of Science Institute of Systematic and Evolution of Animals.
- ❖ Koyanagi T. Kusumoto Y. Yamamoto S. Okubo S. Iwasaki N. Takeuchi K. .2012- Grassland plant functional groups exhibit distinct time-lags in response to historical landscape change, *Plant Ecology*, 213 : 327-338.
- ❖ Krebs CJ, Kenney AJ, Singleton GR, Mutze G, Pech RP, Brown PR, Davis SA (2004) Can outbreaks of house mice in south-eastern Australia be predicted by weather models? *Wildlife Research* 31 : 465-474.
- ❖ Krebs, C.J. & Myers, J.H. (1974) Population cycles in small mammals. *Advances in Ecological Research*, 8, 267-399.
- ❖ Krebs. C.J., 2013. Population fluctuations in rodents. The University of Chicago Press. Chicago.

❖ L

- ❖ Lambin, X., Elston, D., Petty, S., & Mackinnon, J.L. (1998) Spatial asynchrony and periodic travelling waves in cyclic populations of field voles. *The Royal Society*, 265, 1491-
- ❖ Lataste F., Les meriones, in : *Catalogue critiques des mammifères pélagiques sauvages de la Tunisie. Exploration scientifique de la Tunisie*, Paris, 1888, 26–28.
- ❖ Lataste, *Le Naturaliste*, 1882, p. 107 ; id. (7) sep., 1880, p. 144 ; (9), 1887, p. 27
- ❖ Le Berre M. 1990 - *Faune du Sahara – Mammifères*. Raymond Chabaud – Lechevalier, T. 2. 360 p.
- ❖ Le Roux X. Barbault R. Baudry J. Burel F. Doussan I. Garnier E. Herzog F. Lavorel S. Lifran R. Roger-Estrade J. Sarthou JP. Trommetter M.(2008)- *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies. Expertise scientifique collective, rapport, INRA (France)*.
- ❖ Lehikoinen A, Ranta E, Pietiäinen H, Byholm P, Saurola P, Valkama J, Huitu O, Henttonen H, Korpimäki E (2011) The impact of climate and cyclic food abundance on the timing of breeding and brood size in four boreal owl species. *Oecologia* 165 : 349-355.
- ❖ Lidicker WZJr (2000) A food web/landscape interaction model for microtine rodent density cycles. *Oikos* 91 : 435-445.
- ❖ Lidicker, W.Z. (2002) From dispersal to landscapes: progress in the understanding of population dynamics. *Acta Theriologica*, 47 Suppl. 1, 23-37.
- ❖ Lima M, Stenseth NC, Jaksic FM (2002) Food web structure and climate effects on the dynamics of small mammals and owls in semi-arid Chile. *Ecological Letters* 51(2) : 273-284.
- ❖ Lindström, J., Ranta, E., Kokko, H., Lundberg, P., & Kaitala, V. (2001) From arctic lemmings to adaptive dynamics: Charles Elton's legacy in population ecology. *Biol Rev*, 76, 129-158.
- ❖ López-Perea JJ, Camarero PR, Molina- López RA, Parpal L, Obón E, Solà J, Mateo R (2015) Interspecific and geographical differences in anticoagulant rodenticide residues of predatory wildlife from the Mediterranean region of Spain. *Science of The Total Environment* 511 : 259-267.

- ❖ Loreau M, Naeem S, Inchausti P, Bengtsson J, Grime JP, Hector A, Hooper DU, Huston MA, Raffaelli D, Schmid B, Tilman D, Wardle DA (2001) Biodiversity and ecosystem functioning: current Knowledge and future challenges. *Science* 294 : 804-808.

❖ M

- ❖ Manaa A., 2014 – Rôle de quelques rapaces dans différents milieux agricoles en Algérie. Thèse Doctorat d'Etat sci. agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 311 p.
- ❖ Mayer-Scholl A, Hammerl JA, Schmidt S, Ulrich RG, Pfeffer M, Woll D, Scholz HC, Thomas A, Nöckler K (2014) *Leptospira* spp. in rodents and shrews in Germany. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 11(8) : 7562-7574.
- ❖ Meerburg Bastiaan G, Grant R Singleton, and Aize Kijlstra. 2009, Rodent-borne diseases and their risks for public health, *Critical Reviews in Microbiology*,; 35(3): 221–270
- ❖ Meerburg BG, Singleton GR, Leirs H (2009) The year of the rats ends – time to fight hunger! *Pest Management Science* 65 : 351-352.
- ❖ Meerburg, B.G., Bonde, M., Brom, F.W.A., Endepols, S., Jensen, A.N., Leirs, H., Lodal, J., Singleton, G.R., Pelz, H.J., Rodenburg, T.B., & Kijlstra, A. (2004) Towards sustainable management of rodents in organic animal husbandry. *NJAS*, 52, 195-205.
- ❖ Meerburg, B.G., Singleton, G.R. & Kijlstra, A. (2009) Rodent-borne diseases and their risks for public health. *Critical Reviews in Microbiology*, 35, 221-270.
- ❖ Meerburg, B.G., Singleton, G.R. & Leirs, H. (2009) The Year of the Rat ends - time to fight hunger!. *Pest Management Science*, 65, 351-352.
- ❖ Michel N, Burel F, Butet A (2006) How does landscape use influence small mammal diversity, abundance and biomass in hedgerow networks of farming landscapes? *Acta Oecologica* 30 : 11-20.
- ❖ Michel N, Burel F, Legendre P, Butet A (2007) Role of habitat and landscape in structuring small mammal assemblages in hedgerow networks of contrasted farming landscapes in Brittany, France. *Landscape Ecology* 22 : 1241-1253.
- ❖ Monadjem A (1999) Geographic distribution patterns of small mammals in Swaziland in relation to abiotic factors and human land-use activity. *Biodiversity and Conservation* 8 : 223 -237.
- ❖ Monadjem A, Mahlaba TA, Dlamini N, Eiseb AJ, Belmain SR, Mulungu LS, Massawe AW, Makundi RH, Mohr K, Taylor PJ (2011) Impact of crop cycle on movement patterns of pest rodent species between fields and houses in Africa. *Wildlife Research* 38 : 603-609.
- ❖ Mooney HA, Hobbs RJ (eds) (2000) *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington DC.
- ❖ Morilhat C. Bernard N. Bournais C. Meyer C. Lamboley C. Giraudoux P. 2007- Responses of *Arvicola terrestris* scherman populations to agricultural practices, and to *Talpa europaea* abundance in eastern France, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 122 : 392-398.

- ❖ Mulungu L.S. et al., 2003. The rodent density-damage function in maize fields at an early growth stage. *In: Singleton G.R., Hinds L.A., Krebs C.J. & Spratt D.M., eds. Rats, mice and people: rodent biology and management.* Canberra, Australia: ACIAR, 301-303.
- ❖ Musser G, Carleton M (2005) Superfamily Muroidea. In: Wilson DE, Reeder DM (ed) *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*, 3rd edn. Johns Hopkins University Press, Baltimore pp 894-1531
- ❖ Mwanjabe PS, Sirima FB, Lusingu J (2002) Crop losses due to outbreaks of *Mastomys natalensis* (Smith, 1834) Muridae, Rodentia, in the Lindi Region of Tanzania. *International Biodeterioration and Biodegradation* 49 : 133-137.
- ❖ Myllymäki, A. (1977) Outbreaks and damages by the field vole *Microtus agrestis* (L.), since World War II in Europe. *EPPO Bull.*, 7, 177-207.

❖ N

- ❖ Neoumine N.I., 1996. Leishmaniasis in the Eastern Mediterranean Region, *East. Mediterr. Health J.* 2 (1): 94–101.
- ❖ Nowak, Ronald M. (1999). *Walker's Mammals of the World, volume 2.* London: Johns Hopkins University Press. ISBN 0-8018-5789-9.

❖ O

- ❖ Oerke, E.C. (2005) Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, **144**, 31-43.
- ❖ Ouzaouit A. 2000 - La situation des rongeurs au Maroc. *Séminaire national sur les surveillances et la lutte contre les rongeurs, Marrakech.* 7 et 8 juin : 24-30.

❖ P

- ❖ Parshad VR. 1999 - Rodent control in India, *Integrated Pest Management Reviews*, 4 : 97-126.
- ❖ Perret M., 1961. Les vertèbres s nuisibles en Afrique du Nord, *Def. Veg.* 88 : 41–46.
- ❖ Petter F. (1961). Répartition géographique et écologique des rongeurs désertiques. *Mammalia* 25,1- 222 p
- ❖ Petter F.et Saint Girons M-C. (1965). Les Rongeurs du Maroc. travaux de l'institut scientifique Chérifien, série zoologie,V 3, 51p.
- ❖ Pimentel D., Lach L., Zuniga R. & Morrison D., 2000. Environmental and economic costs of non-indigenous species in the United States. *BioScience*, 50, 53-65,
- ❖ Pimentel, D.(. (2007) *Encyclopedia of Pest Management. Volume II*, edn. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- ❖ Pucek, Z., Jedrzejewski, W., Jedrzejewska, B., & Pucek, M. (1993) Rodent population dynamics in a primeval deciduous forest (Bialowieza National Park) in relation to weather, seed crop, and predation. *Acta Theriologica*, 38, 199-302.

❖ Q

- ❖ Quéré, J. & Le Louarn, H. (2011) *Les rongeurs de France. Faunistique et biologie.*, Edition Quae, Versailles, France. pp. 311.

❖ R

- ❖ Rands, M.R.W. (1985) Pesticides use in cereal and the survival of grey partridge chicks: a field experiment. *Journal of Applied Ecology*, 22, 49-54.
- ❖ Rausch, R.L. (1995). Life-cycle patterns and geographic distribution of *Echinococcus* species. In *Echinococcus and hydatid disease* (eds R.C.A. Thomson & A.J. Lymbery), pp. 89-134. CAB International, Wallingford - Oxon.
- ❖ Richardson DM, Pyšek P, Rejmánek M, Barbour MG, Panetta FD, West CJ (2000) Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Divers Distrib* 6: 93–107
- ❖ Rioux J. A., F. Petter, O. Akalay, G. Lanotte, A. Ouazzani, M. Seguignes, A. Mohcine, *Meriones shawi* (Duvernoy, 1842) (Rodentia, Gerbillidae), re´ervoir de *Leishmania major* Yakimoff et Schokhor, 1914 (Kinetoplas-tida, Trypanosomatidae) dans le sud marocain, C.R. Acad. Sci. Paris, Ser. III 294 (1982) 515–517.
- ❖ Riyad M., S. Chiheb, M. Soussi-Abdellaoui, Cutaneous leishmaniasis caused by *Leishmania major* in Morocco: still a topical question, *East. Mediterr. Health J.* 5 (9) (2013) 495–501.
- ❖ Robertson, J.R. & Berg, Å. (1992) Status and population changes of farmland birds in southern Sweden. *Ornis Svecica*, 2, 119-130.
- ❖ Rohde RF, Hoffman MT (2012) The historical ecology of Namibian rangelands: Vegetation change since 1876 in response to local and global drivers. *Science of the Total Environment* 416 : 276-288.
- ❖ Rozet, *Voyage dans la Régence d'Alger*, 18.33, I, p. 243
- ❖ Russell JC, Towns DR, Anderson SH, Clout MN (2005) Intercepting the first rat ashore. *Nat* 437: 1107
- ❖ Ryskowski, L. (1982). Structure and function of the mammal community in an agricultural landscape. *Acta Zool, Fennici*, 169: 45-59

❖ S

- ❖ Schmidt, N.M. & Olsen, H. (2003) The response of small mammal communities to cattle grazing on a coastal meadow. *Polish Journal of Ecology*, 51, 79-84.
- ❖ Schreinemachers P, Tipraqsa P (2012) Agricultural pesticides and land use intensification in high, middle and low income countries. *Food Policy* 37 : 616-626.
- ❖ Sekour M., Souttou K., Guerzou A., Benbouzid N., Guezoul O., Ababsa L., Denys C. Et Doumandji S., 2014 - Importance de la Mérione de Shaw (*Meriones shawii*) au sein des composantes trophiques de la Chouette effraie (*Meriones shawii*) en milieux steppiques de l'Algérie. *Comptes Rendus Biologies*, 337 (6), 405-415.
- ❖ Sherratt JA (2001) Periodic travelling waves in cyclic predator-prey systems. *Ecology Letters* 4(1) : 30-37.

- ❖ Sherratt JA, Smith MJ (2008) Periodic travelling waves in cyclic populations: field studies and reaction-diffusion models. *Journal of the Royal Society Interface* 5 : 483-505.
- ❖ Simberloff, D. (2009) We can eliminate invasions or live with them. Successful management projects. *Biological Invasions*, **11**, 149-157.
- ❖ Singleton GR (2003) Impacts of rodents on rice production in Asia. IRRI Discussion Paper Series 45. pp. 30.
- ❖ Singleton GR, Sudarmaji, Jacob J, Krebs CJ (2005) Integrated management to reduce rodent damage to lowland rice crops in Indonesia. *Agriculture Ecosystems Environment* 107 : 75-82.
- ❖ Singleton, G.R., Belmain, S., Brown, P.R., Aplin, K. & Htwe, N.M. (2010) Impacts of rodent outbreaks on food security in Asia. *Wildlife Research*, **37**, 355-359.
- ❖ Singleton, G.R., Krebs, C.J., Davies, S., Chambers, L., & Brown, P.R. (2001) Reproductive changes in fluctuating house mouse populations in southeastern Australia. *Proceedings of the Royal Society London*, 268, 1741-1748.
- ❖ Skonhofs A. et al., 2006. The bioeconomics of controlling an African rodent pest species. *Environ. Dev. Econ.*, **11**, 453-475
- ❖ Sluydts V, Davis S, Mercelis S, Leirs H (2009) Comparison of multimammate mouse (*Mastomys natalensis*) demography in monoculture and mosaic agricultural habitat: Implications for pest management. *Crop Protection* 28 : 647-654.
- ❖ Spitz, F. *Démographie du Campagnol des champs, Microtus arvalis, en Vendée*. Ph.D. thesis, University of Paris (1972).
- ❖ Spitz, F. Développement d'un modèle de prévision des pullulations du campagnol des champs. *EPPO Bull.* **7**, 341-347 (1977).
- ❖ Stenseth NC, Leirs H, Skonhofs A, Davis SA, Pech RP, Andreassen HP, Singleton GR, Lima M, Machangu RM, Makundi RH, Zhang Z, Brown PB, Shi D, Wan X. 2003- Mice and rats : the dynamics and bioeconomics of agricultural rodent pests, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(7) : 1-12.
- ❖ Sutherland CS, Elston DA, Lambin X (2014) A demographic, spatially explicit patch occupancy model of metapopulation dynamics and persistence. *Ecology* 95 : 3149-3160.

❖ T

- ❖ Taitt, J. & Krebs, C.J. (1985). Population dynamics and cycles. In *Biology of New World Microtus* (ed A.S.o. Mammalogy), pp. 567-620. Tamarin R.H., New-York.
- ❖ Takata K, Saito K, Yasunari T (2009) Changes in the Asian monsoon climate during 1700-1850 induced by preindustrial cultivation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(24) : 9586-9589.
- ❖ Teka O. et HOLOU R., 2002 - Colonisation des parcelles fourragères par des espèces de rongeurs au Sud Bénin : Cas de la Ferme d'élevage de samiondji. Actes du séminaire- atelier sur la mammalogie et la biodiversité, 30 octobre-18 novembre 2002, Société pour l'Etude et la Protection des mammifères, Abomey- Calavi Pp : 33-39.

- ❖ Thevenon F, Poté J (2012) Water pollution history of Switzerland recorded by sediments of the large and deep perialpine lakes Lucerne and Geneva. *Water, Air and Soil Pollution* 223 : 6157-6169.
- ❖ Tiwari PC, Joshi B (2012) Environmental changes and sustainable development of water resources in the Himalayan headwaters of India. *Water Resources Management* 26 : 883-907.
- ❖ Tobin, M.E. & Fall, M.W. (2004) *Pest control : rodents*. National Wildlife Research Center, U. S. Department of Agriculture, Colorado, USA.
- ❖ Togola P.A. et al., 2013. Economic losses from insect pest infestation on rice stored on-farm in Benin. *J. Appl. Sci.*, **13**, 278-285,
- ❖ Toussaint M., 1990 - Le campagnol des champs (*Microtus arvalis P.*). *La Défense des Végétaux*. Pp : 22-31- 260-261.
- ❖ Towns, D.R., Atkinson, I.A.E. & Daugherty, C.H. (2006) Have the harmful effects of introduced rats on islands been exaggerated?. *Biological Invasions*, **8**, 863-891.
- ❖ Tucker, G.M. & Heath, M.F. (1994) *Birds in Europe : Their conservation and status*. Bird Life International, Cambridge (UK): Birdlife International (Conservation series N°3).
- ❖ Tylianakis JM, Didham RK, Bascompte J, Wardle DA (2008) Global change and species interactions in terrestrial ecosystems. *Ecol Lett* 11 : 1351-1363

❖ U

- ❖ United States Environmental Protection Agency (2008) *Risk Mitigation Decision for Ten Rodenticides*. US EPA WASHINGTON, D.C. 20460.

❖ V

- ❖ Van Auken OW (2000) Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annu Rev Ecol Syst* 31:197–215.
- ❖ Vaniscotte A, Pleydell D, Raoul F, Quéré JP, Jiamin Q, Wang Q, Tiaoying L, Bernard N, Coeurdassier M, Delattre P, Takahashi K, Weidmann JC, Giraudoux P (2009) Modelling and spatial discrimination of small mammal assemblages : an example from western Sichuan (China). *Ecological Modelling* 220(9-10) : 1218-1231.

❖ W

- ❖ Wang Q, Raoul F, Budke C, Craig PS, Yong-fu X, Vuitton DA, Campos-Ponce M, Dong-Chuan Q, Pleydell D, Giraudoux P (2010) Grass height and transmission ecology of *Echinococcus multilocularis* in Tibetan communities, China. *Chinese Medical Journal* 123(1) : 61-67.
- ❖ White TCR (2011) What has stopped the cycles of sub-Arctic animal populations ? Predators or food ? *Basic and Applied Ecology* 12 : 481-487.
- ❖ White, J., Horskins, K., & Wilson, J. (1998) The control of rodents damage in Australian macadamia orchards by manipulation of adjacent non-crop habitats. *Crop Protection*, 17, 353-357.

- ❖ Williamson M, Fitter A (1996) The varying success of invaders. *Ecol* 77: 1661–1666
- ❖ Wilson D.E. and Reeder D.M., 1993 – Mammals species of the world. A taxonomic and geographic reference. Ed. Smithsonian Institution Press, Washington, 1206 p.
- ❖ Wilson D.E. and Reeder D.M., 2005 – Mammals species of the world. A taxonomic and geographic reference. Third edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore. Maryland, 2142 p.

❖ Y

- ❖ Yoccoz, N.G. & Mesnager, S. (1998) Are alpine bank voles larger and more dimorphic because adults survive better? *Oikos*, 82, 85-98.

❖ Z

- ❖ Zaime A, Laraki M, Gautier J.Y et al., 1992 - Seasonal variation of androgens and several sexual parameters in male *Meriones shawi* in southern Morocco. *General and Comparative Endocrinology*, 86, 289-296.
- ❖ Zaime A., 1985 - Contribution à l'étude éco- éthologique de trois rongeurs des milieux arides et semi-arides au Maroc, *Mériones shawii*, *Gerbillus campestris* et *lemniscomys barbarus*. Thèse de Docteur ingénieur en Ecologie et Ethologie. Université de Rennes 1.
- ❖ Zaime A., J.-Y. Gautier, Variations of density and spatial occupation in three rodent species in a semi-arid area of Morocco, *Mammalia* 51 (3) (1987) 478.
- ❖ Zaime A.K., Abdel Zaime, Michel Pascal. Essai de validation d'une méthode d'échantillonnage linéaire appliquée à trois espèces de rongeurs d'un peuplement de micromammifères d'un milieu saharien (Guelmime, Maroc). *Mammalia*, De Gruyter, 1988, 52 (2), pp.243-258.)
- ❖ Zhang Z, Pech R, Davis S, Shi D, Wan X, Zhong W (2003) Extrinsic and intrinsic factors determine the eruptive dynamics of Brandt's voles *Microtus brandti* in Inner Mongolia, China. *Oikos* 100 : 299-310.

Annexe 1

Evolution des infestations dans les dairas et les communes de Tiaret entre 2015 et 2020

dairas	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20	dairas	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20
Ain d'heb	220	80	56	90	200	Mahdia	75	150	1950	850	5000
Naima	190	70	48	60	200	Sebaine	50	100	418	290	1500
Chehaima	170	50	46	0	200	Ain Dzarit	45	200	410	240	2000
total	580	200	150	150	600	Nadhorah	30	50	210	120	1500
Ain Kermas	0	180	370	150	160	total	200	500	2988	1500	10000
Medrissa	0	150	370	30	180	Medroussa	160	50	405	545	1000
Madna	0	110	120	30	140	Mellakou	200	50	565	445	1500
Rosfa	0	110	180	55	130	Sidi Bakhti	90	50	430	210	500
Sidi A/Rahmen	0	250	260	135	190	total	450	150	1400	1200	3000
total	0	800	1300	400	800	Mghila	0	30	50	0	0
Dahmouni	50	50	40	45	400	Sidi Hosni	0	50	40	0	0
Boucekif	100	50	110	55	2600	Sebt	0	20	10	0	0
total	150	100	150	100	3000	total	0	100	100	0	0
Frenda	90	106	87	215	650	Oued Lili	0	50	25	40	150
Ain Hdid	70	116	66	165	720	Sidi Ali Mellal	0	50	35	10	75
Takhmart	60	78	59	210	350	Tidda	0	20	40	0	75
total	220	300	212	590	1720	total	0	120	100	50	300
Hamadia	0	130	1000	180	4200	Rahouia	0	70	20	0	100
Rechaiga	0	140	140	75	500	Guertoufa	0	50	30	0	100
Bougara	0	130	260	145	300	TOTAL	0	120	50	0	200
total	0	400	1400	400	5000	Sougueur	0	30	165	240	5000
Ksar Chellala	80	60	60	150	0	Tousnina	0	20	220	90	5000
Serguine	65	50	40	0	0	Si A/Ghani	0	20	230	205	1500
Zmalt Amir Aek	55	20	50	0	0	Faidja	0	30	185	75	500
total	200	130	150	150	0	total	0	100	800	610	12000
Macheraa Sfa	65	70	40	22	50	Tiaret	0	70	100	100	400
Tagdempt	20	30	15	0	50	total general	1900	3210	9000	5300	37220
Djila Benamar	15	20	45	28	100						
total	100	120	100	50	200						

Annexe 2

Risque moyen annuel par commune

	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20			
communes	inf (Ha)	inf (Ha)	inf (Ha)	inf (Ha)	inf (Ha)	SAU	Inf Moy	RMA
Ain d'heb	220	80	56	90	200	26389	129,2	0%
Naima	190	70	48	60	200	25621	113,6	0%
Chehaima	170	50	46	0	200	22643	93,2	0%
Ain Kermas	0	180	370	150	160	17718	172	1%
Medrissa	0	150	370	30	180	24625	146	1%
Madna	0	110	120	30	140	13985	80	1%
Rosfa	0	110	180	55	130	21571	95	0%
Sidi A/Rahmen	0	250	260	135	190	21912	167	1%
Dahmouni	50	50	40	45	400	12570	117	1%
Bouchekif	100	50	110	55	2600	13281	583	4%
Frenda	90	106	87	215	650	14757	229,6	2%
Ain Hdid	70	116	66	165	720	25099	227,4	1%
Takhmart	60	78	59	210	350	21260	151,4	1%
Hamadia	0	130	1000	180	4200	14736	1102	7%
Rechaiga	0	140	140	75	500	46561	171	0%
Bougara	0	130	260	145	300	5774	167	3%
Ksar Chellala	80	60	60	150	0	7707	70	1%
Serguine	65	50	40	0	0	16589	31	0%
Zmalt Amir Aek	55	20	50	0	0	23048	25	0%
Macheraa Sfa	65	70	40	22	50	20015	49,4	0%
Tagdempt	20	30	15	0	50	7010	23	0%
Djila Benamar	15	20	45	28	100	6602	41,6	1%
Mahdia	75	150	1950	850	5000	13410	1605	12%
Sebaine	50	100	418	290	1500	25305	471,6	2%
Ain Dzarit	45	200	410	240	2000	14042	579	4%
Nadhorah	30	50	210	120	1500	31360	382	1%
Medroussa	160	50	405	545	1000	10623	432	4%
Mellakou	200	50	565	445	1500	18676	552	3%
Sidi Bakhti	90	50	430	210	500	10098	256	3%
Mghila	0	30	50	0	0	5852	16	0%
Sidi Hosni	0	50	40	0	0	16683	18	0%
Sebt	0	20	10	0	0	4594	6	0%
Oued Lili	0	50	25	40	150	14070	53	0%
Sidi Ali Mellal	0	50	35	10	75	2305	34	1%
Tidda	0	20	40	0	75	1933	27	1%
Rahouia	0	70	20	0	100	23924	38	0%
Guertoufa	0	50	30	0	100	13552	36	0%
Sougueur	0	30	165	240	5000	21429	1087	5%
Tousnina	0	20	220	90	5000	29248	1066	4%
Si A/Ghani	0	20	230	205	1500	21114	391	2%
Faidja	0	30	185	75	500	12903	158	1%
Tiaret	0	70	100	100	400	7028,45	134	2%

Annexe 3

Bilan des superficies emblavées 2015/2016

communes	SAU	B DUR	B TENDRE	ORGE	AVOINE	total emb	%blé D	%blé T	%orge	%avoine	
Ain d'heb	26389	400	2600	10000	80	13080	3%	20%	76%	1%	100%
Naima	25621	630	2600	7900	170	11300	6%	23%	70%	2%	100%
Chehaima	22643	430	2600	8500	100	11630	4%	22%	73%	1%	100%
Ain Kermas	17718	2500	4000	2000	400	8900	28%	45%	22%	4%	100%
Medrissa	24625	2700	7500	2300	500	13000	21%	58%	18%	4%	100%
Madna	13985	350	900	4700	250	6200	6%	15%	76%	4%	100%
Rosfa	21571	250	900	4000	600	5750	4%	16%	70%	10%	100%
Sidi A/Rahmen	21912	900	2300	4150	820	8170	11%	28%	51%	10%	100%
Dahmouni	12570	4200	2000	450	200	6850	61%	29%	7%	3%	100%
Bouчекif	13281	3200	3500	400	300	7400	43%	47%	5%	4%	100%
Frenda	14757	3200	3500	1500	250	8450	38%	41%	18%	3%	100%
Ain Hdid	25099	5000	4500	3000	250	12750	39%	35%	24%	2%	100%
Takhmart	21260	4000	3600	3000	300	10900	37%	33%	28%	3%	100%
Hamadia	14736	1500	335	4500	200	6535	23%	5%	69%	3%	100%
Rechaiga	46561	500	100	11500	100	12200	4%	1%	94%	1%	100%
Bougara	5774	300	200	1000	100	1600	19%	13%	63%	6%	100%
Ksar Chellala	7707	330	35	1800	22	2187	15%	2%	82%	1%	100%
Serguine	16589	380	35	5000	45	5460	7%	1%	92%	1%	100%
Zmalt Amir Aek	23048	650	65	13500	50	14265	5%	0%	95%	0%	100%
Macheraa Sfa	20015	13000	400	200	100	13700	95%	3%	1%	1%	100%
Tagdempt	7010	3500	150	150	100	3900	90%	4%	4%	3%	100%
Djila Benamar	6602	3500	150	200	50	3900	90%	4%	5%	1%	100%
Mahdia	13410	3500	1200	2000	200	6900	51%	17%	29%	3%	100%
Sebaine	25305	8000	2300	2600	500	13400	60%	17%	19%	4%	100%
Ain Dzarit	14042	2500	1700	2200	300	6700	37%	25%	33%	4%	100%
Nadhorah	31360	1800	2800	7000	400	12000	15%	23%	58%	3%	100%

Medroussa	10623	3500	1700	400	250	5850	60%	29%	7%	4%	100%
Mellakou	18676	6500	2600	900	310	10310	63%	25%	9%	3%	100%
Sidi Bakhti	10098	3400	1600	300	300	5600	61%	29%	5%	5%	100%
Mghila	5852	2500	130	300	150	3080	81%	4%	10%	5%	100%
Sidi Hosni	16683	7300	450	900	450	9100	80%	5%	10%	5%	100%
Sebt	4594	2000	100	250	120	2470	81%	4%	10%	5%	100%
Oued Lili	14070	8200	500	450	40	9190	89%	5%	5%	0%	100%
Sidi Ali Mellal	2305	700	100	200	8	1008	69%	10%	20%	1%	100%
Tidda	1933	500	100	200	5	805	62%	12%	25%	1%	100%
Rahouia	23924	12500	150	250	200	13100	95%	1%	2%	2%	100%
Guertoufa	13552	6600	100	200	50	6950	95%	1%	3%	1%	100%
Sougueur	21429	1800	1500	6500	400	10200	18%	15%	64%	4%	100%
Tousnina	29248	2700	3500	7800	400	14400	19%	24%	54%	3%	100%
Si A/Ghani	21114	1700	1500	6800	330	10330	16%	15%	66%	3%	100%
Faidja	12903	380	300	5500	300	6480	6%	5%	85%	5%	100%
Tiaret	7028,45	2500	700	500	300	4000	63%	18%	13%	8%	100%

Bilan des superficies emblavées 2006/2017

communes	SAU	B DUR	B TENDRE	ORGE	AVOINE	total emb	%blé D	%blé t	%orge	%avoine	
Ain d'heb	26389	400	2700	8000	100	11200	4%	24%	71%	1%	100%
Naima	25621	630	2600	7200	200	10630	6%	24%	68%	2%	100%
Chehaima	22643	450	2600	7500	150	10700	4%	24%	70%	1%	100%
Ain Kermas	17718	2900	2400	2900	200	8400	34,5238%	29%	34,5238%	2%	100%
Medrissa	24625	2700	4700	4700	200	12300	22%	38%	38%	2%	100%
Madna	13985	1300	2000	2500	200	6000	22%	33%	42%	3%	100%
Rosfa	21571	1000	2000	2400	60	5460	18%	37%	44%	1%	100%
Sidi A/Rahmen	21912	1900	2900	3400	200	8400	23%	35%	40%	2%	100%
Dahmouni	12570	3800	2000	500	200	6500	58%	31%	8%	3%	100%
Bouhekif	13281	3100	3300	420	300	7120	44%	46%	6%	4%	100%
Frenda	14757	3400	3500	1600	200	8700	39%	40%	18%	2%	100%
Ain Hdid	25099	5000	4300	3700	300	13300	38%	32%	28%	2%	100%
Takhmart	21260	4200	3400	4200	300	12100	35%	28%	35%	2%	100%
Hamadia	14736	1200	350	4500	200	6250	19%	6%	72%	3%	100%
Rechaiga	46561	500	80	13000	200	13780	4%	1%	94%	1%	100%
Bougara	5774	200	150	2500	200	3050	7%	5%	82%	7%	100%
Ksar Chellala	7707	400	40	2000	25	2465	16%	2%	81%	1%	100%
Serguine	16589	400	40	5400	50	5890	7%	1%	92%	1%	100%
Zmalt Amir Aek	23048	700	100	14500	100	15400	5%	1%	94%	1%	100%
Macheraa Sfa	20015	14200	500	200	100	15000	95%	3%	1%	1%	100%
Tagdempt	7010	4200	130	200	100	4630	91%	3%	4%	2%	100%
Djila Benamar	6602	3600	150	200	50	4000	90%	4%	5%	1%	100%
Mahdia	13410	3000	1500	2400	300	7200	42%	21%	33%	4%	100%
Sebaine	25305	6900	2500	3000	600	13000	53%	19%	23%	5%	100%
Ain Dzarit	14042	2700	1800	3000	400	7900	34%	23%	38%	5%	100%
Nadhorah	31360	2000	3700	7500	500	13700	15%	27%	55%	4%	100%

Medroussa	10623	3400	1600	600	230	5830	58%	27%	10%	4%	100%
Mellakou	18676	6600	2500	1000	300	10400	63%	24%	10%	3%	100%
Sidi Bakhti	10098	3500	1500	480	300	5780	61%	26%	8%	5%	100%
Mghila	5852	2300	70	350	280	3000	77%	2%	12%	9%	100%
Sidi Hosni	16683	8000	200	1000	800	10000	80%	2%	10%	8%	100%
Sebt	4594	1300	60	300	240	1900	68%	3%	16%	13%	100%
Oued Lili	14070	8400	400	450	40	9290	90%	4%	5%	0%	100%
Sidi Ali Mellal	2305	900	50	200	10	1160	78%	4%	17%	1%	100%
Tidda	1933	670	30	200	15	915	73%	3%	22%	2%	100%
Rahouia	23924	13200	200	250	200	13850	95%	1%	2%	1%	100%
Guertoufa	13552	6500	420	200	50	7170	91%	6%	3%	1%	100%
Sougueur	21429	1900	1900	6500	450	10750	18%	18%	60%	4%	100%
Tousnina	29248	2800	3500	7550	500	14350	20%	24%	53%	3%	100%
Si A/Ghani	21114	1800	2000	6900	500	11200	16%	18%	62%	4%	100%
Faidja	12903	450	380	6000	400	7230	6%	5%	83%	6%	100%
Tiaret	7028,45	2500	750	600	250	4100	61%	18%	15%	6%	100%

Bilan des superficies emblavées 2017/2018

communes	SAU	B DUR	B TENDRE	ORGE	AVOINE	total emb	%blé D	%blé	%orge	%avoine	
Ain d'heb	26389	500	2700	9000	150	12350	4%	22%	73%	1%	100%
Naima	25621	750	2700	8200	200	11850	6%	23%	69%	2%	100%
Chehaima	22643	700	2700	8500	100	12000	6%	23%	71%	1%	100%
Ain Kermas	17718	3100	2200	4900	200	10400	30%	21%	47%	2%	100%
Medrissa	24625	3950	4200	6560	150	14860	27%	28%	44%	1%	100%
Madna	13985	1400	2900	4640	250	9190	15%	32%	50%	3%	100%
Rosfa	21571	900	2900	4000	180	7980	11%	36%	50%	2%	100%
Sidi A/Rahmen	21912	2600	3000	5000	200	10800	24%	28%	46%	2%	100%
Dahmouni	12570	3800	2100	460	200	6560	58%	32%	7%	3%	100%
Boucekif	13281	3000	3700	430	300	7430	40%	50%	6%	4%	100%
Frenda	14757	4000	3600	1600	300	9500	42%	38%	17%	3%	100%
Ain Hdid	25099	5200	4500	4000	300	14000	37%	32%	29%	2%	100%
Takhmart	21260	4500	3500	4200	350	12550	36%	28%	33%	3%	100%
Hamadia	14736	1200	300	5000	300	6800	18%	4%	74%	4%	100%
Rechaiga	46561	500	100	14000	280	14880	3%	1%	94%	2%	100%
Bougara	5774	220	150	3000	200	3570	6%	4%	84%	6%	100%
Ksar Chellala	7707	150	35	790	25	1000	15%	4%	79%	3%	100%
Serguine	16589	220	30	1800	50	2100	10%	1%	86%	2%	100%
Zmalt Amir Aek	23048	370	70	3000	60	3500	11%	2%	86%	2%	100%
Macheraa Sfa	20015	13600	600	200	100	14500	94%	4%	1%	1%	100%
Tagdempt	7010	4200	200	150	100	4650	90%	4%	3%	2%	100%
Djila Benamar	6602	3500	200	200	50	3950	89%	5%	5%	1%	100%
Mahdia	13410	3000	1500	2600	450	7550	40%	20%	34%	6%	100%
Sebaine	25305	6600	2500	3000	550	12650	52%	20%	24%	4%	100%
Ain Dzarit	14042	2000	1500	3200	400	7100	28%	21%	45%	6%	100%
Nadhorah	31360	2500	2000	8500	550	13550	18%	15%	63%	4%	100%

Medroussa	10623	3500	1500	650	300	5950	59%	25%	11%	5%	100%
Mellakou	18676	6700	2500	1040	250	10490	64%	24%	10%	2%	100%
Sidi Bakhti	10098	3500	1450	530	250	5730	61%	25%	9%	4%	100%
Mghila	5852	2200	40	230	50	2520	87%	2%	9%	2%	100%
Sidi Hosni	16683	6600	150	320	100	7170	92%	2%	4%	1%	100%
Sebt	4594	1400	30	150	50	1630	86%	2%	9%	3%	100%
Oued Lili	14070	8500	350	1350	50	10250	83%	3%	13%	0%	100%
Sidi Ali Mellal	2305	940	50	250	10	1250	75%	4%	20%	1%	100%
Tidda	1933	700	30	250	15	995	70%	3%	25%	2%	100%
Rahouia	23924	11800	150	250	100	12300	96%	1%	2%	1%	100%
Guertoufa	13552	6500	150	250	50	6950	94%	2%	4%	1%	100%
Sougueur	21429	2100	2100	7600	600	12400	17%	17%	61%	5%	100%
Tousnina	29248	3100	4200	9000	580	16880	18%	25%	53%	3%	100%
Si A/Ghani	21114	2000	2200	8000	650	12850	16%	17%	62%	5%	100%
Faidja	12903	500	500	7500	650	9150	5%	5%	82%	7%	100%
Tiaret	7028,45	2500	715	700	300	4215	59%	17%	17%	7%	100%

Bilan des superficies emblavées 2018/2019

communes	SAU	B DUR	B TENDRE	ORGE	AVOINE	total emb	%blé D	%blé T	%orge	%avoine	
Ain d'heb	26389	600	2710	9332	80	12722	5%	21%	73%	1%	100%
Naima	25621	800	2700	8500	100	12100	7%	22%	70%	1%	100%
Chehaima	22643	750	2700	9000	90	12540	6%	22%	72%	1%	100%
Ain Kermas	17718	3300	2300	4000	150	9750	34%	24%	41%	2%	100%
Medrissa	24625	3800	4500	5600	150	14050	27%	32%	40%	1%	100%
Madna	13985	1250	2700	4000	170	8120	15%	33%	49%	2%	100%
Rosfa	21571	1000	2500	3500	150	7150	14%	35%	49%	2%	100%
Sidi A/Rahmen	21912	2100	2950	4000	180	9230	23%	32%	43%	2%	100%
Dahmouni	12570	3700	2100	500	250	6550	56%	32%	8%	4%	100%
Bouhekif	13281	2200	1200	3800	300	7500	29%	16%	51%	4%	100%
Frenda	14757	4000	3500	1800	200	9500	42%	37%	19%	2%	100%
Ain Hdid	25099	5300	4300	4200	200	14000	38%	31%	30%	1%	100%
Takhmart	21260	4500	3500	4200	300	12500	36%	28%	34%	2%	100%
Hamadia	14736	1500	330	5090	150	7070	21%	5%	72%	2%	100%
Rechaiga	46561	900	140	13610	150	14800	6%	1%	92%	1%	100%
Bougara	5774	260	130	2350	120	2860	9%	5%	82%	4%	100%
Ksar Chellala	7707	200	45	2050	30	2325	9%	2%	88%	1%	100%
Serguine	16589	300	30	4000	50	4380	7%	1%	91%	1%	100%
Zmalt Amir Aek	23048	400	90	10000	70	10560	4%	1%	95%	1%	100%
Macheraa Sfa	20015	13650	565	200	100	14515	94%	4%	1%	1%	100%
Tagdempt	7010	4150	130	150	100	4530	92%	3%	3%	2%	100%
Djila Benamar	6602	3600	150	200	50	4000	90%	4%	5%	1%	100%
Mahdia	13410	2800	1300	2500	300	6900	41%	19%	36%	4%	100%
Sebaine	25305	6600	2400	3500	400	12900	51%	19%	27%	3%	100%
Ain Dzarit	14042	2200	1300	3200	295	6995	31%	19%	46%	4%	100%
Nadhorah	31360	2600	1800	8800	400	13600	19%	13%	65%	3%	100%

Medroussa	10623	3550	1400	700	250	5900	60%	24%	12%	4%	100%
Mellakou	18676	6800	2300	1170	230	10500	65%	22%	11%	2%	100%
Sidi Bakhti	10098	3550	1400	580	220	5750	62%	24%	10%	4%	100%
Mghila	5852	2100	50	300	50	2500	84%	2%	12%	2%	100%
Sidi Hosni	16683	7300	150	550	100	8100	90%	2%	7%	1%	100%
Sebt	4594	1200	0	250	50	1500	80%	0%	17%	3%	100%
Oued Lili	14070	8650	320	1353	50	10373	83%	3%	13%	0%	100%
Sidi Ali Mellal	2305	990	40	250	10	1290	77%	3%	19%	1%	100%
Tidda	1933	700	20	275	15	1010	69%	2%	27%	1%	100%
Rahouia	23924	11600	150	250	100	12100	96%	1%	2%	1%	100%
Guertoufa	13552	6050	150	250	50	6500	93%	2%	4%	1%	100%
Sougueur	21429	2500	3000	8000	400	13900	18%	22%	58%	3%	100%
Tousnina	29248	3200	4500	9000	540	17240	19%	26%	52%	3%	100%
Si A/Ghani	21114	2500	2200	8000	500	13200	19%	17%	61%	4%	100%
Faidja	12903	350	500	7500	700	9050	4%	6%	83%	8%	100%
Tiaret	7028,45	2500	750	750	200	4200	60%	18%	18%	5%	100%

Bilan des superficies emblavées 2019/2020

communes	SAU	B DUR	B TENDRE	ORGE	AVOINE	total emb	%blé D	%blé	%orge	%avoine	
Ain d'heb	26389	500	1870	14624	90	17084	3%	11%	86%	1%	100%
Naima	25621	800	1830	8500	110	11240	7%	16%	76%	1%	100%
Chehaima	22643	750	1540	8700	110	11100	7%	14%	78%	1%	100%
Ain Kermas	17718	2600	2500	4500	90	9690	27%	26%	46%	1%	100%
Medrissa	24625	3210	3000	4900	80	11190	29%	27%	44%	1%	100%
Madna	13985	350	500	4800	130	5780	6%	9%	83%	2%	100%
Rosfa	21571	630	1495	5500	150	7775	8%	19%	71%	2%	100%
Sidi A/Rahmen	21912	850	1400	6000	200	8450	10%	17%	71%	2%	100%
Dahmouni	12570	4500	900	1100	70	6570	68%	14%	17%	1%	100%
Boucekif	13281	2100	800	3800	100	6800	31%	12%	56%	1%	100%
Frenda	14757	3600	1600	2400	100	7700	47%	21%	31%	1%	100%
Ain Hdid	25099	6200	2800	4800	200	14000	44%	20%	34%	1%	100%
Takhmart	21260	4200	1850	2950	200	9200	46%	20%	32%	2%	100%
Hamadia	14736	1250	200	4300	150	5900	21%	3%	73%	3%	100%
Rechaiga	46561	750	100	13000	150	14000	5%	1%	93%	1%	100%
Bougara	5774	250	150	2000	100	2500	10%	6%	80%	4%	100%
Ksar Chellala	7707	250	0	2000	10	2260	11%	0%	88%	0%	100%
Serguine	16589	300	0	3000	10	3310	9%	0%	91%	0%	100%
Zmalt Amir Aek	23048	200	0	9266	10	9476	2%	0%	98%	0%	100%
Macheraa Sfa	20015	12540	960	900	80	14480	87%	7%	6%	1%	100%
Tagdempt	7010	3120	630	650	100	4500	69%	14%	14%	2%	100%
Djila Benamar	6602	2900	250	450	50	3650	79%	7%	12%	1%	100%
Mahdia	13410	2500	800	3400	300	7000	36%	11%	49%	4%	100%
Sebaine	25305	6500	2000	3600	400	12500	52%	16%	29%	3%	100%
Ain Dzarit	14042	1200	500	4100	200	6000	20%	8%	68%	3%	100%
Nadhorah	31360	1600	900	8400	300	11200	14%	8%	75%	3%	100%

Medroussa	10623	3000	600	2000	100	5700	53%	11%	35%	2%	100%
Mellakou	18676	7600	800	1900	120	10420	73%	8%	18%	1%	100%
Sidi Bakhti	10098	3100	200	1500	80	4880	64%	4%	31%	2%	100%
Mghila	5852	1500	50	400	50	2000	75%	3%	20%	3%	100%
Sidi Hosni	16683	7500	100	350	50	8000	94%	1%	4%	1%	100%
Sebt	4594	750	0	200	50	1000	75%	0%	20%	5%	100%
Oued Lili	14070	7350	425	1930	60	9765	75%	4%	20%	1%	100%
Sidi Ali Mellal	2305	780	0	310	10	1100	71%	0%	28%	1%	100%
Tidda	1933	570	0	270	10	850	67%	0%	32%	1%	100%
Rahouia	23924	11000	150	250	80	11480	96%	1%	2%	1%	100%
Guertoufa	13552	5600	100	400	50	6150	91%	2%	7%	1%	100%
Sougueur	21429	1500	2000	6000	200	9700	15%	21%	62%	2%	100%
Tousnina	29248	2500	1500	8500	300	12800	20%	12%	66%	2%	100%
Si A/Ghani	21114	2000	1800	5500	200	9500	21%	19%	58%	2%	100%
Faidja	12903	100	0	4500	400	5000	2%	0%	90%	8%	100%
Tiaret	7028,45	2300	300	750	200	3550	65%	8%	21%	6%	100%

Annexe 4

Evolution du taux d'infestation dans la zone des montagnes

montagne								
Communes	PACAGES PARCOURS	FORETS	ALFA	RM1 5/16	RM 16/17	RM 17/18	RM 18/19	RM 19/20
Dahmouni	594,8	865	0	0%	0%	0%	0%	3%
Frenda	206	25605	0	1%	1%	1%	1%	5%
Ain Hdid	4680	13993	0	0%	0%	0%	1%	3%
Takmart	12644	18157	0	0%	0%	0%	1%	2%
Macheraa Sfa	3585,69	5376	0	0%	0%	0%	0%	0%
Tagdempt	200	5912	0	0%	0%	0%	0%	1%
Djila Benamar	400	8630	0	0%	0%	1%	0%	2%
Medroussa	2737	8149	0	2%	0%	4%	5%	10%
Sidi Bakhti	4880	6418	0	1%	0%	4%	2%	5%
Mghila	490	0	0	0%	1%	1%	0%	0%
Sidi Hosni	600	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Sebt	50	712	0	0%	0%	0%	0%	0%
Oued Lili	3219	912	0	0%	0%	0%	0%	1%
Sidi Ali Mellal	1795,41	500	0	0%	2%	2%	0%	3%
Tidda	577	495	0	0%	1%	2%	0%	4%
Rahouia	314	41	0	0%	0%	0%	0%	0%
Guertoufa	100	694	0	0%	0%	0%	0%	1%
S/T 17	37072,9	96459	0					

Evolution du taux d'infestation dans la zone des plaines

plaines								
Communes	PACAGES PARCOURS	FORETS	ALFA	RM1 5/16	RM 16/17	RM 17/18	RM 18/19	RM 19/20
Ain Kermas	2479	1200	0	0%	1%	2%	1%	1%
Medrissa	1978	0	0	0%	1%	2%	0%	1%
Bouchekif	315	0	0	1%	0%	1%	0%	20%
Hamadia	275	0	0	0%	1%	7%	1%	30%
Bougara	320	0	0	0%	2%	5%	3%	5%
Mahdia	21	0	0	1%	1%	15%	6%	38%
Sebaine	332	0	0	0%	0%	2%	1%	6%
Ain Dzarit	151	0	0	0%	1%	3%	2%	15%
Mellakou	791,95	1089	0	1%	0%	3%	2%	8%
Sougueur	2610	0	0	0%	0%	1%	1%	24%
Tousnina	369	0	0	0%	0%	1%	0%	18%
Si A/Ghani	8567	9688	2958	0%	0%	1%	1%	7%
Tiaret	741,65	2342	0	0%	1%	1%	1%	6%
S/T13	18950,6	14319	2958					

Evolution du taux d'infestation dans la zone steppique

STEPPE								
Communes	PACAGES PARCOURS	FORETS	ALFA	RM1 5/16	RM 16/17	RM 17/18	RM 18/19	RM 19/20
Ain d'heb	30297	0	83915	1%	0%	0%	0%	1%
Naima	22848	0	41554	1%	0%	0%	0%	1%
Chehaima	55234	0	81632	1%	0%	0%	0%	1%
Madna	18881	1040	16697	0%	1%	1%	0%	1%
Rosfa	6907	3060	13521	0%	1%	1%	0%	1%
Sidi A/Rahmen	60682,5	0	17079	0%	1%	1%	1%	1%
Rechaiga	31046	7257	0	0%	0%	0%	0%	1%
Ksar Chellala	4722	0	0	1%	1%	1%	2%	0%
Serguine	19105	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Zmalt Amir Aek	89920	0	0	0%	0%	0%	0%	0%
Nadhorah	19174	9895	0	0%	0%	1%	0%	6%
Faidja	5490	22170	68644	0%	0%	1%	1%	4%
S/T12	364306,5	43422	323042					

Annexe 5

Risque d'infestation annuel pour chaque commune dans la zone forestière

communes	Foret (Ha)	ST (Ha)	%Foret	RM1 5/16	RM 16/17	RM 17/18	RM 18/19	RM 19/20
Ain Kermas	1200	22218	5%	0%	1%	2%	1%	1%
Madna	1040	52005	2%	0%	1%	1%	0%	1%
Rosfa	3060	48430	6%	0%	1%	1%	0%	1%
Dahmouni	865	14837	6%	0%	0%	0%	0%	3%
Frenda	25605	40785	63%	1%	1%	1%	1%	5%
Ain Hdid	13993	44069	32%	0%	0%	0%	1%	3%
Takhmart	18157	56540	32%	0%	0%	0%	1%	2%
Rechaiga	7257	88396	8%	0%	0%	0%	0%	1%
Macheraa Sfa	5376	30279	18%	0%	0%	0%	0%	0%
Tagdempt	5912	14840	40%	0%	0%	0%	0%	1%
Djila Benamar	8630	15782	55%	0%	0%	1%	0%	2%
Nadhorah	9895	65112	15%	0%	0%	1%	0%	6%
Medroussa	8149	21549	38%	2%	0%	4%	5%	10%
Mellakou	1089	20613	5%	1%	0%	3%	2%	8%
Sidi Bakhti	6418	21431	30%	1%	0%	4%	2%	5%
Sebt	712	7170	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Oued Lili	912	22656	4%	0%	0%	0%	0%	1%
Sidi Ali Mellal	500	14003	4%	0%	2%	2%	0%	3%
Tidda	495	10578	5%	0%	1%	2%	0%	4%
Rahouia	41	44069	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Guertoufa	694	44069	2%	0%	0%	0%	0%	1%
Si A/Ghani	9688	42467	23%	0%	0%	1%	1%	7%
Faidja	22170	225499	10%	0%	0%	1%	1%	4%
Tiaret	2342	11145	21%	0%	1%	1%	1%	6%

Risque d'infestation annuel pour chaque commune dans la zone non forestière

communes	RM1 5/16	RM 16/17	RM 17/18	RM 18/19	RM 19/20
Ain d'heb	1%	0%	0%	0%	1%
Naima	1%	0%	0%	0%	1%
Chehaima	1%	0%	0%	0%	1%
Medrissa	0%	1%	2%	0%	1%
Sidi A/Rahmen	0%	1%	1%	1%	1%
Bouчекif	1%	0%	1%	0%	20%
Hamadia	0%	1%	7%	1%	30%
Bougara	0%	2%	5%	3%	5%
Ksar Chellala	1%	1%	1%	2%	0%
Serguine	0%	0%	0%	0%	0%
Zmalt Amir Aek	0%	0%	0%	0%	0%
Mahdia	1%	1%	15%	6%	38%
Sebaine	0%	0%	2%	1%	6%
Ain Dzarit	0%	1%	3%	2%	15%
Mghila	0%	1%	1%	0%	0%
Sidi Hosni	0%	0%	0%	0%	0%
Sougueur	0%	0%	1%	1%	24%
Tousnina	0%	0%	1%	0%	18%

Résumé :

Dans la wilaya de Tiaret, l'analyse des données relatives aux infestations des terres agricoles, collectées depuis 2016, a révélé l'existence d'un vrai phénomène de pullulation de *Meriones Shawii*.

Des foyers discontinus de forte densité ont apparus initialement sur les parcelles de quelques commune (épicode) marquant le début d'un cycle , et se sont propager sur le restes des communes (diffusion) en atteignant une infestation extrême sur les parcelles agricoles des communes essentiellement situées dans la zone des plaines ,durant la dernier année d'observation (2020).

Cette thèse met en évidence les éventuelles interactions entre la merione et l'environnement ou elle prospère, en intégrant les notions de structure paysager et de couverture végétales comme éléments influenceurs et explicatif du phénomène de propagation spatio-temporelles des populations de *Merione Shawi* dont les dégâts se font ressentir, et face auxquels la stratégie de lutte chimique adoptée à montrer ses limites.

Mot clé : *Meriones Shawii*, paysagère, Tiaret, infestation, couverture végétale.

Abstract:

In the wilaya of Tiaret, the analysis of data relating to infestations of agricultural land, collected since 2016, revealed the existence of a real phenomenon of pullulation of *Meriones Shawii*.

Discontinuous high-density outbreaks initially appeared on the plots of some communes (epicenter) marking the beginning of a cycle, and have spread to the rest of the communes (diffusion) reaching an extreme infestation on the agricultural plots of the communes essentially located in the plains zone, during the last year OF observation (2020).

This thesis highlights the possible interactions between the merione and the environment where it thrives by integrating the notions of landscape structure and plant cover as influential and explanatory elements of the phenomenon of spatio-temporal propagation of populations of *Merione Shawi* whose damage is felt, and in the face of which the chemical control strategy adopted has shown its limits.

Key word: *Meriones shawii*, landscape, Tiaret, infestation, plant cover.

الخلاصة:

في ولاية تيارت أظهر تحليل البيانات المتعلقة بغزو الأراضي الزراعية، والتي تم جمعها منذ عام 2016 عن وجود ظاهرة حقيقية لتكاثر (*Meriones Shawii*)، حيث ظهرت بؤر تقشي متقطعة عالية الكثافة في البداية على قطع أراضي بعض البلديات (مركز) إيذانا ببدء دورة، وانتشرت إلى باقي البلديات (إنتشار) وصولاً إلى انتشار شديد على قطع الأراضي الزراعية في البلديات الواقعة بشكل أساسي في منطقة السهول، خلال العام الأخير من المراقبة (2020)

تسلط هذه الأطروحة الضوء على التفاعلات المحتملة بين الجرد والبيئة التي تنعم فيها، من خلال دمج مفاهيم بنية المناظر الطبيعية والغطاء النباتي كعناصر مؤثرة وتفسيرية لظاهرة الانتشار المكاني والزمني لمجموعات *Merione Shawi* التي بدت أضرارها، مقابل استراتيجية مكافحة الكيمائية المعتمدة التي أظهرت محدوديتها .

الكلمات المفتاحية: *Meriones Shawii*، مظاهر طبيعية، تيارت، غزو، غطاء نباتي.