



Ecole nationale Vétérinaire
d'Alfort

MASTER 2^{ème} ANNEE

Santé publique Paris Sud et Santé UPEC

Dominante

**SURVEILLANCE EPIDEMIOLOGIQUE DES
MALADIES HUMAINES ET ANIMALES**

RAPPORT DE STAGE

**OPTIMISATION DU PLAN DE SURVEILLANCE
EPIDEMIOLOGIQUE DE LA PPR A PARTIR D'UNE ANALYSE DE
RISQUE CARTOGRAPHIQUE EN LIEN AVEC LA MOBILITE
ANIMALE EN ALGERIE**

Présenté par

Katia IZEM

Réalisé sous la direction de : Dr. Karim BOUGHALEM (Alger) et Caroline COSTE (Montpellier)

Organisme et pays : DSV Algérie - CIRAD France

Période du stage : 6 mois

Date de soutenance : 28 Juin 2016

Année universitaire 2015-2016

RESUME COURT

La Peste des Petits Ruminants (PPR), est une maladie avec d'importants enjeux économiques. La mobilité animale constitue le plus grand facteur de dissémination de ce virus avec un risque plus élevé du fait de l'existence de flux illégaux d'animaux vivants entre l'Algérie et les pays voisins et de l'extension de la zone de répartition géographique de la PPR en Afrique du nord. Le virus peut s'étendre à de nouvelles aires de pâturages ou à de nouveaux troupeaux par l'élevage pastoral extensif, la transhumance ou à l'occasion d'échanges et de commerces sur les marchés à bétail où se concentrent de grandes quantités d'animaux.

La présente étude a pour objectif d'optimiser les modalités de surveillance épidémiologique en Algérie, en proposant une méthode qualitative à dire d'experts pour identifier les zones où le virus est susceptible d'être diffusé. Cette étude a permis d'estimer le risque d'émission du virus de la PPR à partir des pays voisins et le risque d'exposition en stratifiant sur des facteurs de risque définis selon l'épidémiologie de la maladie

Dans ce contexte, plusieurs facteurs de risque ont été identifiés comme importantes : la densité animale, l'accessibilité et surtout les mouvements des animaux. Une enquête sur la mobilité des petits ruminants a permis de collecter des données sur leurs trajets dans la steppe algérienne. A l'aide des indicateurs (SNA « Système d'Information Géographique »), nous avons mis en évidence beaucoup de localités très centrales et très connectée et donc plus vulnérables à la diffusion du virus de la PPR. Suivant les résultats obtenus, un protocole de surveillance basé sur le risque a été proposé pour améliorer la surveillance de la PPR en orientant le protocole sur les zones estimées à risque.

Mots clés : Algérie, PPR, petits ruminants, mobilité animale, SNA, cartographie des risques, surveillance basée sur le risque

ABSTRACT

Peste des Petits Ruminants (PPR) is a highly contagious viral disease in small ruminants with a high negative economic impact to the farmers and the affected countries. Animal mobility is a major factor for dissemination of the PPR virus; with however an increased risk for Algeria due to the existence of illegal movement of live animals between Northern African countries and recent extensions of PPR outbreaks in this region. Moreover, the virus can be introduced into new pastures or farms via an extensive pastoral farming, transhumance and exchanges of animals at livestock markets with high number of animal gatherings.

The current study has an objective to optimise the PPR modalities of epidemiosurveillance in Algeria, by proposing a qualitative method based on the participation of local experts in order to identify the zones where the virus is susceptible to be diffused.

This study permitted to estimate the risk of emission of the PPR virus from the neighbouring countries to Algeria, and to estimate the risk of exposition of animals to the virus based on the stratification of the factors of risk according to the epidemiology of the disease.

In this context, several risk factors were identified as important: animal density, accessibility and movement of animals. A field survey among local experts about animal mobility, allowed together sufficient data about the trajectory of the animals in the Algerian steps. Using Social network analysis (SNA «social network analysis»), we present the zones highly connected and therefore vulnerable to the diffusion of the PPR virus. Finally, we propose a protocol of surveillance based on risk in order to improve the surveillance of the PPR.

Keywords: Algeria, PPR, small ruminants, animal mobility, SNA, risk mapping, risk based surveillance

SOMMAIRE

RESUME COURT	1
RESUME LONG.....	4
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX	6
INDEX DES ABREVIATIONS	7
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	8
1. Généralités sur l'Algérie	8
1.1. Situation géographique.....	8
1.2. Sur le plan d'administratif.....	8
1.3. Relief, climat et zones géographiques.....	8
1.4. Organisation du système de surveillance	8
2. Elevage des petits ruminants.....	9
2.1. Données chiffrées sur le cheptel.....	9
2.2. Principales races exploitées.....	10
2.3. Système d'élevage des petits ruminants.....	10
3. Commerce des petits ruminants en Algérie	12
3.1. Vente d'animaux « sur pieds ».....	12
3.2. Abattoirs et tueries	12
3.3. Période des pics de vente	13
4. Peste des Petits Ruminants.....	13
4.1. Définition et Etiologie	13
4.2. Epidémiologie	13
4.2.1. Sources d'infection	14
4.2.2. Réceptivité des animaux	14
4.2.3. Evolution.....	14
4.3. Distribution géographique de la PPR	15
4.4. La PPR en Algérie.....	15
4.4.1. Situation actuelle et évolution de la maladie	15
4.4.2. Enquêtes réalisées	16
5. Etude de la mobilité par la méthode des analyses des réseaux sociaux.....	17
5.1. Généralités sur l'analyse des réseaux sociaux.....	17
5.2. Principe de l'analyse des réseaux sociaux.....	17
6. Généralités sur l'analyse de risque	18
6.1. Analyse basée sur le risque	18
6.2. Cartographie des risques	18
DEUXIEME PARTIE : CONTRIBUTION PERSONNELLE.....	19
CONTEXTE.....	19
I. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	19
II. MATERIELS ET METHODES	19
2.1. Enquête mobilité	19
2.1.1. Description du site de travail	19
2.1.2. Zone d'étude	20
2.1.3. Questionnaire utilisé	20
2.1.4. Déroulement de l'enquête.....	20
2.1.5. Traitement des données	21
2.2. Cartographie basée sur l'analyse.....	21
2.2.1. Probabilité d'émission.....	21
2.2.2. Probabilité d'exposition.....	23
2.2.3. Probabilité de survenue	23
2.3. Calendrier.....	24

III.	RESULTATS	25
3.1.	Enquête mobilité	25
3.1.1.	Cartographie des flux des petits ruminants.....	25
3.1.2.	Caractéristique des flux des petits ruminants	26
3.1.3.	Réseau des flux des petits ruminants	27
3.1.3.1.	Description du réseau.....	27
3.1.3.2.	Représentation graphique du réseau	27
3.1.3.3.	Indicateurs SNA.....	27
3.2.	Analyse qualitative du risque survenue de la PPR en Algérie	29
3.2.1.	Cartographie de l'émission du virus de la PPR	29
3.2.2.	Cartographie de la survenue de la PPR	32
3.2.2.1.	Strate à risque élevé	32
3.2.2.2.	Strate à risque très élevé	34
IV.	DISCUSSION	36
4.1.	Enquête mobilité	36
4.2.	Cartographie des risques	37
4.2.1.	Risque d'émission.....	37
4.2.2.	Risque d'exposition et de survenue	39
4.3.	Proposition d'une surveillance basée sur le risque.....	40
V.	CONCLUSION	43
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	44
	ANNEXES	49

RESUME LONG

La Peste des petits ruminants (PPR) est une maladie virale contagieuse à déclaration obligatoire due à un *Morbillivirus* appartenant à la famille des *Paramyxoviridae* (Khalafalla *et al.*, 2010). De son berceau Africain situé entre l'équateur et le Sahara, la maladie s'est largement répandue en Afrique, au moyen orient et en Asie. Elle est en effet responsable de pertes économiques considérables pour les populations locales et freine de ce fait le développement de l'élevage des pays en développement dans lesquels elle sévit.

Des informations plus précises concernant la distribution géographique de la PPR ont été obtenues depuis l'éradication officielle de la peste bovine en 2011, maladie avec laquelle elle était confondue, et grâce au développement d'outils de diagnostic de plus en plus spécifiques (Minet *et al.*, 2009). Après l'épizootie de la PPR déclarée au Maroc en 2008, une enquête par sondage sérologique a été effectuée en 2010 par les laboratoires de l'INMV, en collaboration avec les inspections vétérinaires des wilayas du Sud-Ouest du pays afin d'évaluer la séroprévalence de la PPR. Une sérologie positive a fait l'objet d'une déclaration de l'infection sub-clinique à l'OIE en mars 2011.

Avec un cheptel estimé à plus de 35 millions de têtes dont 28 millions d'ovins, plus de 4 millions de caprins (DSASI, 2014). L'élevage des petits ruminants en Algérie, constitue l'un des piliers du secteur agricole. Outre son intérêt économique, le cheptel ovin/caprin joue un rôle socioreligieux lors des fêtes religieuses telle que l'Aid el Kébir. Les conséquences sanitaires des différents modes d'élevage basés sur le déplacement des animaux (commerce, transhumance) sont nombreuses. Dans le cadre d'activités de surveillance, d'analyses épidémiologiques, il devient alors très utile de collecter des données récentes concernant la mobilité animale. Notre travail a pour objectif d'optimiser les modalités de surveillance épidémiologique en Algérie, en proposant une méthode qualitative à dire d'experts pour identifier les zones où le virus est susceptible d'être diffusé.

Dans ce contexte, les données sur la mobilité des petits ruminants ont été collectées par une enquête dite « origine destination », menée auprès des services vétérinaires algériens. Au total, 303 mouvements ont été recensés avec 156 flux distincts, cette enquête nous a permis de décrire spatialement et temporellement, les mouvements commerciaux et de transhumance des petits ruminants dans les zones steppiques. L'application de la méthode SNA a permis de mettre en évidence des localités à risque ou ayant un rôle important dans la diffusion de maladie. En effet les résultats indiquent des communes ayant une forte activité commerciale, il s'agit de : Bougtoub, Ain El Ibel, El Bayadh, qui constituent les marchés stratégiques des petits ruminants en Algérie. Les communes de Saïda, Bougtoub, Ksar El Boukhari, El Eulma, Sougueur et Ain El Ibel ont une « betweenness » très élevée. Il s'agit de hubs ou des carrefours incontournables qui favoriseront la diffusion des maladies. Ces données vont permettre aux acteurs de la santé animale, d'améliorer leur connaissance sur des circuits des mouvements des petits ruminant pour mieux évaluer les risques de transmission des maladies nationales mais aussi transfrontalières.

En plus des données mobilité, d'autres facteurs de risques définis selon la méthode de cartographie des risques à dire d'experts proposée par Cécile Squarzon-Diaw, (FVI) et Caroline Coste, (CIRAD) ont permis de mettre en évidence géographiquement des zones à risque selon l'évaluation des facteurs susceptibles de jouer un rôle dans la survenue de la PPR en Algérie. L'analyse est basée sur des données obtenues à partir de la base de données officielle WAHIS de l'OIE, de revue bibliographique et d'avis d'experts. Les résultats de l'analyse ont mis en évidence **une probabilité élevée d'émission** du virus de la PPR en Algérie à partir des pays frontaliers. Selon la méthode développée par Elena Arsevska et adaptée par Cécile Squarzon-Diaw, un poids important a été accordé aux modalités de surveillance et de contrôle de la PPR dans les pays voisins, car ces mesures sont indispensables pour évaluer la capacité d'un pays à détecter et lutter contre la maladie. Les **facteurs d'exposition** retenus : les indicateurs SNA, les foyers PPR, la densité ovine et caprine, l'accessibilité des communes.

En combinant les probabilités d'émission et d'exposition, 2 strates de risque sont constituées : une avec une probabilité de survenue élevée concernant 31% des communes soit 468 sur 1541, et l'autre une probabilité très élevée concernant 15% des communes soit 196 sur 1541.

Des modalités de surveillance, basées sur ces 2 strates à risque élevée et très élevée, sont proposées et permettraient aux services vétérinaires d'ajuster plus efficacement en termes de ressources leurs programmes nationaux de surveillance. Afin d'estimer le taux d'infection dans les troupeaux, on pourrait programmer des enquêtes de séroprévalence (déjà pratiquée en Algérie) mais orientée sur la strate très élevée (196 communes). A partir de cette prévalence estimée, des enquêtes sérologiques sur des jeunes en période hivernale permettraient de détecter une circulation récente du virus. Et en dernier lieu, la surveillance événementielle déjà en place dans le pays, mais renforcée en terme de formation et de vigilance sur les 468 communes où le risque est élevé.

Cette analyse de risque peut être considérée comme un outil d'aide à la décision car les pays peuvent ainsi de mettre en place de façon optimisée car orientée sur les zones à risque, des programmes de surveillance.

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Tableau 1 : Catégorisation de la probabilité et conversion en risque qualificatif	22
Tableau 2: Calendrier de l'étude	24
Tableau 3 : Pourcentage des mouvements des petits ruminants entre établissements	26
Tableau 4 : Pourcentage des mouvements selon les destinations.....	27
Tableau 5 : Classement des 10 premières communes selon leur nombre de degree	28
Tableau 6 : Classement des 10 premières communes selon l'intermédiarité ou «betweenness».....	29
Tableau 7 : Estimation de la probabilité d'émission du virus de la PPR en Algérie.....	31
Tableau 8 : Résultats obtenus pour les facteurs de risque retenus pour la strate à risque élevé.....	33
Tableau 9 : Résultats obtenus pour les facteurs de risque retenus pour la strate à risque très élevé	35
Tableau 10 : Proposition de mise en œuvre de surveillance basée sur le risque de PPR en Algérie.....	41
Figure 1 : Localisation des régions géo-climatiques	8
Figure 2 : Organisation du réseau de surveillance épidémiologique en Algérie	9
Figure 3: Mouvements des pasteurs lors des transhumances	11
Figure 4 : Chargement du bétail pour le retour de la transhumance d'hiver	12
Figure 5: Distribution mondiale de la PPR et des quatre lignées du PPRV	15
Figure 6: Evolution de la PPR en Algérie	16
Figure 7 : Cartographie des flux commerciaux des petits ruminants de la steppe en Algérie.....	25
Figure 8: Cartographie des flux de transhumances des petits ruminants de la steppe en Algérie.....	26
Figure 9: Représentation graphique du réseau	28
Figure 10 : Cartographie de la probabilité d'émission du virus de la PPR à partir des pays voisins	30
Figure 11 : Strate à risque élevé	32
Figure 12 : Strate à risque très élevé	34

INDEX DES ABREVIATIONS

AU-IBAR	:	African Union – Inter African Bureau for Animal Resources
CIRAD	:	Centre de Coopération Internationale pour la Recherche Agronomique et le Développement, Montpellier
CMAEE	:	Contrôle des Maladies Animales, Exotiques et Emergentes
CVO	:	Chef Vétérinaire Officiel
DSA	:	Directions des Services Agricoles
DSASI	:	Direction statistique agricole
DSV	:	Direction des Services Vétérinaires
ELISA	:	Enzyme-Linked Immunosorbent
ENSV	:	Ecole Nationale Supérieure Vétérinaire
FAO	:	Organisation des Nations Unies pour l’Alimentation et l’Agriculture
FVI	:	France Vétérinaire International
HCDS	:	Haut-Commissariat du Développement de la Steppe
INMV	:	Institut National de la Médecine Vétérinaire
IVW	:	Inspection Vétérinaire de Wilaya
LCV	:	Laboratoire Central Vétérinaire
MARDP	:	Ministère de l’Agriculture, du développement rural et de la Pêche
OIE	:	Office International des Epizooties
PPR	:	Peste des Petits Ruminants
PPRV	:	Virus de la Peste des Petits Ruminants
QGIS	:	Quantum Geographic Information System
REMESA	:	Réseau Euro-Méditerranéen pour la Santé Animale
RT-PCR	:	Reverse Transcription-Polymerase Chain Reaction
SIG	:	Système d’Information Géographique
SNA	:	Social Network Analysis
UMR CMAEE	:	Unité Mixte de Recherche Contrôle des Maladies Animales Exotiques et Émergente
WAHID	:	World Animal Health Information Database Interface

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur l'Algérie

1.1. Situation géographique

L'Algérie est un État d'Afrique du Nord qui fait partie du Maghreb. Sa capitale, Alger, est située au Nord, sur la côte méditerranéenne. C'est le plus grand pays du bassin méditerranéen. Il partage au total plus de 6 385 km de frontières terrestres, avec notamment la Tunisie au Nord-est, la Libye à l'Est, le Niger et le Mali au Sud, la Mauritanie et le territoire non autonome du Sahara occidental au Sud-ouest et enfin le Maroc à l'Ouest (DSV, 2012).

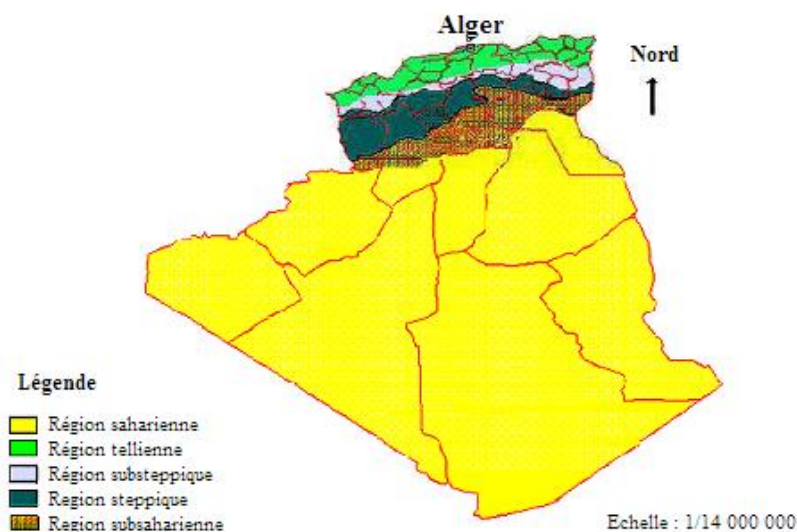
1.2. Sur le plan d'administratif

Le pays est composé de 48 Wilayas « Provinces », elles-mêmes divisées en 548 Daïras (arrondissement ou « sous-préfecture »). La plus petite unité administrative est la commune, au total on compte 1541 Communes, réparties en 562 communes urbaines et 979 communes rurales, un découpage administratif est présenté en annexe 1

1.3. Relief, climat et zones géographiques

Deux chaînes montagneuses importantes, l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, séparent le pays en trois types de milieux qui se distinguent par leur relief et leur morphologie, donnant lieu à une importante diversité biologique. On distingue du Nord au Sud (Figure 1), le Système Tellien, les Hautes Plaines steppiques et le Sahara. Le Système Tellien est un ensemble constitué par une succession de massifs montagneux, côtiers et sublittoraux, et de plaines. Les Hautes Plaines steppiques sont localisées entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud, à des altitudes plus ou moins importantes de 900 à 1 200 m, elles sont parsemées de dépressions salées, chotts ou sebkhas qui sont des lacs continentaux formés sous l'effet des pluies torrentielles et du ruissellement important qui en découlent. Le Sahara forme une large barrière qui sépare le domaine méditerranéen au nord du domaine tropical au Sud.

Figure 1 : Localisation des régions géo-climatiques



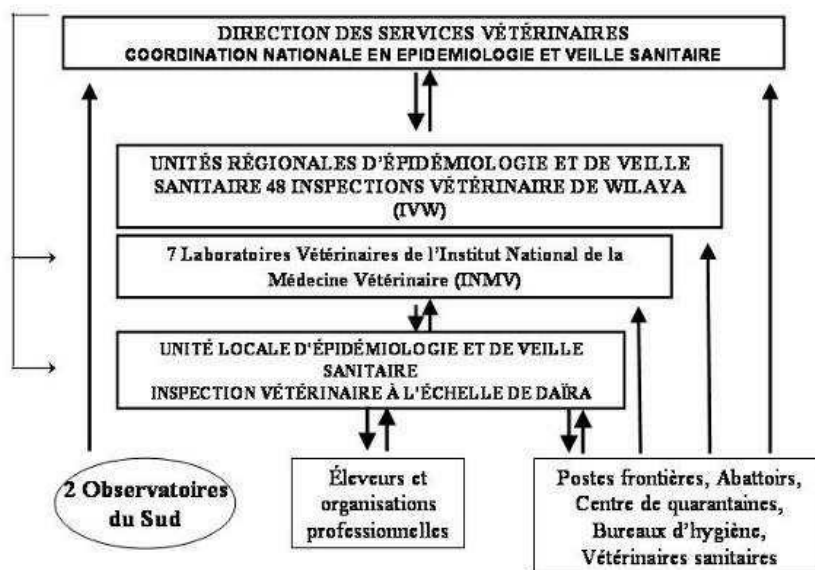
1.4. Organisation du système de surveillance

La Direction des Services Vétérinaires (DSV), sous tutelle du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADRP) est l'autorité vétérinaire compétente en Algérie. Elle s'organise à l'échelle centrale par 4 sous-directions dont la sous-direction santé animale. Le bureau de la surveillance sanitaire attaché à la sous-direction santé animale constitue l'unité centrale du réseau, l'organisation des services vétérinaires est présentée en annexe 2.

La DSV est dotée d'un réseau d'épidémiologie nationale (Figure 2), celui-ci a été initié en 1984, consolidé en 1988 suite à la promulgation de la loi régissant la médecine vétérinaire et la protection de la santé animale. Il relie la DSV avec les 48 Inspections Vétérinaires de Wilaya (IVW), les 7 Laboratoires Vétérinaires de l'Institut National de la Médecine Vétérinaire (INMV) (annexe 3) et les bureaux d'hygiène régionaux et communaux. La plupart des communes rurales possèdent un bureau d'hygiène. Ce schéma est appuyé par les structures d'appui technique, scientifique et professionnel.

Le réseau national assure le suivi de la situation sanitaire au niveau du pays. Actuellement, Onze maladies prioritaires font l'objet d'une surveillance étroite, il s'agit de la Fièvre Aphteuse, Peste Bovine, Péripneumonie Contagieuse Bovine, Fièvre de la Vallée du Rift, Fièvre de la West Nile, Peste des Petits Ruminants, Rage, Influenza Aviaire Hautement Pathogène, Brucellose, Tuberculose, et la Clavelée.

Figure 2 : Organisation du réseau de surveillance épidémiologique en Algérie



2. Elevage des petits ruminants

2.1. Données chiffrées sur le cheptel

En Algérie, l'élevage constitue l'un des piliers du secteur agricole, il tient une place importante d'un point de vue économique, social et culturel. En 2014, le cheptel a été estimé à plus de 35 millions de têtes dont 28 millions d'ovins, à noter que les femelles représentent les deux tiers de l'effectif contre un tiers pour les mâles, plus de 4 millions de caprins, 2 millions de bovins, 354 465 camelins et 42 010 d'équins (DSASI, 2014).

2.2. Principales races exploitées

L'élevage de petits ruminants, constitue une véritable richesse en Algérie, il offre une grande diversité de races bien adaptées au milieu écologique et présente des aptitudes de productions très appréciables (viande, lait, laine). Les races ovines dominantes sont la race **Ouled Djelal** qui représente 50% de l'effectif national ; elle est suivie par la race **Hamra** (30%) et la race **Rembi** (20%). Le cheptel caprin algérien est très hétérogène, il se caractérise par une grande diversité pour les races locales (**Arbia, Makatia, Kabyle, M'Zabit**), on trouve aussi des populations introduites et des populations croisées. Les troupeaux sont généralement conduits de façon mixte (ovins et caprins) avec une prédominance d'ovins, jusqu'à 70% du troupeau (MARDP, 2014).

2.3. Système d'élevage des petits ruminants

Les systèmes d'exploitation relèvent en majorité de l'extensif ; ainsi suivant la localisation géographique, les grandes zones d'exploitation du cheptel sont répartis dans les régions telliennes, la steppe et les régions présahariennes (Zouyed, 2005).

2.3.1. En régions telliennes

Ce sont des zones à élevage sédentaire et en stabulation pendant la période hivernale. Il est très souvent associé à l'élevage des caprins. Le système de production dominant est le semi-intensif avec des troupeaux de 10 à 20 brebis suivant la taille des exploitations (Nadjraoui, 2001). L'agnelage se produit en automne et le sevrage est réalisé vers l'âge de 4 à 5 mois où les agneaux sont séparés de leurs mères pour être engraisés et vendus par la suite (Tabouche, 1985).

2.3.2. En régions des Hautes Plaines steppiques

Les principales productions ovines sont connues essentiellement dans les zones steppiques qui constituent les terres de parcours par excellence (Khelifi, 1999) ; La population steppique, composée essentiellement de trois catégories d'éleveurs, il y a :

Le petit propriétaire exploitant (plus de 89% des éleveurs) qui possède moins de 100 brebis et moins de 10 ha destinés à la culture de céréales pour l'autoconsommation, Il est semi-sédentaire et ne se déplace que sur un rayon de quelques kilomètres. Il compense son déficit fourragé par les sous-produits de ses récoltes. ·

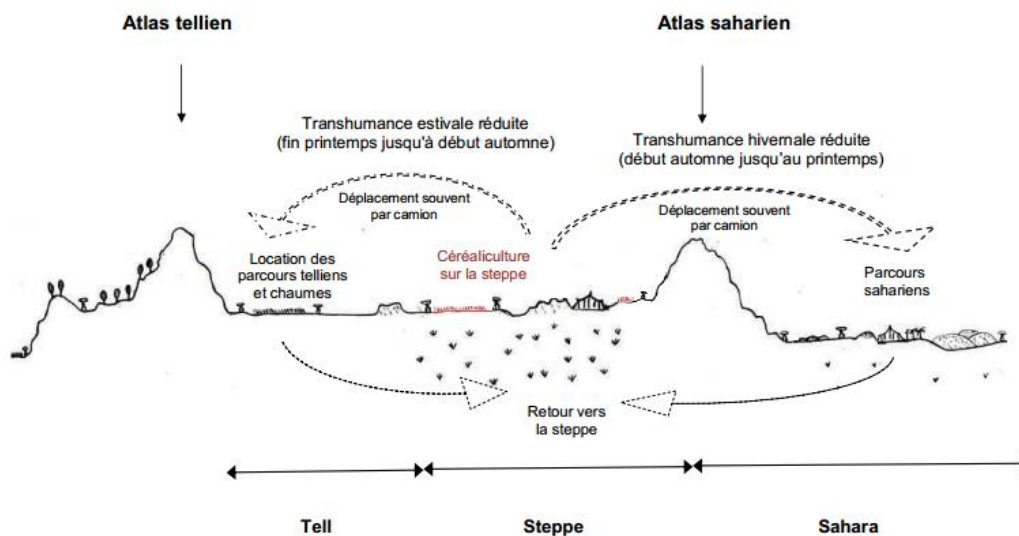
Le propriétaire moyen (7% des éleveurs) qui possède 100 à 300 brebis et quelques dizaines d'hectares de terre. Ce type d'exploitants agropastoraux vit des ressources provenant de son troupeau et de ses récoltes. Il ne pratique la transhumance qu'en mauvaises années. ·

Le grand propriétaire (4 % des éleveurs) qui possède plus de 300 brebis et plusieurs centaines d'hectares qui sont propriété tribale. Il pratique les déplacements de grande amplitude, « achaba » et « azzaba ». Autrement dit, 11% des éleveurs soit la catégorie possédant plus de 100 têtes représentent 68,5% du cheptel steppique. Les agnelages se font généralement au début de l'automne ou au printemps ; les agneaux reçoivent du lait maternel jusqu'au sevrage qui se fait vers 2 à 3 mois (Tabouche, 1985).

2.3.3. Particularité des transhumances

À l'arrivée de la sécheresse estivale, les grands éleveurs quittent la steppe pour remonter dans le massif tellien sur les chaumes et les pailles des terres céréalières pendant les 3 à 4 mois de l'été c'est « l'achaba » et « l'azzaba » conduisant les pasteurs et leur cheptel vers les piedmonts nord de l'Atlas saharien pendant les 3 mois de l'hiver (Figure 3). Ces deux mouvements de transhumance permettent une utilisation des zones steppiques pendant les 3 ou 4 mois du printemps.

Figure 3: Mouvements des pasteurs lors des transhumances (Bencherif, 2011)



En Algérie il existe deux types de transhumances occasionnelles :

- **Petite transhumance** : connue dans les wilayas de la steppe de l'Est, connue par leur climat sec et chaud en été, rude en hiver ce qui obligent quelques éleveurs de se déplacer avec leurs cheptels vers les wilayas du Nord en été, et dans le sud de la wilaya en hiver. Ce type de déplacement nommé interne (car il se fait avec les wilayas limitrophes) permet aux éleveurs de ces régions de s'adapter aux conditions climatiques. C'est le cas des wilayas : Khenchela, Tebessa, Biskra, Oum el Bouaghi...
- **Grande transhumance** : a lieu dans les wilayas du centre et Ouest de la steppe, On observe des mouvements de bétail de grande amplitude. Le parcours est structuré et constitué de points stratégiques (point d'eau, pâtures, marchés) que les éleveurs cherchent à relier. Il n'y a pas de parcours prédéfinis, les itinéraires sont issus de la tradition et s'articulent autour de ressources pastorales « clés » (eau et fourrage).

(Bencherif, 2011). Ces deux types de transhumances permettent une meilleure valorisation de la diversité des ressources pastorales.

La transhumance régulière qui se faisait autrefois à pied principalement avec l'aide de chameaux et/ou à dos d'ânes pour le transport des vivres et du matériel (clôture, tente....) a été remplacée par une transhumance occasionnelle qui se fait aujourd'hui principalement par camion généralement loué pour l'occasion (Figure 4).

Figure 4 : Chargement du bétail pour le retour de la transhumance d'hiver (Bencherif, 2011)



3. Commerce des petits ruminants en Algérie

3.1. Vente d'animaux « sur pieds »

Comme dans le reste de l'Algérie, les animaux changent plusieurs fois de mains au cours de leur vie avant d'être abattus. Mais la dernière vente pour l'abattage a lieu très généralement dans le marché (Souk). L'achat et la vente d'animaux sur pieds se fait dans les nombreux marchés à bestiaux et souks, il s'agit de marchés hebdomadaires qui ont lieu dans les communes rurales dans les wilayas, on en compte 260 marchés hebdomadaires à travers tout le territoire du pays. Les éleveurs vendent périodiquement un nombre d'animaux sur le marché local. La multitude de marchés locaux hebdomadaires permet le regroupement des animaux par les maquignons locaux pour les présenter au marché hebdomadaire de la zone de production. L'exemple de Djelfa en tant que marché régional est typique. Les six marchés locaux à sa périphérie drainent une partie du bétail échangé sur ces marchés. Les principaux échangistes sont les éleveurs, les éleveurs maquignons les courtiers et les bouchers locaux (Benfrid, 1998).

3.2. Abattoirs et tueries

La DSV a recensé 78 abattoirs et 385 tueries au niveau national en 2006. Parmi ces 78 abattoirs, 8 wilayas steppiques disposent de 13 abattoirs, dont trois grands complexes d'abattage répondant aux normes internationales situés à proximité des marchés stratégiques. Le grand complexe de Ain M'lila (Wilaya de Oum EL Bouaghu) à l'Est, le complexe de Hassi Bahbah (Wilaya de Djelfa) au centre et enfin celui de Bougtoub (Wilaya d'El Bayadh) à l'Ouest, l'implantation stratégique de ces établissements en milieu steppique a pour objectif de réduire

le taux d'abattage clandestin afin d'assurer au mieux le contrôle sanitaire des animaux. Le transport des animaux vivants est assuré par les camions de transport du bétail, depuis les établissements d'élevage ou les marchés jusqu'aux abattoirs et tueries. Les clients des abattoirs demeurent les bouchers et les chevillards (Sadoud, 2009).

3.3. Période des pics de vente

Les animaux sont généralement vendus sur les marchés de la steppe et du Tell et très rarement dans le Sahara à cause de la concurrence de la viande de chameau et de la faiblesse des prix, due à une faible demande de la population locale. Des pics de ventes d'agneaux sont enregistrés en automne et au printemps, quand la production des parcours baisse, ce qui permet aux éleveurs d'acheter les aliments pour leurs animaux. En cas de pluviométrie et de production fourragère plus abondante dans la steppe, le nombre d'animaux mis en vente diminue, car les agro-pasteurs préfèrent les garder pour les vendre plus chers à plus de 12 mois. Ce sont les agneaux qui dominent dans la structure des ventes durant l'année. Par contre durant les fortes périodes de consommation ce sont les antenais et les béliers qui sont prisés. Cela tient surtout à l'exigence religieuse du sacrifice de l'Aid. La vente des femelles est plus différenciée : les brebis réformées et les antenaises de conformation moins satisfaisante, sont pour l'abattage, à la fin de l'automne et en hiver. Les brebis et les antenaises de bonne conformation, destinées à la reproduction s'échangent en début de printemps (Sadoud et al, 2010).

Pendant son déplacement, le cheptel peut disséminer ou être en contact avec certaines maladies. Parmi ces germes pathogènes, le virus de **la peste des petits ruminants** (PPR). Des foyers PPR ont été déclarés à l'OIE, ces cinq dernières années par Karim Boughalem (DSV/CVO) dans les régions d'El Bayadh/Naama/Ghardaia et Tindouf. Les conséquences sanitaires des mouvements des animaux peuvent être multiples, en voici un aperçu de la maladie.

4. Peste des Petits Ruminants

4.1. Définition et Etiologie

La Peste des Petits Ruminants (PPR) est une maladie contagieuse d'origine virale, se traduit par une atteinte fébrile de l'état général, une gastroentérite et des lésions érosives et inflammatoires des différentes muqueuses, (Diallo, 2003). Elle est due à un virus du genre Morbillivirus, famille des Paramyxoviridae (Gibbs et al., 1979). Ce genre comprend différents membres dont le virus de la rougeole, le virus de la peste bovine et les virus de la maladie de Carré des chiens et de certains mammifères marins. Tous ces virus présentent entre eux de grandes relations antigéniques mais ils possèdent tous une spécificité d'hôtes assez marquée (Diallo, 2003). Le virus de la PPR est très sensible à la chaleur. Il est aussi rapidement détruit par la lumière, la dessiccation et les ultrasons. Aussi, dans les conditions climatiques des zones où sévit actuellement la PPR de façon enzootique, régions chaudes et ensoleillées, le virus ne persiste pas longtemps dans le milieu extérieur et la propagation de la maladie n'est efficace que par des contacts étroits entre animaux (OIE, 2008).

4.2. Epidémiologie

4.2.1. Sources d'infection

Les principales sources du virus sont les malades. L'organisme de l'animal infecté constitue la seule source d'infection et le siège du virus. Chez les animaux atteints, toutes les sécrétions, excréments sont virulentes ou peuvent l'être à des degrés divers. La virémie est précoce, elle apparaît dès que la température monte. L'élimination du virus s'effectue par le jetage, les urines et les fèces (Sekinde, 2006; Diallo, 2014).

4.2.2. Réceptivité des animaux

La réceptivité des animaux est liée à des facteurs intrinsèques (l'espèce, la race, l'âge et l'individu) et à des facteurs extrinsèques (le mode d'élevage, facteur climatique). Cliniquement le virus de la PPR affecte les petits ruminants domestiques (ovins, caprins) et sauvages (Minet et al., 2009). La sensibilité au virus est plus élevée chez les chèvres et conduit à des taux de mortalité plus importants (Appel et al., 1981 ; Lefèvre et al., 1990 ; Taylor et al., 2002). Il a cependant été signalé des épizooties où les moutons étaient plus atteints que les chèvres (Balamurugan et al., 2012a). Les raisons de cette différence de situation épidémiologique ne sont pas encore connues (Diallo, 2010).

L'infection des bovins par le PPRV est surtout découverte lors d'enquêtes sérologiques. En effet, ils ne sont pas sensibles à ce virus et l'infection reste donc subclinique comme en témoigne les bovins et buffles séropositifs récemment détectés en Inde (Balamurugan et al., 2012a). C'est cette différence de sensibilité entre les bovins et les petits ruminants vis-à-vis du virus qui a permis de faire la découverte de la maladie en 1942 en la distinguant ainsi de la peste bovine. Pendant longtemps cette particularité a d'ailleurs été le seul outil de diagnostic différentiel entre les deux maladies (Dufour, 2010). Expérimentalement des cas cliniques ont été rapportés sur des veaux inoculés avec le PPRV (Mornet et al., 1956). Une expression clinique de la maladie suite à une infection naturelle est possible mais reste exceptionnel et doit être corrélée à une diminution des capacités de réponse immunitaire chez des individus préalablement affaiblis par une infection intercurrente (Dufour, 2010).

Les dromadaires sont également réceptifs au virus de la PPR. Des anticorps anti-PPRV ont été mis en évidence chez des camélidés en Egypte (Ismail et al., 1992) mais aussi pendant les épizooties d'Ethiopie en 1995 (Roger et al., 2001) et du Soudan (Khalafalla et al., 2010) où la maladie fut caractérisée par un syndrome respiratoire chez les camélidés. L'inoculation expérimentale de porcs induit la production d'anticorps anti-PPRV mais aucun symptôme n'est observé. Par ailleurs, aucune séroconversion n'est mise en évidence suite au contact avec des chèvres infectées (Nawathe, Taylor, 1979). L'espèce porcine est donc un cul de sac épidémiologique pour ce virus. La PPR a été décrite aussi chez différentes espèces de la faune sauvage mais le rôle de ces animaux dans la circulation du virus reste incertain (Munir, 2013 ; Baynard et al., 2010)

4.2.3. Evolution

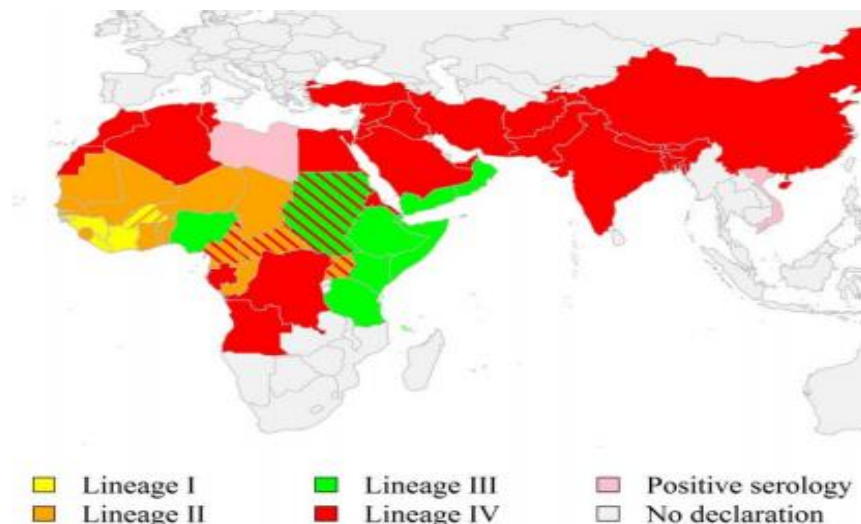
En région infectée, la PPR sévit souvent sous forme de foyers épizootiques cycliques et saisonniers. Les pics d'apparition se situent surtout en saison fraîche et au début de la saison des pluies. Par ailleurs, le froid et les précipitations constituent un stress pour les animaux et diminuent donc leur résistance. Le caractère cyclique s'explique par le fait que les animaux

ayant survécu à la PPR en sont protégés et de ce fait, le troupeau ne peut connaître une nouvelle épizootie qu'après le renouvellement des individus (population naïve) qui le composent (Sherman, 1994 ; Diallo, 2003). Dans des régions préalablement indemnes, la maladie apparaît souvent de manière aiguë (d'allure épizootique) avec des taux de morbidité pouvant atteindre les 90% et un taux de mortalité allant de 50 à 80% (OIE, 2002).

4.3. Distribution géographique de la PPR

La PPR a été décrite pour la première fois en 1942, en Côte d'Ivoire (Gargadennec , Lalanne, 1942). De son berceau Africain situé entre l'équateur et le Sahara la maladie a diffusé pour atteindre la péninsule Arabique, le Moyen-Orient, l'Asie du sud-est, l'Inde, la Chine et récemment l'Afrique du nord (FAO, 2008). Des cas de PPR ont été relevés au Proche-Orient et dans la péninsule arabique notamment en République islamique d'Iran, en Irak, en Israël, en Jordanie, au Koweït, au Liban, à Oman, en Arabie Saoudite, dans les Emirats Arabes Unis et au Yémen (Malik. 2010). Certaines enquêtes sérologiques montrent que l'infection existe en République Arabe Syrienne et en Turquie. De nombreux foyers de PPR sont aussi signalés en Inde, au Népal, au Bangladesh, au Pakistan et en Afghanistan (Khan et al. 2007; Vinayagamurthy et al. 2012). La peste des petits ruminants a été signalée pour la première fois en Chine en 2007 (Zhiliang, 2009). Son introduction au Maghreb fut signalée en 2008 au Maroc puis en Tunisie et en Algérie en 2011 (Libeau, et al. 2011). Quatre lignées phylogénétiques ont été définies, trois installées en Afrique, les lignées I à III, et une en Asie, la lignée IV (figure 5), (Shaila et al., 1996; Kwiatek et al., 2007). La lignée IV représente la plus forte capacité d'expansion, elle est disséminée dans des pays qui n'étaient pas infectés comme l'Afrique du nord et les pays asiatiques ou dans des pays connus par l'existence de la lignée II en Afrique centrale et de la lignée III en Afrique de l'Est.

Figure 5: Distribution mondiale de la PPR et des quatre lignées du PPRV (Libeau, et al. 2014)



4.4. La PPR en Algérie

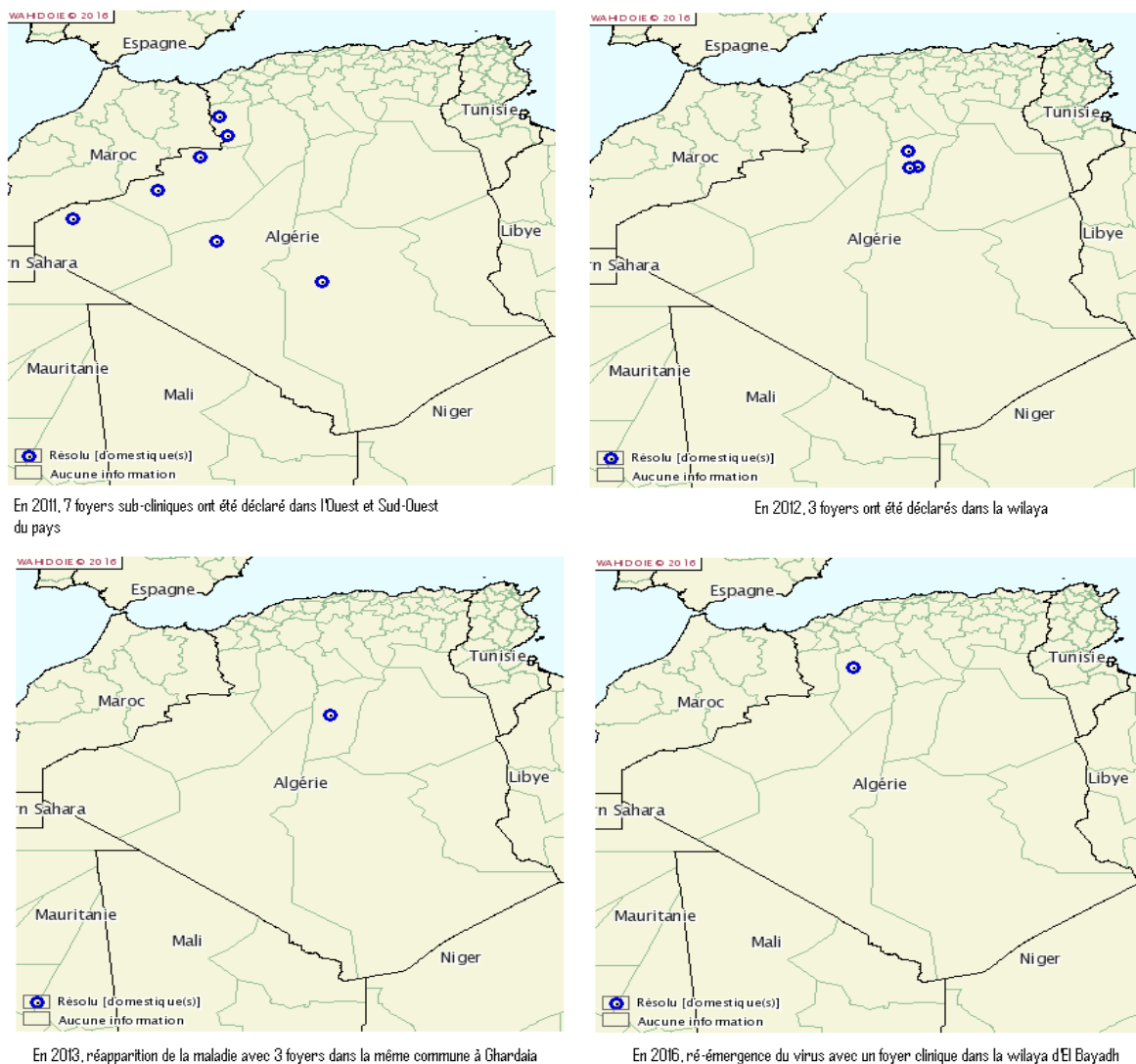
4.4.1. Situation actuelle et évolution de la maladie

Le dernier foyer clinique a été notifié le 03/02/2016 à l'OIE dans la commune Boussemghoun situé à l'ouest du pays (annexe 4), les cas déclarés concernait un élevage nomade, transhumant.

En effet les modalités d'élevage et de commercialisation locales des animaux peuvent largement contribuer à la propagation de la maladie. Ainsi de nouvelles populations naïves sont infectées par le virus lors des regroupements autour des points d'eau ou lors du retour des « invendus » du marché au sein des troupeaux sans précaution sanitaire, mélanges interspécifiques, introduction d'un nouvel animal où l'origine n'étant toujours pas identifiée, par conséquent la connaissance des circuits commerciaux et de transhumance est utile pour orienter la surveillance dans les zones à risque, c'est le but de notre étude.

Si on analyse la répartition épidémiologique de la maladie selon les déclarations à l'OIE (figure 6), on voit bien que le virus gagne du terrain dans le temps avec des faibles taux de morbidité observés chez les petits ruminants.

Figure 6: Evolution de la PPR en Algérie (OIE, 2016)



4.4.2. Enquêtes réalisées

Après l'épizootie de la PPR déclarée au Maroc en 2008, une enquête par sondage sérologique sur 579 ovins et 734 caprins a été effectuée en 2010 par les laboratoires de l'INMV, en collaboration avec les inspections vétérinaires des 05 wilayas de Sud-Ouest du pays à savoir : Tindouf, Béchar, Naâma, Adrar et Tamanrasset, afin d'évaluer la séroprévalence de la PPR.

Une sérologie positive a été révélée sur 88 ovins et 61 caprins ; soit une prévalence respective de 15,19% et 8,31%. À noter qu'aucun signe clinique n'a été constaté. Ces résultats ont fait l'objet d'une déclaration de l'infection sub-clinique à l'OIE en mars 2011 (INMV, 2011).

En février 2012, Faisant suite aux recommandations du projet TCP/RAB/3302 régional de la FAO sur « L'assistance pour la prévention et le contrôle de la peste des petits ruminants (PPR) au Maghreb » dont l'objectif vise à adopter une approche régionale de lutte contre la maladie en renforçant les capacités de surveillance épidémiologique et de diagnostic dans la région du Maghreb. Une enquête par sondage sérologique nationale pour les caprins, ovins et camélins a été effectuée. L'objectif était de connaître la situation sanitaire nationale vis-à-vis de la PPR en déterminant la prévalence de l'infection dans le pays. Le sondage a ciblé trois espèces ovines, caprine et cameline. L'enquête avait ciblé 223 exploitations agricoles au niveau national avec un total de 4156 animaux (3141 ovins, 653 caprins et 362 camélins), le nombre de prélèvements positifs a atteint au total 663 animaux (511 ovins, 152 caprins et 0 camélins) soit une prévalence globale de 15,95 % (16,26% ovins, 23,27% caprins). Le bilan de cet épisode a fait état de 03 foyers avec 02 cas recensés sur 514 animaux chez l'espèce ovine et 17 cas sur 145 animaux de l'espèce caprine. Face à cette situation des mesures sanitaires ont été prises par les services vétérinaires avec la désinfection des établissements infectés, la mise en quarantaine des animaux autour du foyer et le traitement symptomatique des animaux atteints. La recherche virologique entamée par le CIRAD a confirmé la présence de la lignée IV du virus de la peste des petits ruminants (INMV, 2012).

5. Etude de la mobilité par la méthode des analyses des réseaux sociaux

5.1. Généralités sur l'analyse des réseaux sociaux

Les mouvements des animaux jouent un rôle important dans la transmission des maladies. La connaissance des circuits commerciaux et des transhumances est utile à la surveillance, elle permet de définir les zones et les périodes plus à risque où l'échantillonnage et la surveillance devraient être renforcés. Ces mouvements sont relativement complexes et constituent des réseaux où différents types d'élevage sont reliés entre eux, reliés à des marchés, à des abattoirs, à des pâtures ou à des points d'eau ... La méthode d'analyse de réseaux sociaux (SNA pour « social network analysis ») peut être utilisée pour étudier le risque de diffusion de maladies dans des réseaux composés d'établissements d'élevages et de mouvements des animaux (Rautureau et al, 2011). Cette méthode est à l'origine, une application à la sociologie basée sur la théorie des graphes en mathématiques (Wasserman, 1994), elle est maintenant utilisée en médecine vétérinaire en lien avec les mouvements d'animaux pour évaluer l'impact de ces mouvements sur la propagation des maladies récentes (Dube et al., 2009; Martinez-Lopez et al., 2009).

Cette méthode se centre sur les relations et contacts entre acteurs pour pouvoir détecter et interpréter leurs rôles dans la structure (Rautureau et al, 2011). A ce titre, les données obtenues lors des enquêtes mobilité permettent désormais de fournir des informations riches sur lesquelles fonder l'analyse.

5.2. Principe de l'analyse des réseaux sociaux

La méthode SNA est fondée sur l'étude des relations entre des entités ou des groupes d'entités et sur l'intensité de ces relations dans un réseau. Cette méthode s'applique en calculant des indicateurs pour décrire les propriétés de ce réseau dans son ensemble en termes de densités de liens et de distance (Wasserman, 1994). Elle utilise plusieurs notions telles que la centralité (avec des indicateurs tels que le betweenness, le degree), la cohésion (strong component, cluster) ou encore la connectivité. La définition de ces indicateurs et leurs implications en épidémiologie sont présentés dans l'annexe 5.

6. Généralités sur l'analyse de risque

6.1. Analyse basée sur le risque

La méthode d'analyse de risque est largement utilisée dans de très nombreux secteurs depuis longtemps (OIE, 1997). Il s'agit d'une démarche globale qui permet d'aboutir d'une part à la définition du niveau de risque (résultat de l'appréciation du risque) et d'autre part à la mise en œuvre de mesures de contrôle du risque, l'ensemble pouvant faire l'objet d'une communication à tous les niveaux du processus (OIE, 2012). Cette approche consiste à identifier les facteurs de risque potentiels, déterminer leur importance relative, et les combiner pour évaluer le niveau de risque dans chaque zone considérée. L'estimation du risque peut être soit quantitative, exprimant de façon numérique les estimations de probabilité de survenue et celles des conséquences, ou qualitative, au moyen de qualificatifs ou d'une échelle ordinale. Le recours à l'appréciation qualitative du risque plutôt qu'à l'appréciation quantitative peut se faire dans le cas d'un délai trop court pour pouvoir développer un modèle mathématique ou quand les données chiffrées nécessaires à une approche quantitative manquent (Dufour, 2009).

6.2. Cartographie des risques

Afin de mener à bien cette étude, nous avons utilisé le SIG qui est « un système informatique servant à recueillir, stocker, manipuler et visualiser des informations et des données référencées géographiquement ». Le SIG offre la possibilité de manipuler les objets spatiaux à l'intérieur d'une couche ou de mettre en relation différentes couches. Son intérêt majeur est de prendre en compte simultanément des objets très divers, tant par leur forme (raster* ou vecteur* - ponctuelle, linéaire, surfacique-) que par leur échelle (Chrisman et al. 1989, Pin-Diop, 2006). L'appréciation du risque a été manipulée directement sur les données spatiales, le risque a été estimé directement à dire d'experts à partir de la stratification sur plusieurs facteurs en fixant des seuils pour chaque facteur. Ce dernier est représenté sous la forme d'une carte (ou couche) associée à une table attributaire de variable descriptive (Arsevska, 2013).

DEUXIEME PARTIE : CONTRIBUTION PERSONNELLE

CONTEXTE

Depuis 2004, la PPR est reconnue par la FAO et l'OIE comme l'une des cinq maladies transfrontalières les plus préjudiciables en Afrique, en Asie et au Moyen-Orient pour l'élevage des petits ruminants et la lutte contre la pauvreté. Ses effets sanitaires sont maintenant connus. Pourtant, il n'existe que peu d'études chiffrées sur ses conséquences économiques et sociales, les évaluations réalisées dans quelques pays à l'occasion d'épizooties affichent des pertes considérables de l'ordre de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'US\$.

Au vu de l'intérêt porté à la PPR et des conséquences liées à cette maladie, il est important d'explorer et de développer des outils d'aide à la décision qui permettent de mieux comprendre la dynamique de l'infection en fonction des conditions agro-climatiques locales ou régionales, des pratiques d'élevage inhérentes, et d'identifier les zones à risque. Dans ce contexte, la présente étude basée sur la cartographie des risques de survenue de la PPR en Algérie a été menée à partir d'une analyse qualitative à dire d'experts.

I. OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'objectif principal de cette étude est d'optimiser les modalités de surveillance épidémiologique à partir d'une analyse de risque cartographique de survenue de la PPR en Algérie selon la méthode proposée par **Cécile Squarzoni Diaw** et **Caroline Coste** à l'unité CMAEE du CIRAD.

Les sous-objectifs qui en découlent sont d'estimer les risques d'émission du virus (nouvelle lignée) à partir des pays voisins, et les risques d'exposition en prenant en compte plusieurs facteurs de risque dont, le mouvement des petits ruminants et les périodes à risque aboutissent ainsi à l'identification des zones à risque qui permettront d'orienter les actions de surveillance sur le terrain.

II. MATERIELS ET METHODES

2.1. Enquête mobilité

La mobilité animale est un des facteurs le plus à risque en termes d'introduction de maladies infectieuses ou de diffusion et est essentielle à prendre en compte dans un plan de surveillance basé sur le risque. En l'absence de bases de données nationales ou internationales sur la mobilité des petits ruminants en Algérie, les déplacements des animaux ont pu être évalués grâce à une enquête de type «origine-destination». L'objectif premier de cette étude est de décrire les flux des petits ruminants incluant les périodes de commerce et de transhumance dans les zones steppiques. Etant donné l'importance du mouvement du bétail en termes d'introduction ou de diffusion de la PPR, l'objectif second est d'intégrer ces informations dans une analyse de risque.

2.1.1. Description du site de travail

Pour mener à bien la collecte des données sur le mouvement des petits ruminants, une partie du stage s'est déroulée en Algérie au sein de la sous-direction de la santé animale qui constitue la plaque tournante du réseau national à la DSV. Les semaines précédant l'enquête étaient dédiées à la coordination (lettre du DSV aux directeurs des services agricoles des wilayas concernées par l'enquête, leurs annonçant les missions et les objectifs...), et la préparation des réunions avec les inspecteurs vétérinaires, directeur de la chambre d'agriculture, Haut-commissariat du développement de la steppe HCDS).

2.1.2. Zone d'étude

La zone d'étude définie initialement pour la construction des flux était les wilayas de la steppe. Cette zone a été choisie en accord avec l'importance du cheptel dans ces zones. En effet, cette zone présente des terres de parcours par excellence, elle comprend 80% du cheptel national, y compris les grands marchés à bestiaux du pays, elle constitue donc un grand axe de circulation, ainsi qu'une des routes d'approvisionnement des marchés du nord. La zone d'étude ainsi définie devait comporter 6 Wilayas steppiques Djelfa, M'Sila, Khenchela, Tebessa, El Bayadh et Naama. Nous avons décidé d'y rajouter 6 Wilayas agro-pastorales Médéa Saida, Bordj Bou Arreridj, Sétif, Oum El Bouagui et Souk Ahras) dont les différents intermédiaires du circuit commercial s'approvisionnent dans la zone. Ces wilayas ont été rajoutées aussi en se basant sur leur intérêt épidémiologique notamment lors des transhumances occasionnelles que connaît le pays en saison sèche et sur de nombreuses citations lors des interviews avec les différents experts du pays.

2.1.3. Questionnaire utilisé

Dans cette l'étude, un questionnaire d'enquête a été réalisé afin de pouvoir s'entretenir avec les inspecteurs vétérinaires de wilaya. Le questionnaire est présenté en annexe (annexe 6). Il comporte des questions sur l'**origine** et la **destination** du cheptel des petits ruminants. Les données collectées portent sur le jour de l'entretien, le mode d'élevage, le mode de transport mais également sur les périodes (Commerce, Achaba, Azzaba...) et les fréquences des mouvements. A ces données s'ajoutent un nombre de tête approximatif que peut comporter un flux. Une telle enquête donne une bonne représentativité spatiale des flux entrants et sortants dans la région.

2.1.4. Déroulement de l'enquête

L'enquête a été réalisée en 4 semaines, le questionnaire a été testé durant la mission à Djelfa qui a duré une semaine, et reconduit lors de la deuxième. Durant cette mission nous avons été amenés à visiter des marchés, où nous avons pu interviewer différents acteurs, les données ont été également collectées à travers des interviews ou conférences téléphoniques avec les responsables des services vétérinaires, ces derniers ont une bonne connaissance des flux entrants et sortants de leur région.

Le questionnaire a été posé par le même enquêteur. L'objet de l'entretien était de recueillir de la façon la plus exhaustive possible les renseignements, permettant la caractérisation de la mobilité des petits ruminants aussi bien en période de commerce (de marché à marché, de

marché à abattoir ou de marché à zone d'élevage) qu'en période de transhumance... Afin d'améliorer le taux de réponse, une lettre d'information a été envoyée en amont du démarrage de l'enquête à tous les inspecteurs concernés par l'étude. Au total 12 inspections vétérinaires ont été sollicitées. Concernant les mouvements transfrontaliers, les flux ne sont pas pris en compte dans cette étude car les races introduites illégalement à partir des pays voisins sont éliminés par le poste frontière dès leur identification sur le territoire algérien.

2.1.5. Traitement des données

Les données du questionnaire ont été saisies dans un tableur Excel dont la structure a été préalablement organisée. Ces données ont ensuite été géoréférencées et importées sous QGIS. Grâce à une initiation à QGIS organisée par le maître de stage une représentation des flux de petits ruminants a pu être cartographiée.

A partir des premiers résultats de l'enquête, on a pu mettre en évidence les mouvements les plus à risque dans la diffusion de la PPR. Pour cela nous utilisons une méthode assez récente en épidémiologie qui consiste à calculer des indicateurs par l'analyse des réseaux sociaux (SNA). Le commerce d'animaux peut se représenter comme un réseau où les marchés, abattoirs ou élevages seraient des nœuds et les mouvements des liens orientés entre ces entités. Cette méthode a de nombreux indicateurs pour les nœuds et leurs relations. Nous avons calculé sous Logiciel R avec la library SNA le degré (activité du nœud) et la betweenness (nombre de nœuds auxquels un nœud est connecté de façon indirecte, via ses liens directs). On a considéré ces 2 indicateurs comme les plus pertinents pour nos analyses car ils révèlent les hubs et mesurent bien l'importance d'un nœud en termes de centralité et de connexion.

2.2. Cartographie basée sur l'analyse

Afin de mettre en évidence les parcours les plus à risque dans la survenue de la PPR, les données collectées par les enquêtes de mobilité sont intégrées comme facteur de risque élevé dans une analyse de risque. Cette dernière est estimée de manière qualitative à dire d'experts. La pertinence des informations récoltées et des seuils retenus pour la stratification ont été discutées, la liste des personnes sollicitées au cours de cet échange est présentée en annexe 7.

Trois étapes ont permis de mener à bien cette analyse :

- Appréciation de la **probabilité d'émission** du virus à partir des pays voisins,
- Appréciation de la **probabilité d'exposition** des animaux sensibles au virus,
- Prévision des conséquences sanitaires et économiques pour cette maladie qui est déjà présente sur le territoire à partir des données mobilité.

Dans cette étude, la méthode appliquée pour l'estimation du risque, est celle utilisée par Cécile Squarzoni Diaw (FVI) et Caroline COSTE (Cirad) en cartographie des risques.

2.2.1. Probabilité d'émission

Afin d'identifier les pays potentiellement sources d'émission du virus de la PPR pour l'Algérie, nous avons considéré le **statut sanitaire** des pays voisins dans le passé vis-à-vis de la PPR, leur **dispositif de surveillance et contrôle** et le **commerce illégal** des animaux vivants, comme des facteurs déterminant le risque. Nous avons donc évalué le risque d'introduction des animaux

sensibles par commerce illégale depuis les pays voisins, à savoir : Libye, Mauritanie, Niger, Mali, Maroc et Tunisie.

Du fait de l'absence d'importation légale depuis les pays inclus dans l'étude, les introductions considérées dans cette analyse sont les flux **illégaux** existants dans les zones frontalières désertiques surtout des dromadaires qui pourraient échapper au contrôle des autorités vétérinaires dans les frontières sud. Les données chiffrées sur les flux illégaux, sont quasi inexistantes. La probabilité des échanges illégaux dépend à la fois du nombre de tentatives d'introduction d'animaux vivants, du mode d'introduction et de l'intensité des contrôles réalisés aux frontières.

Bien que la PPR soit une maladie contagieuse à déclaration obligatoire dans la réglementation internationale et région dans ces pays, l'application des mesures sanitaires exigées (telles que l'abattage, le confinement) est difficile. Certaines contraintes sont liées surtout au manque d'indemnisation des éleveurs et au manque de capacité des services vétérinaires dans ces pays. La situation pourrait toutefois s'améliorer dans un avenir proche car un projet pilote de l'OIE est en cours. Il vise, en collaboration avec des partenaires africains, à mettre au point une stratégie pilote pour combattre et éradiquer progressivement la maladie dans plusieurs pays d'Afrique. En effet, la vaccination en masse est mise en place depuis 2011 dans de nombreux pays, 20,3 millions d'animaux ont été vaccinés au Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal (AU-IBAR, 2013). La vaccination y est effectuée mais aucun programme de lutte à l'échelle nationale n'est actuellement décrit dans la littérature.

Les données sur les systèmes de surveillance et de contrôle vis-à-vis de la PPR, ont été extraites à partir des données EMPRES-I (FAO, 2016) et sur l'interface WAHID de l'OIE pour l'année 2015 (OIE, 2016). En effet, ces données sont insuffisantes, le manque de données précises sur l'incidence réelle de la PPR dans ces pays et la variabilité des mesures de surveillance et de contrôle ont amené à exprimer cette probabilité sous forme d'un intervalle de qualificatifs.

Au total douze paramètres ont été pris en compte dans l'analyse, une note de « 1 » est donnée au paramètre présentant un risque et une note de « 0 » pour le cas contraire. Ainsi, la note globale du risque estimé par pays peut varier de 0 à 12, la méthode est développée ultérieurement dans le chapitre résultat dans les tableaux 7 résumant les scores retenue pour chaque paramètre.

Chaque note a ensuite été convertie en un risque qualitatif négligeable, faible, élevé ou très élevé, comme décrit dans le tableau 1. Par conséquent, le risque estimé d'un pays infecté dans le passé, qui n'a pas de système de surveillance ni de contrôle, et justifiant de flux illégaux est considéré comme très élevé.

Tableau 1 : Catégorisation de la probabilité et conversion en risque qualificatif

Score	Probabilité
1, 2 et 3	Négligeable
4, 5 et 6	Faible
7, 8 et 9	Modérée
10, 11 et 12	Elevée

2.2.2. Probabilité d'exposition

La probabilité d'exposition est liée à plusieurs facteurs à risque, déterminants à la fois la capacité de transmission du virus de la source à un individu sensible, et la possibilité de diffusion de la maladie au sein des troupeaux en tenant compte des conséquences engendrées. En effet, plusieurs facteurs ont été identifiés selon l'épidémiologie de la maladie, comme la densité animale, l'accessibilité et surtout les mouvements des animaux, en effet il est question ici de prendre en compte tous les facteurs qui contribuent à la diffusion du virus.

Ainsi les facteurs de risque retenus à dire d'experts pour cette analyse sont : la densité des petits ruminants (FAO, 2005), l'accessibilité des communes (JRC EUROPE, 2007), les indicateurs SNA calculés à partir des données de l'enquête mobilité, les foyers PPR notifié à l'OIE depuis 2010 (EMPRES-I, 2015), la capacité des marchés (DSASI, 2014). Les principales routes et rivières permanentes ont été retenues pour valoriser les données sur les zones d'élevage des transhumants (DIVA GIS, 2007).

Le logiciel Quantum GIS (QGIS) (version 1.16.0) a été utilisé pour représenter et analyser les données cartographiées avec le système de coordonnées projetées WGS 84. Tous les facteurs ont été ramenés quels que soient leurs formats (vecteur, raster) sous QGIS au niveau de la commune qui correspond à l'unité épidémiologique choisie de l'étude. L'outil statistique de zones permet de réaliser ce calcul. La méthode est développée dans le chapitre résultats avec un tableau résumant le tout.

2.2.3. Probabilité de survenue

Les facteurs de risque ont été intégrés dans des couches à risque élevé ou très élevé selon la méthode développée par Cécile SQUARZONI-DIAW et Caroline COSTE. Le risque de survenue de la PPR en Algérie correspond au croisement des deux probabilités (émission et exposition). Ainsi le risque aux frontières (émission) a été additionné aux deux strates. La méthode est développée ultérieurement dans le chapitre résultat dans les tableaux 8 et 9 résumant les facteurs pour chaque strate.

Selon la moyenne et l'écart-type, des seuils ont été fixés à dire d'experts pour chaque facteur de risque. Ainsi, la strate élevée correspond aux périodes à risque élevé de survenue de la PPR en Algérie, elle comporte les facteurs de risque suivants : les élevages à densité animale moyenne, l'accessibilité des communes et les marchés locaux et le risque aux frontières ont été retenu comme facteur.

La strate très élevée correspond aux périodes à risque très élevé de survenue de la PPR en Algérie, les facteurs inclus dans l'analyse sont : les foyers PPR confirmés au laboratoire depuis 2010, les marchés stratégiques ainsi que les indicateurs SNA et le facteur transhumance.

2.3. Calendrier

Le calendrier de l'étude est présenté dans le tableau 2, le travail sur les enquêtes a duré en tout 4 semaines.

Tableau 2: Calendrier de l'étude

Date	Etape de l'étude	Lieu
04 Janvier 04 Février	Etude bibliographique concernant le système d'élevage en Algérie, la mobilité ...	DSV - Alger, Algérie
07 Février 28 Février	Rencontre des différents acteurs liés à l'élevage, et préparation du travail de terrain, élaboration des questionnaires d'enquête mobilité, testage	IVW - Djelfa, Algérie
29 Février 24 Mars	Enquête mobilité, et préparation du rapport	DSV - Alger, Algérie
28 Mars	Compte-rendu aux partenaires algériens (CVO, inspecteurs vétérinaires, ENSV)	DSV - Alger, Algérie
31 Mars 08 Avril	Traitement et analyse des données	CIRAD - Montpellier, France
11 Avril 22 Avril	Initiation à QGIS et à la méthode d'analyse des réseaux sociaux SNA	CIRAD - Montpellier, France
25 Avril 13 Mai	Analyse de risque cartographique	CIRAD - Montpellier, France
16 Mai 6 Juin	Interprétation des résultats, rédaction du rapport	CIRAD - Montpellier, France

III. RESULTATS

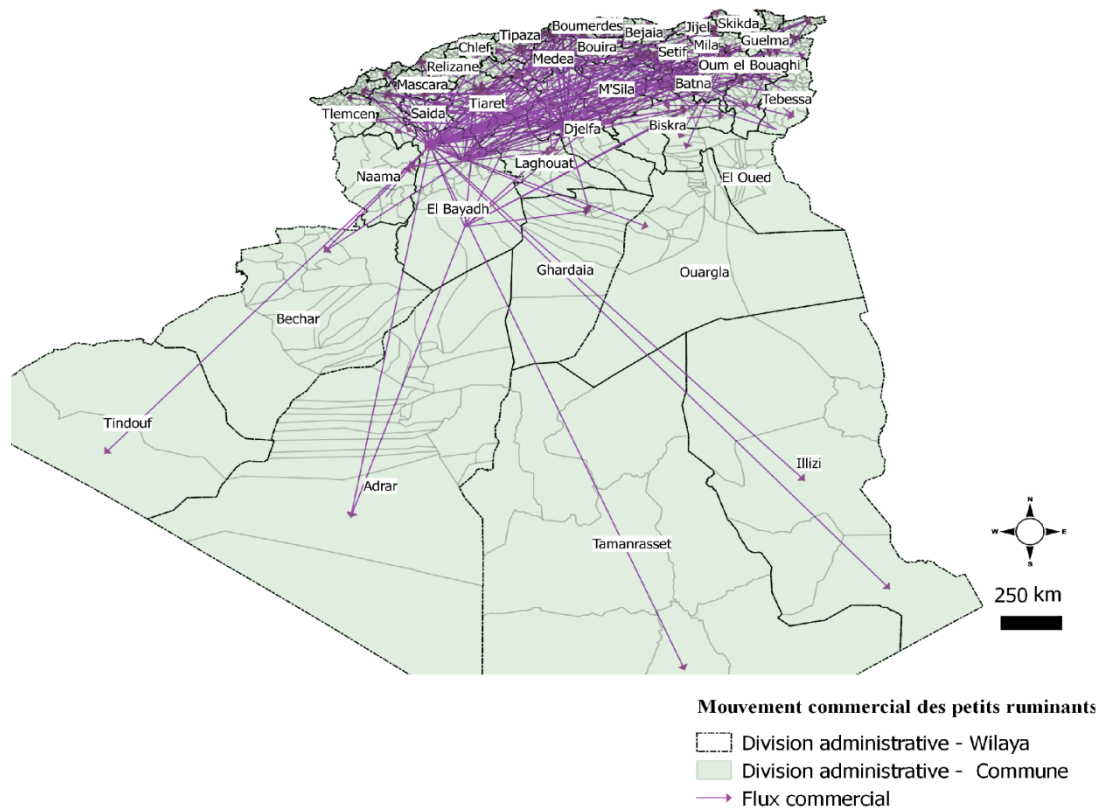
3.1. Enquête mobilité

3.1.1. Cartographie des flux des petits ruminants

Au vu de ce que nous savions sur la dynamique des mouvements des petits ruminants en Algérie, les mouvements de transhumance ont été graphiquement séparé des mouvements commerciaux afin d'illustrer l'importance de ces deux types de déplacement. Dans le premier réseau, les nœuds représentent les élevages et les liens les mouvements des troupeaux sur parcours. Dans le deuxième réseau, les nœuds représentent les marchés, élevages et abattoirs, et les liens correspondent aux flux d'animaux entre ces nœuds durant l'année 2015.

Suivant la cartographie des flux commerciaux (Figure 7), on peut constater que les flux des petits ruminants convergent principalement depuis Ain El Ibel El Bayadh et Bougtoub vers les centres de consommation urbaine au littoral. En effet les communes de la steppe hébergent les marchés stratégiques et constituent ainsi le pivot de circuit commercial en Algérie comme identifié dans la bibliographie. Quelques flux convergent dans les abattoirs des wilayas du sud. Cette faible demande en viande ovine et caprine est liée à la faible demande des populations locales. Les mouvements commerciaux sont amplifiés au cours des fêtes religieuses notamment lors de l'Aid el Kébir.

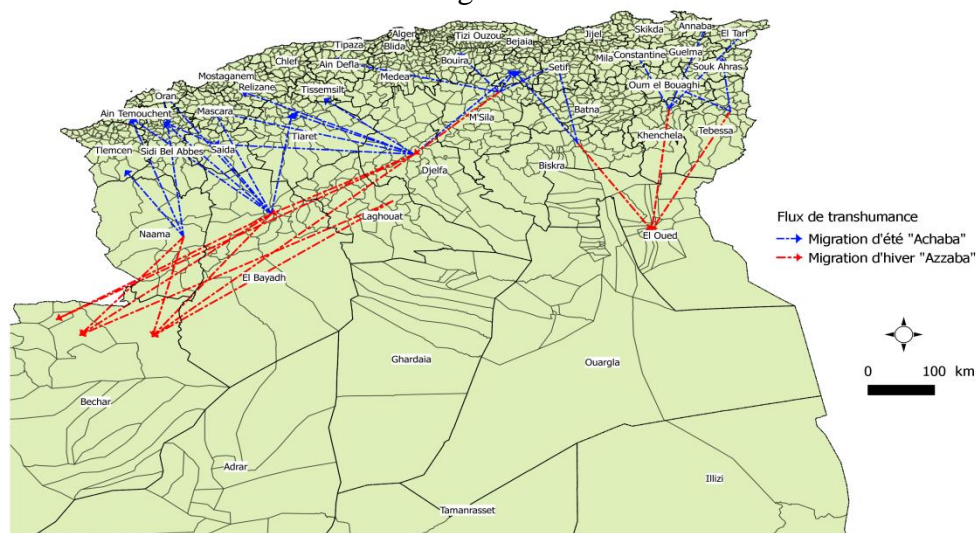
Figure 7 : Cartographie des flux commerciaux des petits ruminants de la steppe en Algérie



Pour ce qui concerne les flux de transhumance, il peut être constaté graphiquement deux types de flux majeurs des transhumants (Figure 8). En bleu, les flux convergent vers le tell, ils correspondent aux mouvements de l' « achaba », en rouge, les flux convergent vers les zones présahariennes c'est « azzaba ».

En effet, lorsque la pluviométrie est suffisante pendant l'hiver la poussée de la végétation arrive à son maximum aux mois d'avril et de mai, par conséquent, les troupeaux profitent de rester dans la steppe. La fin du mois de juillet signe le début de la « achaba » qui mène les animaux vers le tell pour utiliser les pâturages sur chaumes qui présentent à ce moment (août - septembre) une offre maximale. Une fois ces derniers usés, les troupeaux regagnent la steppe pour utiliser les repousses de l'automne en attendant le printemps. Pendant la période d'hiver qui est la plus difficile, les animaux sont toujours conduits sur parcours et arrive jusqu'au zone présaharienne « azzaba » afin d'échapper aux climats rude de la steppe.

Figure 8: Cartographie des flux de transhumances des petits ruminants de la steppe en Algérie



3.1.2. Caractéristique des flux des petits ruminants

Les flux de marché à marché sont les plus importants avec 29.17% (Tableau3). En effet 26.31% des déplacements des petits ruminants ont lieu depuis un marché à un élevage. Les déplacements depuis les élevages vers les marchés représentent 27.08%, alors que les déplacements entre élevages ne dépassent pas les 8.80%, enfin les déplacements d'élevage vers abattoir est de 1.43%.

Tableau 3 : Pourcentage des mouvements des petits ruminants entre établissements

	Vers			
De	Abattoir	Elevage	Marché	Total
Elevage	1,43%	8,80%	20,98%	31,22%
Marché	13,31%	26,31%	29,17%	68,78%
Total	14,74%	35,11%	50,15%	100,00%

Il s'avère que 90.28% des petits ruminants retrouvés dans les abattoirs proviennent des marchés, alors que 9.72% sont issus des élevages. Pour les populations des petits ruminants retrouvées dans les marchés, 58.16 % proviennent des autres marchés et 41.84 % sont en provenance des élevages situés autour des marchés (Tableau4).

Tableau 4 : Pourcentage des mouvements selon les destinations

		Destinations		
		Abattoir	Elevage	Marché
Origines	Elevage	9,72%	25,07%	41,84%
	Marché	90,28%	74,93%	58,16%
	Total	100,00%	100,00%	100,00%

3.1.3. Réseau des flux des petits ruminants

3.1.3.1. Description du réseau

A partir des données de l'enquête mobilité, nous avons utilisé le package SNA sous R pour former des matrices d'adjacences. Ces dernières répertorient les mouvements avec en lignes les origines et en colonnes les destinations du cheptel. Un total de 303 mouvements a été recensé avec 160 flux distincts. Le réseau a été visualisé avec QGIS. Il possède 53 nœuds. En moyenne une commune est connectée avec au moins 3 communes (degree moyen= 3.75). Peu de communes (4/53) sont fortement connectées (degree>20). On peut clairement identifier un réseau de type « Scale free ».

3.1.3.2. Représentation graphique du réseau

La représentation graphique (Figure 9) permet de repérer visuellement que le réseau est connexe, si on s'intéresse à un nœud on peut alors voir ses liens de connexions et également apprécier la position centrale ou non de ce nœud. Les réseaux ont été représentés avec différentes tailles selon le nombre de liens qui arrivent et qui partent de cette commune, et le sens de la flèche correspond au sens du flux (nous avons ici un réseau dirigé car nous avons les informations d'entrants et sortants).

3.1.3.3. Indicateurs SNA

Les degrés

Le classement des communes selon le nombre de liens total (degree) d'entrée (indegree) et de sortie (outdegree) a été calculé, nous ne présenterons ici que les 10 premières (tableau 5).

Figure 9: Représentation graphique du réseau

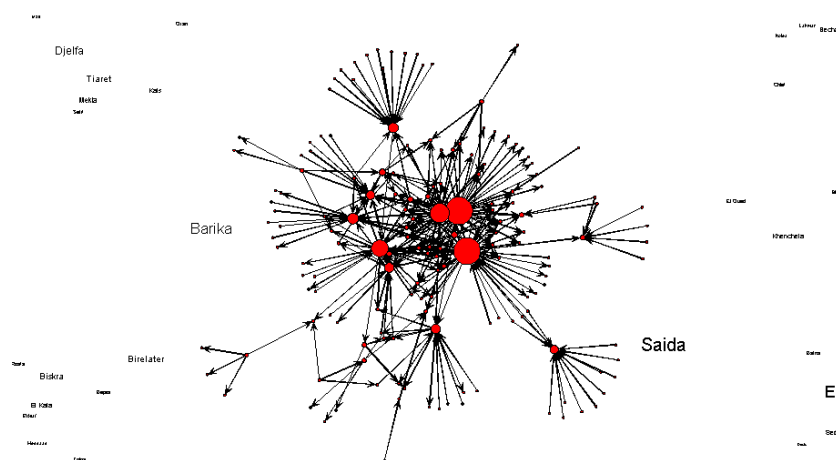


Tableau 5 : Classement des 10 premières communes selon leur nombre de degree, in degree et out degree

Total degree		In degree		Out degree	
Bougtoub	53	Sougueur	16	Bougtoub	49
Ain El Ibel	52	Bordj Bou Arreridj	15	Ain El Ibel	44
El Bayadh	36	Barika	14	El Bayadh	30
Ksar El Boukhari	31	Saida	12	Ksar El Boukhari	21
Saida	19	El Eulma	11	Djelfa	9
Sougueur	17	Ksar El Boukhari	10	El Biodh Sidi Cheikh	9
Ain M Lila	16	Ain El Ibel	8	Ain M Lila	8
El Eulma	16	Ain M Lila	8	Saida	7
Bordj Bou Arreridj	15	Tiaret	7	El Eulma	5
Barika	14	Birelater	7	Chechar	5

Le nombre de degree d'un nœud indique le nombre de mouvements entrants et sortants sur ce nœud et donc sur son niveau d'activité. Dans le réseau, on constate que les nœuds ayant le plus important degré total sont Bougtoub Ain El Ibel. Ce sont donc les deux localités ayant la plus forte activité commerciale (= 'hub'). D'autres communes telles que El Bayadh et Ksar El Boukhari, ont également des nœuds très importants. Sougueur, Barika et Tiaret apparaissent aussi dans la liste des 10 premier bien qu'elles n'aient pas été incluses dans la zone d'étude, en effet ces communes comportent des marchés régionaux activité commerciale.

Le outdegree est le nombre de différentes communes vers lesquelles les animaux repartent. Le classement est très hétérogène puisque on retrouve Bougtoub Ain El Ibel El Bayadh et Ksar El

Boukhari dans les 4 origines les plus populaires chez les petits ruminants. A noter qu'une localité avec un grand nombre d'abattoirs a un outdegree faible.

Le in degree est le nombre de communes à partir desquelles un nœud reçoit les animaux. On retrouve Sougueur, Bordj Bou Arreridj, Barika et Saida dans les destinations les plus attractives.

✚ L'intermédiarité ou « Betweeness »

Cette mesure correspond au nombre de chemins les plus courts entre deux sommets sur lesquels se trouve les nœuds étudié. Il s'agit des communes les plus centrales car les acteurs doivent passer par ces communes «intermédiaires », pour atteindre d'autres communes.

On ne compte que 27 communes qui montrent une betweenness positive. Les **intermédiarités** les plus élevées sont Saida, Bougtoub, Ksar El Boukhari, El Eulma, Sougueur et Ain El Ibel. Ces six communes présentent une forte centralité et sont donc des carrefours incontournables qui favoriseront la diffusion des maladies puisqu'elles (Tableau 6).

Tableau 6 : Classement des 10 premières communes selon l'intermédiarité ou «betweeness»

Communes	Betweeness
Saida	3051
Bougtoub	2962,583
Ksar El Boukhari	2161,25
El Eulma	1880,833
Sougueur	1244,417
Ain El Ibel	1139,25
Ain M Lila	799
Naima	650
Hassi Bahbah	532,25
Ras Miaad	169,5

3.2. Analyse qualitative du risque survenue de la PPR en Algérie

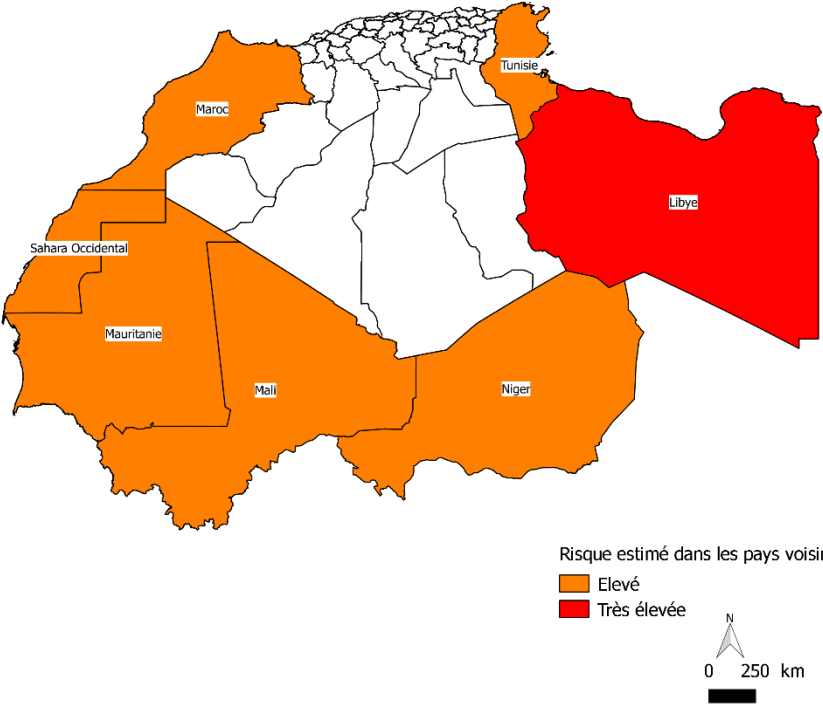
3.2.1. Cartographie de l'émission du virus de la PPR

La PPR est une maladie à déclaration obligatoire dans tous ces pays, et des mesures de surveillance et de quarantaine à la frontière sont censées être appliquées. Cependant, les mouvements informels d'animaux au niveau des frontières restent difficiles à contrôler.

Au vu des données épidémiologiques disponibles sur le statut sanitaire de chaque pays, et des modalités de surveillance et de contrôle appliquées pour celle maladie, nos résultats indique une probabilité d'émission du virus de la PPR a été estimée comme « élevée » pour au moins une espèce sensible (Ov, Cp, Cm), dans tous les pays retenus pour l'analyse (Figure 10), le tableau 7 récapitule les résultats obtenus.

A noter que, la probabilité d'émission du virus à partir de la Libye a été requalifiée de « très élevée » à « élevée » du fait que peu de mouvements qui vont jusqu'aux régions au Sud-Est, cependant le risque d'introduction de nouvelles lignées est toujours présent.

Figure 10 : Cartographie de la probabilité d'émission du virus de la PPR à partir des pays voisins



Après requalification du risque d'émission en Libye

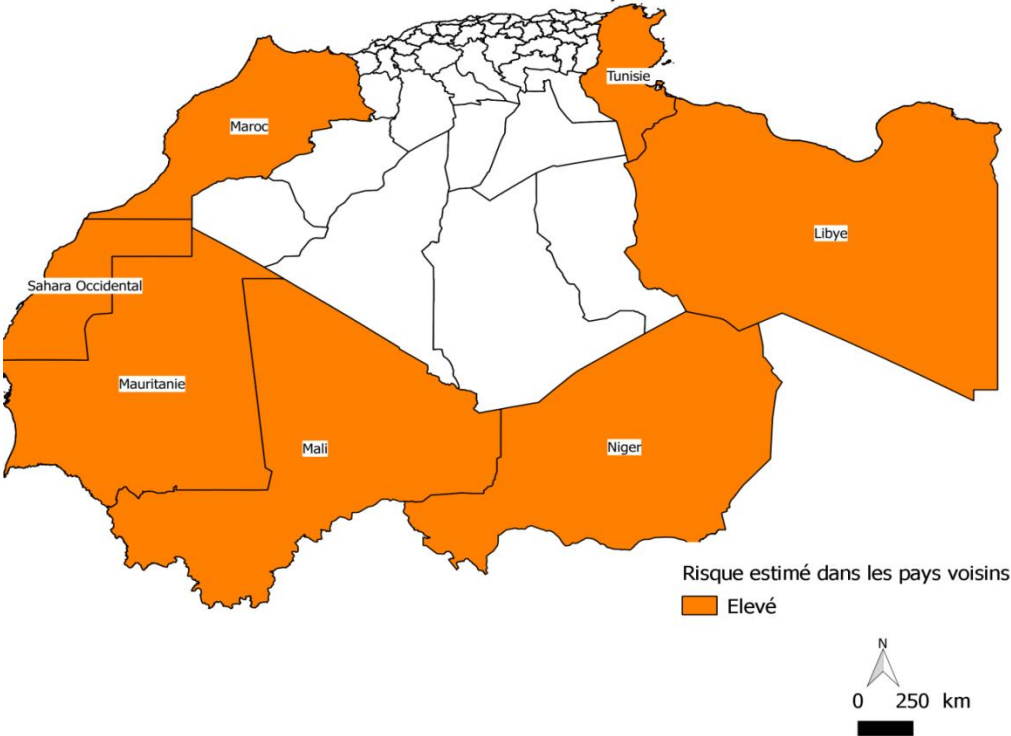


Tableau 7 : Estimation de la probabilité d'émission du virus de la PPR à partir des pays voisins en Algérie
(Méthode développée par Elena ARSEVSKA et Cécile SQUARZONI)

Pays	Espèces ¹	Statut "Pays infecté dans le passé" ²	Commerce		Dispositif de Surveillance ⁴				Dispositif de Contrôle				Total	Proba. émission estimée	
			Légal avec pays à risque ³	Mvts illégaux	D.O ⁵	Surv. Active	Surv. Passive	Surv. Basée sur le risque	Contrôle frontière	Restri. Mvt	Abat.	Zonage			Vacc.
LYBIE	OV, CP	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	Très élevée = Elevée
MAROC	OV,CP, CAM	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	8	Elevée
MAURITANIE	OV,CP, CAM	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	9	Elevée
TUNISIE	OV,CP	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	8	Elevée
MALI	OV,CP,CAM	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	9	Elevée
NIGER	OV,CP,CAM	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	9	Elevée

1 OV = ovin, CP = caprin, CAM = camélidé

2 Score de 1 quand la PPR a déjà été détectée dans le pays, sinon score de 0

3 Score de 1 quand le pays importe légalement depuis pays enzootiques, sinon score de 0

4 Score de 1 quand le dispositif n'est pas mis en place, sinon score de 0

5 D.O = Déclaration obligatoire

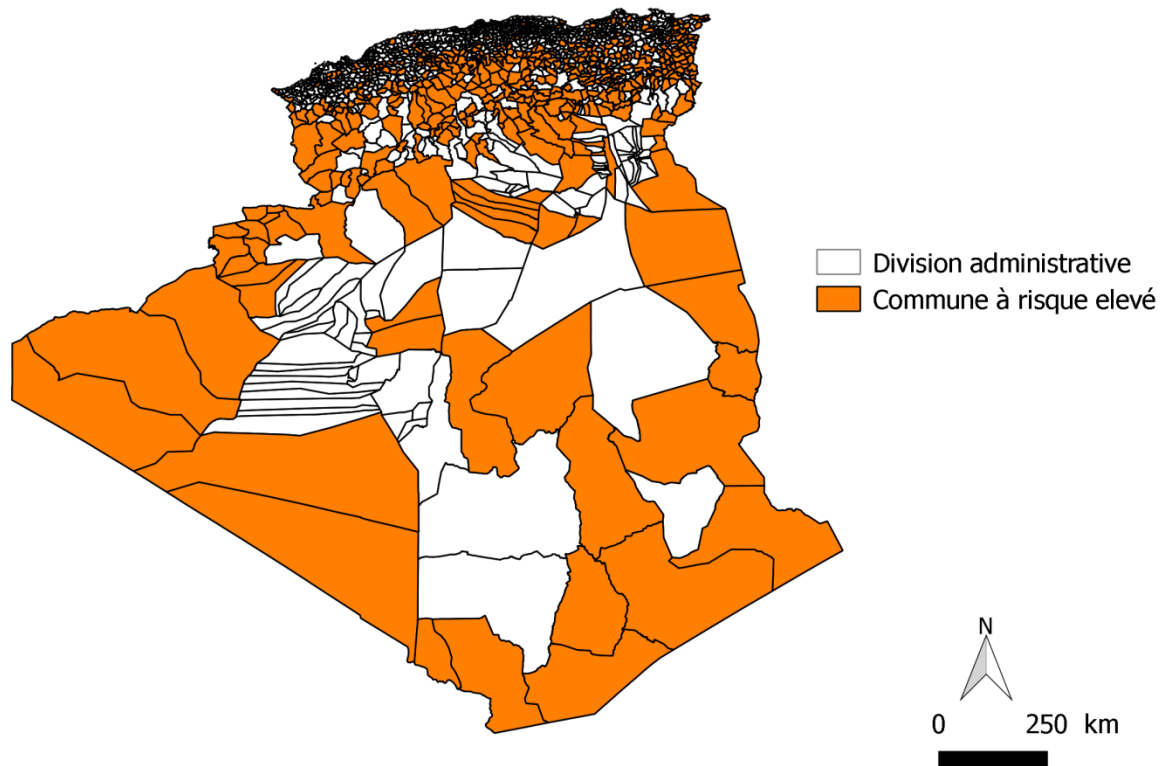
3.2.2. Cartographie de la survenue de la PPR

Sur la base des données acquises, cette étape consiste à l'élaboration des cartes de niveau de risque variable selon des seuils fixés à dire d'experts du pays, les tableaux 8 et 9 résument les résultats.

3.2.2.1. Strate à risque élevé

Suite aux discussions eues avec les experts du pays, les résultats de l'analyse des données selon les seuils fixés sur les facteurs d'exposition et de survenue indiquent 482 communes sur 1541 communes à risque élevé de diffusion du virus de la PPR soit 31.27 % (Figure 11).

Figure 11 : Strate à risque élevé



En effet, pour chaque facteur, un seuil a été fixé autour de la « moyenne » et l'« Ecart-type » afin d'estimer le pourcentage pour définir les zones pour lesquelles le risque d'exposition est élevé.

Ainsi, on obtient au total 400 communes à densité élevée pour les deux espèces dont 36 marchés régionaux. L'accessibilité nous permet d'identifier 63 communes, à cela on ajoute les 57 communes frontalières au risque élevé. Le tableau 8 reprend pour chaque les résultats obtenus.

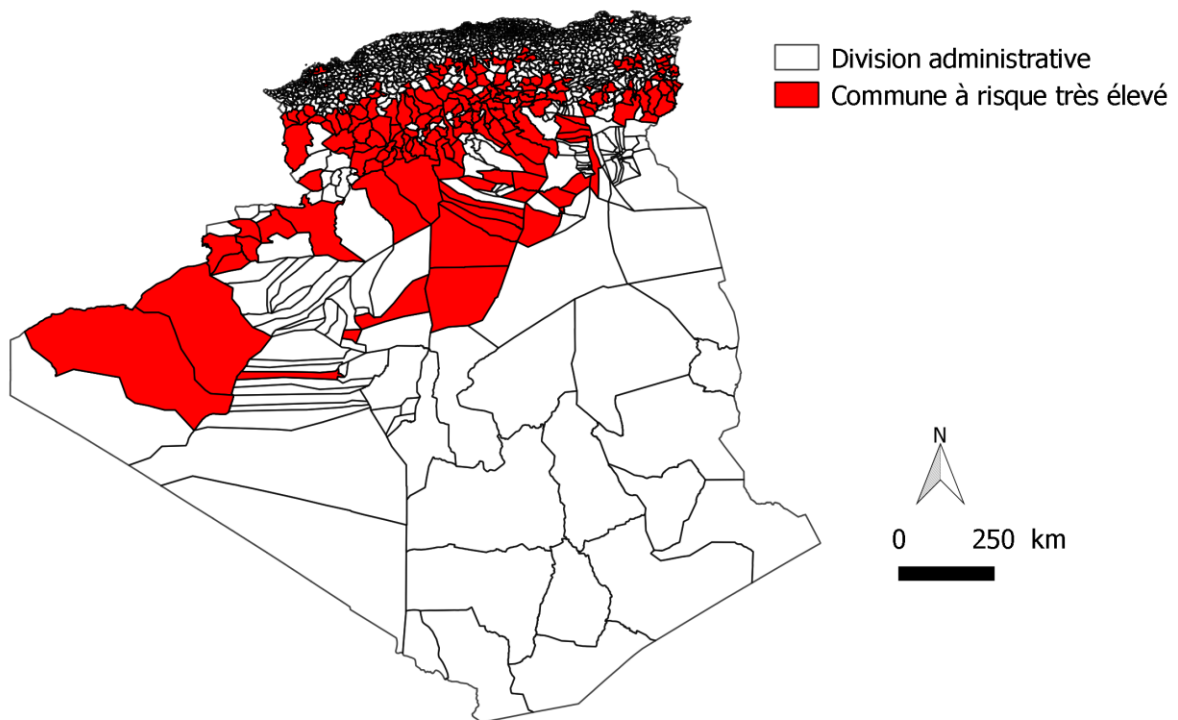
Tableau 8 : Résultats obtenus pour les facteurs de risque retenus pour la strate à risque élevé

Facteurs de risque	Source des données	Date de la source des données	Date de la collecte des données	Exhaustivité des données	indicateurs statistiques	Seuils retenus	N ^{bre} communes retenues	Remarques
Densité PRTS élevée	Ovin	FAO's Animal Production and Health Division, Predicted livestock densities	2005	avr-16	oui	$\mu=433$ $\sigma=1172$	400	Les données ne sont pas récentes
	Caprin					$\mu=80$ $\sigma=383$		
Marchés locaux	Direction des statistiques agricoles	2015	févr-16	oui	$\mu = 2529$ $\sigma= 6333$	2529<M< 6333	36	Marchés locaux complément enquête mobilité
Risque aux frontières	Résultats d'analyse de risque d'introduction	2016	mai-16	à dire d'experts	/	/	57	Probabilité d'émission estimée (Biblio, OIE à dire d'experts)
Accessibilité	JRC EUROPE	2006	mai-16	oui	/	/	63	Carte qui prend en compte différents facteurs : réseau routier, ponts, couvert végétal, taille des villes, calcul le pas de temps

3.2.2.2. Strate à risque très élevé

La figure 12 met en évidence les communes estimées à risque très élevé. En effet, Les indicateurs SNA (degree et betweenness) retenus comme facteurs très élevés, ont permis de sélectionner 47 communes à forte activité commerciale, à cela s'ajoute 6 marchés stratégiques pour corriger les biais d'échantillonnage de l'enquête mobilité. En effet seuls les marchés stratégiques ont été retenus dans cette strate.

Figure 12 : Strate à risque très élevé



11 foyers PPR confirmés au laboratoire depuis 2011 ont été pris en compte dans cette strate. En outre, 27 communes dans lesquelles des pratiques de transhumance sont effectuées, ont été également retenues. Enfin en croisant les seuils de tous ces facteurs on obtient une strate très élevée avec 194 communes sur 1541 soit 12.5%. Le tableau 9 résume les résultats obtenus.

Tableau 9 : Résultats obtenus pour les facteurs de risque retenus pour la strate à risque très élevé

Facteurs de risque		Source des données	Date de la source des données	Date de la collecte des données	Exhaustivité des données	indicateurs statistiques	seuils retenus	N ^{bre} communes retenues	Remarques
Densité PRTS très élevée	Ovin	FAO's Animal Production and Health Division, Predicted livestock densities	2005	avr-16	oui	$\mu = 433$ $\sigma=1172$	≥ 1172	187	Les données ne sont pas récentes
	Caprin					$\mu = 80$ $\sigma=383$	≥ 383		
SNA	degree	Enquête mobilité sur les marchés et élevages	2015	mars-16	que la Steppe Algérienne	$\mu = 6,41$ $\sigma=18,85$	> 6	47	Tous les marchés de la steppe
	betweenness					$\mu = 187,60$ $\sigma= 973,19$	> 187		
Marchés stratégiques		Direction des statistiques agricole	2015	févr-16	oui	$\mu = 2529$ $\sigma= 6333$	≥ 6333	6	Corrige les biais d'échantillonnage de l'enquête mobilité
Foyers confirmés PPR		EMPRES-I	2010-2016	avr-16	non exhaustive	/	/	11	Notification officielle du pays confirmée au labo
Points d'eau permanents		Diva-Gis	2007	avr-16	oui	/	/	27	Intersection des deux facteurs nous indique les zones d'élevage des transhumants
Réseau routier primaire									

IV. DISCUSSION

4.1. Enquête mobilité

Parmi les limites de l'enquête mobilité :

- La collecte de donnée a été réalisée en deux mois, par manque de temps 4 semaines ont été dédiées aux enquêtes. En effet, les questionnaires ont été posés à travers des interviews téléphoniques, la disponibilité des inspecteurs posait problème, ce qui augmentait les biais et les pertes d'information. Aussi, avec plus de temps, d'autres questions auraient pu être discutées : la situation zoo-sanitaire de la région, à savoir quelles sont les maladies principalement rencontrées, et si la vaccination de masse est effectuée afin d'en tirer des données précises.
- Le dénombrement des troupeaux restent approximatif et incomplet, en effet certains inspecteurs vétérinaires ne disposait d'un nombre approximatif de tête par flux, seul la capacité que pouvait atteindre un marché ou un abattoir était renseignée, nous avons alors préféré ne pas analyser ces données.
- Certains marchés stratégiques n'ont pas pu être enquêtés, dont le marché de Barika, Sougueur situés dans les zones agropastorales telliennes. Par conséquent, il serait souhaitable de renouveler ces enquêtes à différents intervalles en incluant les éleveurs pour intégrer les flux allant d'éleveurs à embouche aussi bien lors des mouvements de transhumance que de commerce.

Cependant, malgré l'imperfection de l'enquête, les données obtenues décrivent les principaux flux commerciaux et les points stratégiques qui sont très peu décrits dans la bibliographie. En effet, nous avons obtenus plus de renseignements sur la filière commerciale que sur les mouvements de transhumances. 29.17% des petits ruminants circulent de marchés en marchés alors que les mouvements d'élevage à élevage (transhumance) ne représentent que 8.80%, alors qu'en réalité ils sont bien plus importants Il aurait fallu aller à la rencontre d'éleveurs afin de définir leurs trajets de manière précise.

L'application de la méthode d'analyse des réseaux sociaux aux données sur les mouvements récoltés a permis d'identifier des carrefours commerciaux ou « hub », qui sont des points à risques dans la transmission des maladies. Les indices calculés ont permis de repérer le rôle important de Bougtoub et Ain El Ibel. Ces deux communes constituent les grands marchés stratégiques sur le territoire, dont le volume d'échange est très important (Entre 24 000 pour le marché de Bougtoub, 50 000 têtes/an pour celui d'Ain El Ibel).

En effet, Bougtoub de part sa position géographique, reçoit les troupeaux de la région du centre du tell (Ksar el Boukhari, Bourdj Bou Arreridj, Barika,) et de l'ouest (Saida, Sougueur). Ce qui en fait un carrefour stratégique avec son grand marché, et un point de passage très important. La commune de Ain El Ibel, quant à elle se situe au centre de la steppe, elle reçoit les troupeaux du centre (Ksar el Boukhari, Bourdj Bou Arreridj, Barika,), à cela s'ajoute les troupeaux de l'est (El Eulma, Ain M'Lila, Birelater) du pays. De plus c'est une zone agro-pastorale où les

animaux sont utilisés pour fertiliser les terres ou pour l’embouche. D’autres communes telles que : Sougueur, Bordj Bou Arreridj, Barika, Saida très attractives où les troupeaux sont destinés plus à l’embouche à l’approche des fêtes de l’Aïd (à dire d’experts).

Beaucoup de communes présentent de nombreux mouvements et de nombreuses connexions ou « hubs », seront à la fois plus vulnérables aux maladies mais faciliteront aussi la diffusion des maladies par une dispersion plus large. Ainsi si nous devons établir une veille, on ciblerait ces communes comme zones de contrôle.

Lorsque le but est de cibler la surveillance, les paramètres optimaux sont les paramètres de centralité, liés à la probabilité d’être un « individu » à haut risque (Christley *et al.*, 2005). Il est également possible d’aller encore plus loin et d’utiliser le réseau construit pour des simulations de type méta population (Natale *et al.*, 2006) ou de type SIR (Christley *et al.*, 2005), qui permettrait alors de simuler des épidémies, et voir l’étendue et la vitesse de diffusion de la maladie.

4.2. Cartographie des risques

Notre étude constitue une première évaluation du risque de diffusion du virus de la PPR en Algérie. L’approche de la cartographie qualitative du risque a permis de mettre en évidence géographiquement des zones à risque selon l’évaluation des facteurs susceptibles de jouer un rôle dans l’introduction de nouvelle lignée et ou de diffusion de la PPR en Algérie. Des méthodes de surveillance peuvent ainsi être objectivées pour améliorer l’efficacité de la surveillance tout en rationalisant les coûts (ressources humaines engagées, moyens et financements).

4.2.1. Risque d’émission

Notre étude a mis en évidence une probabilité élevée d’émission du virus de la PPR en Algérie à partir de tous les pays frontaliers. En effet, nous avons évalué le risque d’émission selon les informations disponibles dans les rubriques « Mesure de lutte contre une maladie » et « Evènements épidémiologiques exceptionnels » sur le site de l’OIE pour chaque pays.

Cette méthode a été développée par Elena ARSEVSKA, 2013 et Cécile. SQUAZONI-DIAW, où un poids important a été accordé aux modalités de surveillance et de contrôle, car ces mesures sont indispensables pour évaluer la capacité d’un pays à détecter et lutter contre la maladie. Toutefois, les pays envoient les informations et les rapports de suivi sanitaire du foyer à l’OIE de manière volontaire, c’est le cas du Maroc et la Tunisie, certains pays (Mali, Mauritanie, Niger et Libye) ne notifient pas (Annexe 8) ou n’ont pas la capacité de notifier en temps réel la situation sur le terrain (dire d’experts).

Les limites de ces données sont difficilement quantifiables, et il est possible que notre analyse ait sous-estimée la situation réelle vis-à-vis de la PPR pour les pays qui ont des difficultés à appliquer ces plans de surveillance/contrôle, bien que la PPR soit une maladie contagieuse à

déclaration obligatoire dans la réglementation internationale et régionale, l'application des mesures sanitaires exigées (telles que l'abattage, le confinement...) est difficile dans ces pays. Certaines contraintes sont liées surtout au manque d'indemnisation des éleveurs et au manque de capacité des services vétérinaires dans ces pays. La vaccination contre la PPR dans ces pays n'est pas obligatoire mais souvent recommandée par les services vétérinaires, compte tenu de la fréquence des foyers. Cependant le taux de couverture reste encore très faible, il ne dépasse pas 8% en Mauritanie (Salami. 2010).

Les données épidémiologiques existantes dans ces pays se limitent à des enquêtes de séroprévalence menées dans le cadre de la recherche. En Mauritanie, la PPR est endémique depuis très longtemps, Ahmed Salem Sidi Mahmoud EL Arbi a montré en 2012 lors d'une enquête de séroprévalence qu'il a effectué au niveau national, que la PPR est présente partout en Mauritanie avec des taux de séroprévalence croissants du nord vers le sud. Les résultats de l'enquête de séroprévalence montrent que la moyenne nationale du taux de séroprévalence est de 39%. Ce qui est proche de celles rapportées dans certains pays de la région où la PPR est enzootique. Ceci pourrait être expliqué par le fait que dans les régions du sud, la concentration animale est plus élevée (disponibilité de pâturages) et que la transhumance transfrontalière (Mali-Mauritanie et Sénégal Mauritanie) et le commerce de bétails sont plus intenses (Mali-Mauritanie, Sénégal).

Au Niger, Garara a montré en 2008 une prévalence de 45.5% pour l'ensemble des sérums analysés. Cette séroprévalence trouvée à l'échelle de la zone Nord-ouest du Niger (Tahoua, Tillabéry et Niamey), a été proche du taux obtenu dans certaines régions.

Au Mali, Tounkara et al. (1996) Sangare et al. (2007), ont déterminé respectivement une séroprévalence de 32,04% et 37%. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que dans les régions arides ou semi-arides où la PPR évolue de manière enzootique, les foyers n'apparaissent en général que si d'autres facteurs viennent affaiblir les animaux.

En Libye, depuis l'instabilité politique actuelle, peu d'informations concernant le statut sanitaire vis-à-vis de la PPR, cependant le prix élevé d'achat de la viande rouge par rapport aux autres pays, la demande de viande et de cuir de camélidés dans le Sud du pays, font de la Lybie une destination importante pour les producteurs d'Egypte, du Soudan, du Niger et du Tchad, et donc de diffusion de virus (Josserand, 2013).

Enfin, le statut de pays du Grand Maghreb vis-à-vis de cette maladie reste à confirmer. En effet, après l'apparition de l'épizootie 2008 au Maroc, une vaccination en masse s'est faite en 3 années successives, après un tel succès le Maroc se voit encore déclarés de nouveaux foyer en 2015. En Tunisie une séroprévalence de plus de 12% aurait été constatée (Libeau, communications personnelles),

Officiellement, le commerce transfrontalier légal de petits ruminants en Algérie est négligeable. Cependant, les zones frontalières terrestres, situées en zone semi désertique à désertique sont de ce fait mal délimitées et donc difficile à contrôler. Des animaux sont échangés de manière

informelle « par-dessus » les frontières, soit de par la localisation géographique des familles, soit pour une activité commerciale durant les fêtes religieuses (à dire d'expert).

Le transport clandestin des animaux à travers les frontières se fait principalement par camion en quelques jours. Des quantités d'ovins dont on ignore le chiffre exact pourraient traverser les frontières chaque année en contrebande depuis les pays frontaliers (à dire d'experts). Idéalement, le risque d'émission est déterminé en calculant le nombre d'animaux infectés qui entrent illégalement en Algérie, à partir notamment du volume d'animaux et de la prévalence d'infection dans chaque pays source. Toutefois, ces paramètres sont difficiles à estimer car aucune donnée ou statistique précise n'est disponible dans la littérature, il serait évidemment naïf de négliger ce commerce transfrontalier illégal ce qui appuie notre estimation d'une probabilité élevée d'émission du virus de la PPR en Algérie.

4.2.2. Risque d'exposition et de survenue

Les conséquences sanitaires de diffusion de la PPR sont directement liées à mobilité animale avec un risque plus élevé du fait de l'existence de flux illégaux d'animaux vivants entre l'Algérie et les pays voisins. Ainsi, avec l'extension de la zone de répartition géographique de la PPR on craint l'introduction de nouvelles lignées. En effet la probabilité d'occurrence dépendra principalement du contact direct des animaux sensibles avec la source du virus notamment lors de grands rassemblements (commerce ou transhumance). La durée moyenne de l'infection dans un troupeau (en moyenne 29 j) est suffisante pour propager la maladie sur des distances importantes aussi bien pour les localités à forte centralité ou pour les zones de transhumance. De même, la diffusion du virus peut se faire sur des distances importantes pendant la phase d'incubation ou lors des formes sub-cliniques (Abubakar et al. 2012).

Nos résultats indiquent une probabilité de survenue élevée de 468 communes sur 1541 soit 31.27%, une probabilité très élevée de 194 communes sur 1541 soit 12.71%. En effet, ces résultats permettent de faire une surveillance efficace et à moindre coût, mais les limites de cette approche, est la subjectivité de l'analyse qui pourrait sous-estimer les risques réels vis-à-vis de la PPR

Les données collectées sur la mobilité des petits ruminants restent incomplètes. Afin de corriger ce biais nous avons utilisé les données sur la capacité des marchés. En effet, il est nécessaire de récupérer ces données afin d'obtenir une représentation complète des réseaux sur tout le territoire algérien.

En plus des flux de transhumances de l'enquête, nous nous sommes basés sur les données de réseau routier et des points d'eau permanent (DIVA GIS, 2007) pour déterminer la localisation des zones de transhumance en Algérie, ceci a permis de valider les données existantes sur la littérature notamment la migration d'hiver dans les zones désertique et la migration d'été en régions telliennes.

Il faut noter que les données sur la densité des petits ruminants datent de 2005. Il est nécessaire d'actualiser l'analyse avec des données récentes du pays afin de toucher au mieux la réalité du terrain.

Dans cette étude, nous n'avons tenu compte que des petits ruminants, cependant en épidémiologie analytique de la PPR, des doutes persistent sur l'implication de plusieurs espèces domestiques ou sauvages dans la diffusion de la maladie, Roger et al. a démontré que le dromadaire est sensible au virus (Roger et al., 2001) et que l'expression clinique de la maladie est en émergence dans cette espèce (Khalafalla et al., 2010). En effet, des éléments récents observés au Soudan laissent penser que ces animaux pourraient être victimes de la PPR ainsi que vecteurs sur de grandes distances (Kwiatek et al., 2011). Une amélioration du niveau de connaissance des capacités d'excrétion virale des espèces réceptives mais non sensibles serait un premier pas vers une estimation plus précise du risque.

4.3. Proposition d'une surveillance basée sur le risque

Au vu de ce qui se fait en termes de surveillance épidémiologique des maladies animales en Algérie, et selon les résultats de cette étude, nous proposons selon le tableau 10, deux modalités de surveillance basée sur le risque pour chacune des deux strates retenues (élevée, très élevée) afin d'optimiser la surveillance de la PPR en Algérie.

- **Enquête sérologique ciblée en zone à risque très élevée**

Cette enquête a pour objectif d'estimer à la fois le taux de prévalence dans les troupeaux et de détecter précocement l'introduction du virus. Au total 194 communes sur 1541 (voir Figure 12), soit 12.5 % feront l'objet de prélèvement sanguin, ce qui optimise en termes de coûts des modalités de surveillance. Il est à noter que pour minimiser encore ces coûts, on peut réajuster les seuils de facteurs de risque pour revoir ce nombre de 194 communes à la baisse.

La période optimale pour mener cette enquête serait en saison des pluies ou les conditions de température et d'humidité sont favorable au virus et augmentent son temps de survie au sein des troupeaux. Tous les prélèvements seront effectués sur des animaux âgés de 6 mois à 2 ans. En effet, les anticorps maternels protègent les animaux jeunes jusqu'à l'âge de 6 mois, et après 2 ans, la probabilité pour eux d'avoir été contaminés d'être immunisés est plus élevée que chez les jeunes. Pour les communes transfrontalières et de transhumance, on propose d'effectuer un deuxième prélèvement pour l'analyse virologique (PCR) ceci permettrait une détection précoce d'une possible introduction du virus.

- **Renforcer la surveillance événementielle dans les zones à risque élevé**

En plus de la surveillance événementielle effectuée régulièrement par les inspections vétérinaires, nous proposons de renforcer les modalités de surveillance au niveau de toutes les communes de cette strate à risque élevé, en sensibilisant et en formant les agents de terrain (vétérinaire, éleveurs,...) de ces zones sur la détection des cas de PPR, définition de cas en annexe 9. On cherche ici à identifier à partir des signes cliniques des foyers probables de PPR, 30% du territoire (voir Figure 11) devra être couvert par cette surveillance.

Tableau 10 : Proposition de mise en œuvre de surveillance basée sur le risque de PPR en Algérie

Facteurs de risque retenus	Nombre de communes sélectionnées	Objectifs de la surveillance	Espèces animales ciblées	Types de surveillance		Agents chargés de la surveillance et superviseurs	Contraintes identifiées
				Fréquence	Méthode de collecte (événementielle, programmée) et modalités (outils utilisés, base de sondage)		
<p><u>Strate très élevée :</u></p> <p>Commune à forte centralité et connexion + Souks stratégiques + zones d'anciens foyers et les zones de transhumance</p>	<p>196 communes sur 1541 soit 12.71 %</p>	<p>Estimer la séroprévalence circulante dans les troupeaux</p>	<p>Ov, Cp, Cm</p>	<p>Annuelle</p>	<p>Enquête séroprévalence ciblée sur les 196 communes. Les agents effectueront des prélèvements sur des animaux âgés de 6 à 2 ans. Ils effectueront des prélèvements sérologiques (tube sec)</p>	<p>Vétérinaires mandataires + vétérinaires fonctionnaires INMV (Laboratoire vétérinaire de la région)</p>	<p>Insuffisance des moyens logistiques et matériels</p>
<p><u>Strate très élevée</u></p> <p>Communes d'anciens foyers + zones de transhumance</p>	<p>38 communes sur 1541 soit 2.4 %</p>	<p>Détection précoce d'une possible introduction du virus</p>	<p>Ov, Cp, Cm</p>	<p>Saisonnière</p>	<p>Surveillance active orientée Dans les communes d'anciens foyers et en zones de transhumance les agents effectueront en plus des prélèvements sérologiques, un deuxième prélèvement de sang sur tube EDAT sur des animaux jeune (entre 6 moi et 1an) pour détection virale – PCR</p>	<p>Vétérinaires poste frontières + vétérinaires mandataires INMV (Laboratoire vétérinaire de la région)</p>	<p>Insuffisance des moyens logistiques et matériels</p>

<p><u>Strate élevée :</u> les marchés locaux les densités Ov, Cp l'accessibilité des communes et les communes frontalières à risque élevé</p>	<p>482 Communes sur 1541 soit 31.27%</p>	<p>Détection précoce des suspensions et/ou cas cliniques très probables des foyers PPR</p>	<p>Ov, Cp</p>	<p>Continue</p>	<p>Renforcer les modalités de surveillance au niveau des 482 communes à risque élevé basée sur la déclaration volontaire des cas ou des suspicions de PPR. - Définition de cas * (Annexe 9) - Sensibiliser et former les agents de terrain (vétérinaires, auxiliaire d'élevage) sur la détection des cas probable, cas suspect.</p>	<p>Vétérinaires des subdivisions, poste frontières et les auxiliaires d'élevage</p>	<p>Insuffisance des moyens logistiques et matériels</p>
--	---	--	---------------	-----------------	---	---	--

V. CONCLUSION

Dans le cadre d'activités de surveillance et d'études épidémiologiques, la collecte de données récentes sur la mobilité animale tient une place importante. Ce genre d'information présente un grand intérêt pour les services vétérinaires surtout pour des maladies à contact direct telles que la peste des petits ruminants.

Dans notre étude, les enquêtes sur les mouvements des petits ruminants dans la steppe, ont permis de synthétiser les informations détenues par les services vétérinaires sur les flux de commerce et de transhumance, de les cartographier et d'identifier ainsi les zones plus à risque, notamment avec la méthode SNA.

Notre travail constitue une première évaluation du risque de survenue du virus de la PPR en Algérie à dire d'experts. L'originalité de la méthode réside dans l'utilisation conjointe de l'analyse qualitative du risque et la cartographie des zones à risque pondérées par des facteurs de risque susceptibles de propager la maladie. L'analyse de risque peut être considérée comme un outil très important d'aide à la décision car les pays peuvent ainsi montrer leur capacité de surveillance des maladies et notamment en matière de commerce des animaux.

Au terme de cette analyse, des propositions de modalités de surveillance basées sur le risque ont été émises afin d'optimiser le système de surveillance vis-à-vis de la maladie déjà en place mais en orientant la surveillance dans ces zones à risque uniquement.

La nature de cette méthode nécessite de réévaluer et de prendre en compte sans cesse, de nouvelles données (mouvements, foyers,...) issues des surveillances permettant d'ajuster de manière pertinente les risques sanitaires afin mener une politique de santé animale efficace. Une approche régionale pour les mouvements transfrontaliers permettrait de détecter précocement des changements de situations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abubakar, Muhammad, Muhammad Javed Arshed, Aamir Bin Zahur, Qurban Ali, and Ashley C. Banyard. 2012. 'Natural Infection with Peste Des Petits Ruminants Virus: A Pre and Post Vaccinal Assessment Following an Outbreak Scenario. *Virus Research* (0).doi:10.1016/j.virusres.2012.03.018.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168170212001268> .

Appel M.J.G., Gibbs E.P.J., Martin S.J., Ter Meulen V., Rima B.K., Stephenson J.R., Taylor W.P. 1981. Morbillivirus Diseases of Animals and Man. In : Comparative diagnosis of viral disease IV, E. Kurstak and C. Kurstak (editors), New York, Academic Press, 235-297.

Arsevka, E. 2013 : Rapport de stage de seconde année : « Analyse du risque d'introduction du virus de la fièvre de la Vallée du rift en Tunisie et proposition d'un dispositif de surveillance », page 3, ANSES Lyon, France.

AU-IBAR. 2013. Rapport d'étape sur le contrôle progressif de la peste des petits ruminants (PPR) en Afrique. 4p.

Balamurugan V., Krishnamoorthy P., Veeregowda B.M., Sen A., Rajak K.K., Bhanuprakash V., Gajendragad M.R., Prabhudas K. 2012a. Seroprevalence of Peste des petits ruminants in cattle and buffaloes from Southern Peninsular India. *Trop. Anim. Health Prod.*, 44(2) : 301-6. <http://dx.org/10.1007/s11250-011-0020-1>.

Banyard A-C., Parida S., Batten C., Oura C., Kwiatek O., Libeau G. 2010. Global distribution of peste des petits ruminants virus and prospects for improved diagnosis and control. *Journal of General Virology*, 91 : 2885-2897.

Bencherif, S : 2011. L'élevage pastoral et la céréaliculture dans la steppe algérienne. Evolution et possibilités de développement. Agriculture, économie et politique. Université AgroParisTech.

Benfrid, M., 1998. La commercialisation du bétail et de la viande rouge en Algérie. Filière Viandes Rouges Dans Pays Méditerranéens Options Méditerranéennes Sér. Sémin. Méditerranéens 163-174.

Chrisman, N.R., Cowen D.J., Fisher P.F., Goodchild M.F., Mark D.M. Geographic Information Systems. *Geography in America*. Columbus, Ohio: Gaile et Willmot, 1989, pp. 353-375.

Dehimi, M.L 2005. Chapter Three: Small ruminant breeds of Algeria. In : IÑGUEZ, L. (Ed.) Characterisation of small ruminant breeds in West Asia and north Africa. Vol.2: North Africa. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. (ICARDA), Aleppo, Syria, 196

Diallo, A. 2014 : Peste des Petits Ruminants ; Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA), Vienne – Autriche.

Diallo A. 2010. Peste des petits ruminants. Guide de diagnostic et de gestion des épizooties, Paris : DGAL, 143-154.

Diallo, A. 2008 : La Peste des Petits Ruminants : une maladie longtemps ignorée. *Bulletin Académique Vétérinaire-France* - Tome 161 - N°3 p. 273-277

Diallo, A, 2003. Peste des petits ruminants In: LEFEVRE, PC, BLANCOU, J. CHER METTE, R. Principales maladies infectieuses et parasitaires du bétail – Europe et régions chaudes – Tome 1 Généralités, Maladies virales Editions TEC&DOC Edition Médicales internationales, 307- 319

Diallo, A. 2000 : Peste des petits ruminants : a threat for developing countries, In : 7ème conférence internationale sur les caprins : recueil des communications, Tours : 15-18 mai et Poitiers : 19-21 mai (France), Paris : institut de l'élevage, Gruner L. Chabert Y. (editors), 278-279.

DIVA GIS, 2007 Free Spatial Data, Algeria, Shapes : Raods, Inland Water, <http://www.diva-gis.org/datadown>

DSASI, 2014 : Direction des Statistiques agricoles et des systèmes d'information, Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Statiques du cheptel national.

DSV, 2012 : Bilan des activités vétérinaires, année 2012, OIE. Direction des services vétérinaires, pages 3.

Dube C., Ribble C., Kelton D., McNab B. 2009 : Areview of network analysis terminology and its application to foot-and-mouth disease modelling and policy development. Transbound Emerg Dis, 56(3): 73-85.

Dufour B, PLEE L. 2009. Analyse du risque en santé animale. Bull.Group. tech. Vét.. Juillet-Août 2009, N°50, pp. 71-77.

Dufour L. 2010. La peste des petits ruminants : Epizootie marocaine de 2008, un danger pour l'Europe ? Thèse de doctorat vétérinaire, Faculté de médecine de Créteil, 152p

El Arbi Sidi Mahmoud A. S, 2012. Contribution à l'étude épidémiologique de la Peste des Petits Ruminants en Mauritanie. Créteil : UPEC, 42 p. Mémoire de master 2 : Surveillance épidémiologique des maladies humaines et animales : Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne

Epireg Maghreb - Epidemiosurveillance des maladies animales au Maghreb - Organisation des services vétérinaires / de l'Algérie / Présentation générale http://epiregmaghreb.cirad.fr/presentation_generale/de_l_algerie/organisation_des_services_veterinaires.

EPIREG, 2009. Epidemiosurveillance des maladies animales au Maghreb - Organisation des services vétérinaires de l'Algérie, Présentation générale, http://epiregmaghreb.cirad.fr/presentation_generale/de_l_algerie/organisation_des_services_veterinaires

FAO, 2009. Volume V de V PROFIL DE PROJET D'INVESTISSEMENT BANCABLE : Appui au développement de la filière ovine avec installation d'un abattoir aux normes internationales dans la wilaya de Djelfa.

FAO. 2008 : Peste des Petits Ruminants (PPR) au Maroc ; Bulletin des maladies animales transfrontières ; EMPRES WATCH PAO Rome Italie ; No. 35– 2008.

Gagara, H M, 2008. La Peste des Petits Ruminants au Niger : enquête sérologique dans les régions de Niamey, Tahoua et Tillabéry, université d'Abomey- Calavi - Diplôme d'Ingénieur des Travaux 2008.

FAO, 2005: FAO's Animal Production and Health Division, Predicted livestock densities <http://www.livestock.geo-wiki.org>

Gargadennec L., Lalanne A. 1942. La peste des petits ruminants. Bull. Serv. Zoot. Epizoot. AOF, 5 : 16-21.

Gibbs E.P.J, Taylor W.P, Lawman M.J.P. 1979 : Classification of peste des petits ruminants virus as the fourth member of the genus Morbillivirus, Intervirology, 11 (5), 268- 274.

Ismail T.M., Hassan H.B., Nawal M.A., Youssef Rakha G.M., El-Halim M.M.A., Fatehia M.M. 1992. Studies on prevalence of rinderpest and peste des petits ruminants antibodies in camel sera in Egypt. Vet. Med. J. Giza, 10(2) : 49-53.

JRC EUROPE, 2007: Joint Research Centre Europe, Accessibilities by country: Algeria <http://forobs.jrc.ec.europa.eu/products/gam/sources.php>

Khalafalla A.I., Saeed I.K., Ali Y.H., Abdurrahman M.B., Kwiatek O., Libeau G., Obeida A.A., Abbas Z. 2010. An outbreak of pestes des petits ruminants (PPR) in camels in the Sudan. Acta Tropica, 116(2) :161-5. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.08.002>

Khan H.A., Siddique M, Arshad M.J., Khan K.M. And Rehman S.U. 2007 ; Seroprevalence of Peste des Petits Ruminants (PPR) virus in sheep and Goats in PUNJAB province of Pakistan ; Pakistan Vet.J.2007, 27(3) :109-112.

Kerboua, M., Feliachi, K., Abdelfettah, M., Ouakli, K., Selhab, F., Boudjakdji, A., Takoucht, A., Benani, Z., Zemour, A., Belhadj, N., Rahmani, M., Khecha, A., Haba A., Ghenim, H, 2003. Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales : Algérie. Ministère de l'Agriculture Et Du Développement Rural, Commission Nationale AnGR : 1-46

Kwiatek O., Minet C., Grillet C., Hurard C., Carlsson E., Karimov B., Albina E., Diallo A. & Libeau G. (2007). – Peste des petits ruminants (PPR) outbreak in Tajikistan. J. Comp. Pathol., 136, 111-119

Lefèvre P.C., Diallo A. 1990. La peste des petits ruminants. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 9 : 935-950.

Libeau, G., A. Diallo, and S. Parida. 2014. "Evolutionary Genetics Underlying the Spread of Peste des Petits Ruminants Virus." Animal Frontiers 4 (1): 14–20. doi:10.2527/af.2014-0003.

Libeau, Genevieve, Olivier Kwiatek, Renaud Lancelot, and Emmanuel Albina. 2011. "La Peste des Petits Ruminants : Incidence Croissante Dans Le Monde." Bulletin de l'OIE 2011 (2): 52–54.

MARDP, 2014. Poursontage des races des petits ruminants en Algérie,

Malik J. et Cherkaoui Z. 2010 : Programme de Prophylaxie contre la Peste des Petits Ruminants au Maroc. SIAM 2010 ; Office National de Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires (ONSSA) ; Rabat-Maroc ; http://onssa.gov.ma/onssa/fr/doc_pdf/PPR_Siam.pdf

Martinez-Lopez B., Perez A. M., Sanchez-Vizcaino J. M. (2009) Social network analysis. Review of general concepts and use in preventive veterinary medicine. *Transbound Emerg Dis*, 56(4): 109-120.

Minet C., Kwiatak O., Keita D., Diallo A., Libeau G., Albina E. 2009. Infection à Morbillivirus chez les Ruminants : la peste bovine en voie d'éradication et le peste des petits ruminants en extension vers le Nord. *Virologie*. John Libbey Eurotext, p.103.

Munir M. (2013). Role of Wild Small Ruminants in the Epidemiology of Peste Des Petits Ruminants. *Transbound Emerg. Dis.*, <http://dx.doi.org/10.1111/tbed.12052> .

Mornet P., Gilbert Y., Orue J. Et Thiery G. 1956. La peste des petits ruminants en Afrique Occidentale Française et ses rapports avec la peste bovine. *Rev. Elev. Med. vet. Pays trop.*, 9(4) : 313-342.

Nawathe D.R., Taylor W.P. 1979. Experimental infection of domestic pigs with the virus of peste des petits ruminants. *Res. vet. Sci.*, 11 : 120-122.

Nedjraoui, D., 2003. Profil fourrager. Université des Sciences et de la Technologie H. Boumediène (USTHB). Alger.

OIE WAHID, 2016. Peste des Petits Ruminants. Consulté le 20/04/2016 sur: <http://www.oie.int/fr/sante-animale-dans-le-monde/statuts-officiels-des-maladies/peste-des-petits-ruminants-fr/>

OIE, 2012. Rapport d'évaluation oie PVS des services vétérinaires de la république algérienne démocratique et populaire, page 14

OIE. 2008 : Code sanitaire pour les animaux terrestres ; Peste des Petits Ruminants ; OIE Paris p.1037;
http://www.oie.int/fileadmin/Home/fr/Health_standards/tahc/2011/fr_chapitre_1.14.8.pdf

Raphaëlle P.D, 2006. Spatialisation du risque de transmission de Fièvre de la Vallée du Rift en milieu agropastoral sahélien du Sénégal septentrional. *Life Sciences*. Université d'Orléans.

Rautureau S., Dufour B., Durand B. (2011) : Vulnérabilité du réseau d'échanges d'animaux face à la diffusion de maladies infectieuses : approche méthodologique appliquée au réseau d'élevages bovins français.

Roger F., Guebre Yesus M., Libeau G., Diallo Yigezu L.M., Yilma T. 2001. Detection of antibodies of rinderpest and peste des petits ruminants viruses (Paramyxoviridae, Morbillivirus) during a new epizootic disease in Ethiopian camels (*Camelus dromedarius*). *Rev. Med. Vet.*, 152 : 265-268.

Sadoud, M., et al, 2010. Rôle des marchés du bétail, dans les filières viandes bovine et ovine d'une région semi-aride algérienne, in: 116th Seminar, October 27-30, 2010, Parma, Italy. European Association of Agricultural Economists.

Sadoud, M. 2009. Rôle du maillon abattage dans les circuits de commercialisation des viandes rouges en Algérie. Université H. Benbouali de Chlef, Faculté des sciences Agronomiques et Biologiques, Chlef, Algérie.

Sekinde L.K. 2006 : La Peste des Petits Ruminants et son incidence socio-économique au Nord-Est du Bénin (Départements du Borgou et de l'Alibori); Th. : Méd. Vét.: Dakar ;14.

Shaila M.S., Shamaki D., Forsyth M.A., Diallo A., Kitching R.P. & Barrett T.(1996). – Geographic distribution and epidemiology of peste des petits ruminants virus. *Virus Res.*, 43, 149-153.

Smith, M. Sherman, D., 1994. *Goat medicine* Editions Lea&Febiger, p. 620

Taylor W.P., Diallo A., Gopalakrishna S., Sreeramalu P., Wilsmore A.J., Nanda Y.P., Libeau G., Rajasekhar M., Mukhopadhyay A.K. 2002. Peste des petits ruminants has been widely present in southern India since, if not before, the late 1980s. *Prev. Vet. Med.*, 52 : 305-312.

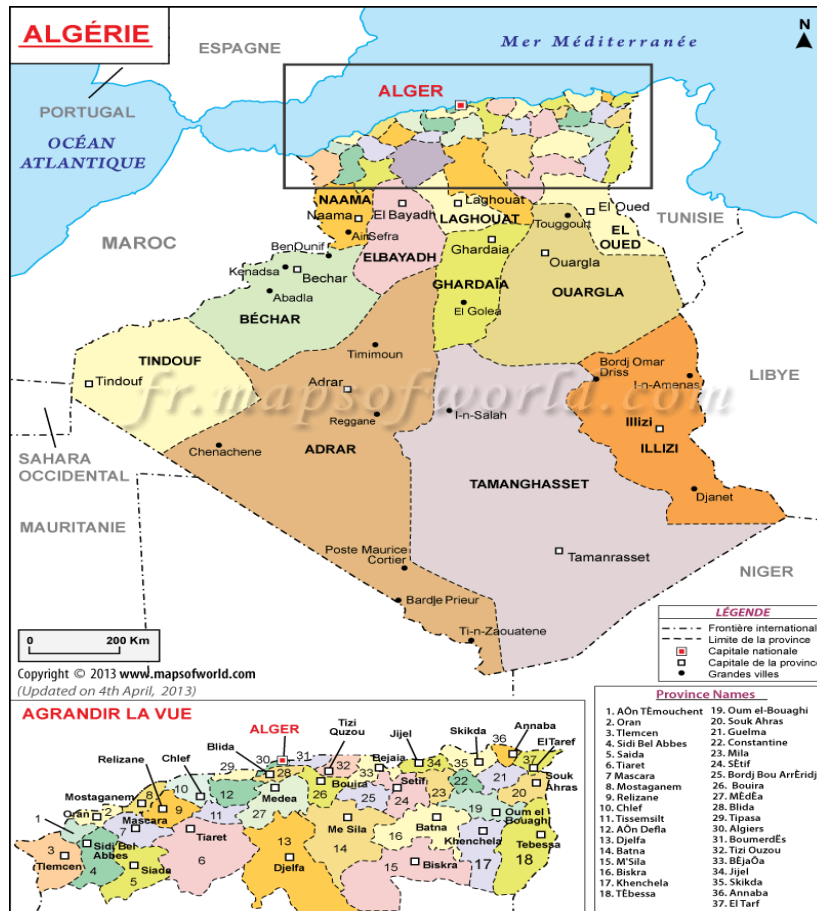
Wasserman S. F., K. (1994) : *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge: 825 pp.

Zhiliang W., Jingyue B., et al. 2009 : Peste des Petits Ruminants Virus in Tibet, China ; *Emerging Infectious Disease*. Feb 2009 ; 15(2): 299–301.

ANNEXES

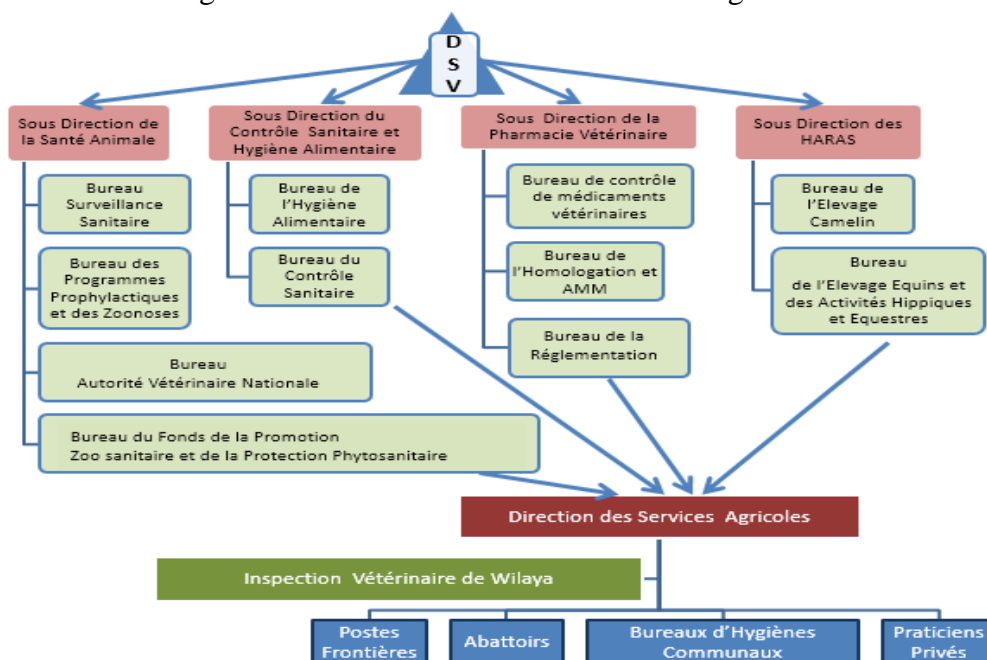
ANNEXE 1

Découpage administratif de l'Algérie à l'échelle des provinces «Wilayas»



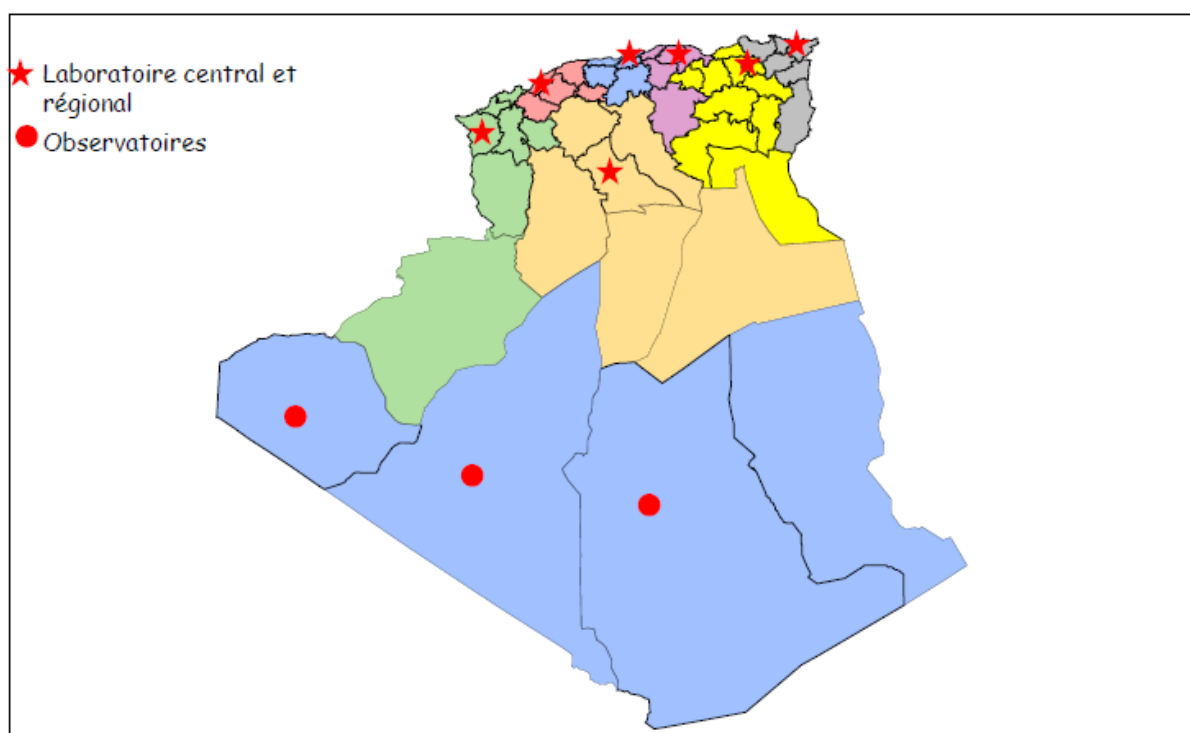
ANNEXE 2

Organisation des services vétérinaires en Algérie



ANNEXE 3

Répartition des laboratoires vétérinaires et observatoires en Algérie



ANNEXE 4

Tableau récapitulatif du foyer 2016 (OIE, 2016)

	Espèce(s)	Sensibles	Cas	Morts	Détruits	Abattus
Nombre total d'animaux atteints	Caprins	75	3	0	0	0
	Camélidés	60	0	0	0	0
	Ovins	1080	4	0	0	0
Statistiques sur le foyer	Espèce(s)	Taux de morbidité apparent	Taux de mortalité apparent	Taux de létalité apparent	Proportion d'animaux sensibles perdus*	
	Caprins	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	Camélidés	0.00%	0.00%	-	0.00%	
	Ovins	0.37%	0.00%	0.00%	0.00%	

ANNEXE 5

Indicateurs d'analyse de réseau et diffusion de la maladie

Notion	Indicateurs		Définitions	Implication en épidémiologie
cohésion	density	densité	Proportion entre les contacts existants observés et l'ensemble des contacts possibles du réseau	Un réseau dense a de nombreuses connexions et est donc plus vulnérable à la diffusion de maladie.
<i>cohesion centralité</i>	Degree in/out degree	degré	Nombre de liens adjacents à un nœud. in-degré = nombre de liens entrant out-degré = nombre de liens sortant.	= nombre de mouvements d'entrée et de sortie, activité commerciale directe de l'exploitation. Un établissement a haute centralité (= 'hub') sera à la fois plus vulnérable mais aussi facilitera la diffusion de la maladie par une dispersion plus large.
centralité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>farness</i> ▪ the average path length ▪ diameter 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eloignement ▪ Distance moyenne ▪ Diamètre 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ = la somme des distances géodésiques distance géodésique = longueur du plus court chemin reliant deux acteurs. ▪ moyenne de ces plus courts chemins. ▪ chemin le plus long 	Informe de la distance (nombre de mouvements et d'exploitation intermédiaire) entre deux exploitations. Ces indicateurs sont en relation avec la vitesse de diffusion d'une maladie.
centralité	closeness	proximité	Inverse de l'éloignement	Permet de mesurer la capacité d'autonomie ou d'indépendance des acteurs
centralité	Betweenness	intermediarité	Proportion de chemins (les plus courts) sur lequel se trouve le nœud étudié	Un établissement a haute centralité (= 'hub') sera à la fois plus vulnérable mais aussi facilitera la diffusion de la maladie ; carrefour commercial incontournable mais capacité de contrôler cette circulation.
cohésion	Strong/ weak component (SC/WC)	Composant fortement/faiblement connecté	Un WC est un sous-réseau pour lequel un chemin existe entre chaque paire de nœud qu'elle que soit la direction des liens. Au contraire, un SC est un sous-réseau où la direction des liens est prise en compte.	= structures vulnérables face à la diffusion de maladie. ▪ Les WC renseignent sur la fragmentation du réseau ; détection d'établissements isolés. ▪ Les SC renforcent cette notion de cohésion, étudiés aussi comme prédicteurs de la taille finale d'une épizootie.
cohésion connexion	Clustering coefficient (CC)	Coefficient de clustering	Probabilité que les voisins d'un nœud soient connectés entre eux.	Détermine la cohésion entre un établissement et les établissements en lien direct, favorise la diffusion.
centralité	Ingoing/outgoing infection chain	Chaîne d'infection entrante/sortante	identifie le nombre de nœuds connectés à un nœud incluant les nœuds adjacents et tous les autres nœuds sur les chemins menant à ce nœuds.	= nombre d'établissements connectés à une exploitation incluant les contacts directs (adjacents) et indirects (tous les chemins menant à cette exploitation) en tenant compte de la chronologie des contacts ; identifie les établissements à risque avec le plus de contacts.

ANNEXE 6

Questionnaire de l'enquête origine/ destination

Date de l'enquête :

Wilaya:

Daïra:

Commune:

Mode d'élevage E: Extensif I: Intensif S: Semi-intensif A: Autres		Type M: Marché E: Elevage AT: Abattoirs –tueries			Mode de déplacement C: Camion P: A pied		Période C: Commerce FR: Fête religieuse AC: Migration d'été « achaba » AZ: Migration d'hiver « azzaba » Autres		Fréquence Q: Quotidien H: Hebdomadaire M: Mensuel A: Annuel
Mode de l'élevage	Mobilité	Origine	Type de l'origine	Destination	Type de destination	Nombre approx .	Mode de transport	Date ou période	Fréquence

ANNEXE 7

Liste des experts consultés

M. Renaud Lancelot
Cirad, Montpellier

Mme Geneviève Libau
Cirad, Montpellier

Mme Cécile Squarzoni-Diaw
Cirad, Montpellier

Mme Caroline Coste
Cirad, Montpellier

Mme Assia Daoudi
DSV, Alger, Algérie

M. Mohamed Lahrech
HCDS, Djelfa, Algérie

M. Ghediri Yassine
IVW, Djelfa, Algérie

M. Msaad Houari
IWV, El Bayadh, Algérie

Mme Ounissi Naziha
IWV, Khenchela, Algérie

ANNEXE 8

Suivi sanitaire des cas PPR notifiés à l'OIE depuis 2010

Pays retenus pour l'analyse	Date de confirmation de l'événement	Date de la précédente apparition de la maladie	Nombre de Foyer déclaré	Région	Mesure de lutte
Maroc	29/06/2015	27/01/2009	10	Nord-Ouest centre Centre nord	11 870 ovins vaccinés
Tunisie	24/03/2012	20/10/2011	26	Sidi Bouzid	Désinfection des établissements infectés Balnéation / pulvérisation Quarantaine Pas de vaccination Traitement des animaux atteints (traitement symptomatique)
Mauritanie					
Libye					Pas de rapport de suivi
Niger					

ANNEXE 9

Définitions de cas PPR

Définition du cas

La description des cas est essentielle pour la détection rapide de la maladie et les enquêtes épidémiologiques qui en découlent.

✓ Cas suspect :

La définition du cas suspect de PPR correspond à celle fournie par la FAO (Roeder *et al.*, 2000) et par l'OIE (OIE(2014-a)) :

- le début rapide d'une maladie fébrile touchant les ovins et/ou les caprins
- des écoulements nasaux et oculaires, de la salivation, des lésions buccales avec ou sans croûtes et/ou des nodules autour de la bouche
- une pneumonie
- de la diarrhée
- des avortements (en fonction de la période de l'année)

Pour cette maladie l'unité épidémiologique ne peut être que le troupeau. En effet, les signes cliniques sont peu spécifiques et le diagnostic différentiel est très compliqué. Il faut que plusieurs animaux soient malades afin d'avoir la suspicion de la maladie, sauf si un seul animal présente le tableau clinique intégral, ce qui peut être le cas chez les chèvres mais qui est très rare chez les moutons.

✓ Cas possible :

Quand l'animal est déjà mort, qu'il a présenté des signes cliniques concordants avec la maladie et qu'il n'y a aucun moyen de le confirmer. Cette définition du cas est utile pour la mise en place d'enquêtes épidémiologiques autour du cas suspect/ certain.

✓ Cas probable :

Il correspond aux cas qui présentent les signes cliniques de la maladie mais qui n'ont pas eu de diagnostic de laboratoire.