

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 161

**CONTEXTE DE L'ÉLEVAGE BOVIN EN INDE ET
ZONOSSES ASSOCIÉES**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 21 décembre 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

DRAVIGNY Valentine

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2023 - Thèse n° 161

**CONTEXTE DE L'ÉLEVAGE BOVIN EN INDE ET
ZONOSSES ASSOCIÉES**

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 21 décembre 2023
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

DRAVIGNY Valentine

Liste des enseignants

Liste des enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (20-03-2023)

| | | | |
|----|---------------------|---------------|-----------------------------------|
| Pr | ABITBOL | Marie | Professeur |
| Dr | ALVES-DE-OLIVEIRA | Laurent | Maître de conférences |
| Pr | ARCANGIOLI | Marie-Anne | Professeur |
| Dr | AYRAL | Florence | Maître de conférences |
| Pr | BECKER | Claire | Professeur |
| Dr | BELLUCO | Sara | Maître de conférences |
| Dr | BENAMOU-SMITH | Agnès | Maître de conférences |
| Pr | BENOIT | Etienne | Professeur |
| Pr | BERNY | Philippe | Professeur |
| Pr | BONNET-GARIN | Jeanne-Marie | Professeur |
| Dr | BOURGOIN | Gilles | Maître de conférences |
| Dr | BRUTO | Maxime | Maître de conférences |
| Dr | BRUYERE | Pierre | Maître de conférences |
| Pr | BUFF | Samuel | Professeur |
| Pr | BURONFOSSE | Thierry | Professeur |
| Dr | CACHON | Thibaut | Maître de conférences |
| Pr | CADORÉ | Jean-Luc | Professeur |
| Pr | CALLAIT-CARDINAL | Marie-Pierre | Professeur |
| Pr | CHABANNE | Luc | Professeur |
| Pr | CHALVET-MONFRAY | Karine | Professeur |
| Dr | CHANOIT | Gillaume | Professeur |
| Dr | CHETOT | Thomas | Maître de conférences |
| Pr | DE BOYER DES ROCHES | Alice | Professeur |
| Pr | DELIGNETTE-MULLER | Marie-Laure | Professeur |
| Pr | DJELOUADJI | Zorée | Professeur |
| Dr | ESCRIOU | Catherine | Maître de conférences |
| Dr | FRIKHA | Mohamed-Ridha | Maître de conférences |
| Dr | GALIA | Wessam | Maître de conférences |
| Pr | GILOT-FROMONT | Emmanuelle | Professeur |
| Dr | GONTHIER | Alain | Maître de conférences |
| Dr | GREZEL | Delphine | Maître de conférences |
| Dr | HUGONNARD | Marine | Maître de conférences |
| Dr | JOSSON-SCHRAMME | Anne | Chargé d'enseignement contractuel |
| Pr | JUNOT | Stéphane | Professeur |
| Pr | KODJO | Angeli | Professeur |
| Dr | KRAFFT | Emilie | Maître de conférences |
| Dr | LAABERKI | Maria-Halima | Maître de conférences |
| Dr | LAMBERT | Véronique | Maître de conférences |
| Pr | LE GRAND | Dominique | Professeur |
| Pr | LEBLOND | Agnès | Professeur |
| Dr | LEDOUX | Dorothee | Maître de conférences |
| Dr | LEFEVRE | Sébastien | Maître de conférences |
| Dr | LEFRANC-POHL | Anne-Cécile | Maître de conférences |
| Dr | LEGROS | Vincent | Maître de conférences |
| Pr | LEPAGE | Olivier | Professeur |
| Pr | LOUZIER | Vanessa | Professeur |
| Dr | LURIER | Thibaut | Maître de conférences |
| Dr | MAGNIN | Mathieu | Maître de conférences |
| Pr | MARCHAL | Thierry | Professeur |
| Dr | MOSCA | Marion | Maître de conférences |
| Pr | MOUNIER | Luc | Professeur |
| Dr | PEROZ | Carole | Maître de conférences |
| Pr | PIN | Didier | Professeur |

| | | |
|---------------------|------------|-----------------------------------|
| Pr PONCE | Frédérique | Professeur |
| Pr PORTIER | Karine | Professeur |
| Pr POUZOT-NEVORET | Céline | Professeur |
| Pr PROUILLAC | Caroline | Professeur |
| Pr REMY | Denise | Professeur |
| Dr RENE MARTELLET | Magalie | Maître de conférences |
| Pr ROGER | Thierry | Professeur |
| Dr SAWAYA | Serge | Maître de conférences |
| Pr SCHRAMME | Michael | Professeur |
| Pr SERGENTET | Delphine | Professeur |
| Dr TORTEREAU | Antonin | Maître de conférences |
| Dr VICTONI | Tatiana | Maître de conférences |
| Dr VIRIEUX-WATRELOT | Dorothée | Chargé d'enseignement contractuel |
| Pr ZENNER | Lionel | Professeur |

Remerciements au jury

A Madame la Professeur Elvire Servien,

De la Faculté de médecine de Lyon,

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury,

Hommages respectueux

A Monsieur le Docteur Bernard Jankowiak,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,

Pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour son aide et ses corrections,

Sincères remerciements

A Madame la Docteur Florence Ayrat,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour m'avoir fait l'honneur de prendre part à ce jury de thèse et avoir accepté de relire ce travail,

Qu'elle trouve ici l'expression de ma gratitude

A Madame la Professeur Marie-Anne Arcangioli,

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour m'avoir fait l'honneur de prendre part à ce jury de thèse,

Sincères remerciements

Table des matières

| | |
|---|----|
| Liste des figures..... | 11 |
| Liste des tableaux..... | 13 |
| Liste des abréviations..... | 15 |
| Introduction..... | 17 |
| Partie 1..... | 19 |
| L'Inde, un état continent tournÉ vers l'agriculture..... | 19 |
| I. Territoire indien et géographie..... | 19 |
| 1. Les montagnes du Nord de l'Inde..... | 20 |
| 2. La plaine Indo-gangétique..... | 20 |
| 3. Le plateau du Dekkan..... | 21 |
| II. Le climat indien conditionne l'agriculture..... | 22 |
| 1. Les climats indiens..... | 22 |
| 2. Le phénomène de mousson..... | 22 |
| 3. Les particularités de la mousson en Inde..... | 23 |
| III. L'Union indienne, une république fédérale..... | 25 |
| 1. La géographie administrative de l'Inde..... | 25 |
| 2. Le gouvernement fédéral indien..... | 25 |
| IV. Diversité de la population indienne..... | 27 |
| 1. La population indienne..... | 27 |
| a. Castes et groupes ethniques..... | 28 |
| b. Groupes religieux..... | 29 |
| 2. Les habitudes alimentaires des indiens..... | 30 |
| V. L'agriculture en Inde..... | 31 |
| 1. Généralités sur l'agriculture indienne..... | 31 |
| 2. Les exploitations agricoles en Inde..... | 31 |
| 3. Les productions agricoles..... | 33 |
| 4. L'évolution du système agricole et son état actuel..... | 33 |
| VI. Services vétérinaires indiens..... | 34 |
| 1. Le maillage vétérinaire indien..... | 34 |
| 2. L'organisation des services vétérinaires..... | 35 |
| 3. Les capacités des services vétérinaires indiens..... | 37 |
| Partie 2..... | 40 |
| Les bovins en Inde : zoogéographie..... | 40 |
| I. Démographies bovines : cheptel et répartition..... | 40 |

| | | |
|--------------------------|---|----|
| 1. | Les bovins | 40 |
| a. | Classification des bovins..... | 40 |
| b. | Les bovins domestiques en Inde : Bos indicus et Bos taurus, Bubalus bubalis et autres espèces | 43 |
| 2. | Le cheptel bovin indien | 43 |
| II. | L'Élevage bovin en Inde | 45 |
| 1. | Des élevages indiens nombreux et petits..... | 45 |
| 2. | La répartition des élevages sur le territoire indien | 46 |
| 3. | L'alimentation des vaches indiennes | 47 |
| III. | Le lait en Inde | 47 |
| 1. | La production laitière | 47 |
| 2. | La Révolution Blanche, un tournant dans la production laitière indienne | 48 |
| a. | Définition de la Révolution Blanche | 48 |
| b. | Le modèle coopératif dans l'industrie laitière indienne | 48 |
| c. | Les perspectives du système coopératif laitier indien | 49 |
| 3. | La distribution du lait en Inde | 50 |
| IV. | Filière de la viande bovine en Inde..... | 51 |
| 1. | Les caractéristiques du secteur viande en Inde | 51 |
| 2. | La production de viande bovine indienne..... | 51 |
| 3. | Les débouchés de la filière viande en Inde et à l'étranger..... | 52 |
| V. | Les Politiques d'abattage des bovins en Inde | 54 |
| 1. | Le statut historique et actuel des vaches en Inde..... | 54 |
| 2. | Le statut historique et actuel des buffles en Inde..... | 55 |
| 3. | Les lois sur l'abattage des bovins en Inde | 55 |
| 4. | L'abattage légal et l'abattage clandestin des bovins indiens | 57 |
| VI. | Devenir des bovins indiens..... | 58 |
| 1. | Différentes possibilités : gaushalas, abandon, abattage clandestin..... | 58 |
| 2. | Les vaches errantes en Inde | 59 |
| Partie 3 | | 61 |
| Zoonoses bovines en Inde | | 61 |
| I. | L'Inde : un bon candidat au développement des zoonoses | 61 |
| 1. | Les zoonoses : définition et importance | 61 |
| 2. | Les facteurs de risque vis-à-vis des zoonoses propres à l'Inde | 61 |
| 3. | Zoonoses bovines traitées dans ce travail..... | 64 |
| II. | Principales zoonoses impliquant les bovins et présentes en Inde | 65 |
| 1. | Les zoonoses bovines d'origine bactérienne présentes en Inde..... | 65 |

| | | |
|----|---|-----|
| a. | Brucellose | 65 |
| b. | Charbon | 73 |
| c. | Chlamydiose | 81 |
| d. | Fièvre Q | 85 |
| e. | Leptospirose | 90 |
| f. | Tuberculose | 97 |
| 2. | Les zoonoses virales affectant les bovins rencontrées en Inde | 104 |
| a. | Fièvre hémorragique Crimée-Congo | 104 |
| b. | Poxviroses..... | 110 |
| c. | Rage..... | 114 |
| 3. | Les zoonoses parasitaires et fongiques touchant les bovins présentes en Inde..... | 120 |
| a. | Echinococcose kystique ou hydatidose | 120 |
| b. | Taeniasis et cysticerose bovine | 127 |
| c. | Toxoplasmose..... | 131 |
| d. | Teigne | 136 |
| 4. | L'organisation de la surveillance sanitaire des maladies au niveau national..... | 141 |
| a. | Le système de surveillance des maladies chez les bovins | 141 |
| b. | Le système de surveillance des maladies chez les humains..... | 144 |
| | Conclusion | 147 |
| | Bibliographie..... | 149 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Carte des reliefs de l'Inde, l'altitude moyenne du pays est 620m. Source : Generic Mapping Tool, https://www.generic-mapping-tools.org/ | 20 |
| Figure 2 : Carte des grands ensembles topographiques qui composent l'Inde. D'après Generic Mapping Tool, https://www.generic-mapping-tools.org/ | 21 |
| Figure 3 : Représentation schématique du phénomène de mousson. Au-dessus de l'océan, les nuages se chargent d'eau avant d'être décalé vers le continent par les vents où ils s'élèvent sous l'effet des fortes températures, entraînant des précipitations importantes..... | 23 |
| Figure 4 : Carte des précipitations moyennes annuelles en Inde ; les flèches indiquent les vents dominant lors de la mousson du Sud-ouest. D'après Arun Ganesh (2006) « India annual rainfall map », https://commons.wikimedia.org/wiki/File:India_annual_rainfall_map.svg | 24 |
| Figure 5 : Etats et territoires de l'Union. Image libre de droit. Source : https://d-maps.com/carte.php?num_car=4182&lang=fr | 26 |
| Figure 6 : La densité de population en Inde en 2011. Source : Bertrand Lefebvre. La densité de population en Inde en 2011. India. 2016. (medihal-01564123)..... | 27 |
| Figure 7 : Les quatre Varna (respectivement les prêtres, les guerriers et dirigeants, les marchands et propriétaires terriens, et les travailleurs manuels) auxquelles s'ajoutent la catégorie des Intouchables. Traduit d'après « Caste system of Indus valley (Indian Caste System.jpg) » (2017). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indian_Caste_System.jpg | 28 |
| Figure 8 : Consommation de viande de bœuf (en kg par personne) annuelle en Inde. Source (Bruckert 2016).... | 30 |
| Figure 9 : Arbre phylogénétique simplifié des Bovidés. Réalisé par nos soins d'après (Schoch et al. 2020; Wilxon Don E., Reeder DeeAnn M. 2005) | 40 |
| Figure 10 : Les espèces du genre Bos vivants en Inde. Bos taurus taurus (A), Bos taurus indicus (B), Bos frontalis (C) et Bos grunniens (D). Source : « Cow Family », « boi zebu », « Indian Gaur from anaimalai hills (Indian Gaur from anaimalai hills JEG5290.jpg) », « Tibet-5812 - Yak at Yundrok Yumtso Lake » ; www.flickr.com | 41 |
| Figure 11 : Bubalus bubalis est une espèce de boviné très présente et utilisée en Inde. Source : https://www.flickr.com/photos/berniedup/27880192560 | 42 |
| Figure 12 : Carte de la répartition des bovins en Inde (A : vaches ; B : buffles). Réalisée par nos soins d'après (20th Livestock Census 2019). | 44 |
| Figure 13 : Carte de la répartition des exploitations agricoles par kilomètre carré en Inde. Réalisée par nos soins d'après (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020)..... | 46 |
| Figure 14 : Carte de la législation relative à l'abattage des bovins en Inde (2015). Source (Bruckert 2018) | 57 |
| Figure 15 : Carte représentant les cas de charbon recensés par le système de surveillance national (NADRES). Réalisée par nos soins d'après https://nivedi.res.in/Nadres_v2/yearwise.php | 79 |
| Figure 16 : Répartition des cas de leptospirose chez les bovins déclarés par état en Inde. Réalisée par nos soins d'après (Srivastava 2008; Alamuri et al. 2019; Balamurugan et al. 2018). | 94 |

| | |
|--|-----|
| <i>Figure 17 : Estimation des prévalences de tuberculose bovine par état. Réalisée par nos soins d'après (Srinivasan et al. 2018).</i> | 101 |
| <i>Figure 18 : Distribution géographique mondiale de la fièvre hémorragique Crimée-Congo. Source : https://www.who.int/health-topics/crimean-congo-haemorrhagic-fever#tab=tab_1</i> | 107 |
| <i>Figure 19 : Estimation du taux de mortalité et du nombre de décès dus à la rage par état en 2005. Traduit d'après (Suraweera et al. 2012)</i> | 117 |
| <i>Figure 20 : Répartition mondiale d'Echinococcus granulosus chez les principaux hôtes interstitiels (exceptés E. canadensis et E. equinus). D'après (Deplazes et al. 2017)</i> | 121 |
| <i>Figure 21 : Cycle biologique d'Echinococcus granulosus. Adapté du CDC.</i> | 123 |
| <i>Figure 22 : Cycle biologique de Taenia saginata. Adapté du CDC.</i> | 127 |
| <i>Figure 23 : Estimation des prévalences de Taenia saginata chez l'Homme en Asie. En Inde, on observe une prévalence comprise entre trois et quatre pour cent. Source (Eichenberger et al. 2020).</i> | 129 |
| <i>Figure 24 : Cycle biologique de Toxoplasma gondii. Adapté du CDC.</i> | 132 |
| <i>Figure 25 : Localisations de la teigne chez l'Homme. Créé avec BioRender.com.</i> | 138 |
| <i>Figure 26 : Distribution géographique des cas de teigne rapportés dans la littérature entre 1939 et 2021. D'après (Kumar et al. 2023).</i> | 139 |
| <i>Figure 27 : Schéma organisationnel des différents acteurs impliqués dans la surveillance des maladies animales en Inde. D'après (Rahman 2015; Chethan K. et al. 2021).</i> | 143 |
| <i>Figure 28 : liste des maladies concernant les bovins devant faire l'objet d'une déclaration aux autorités ; les affections pouvant toucher les humains sont surlignés. D'après (Ministry of Law and Justice 2009).</i> | 144 |

Liste des tableaux

| | |
|--|------------|
| <i>Tableau 1 : Classification des exploitations agricoles en fonction de leur surface. D'après (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020)</i> | <i>32</i> |
| <i>Tableau 2 : Répartition des exploitations agricoles indiennes selon leur taille. D'après (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020)</i> | <i>32</i> |
| <i>Tableau 3 : Présentation de certains facteurs de risque pouvant favoriser l'apparition, la transmission ou le maintien de maladies zoonotiques en Inde.....</i> | <i>63</i> |
| <i>Tableau 4 : Quantité de Leptospira excrétée par mL d'urine et par jour. Source (Barragan et al. 2017)</i> | <i>92</i> |
| <i>Tableau 5 : Pourcentages de bovins possédant des anticorps (IgG) anti-CCHFV pour 23 états indiens. D'après (Mourya et al. 2015)</i> | <i>108</i> |
| <i>Tableau 6 : Espèces d'Echinococcus granulosus, génotypes associés et hôtes de prédilection. D'après (Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011)</i> | <i>120</i> |
| <i>Tableau 7 : Prévalences de kystes hydatiques chez les bovins dans différentes régions de l'Inde. D'après (Pednekar et al. 2009)</i> | <i>125</i> |
| <i>Tableau 8 : Espèces d'importance médicales zoonotiques (Z) et anthropophiles (A) des genres Trichophyton et Microsporum.....</i> | <i>136</i> |
| <i>Tableau 9 : Liste des affections soumises à surveillance en Inde ; pour les maladies entre parenthèses, la confirmation de laboratoire doit être signalée, pour les autres, toute suspicion doit être signalée.....</i> | <i>145</i> |

Liste des abréviations

- AMUL** Anand Milk Union Limited
- BCG** Bacille de Calmette et Guérin
- BJP** Bharatiya Janata Party
- BPXV** Buffalopoxvirus
- CCHF** Crimean Congo Haemorrhagic Fever / Fièvre hémorragique Crimée-Congo
- CCHFV** Crimean Congo Haemorrhagic Fever Virus
- CIRAD** Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
- COVID** Coronavirus Disease
- FAO** Food and Agriculture Organisation
- IA** Insémination Artificielle
- NADRES** National Animal Disease Referral Expert System
- NCDC** National Centre for Disease Control
- NDDB** National Dairy Development Board
- OMS** Organisation Mondiale de la Santé
- OMSA** Organisation Mondiale de la Santé Animale
- ONG** Organisation Non Gouvernementale
- ONU** Organisation des Nations Unies
- PAIR** Ponction – Aspiration – Injection - Réaspiration
- PCPXV** Pseudocowpoxvirus
- PCR** Polymerase Chain Reaction
- PIB** Produit Intérieur Brut
- SIDA** Syndrome d'ImmunoDéficiency Acquis
- TB** Tuberculose
- TEC** Tonnes Equivalent Carcasse
- USD** Dollar américain
- VCI** Veterinary Council of India

INTRODUCTION

Les vaches sacrées de l'Inde sont connues dans le monde entier et chacun a en tête l'image des vaches indiennes déambulant ou se reposant dans les rues d'une grande ville, aucunement gênées par la circulation. Le pays possède en effet le plus grand cheptel au monde, avec presque 300 millions de bovins, et les vaches y sont considérées comme sacrées par les 80% d'Hindous que compte l'Inde (Da Lage 2022). Le pays compte également près de 65% de populations rurales, souvent composées d'agriculteurs, et pour une vaste majorité d'entre eux, l'élevage, et notamment celui des bovins, constitue une source de revenu supplémentaire, quand elle n'en est pas la source principale (Bouyssière, et al. 2015).

Les zoonoses sont les maladies naturellement transmissibles de l'animal à l'Homme et inversement (OMS 2020a). Près de 60% des maladies infectieuses actuelles des humains et une majorité des maladies infectieuses émergentes sont d'origine animale (Woolhouse, Gowtage-Sequeria 2005; Jones et al. 2008). Or, une grande partie de la population indienne est en contact fréquent avec les bovins soit par son travail soit via ses habitudes alimentaires ou des rituels religieux, il est donc pertinent de s'intéresser aux maladies que les bovins peuvent transmettre aux humains ; d'autant plus que, là où l'abattage des vaches malades est la mesure sanitaire utilisée dans de nombreux pays pour éradiquer certaines maladies ; elle est, bien que légale dans certains cas en Inde, rarement envisagée et appliquée (Central Government Act 1960).

Cette thèse bibliographique a pour objectif de décrire le contexte de l'élevage bovin en Inde et les principales zoonoses bovines que l'on y trouve, ainsi que les limites à la maîtrise d'infections bovines pouvant être à l'origine de zoonoses. Les limites décrites ici, sont de deux types (1) les pratiques d'élevage et (2) les croyances collectives avec, en particulier, le refus d'abattre les vaches et la gestion des cadavres bovins.

Afin de répondre à ces objectifs, une revue de la littérature a été réalisée à partir des mots clés relatifs à l'agriculture, l'élevage (*e.g. agricultural census, agricultur*, animal husbandry, cows/cattle/buffaloes et India*) et aux zoonoses (*e.g. zoonoses, zoonotic disease, veterinary services...*), à partir des moteurs de recherche Pubmed et Google Scholar. L'ensemble des références ont été organisées selon trois parties. La première

visé à présenter l'Inde ainsi que le secteur agricole indien et son organisation. La deuxième partie vise à décrire les différentes filières de l'élevage bovin et leurs productions, ainsi que la gestion vétérinaire du cheptel bovin indien. La troisième partie vise à présenter certaines infections bovines causées par des agents zoonotiques en Inde.

Ces éléments sont nécessaires à la compréhension des conditions d'exposition des humains et des dispositifs de surveillance des infections bovines à l'origine de zoonoses. La discussion de ce travail adressera l'intérêt de renforcer la surveillance basée sur le risque d'infection zoonotique au sein des populations bovines.

PARTIE 1

L'INDE, UN ETAT CONTINENT Tourné VERS L'AGRICULTURE

Nous commençons ici par présenter l'Inde. D'une part, le contexte géographique et climatique peut en effet expliquer la présence de certains agents pathogènes ou vecteurs, les aires de répartition de ces derniers ainsi que leurs capacités de survie dans un milieu étant à relier avec ses conditions environnementales. D'autre part, les données démographiques et socio-culturelles (répartition de la population, pauvreté, religions, habitudes alimentaires) permettent de comprendre l'importance de l'exposition des populations (et la part de la population exposée à un danger) à ces mêmes agents pathogènes, par leur travail/leur habitat ou via leurs habitudes culturelles.

I. Territoire indien et géographie

L'Inde est un pays de presque 3.3 millions de km² (3.287 millions de km²) (Da Lage 2022), soit environ la taille de l'Europe ou six fois la France. C'est un territoire varié, tant sur le plan topographique et climatique qu'au niveau socio-culturel.

La majorité du territoire est constituée de moyennes montagnes, plateaux ou plaines (*Fig.1*) (Simon S. 2016). Le territoire peut être divisé en trois ensembles géographiques (*Fig. 2*) (Landy, Varrel 2015; Bernard, A. et al. 2023a).

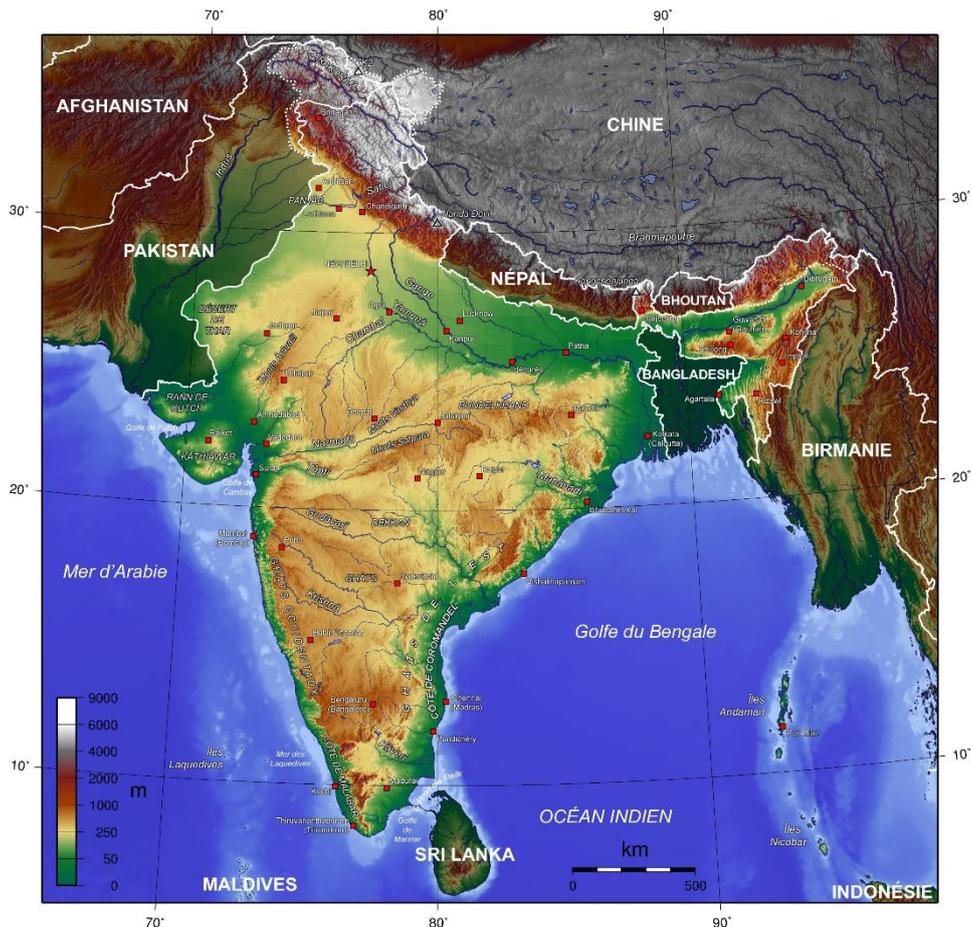


Figure 1 : Carte des reliefs de l'Inde, l'altitude moyenne du pays est 620m. Source : Generic Mapping Tool, <https://www.generic-mapping-tools.org/>

1. Les montagnes du Nord de l'Inde

On trouve la chaîne de l'Himalaya au nord / nord-Ouest du pays, de l'état de Jammu et Cachemire à l'Arunachal Pradesh, soit 2300km de long sur 350km de large (Landy, Varrel 2015) ; elle forme la frontière avec la Chine et le Népal. Plus à l'est, une vaste chaîne de montagne, le Patkai, constitue la frontière avec la Birmanie (Myanmar).

2. La plaine Indo-gangétique

Elle correspond aux bassins versant de plusieurs fleuves : le Gange, l'Indus et le Brahmapoutre, ainsi que de leurs affluents et s'étend du Pakistan à l'ouest au Bangladesh à l'est. Elle est située aux pieds de l'Himalaya, parallèlement à elle. Elle couvre plusieurs états du nord : Assam; Bihar; Goa; Gujarat; Haryana; Jharkhand ;

Madhya Pradesh (moitié Nord) ; Meghalaya ; Pendjab (moitié Sud) ; Rajasthan ; Uttar Pradesh et Bengale occidental.

C'est une des plus grandes zones d'agriculture intensive au monde, avec des cultures de riz, blé, maïs, canne à sucre et coton notamment. Elle est très densément peuplée. Alors que l'est possède un climat humide, on trouve à l'ouest le désert du Thar qui couvre en partie plusieurs états, le Rajasthan, le Pendjab, l'Haryana et le Gujarat.

3. Le plateau du Dekkan

Il couvre la plupart du territoire, avec une superficie de 1.9 millions de km² et une altitude moyenne de 300 à 600 mètres. Il est bordé de part et d'autre par les Ghâts orientaux et occidentaux, simples collines sur la côte est – avec une altitude moyenne de 700m – mais véritable barrière sur la côte ouest – altitude moyenne 1200m et sommets jusqu'à 2695m – jouant un rôle important dans la mousson ; et au nord par le massif du Vindhya. Il est largement couvert de forêts. On y trouve également de nombreuses ressources minières (Simon S. 2016; Landy, Varrel 2015).

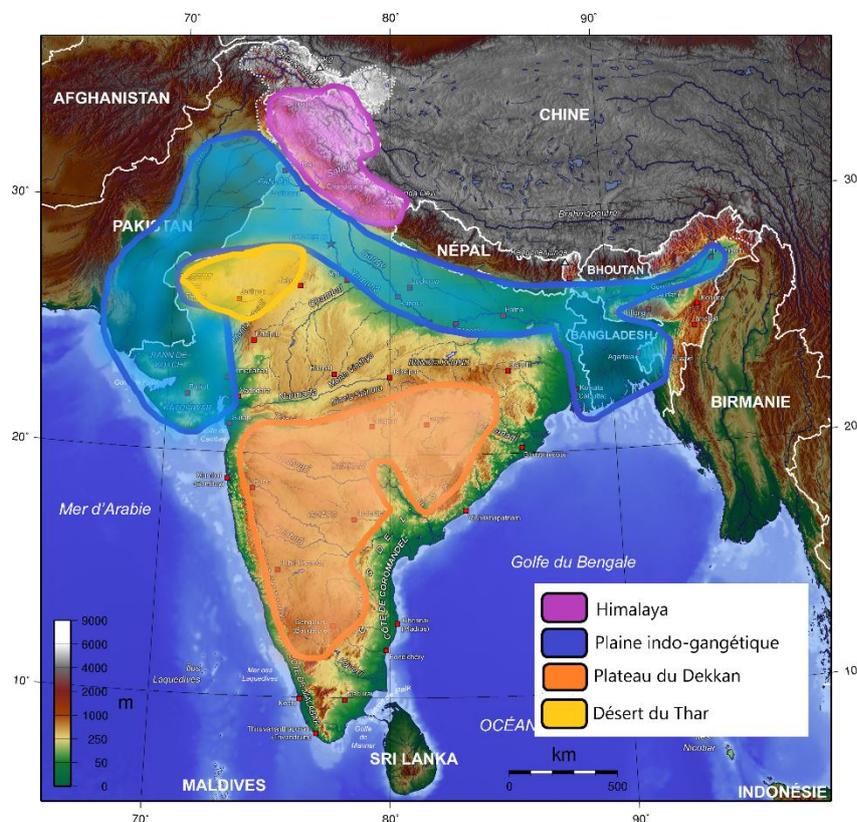


Figure 2 : Carte des grands ensembles topographiques qui composent l'Inde. D'après Generic Mapping Tool, <https://www.generic-mapping-tools.org/>

II. Le climat indien conditionne l'agriculture

1. Les climats indiens

En raison de la taille du pays et de sa topographie variée, on peut diviser l'Inde en trois zones climatiques (Landy, Varrel 2015; Bernard, A. et al. 2023b). En effet, bien qu'une large partie du territoire ne soit pas située dans la zone tropicale entre l'Equateur et le Tropique du Cancer, la barrière formée par l'Himalaya protège le pays des vents froids venant du nord et quasiment tout le pays présente un climat tropical ou subtropical.

Le sud du pays possède un climat tropical, relativement chaud et humide ; le nord-est reste humide mais avec des températures plus fraîches, cela correspond à un climat continental à subtropical ; enfin, le nord-ouest offre un climat de montagne, dans les zones de hautes altitudes, avec certaines régions enneigées toute l'année. Par ailleurs, dans le désert du Thar, en majorité situé sur le Rajasthan, on trouve un climat désertique chaud.

L'année peut être divisée en trois « saisons » : la saison des pluies ou mousson, de juin à septembre (avec des variations selon les zones) ; l'hiver, plutôt sec, entre octobre et janvier ; et l'été, entre février et mai, ou période de pré-mousson, caractérisée par de fortes chaleurs (Landy, Varrel 2015; Bernard, A. et al. 2023b; Hufty A. 2001).

2. Le phénomène de mousson

La mousson correspond à un phénomène de vents persistants soufflant au-dessus des zones intertropicales et subissant un renversement de direction au cours de l'année, *ie* soufflant d'abord de l'océan vers l'intérieur des terres puis du continent vers l'océan (Landy, Varrel 2015; Bernard, A. et al. 2023a; MCD 2015) (*fig. 3*).

On retrouve ce phénomène de renversement des vents en Inde évidemment mais aussi en Afrique ou en Australie (Landy, Varrel 2015).

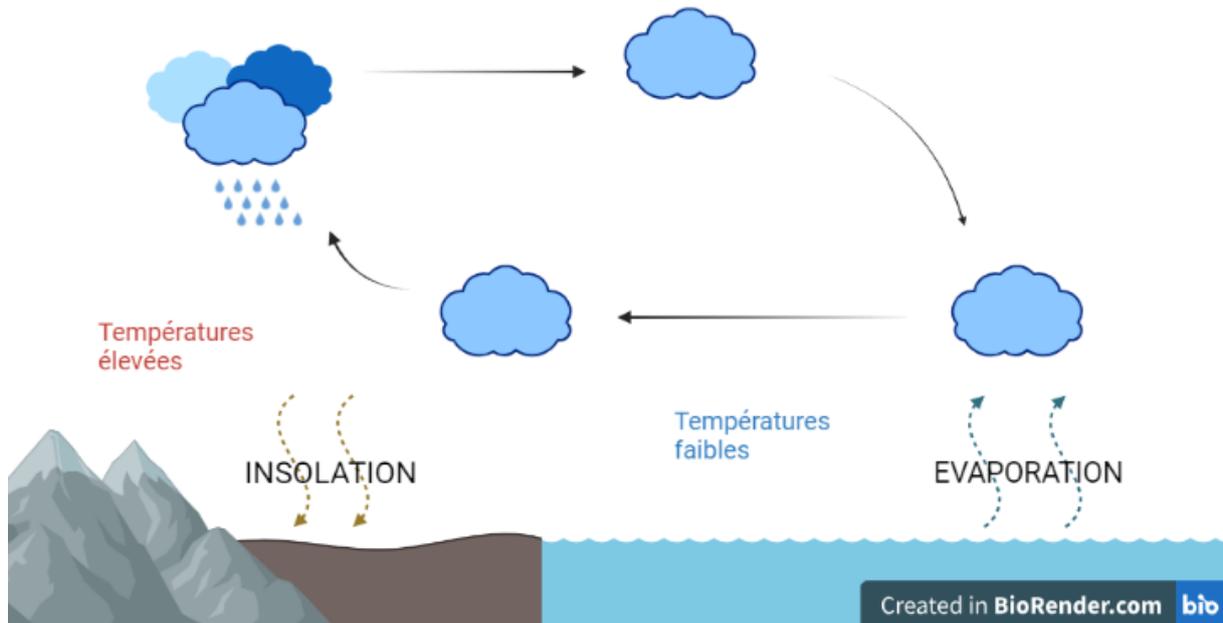


Figure 3 : Représentation schématique du phénomène de mousson. Au-dessus de l'océan, les nuages se chargent d'eau avant d'être décalé vers le continent où ils s'élèvent sous l'effet des fortes températures, entraînant des précipitations importantes.

3. Les particularités de la mousson en Inde

L'Asie du Sud-est est l'endroit du globe où le phénomène de moussons est le plus important (MCD 2015).

On observe sur l'Inde deux épisodes de mousson.

Le premier et plus important, appelé mousson d'été ou mousson du sud-ouest (Fig. 4), débute entre mars et juin selon la zone et dure jusqu'à septembre-novembre. Les températures augmentent dès février-mars au début de l'été. La masse de vents provenant de l'océan est attirée vers les terres et décalée vers la droite sous l'effet des alizés. La masse d'air froid se divise en deux, formant les deux branches de la mousson d'été ; la branche des Ghâts occidentaux remonte le long de la côte occidentale jusqu'au Pakistan ; la deuxième branche remonte dans le Golfe du Bengale et atteint l'Assam et le Delta du Gange avant d'être déviée vers l'ouest et d'arroser toute la plaine du Gange jusqu'au Pendjab.

Le deuxième épisode, mousson d'hiver ou du nord-ouest, débute vers décembre et est dû au refroidissement du continent. La mousson du nord-ouest suit le trajet inverse de la deuxième branche de la mousson d'été et arrose principalement le sud-est du pays. Elle est cependant moins importante en termes de précipitations. Elle est renforcée par les vents froids provenant d'Asie du Nord et passant au-dessus du

Tibet (Landy, Varrel 2015; La mousson, une saison vitale pour l'Inde - site internet 2021).

Les zones avec plus de 2500 mm de précipitations se situent dans les Ghâts occidentaux et dans l'est de l'Himalaya (Landy, Varrel 2015). En effet, ce sont des zones plus élevées donc les masses d'air chaud montent plus et se chargent plus en humidité, résultant en des précipitations maximales.

La mousson d'été constitue la source d'eau principale pour le pays, elle représente 80% des précipitations annuelles (La mousson, une saison vitale pour l'Inde - site internet 2021). Elle conditionne donc largement le type et le calendrier des cultures.

En raison des fortes quantités d'eau qui tombent en peu de temps, la mousson entraîne régulièrement des inondations et glissements de terrains faisant plusieurs centaines de morts chaque année. En revanche, une mousson trop faible peut aussi être délétère, causant des sécheresses et des pertes de récoltes (AFP 2023; Heuzebroc 2018; 20minutes 2021).

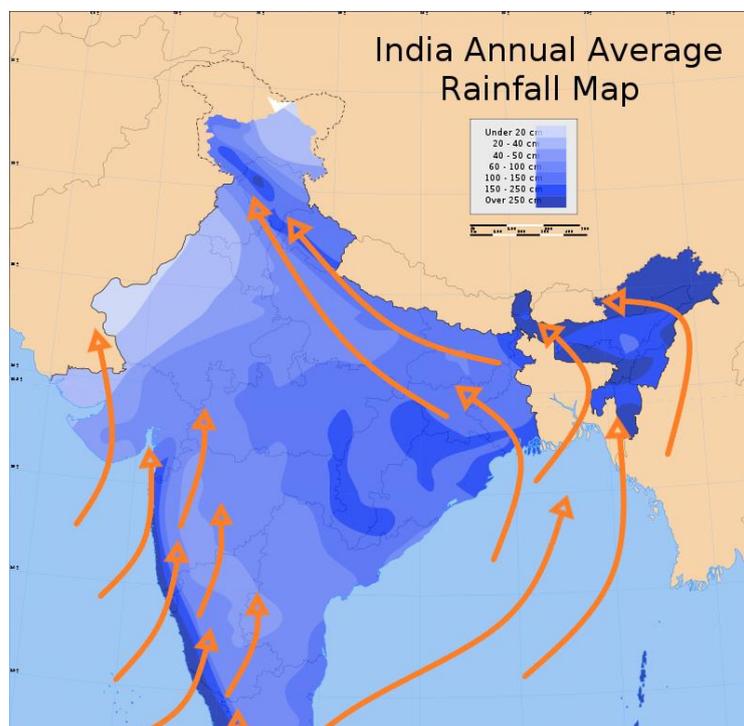


Figure 4 : Carte des précipitations moyennes annuelles en Inde ; les flèches indiquent les vents dominant lors de la mousson du Sud-ouest. D'après Arun Ganesh (2006) « India annual rainfall map », https://commons.wikimedia.org/wiki/File:India_annual_rainfall_map.svg

III. L'Union indienne, une république fédérale

1. La géographie administrative de l'Inde

L'Inde, ou l'Union indienne, est une république fédérale.

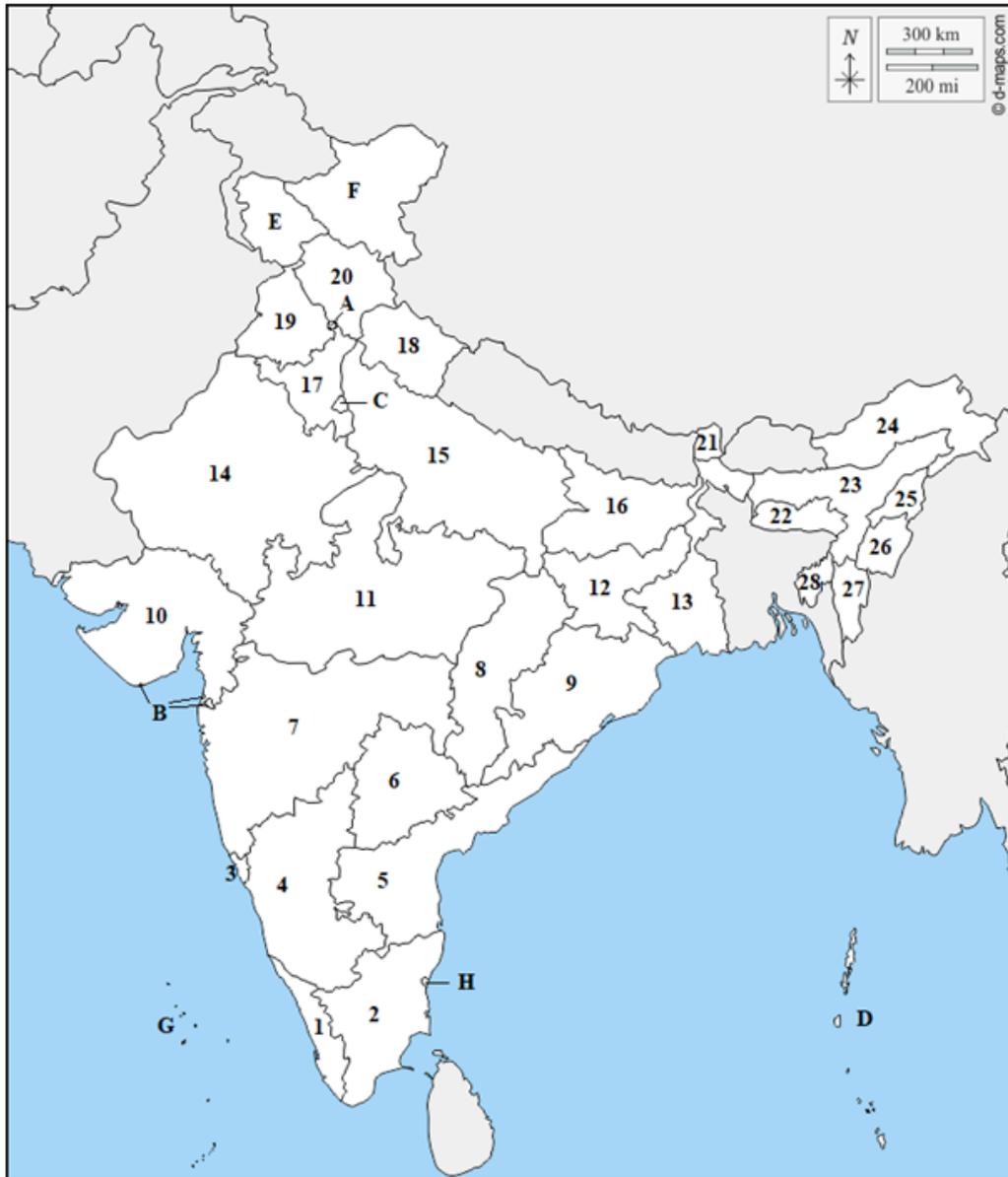
Elle est composée de 28 états fédérés (*Fig. 5*) qui disposent de leurs propres institutions et dirigeants élus au niveau régional ainsi que de leurs propres lois dans certains domaines (ordre public, éducation, santé, agriculture, industrie... (Landy, Varrel 2015)).

On compte également huit territoires de l'Union, directement gérés par le gouvernement central.

2. Le gouvernement fédéral indien

Depuis 2014, le premier ministre de l'Inde est Narendra Modi. Son parti, le Bharatiya Janata Party (BJP) est un parti nationaliste hindou qui gouverne aujourd'hui 14 états sur 28 (Humbert 2023).

Sous le gouvernement du BJP, la politique de protection des bovins s'est renforcée. Une « Commission de la Vache » a été créée, elle a pour objectif de faire appliquer les mesures de protection et de bien-être des bovins, ainsi que de valoriser les déjections bovines (notamment dans la construction et l'homéopathie) avec un budget de 60 millions d'euros en 2019 (Buczinski, et al. 2020). Il y a également eu un durcissement des lois sur l'abattage : le transport de bovins pour abattage peut être puni de jusqu'à 10 ans de prison au Gujarat (Express News Service 2015). Régulièrement, des personnes soupçonnées de consommer de la viande de bœuf, ou juste de transporter des bovins pour abattage sont tuées par des nationalistes hindous. Le premier ministre est resté longtemps sans condamner ces agissements (Le Point 2017; Desquesnes 2016).



- | | | | |
|--|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Kerala | 8. Chhattisgarh | 15. Uttar Pradesh | 22. Meghalaya |
| 2. Tamil Nadu | 9. Orissa | 16. Bihar | 23. Assam |
| 3. Goa | 10. Gujarat | 17. Haryana | 24. Arunachal Pradesh |
| 4. Karnataka | 11. Madhya Pradesh | 18. Uttarakhand | 25. Nagaland |
| 5. Andhra Pradesh | 12. Jharkhand | 19. Pendjab | 26. Manipur |
| 6. Telangana | 13. Bengale occidental | 20. Himachal Pradesh | 27. Mizoram |
| 7. Maharastra | 14. Rajasthan | 21. Sikkim | 28. Tripura |
| A. Chandigarh | C. Delhi | E. Jammu et Cachemire | G. Lakshadweep |
| B. Dadra et Nagar Haveli et Daman et Diu | D. îles Andaman et Nicobar | F. Ladakh | H. Pondichéry |

Figure 5 : Etats et territoires de l'Union. Image libre de droit. Source : https://d-maps.com/carte.php?num_car=4182&lang=fr

IV. Diversité de la population indienne

1. La population indienne

L'Inde compte environ 1.42 milliard d'habitants en 2022 (Da Lage 2022), ce qui en fait désormais le pays le plus peuplé au monde selon les données de la Banque Mondiale.

La majorité de la population se trouve sur la plaine du Gange et les littoraux, la densité de population dans ces zones atteint plus de 500 habitants au km² (Fig. 6) ; alors que dans l'Himalaya, le désert du Thar et le centre du plateau du Dekkan on trouve moins de 50 habitants par km² (Durand-Dastès 2015). La densité de population moyenne est de 464 habitants au km² (Da Lage 2022).

La densité de population en Inde - 2011

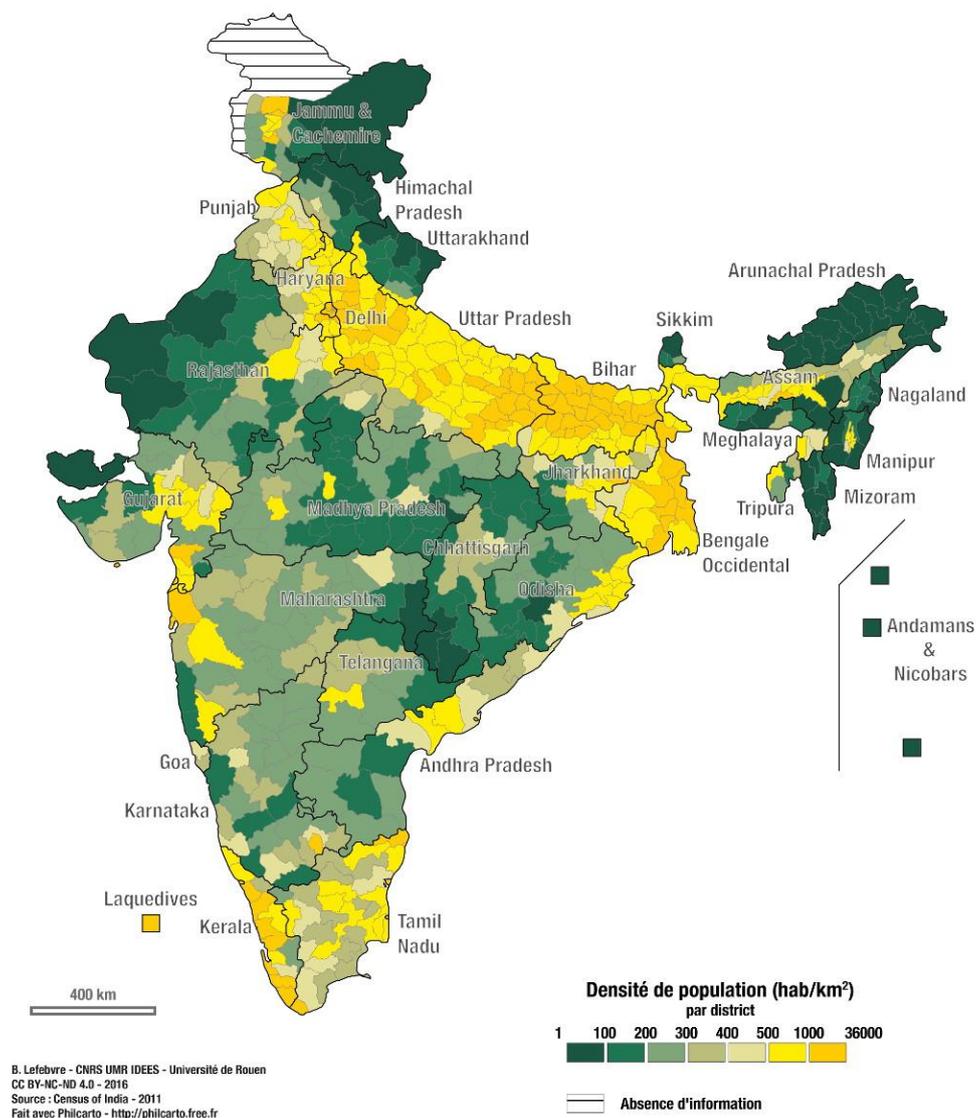


Figure 6 : La densité de population en Inde en 2011. Source : Bertrand Lefebvre. La densité de population en Inde en 2011. India. 2016. (medihal-01564123)

En 2021, 35.4% de la population vit en zone urbaine, et donc 64.6% en zone rurale (FAO 2021).

En 2010, un tiers de la population vivait sous le seuil de pauvreté (Dorin, Aubron 2016). En 2022, ce sont encore dix pour cent de la population qui vivent avec moins de 1.90 dollars par jour. Le taux d'alphabétisation est de 74% en 2018 (*Inde | Data 2022*).

a. Castes et groupes ethniques

Les castes constituent d'après la définition du Larousse « un groupe social endogame ayant le plus souvent une profession héréditaire et qui occupe un rang déterminé dans la hiérarchie d'une société ». Ce système de hiérarchisation remonterait à plus de 3000 ans et son usage est inscrit dans le Manusmriti (« lois de Manu »), un des textes de lois de l'hindouisme datant du début de notre ère (*Tout savoir sur les castes et leur fonctionnement en Inde 2020*).

Les castes principales (ou *varna*) sont au nombre de quatre (*Fig. 7*) auxquelles s'ajoutent la catégorie des Intouchables, ou Dalits, qui sont hors castes.

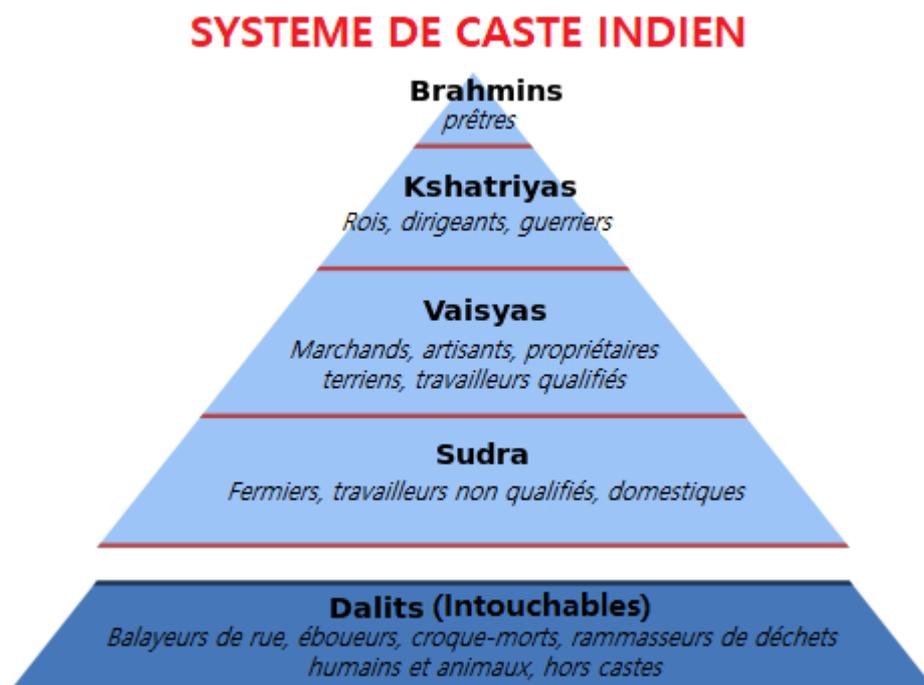


Figure 7 : Les quatre Varna (respectivement les prêtres, les guerriers et dirigeants, les marchands et propriétaires terriens, et les travailleurs manuels) auxquelles s'ajoutent la catégorie des Intouchables.

Traduit d'après « Caste system of Indus valley (Indian Caste System.jpg) » (2017).

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Indian_Caste_System.jpg

Cependant, il existe bien plus de sous-castes, ou *jâti*, au moins 5 000, qui structurent la société indienne. Celles-ci étaient à l'origine basées sur l'origine géographique, la langue, la religion et la profession, par exemples, les *gujjars* sont une caste de laitiers, les *ahir* une caste de bouviers et les *mahar* une caste originaire du Maharashtra (Tabarly 2007; Delière 2017).

Ces castes ont pendant longtemps régi la vie sociale, sans contact entre les hautes et basses castes. Cependant, depuis 1950, toute discrimination sur la base de la caste est interdite par la Constitution indienne. En revanche, une discrimination positive est appliquée à l'encontre des castes les plus basses afin de leur assurer un certain nombre de postes dans les emplois publics. Ceci entraîne de fortes tensions entre castes, certaines s'estimant lésées et souhaitant elles-aussi bénéficier de ces avantages (Tabarly 2007; BBC 2020).

Aujourd'hui, les hautes castes représentent 16 à 18% de la population, les dalits (« *scheduled castes* ») 16.2%, les autres classes inférieures (« *scheduled tribes* », regroupant les différentes populations tribales) 8.2% et les castes intermédiaires plus de 50% de la population (Tabarly 2007).

De nos jours, ce système de hiérarchie est toujours bien présent. Les mariages se font très souvent au sein d'une même caste, les états ruraux restent très conservateurs (les dalits doivent par exemple utiliser un puits différent du reste de la population), et les grands groupes sont majoritairement détenus par des castes marchandes. Le nord est globalement plus conservateur que les états du sud où le système de caste est moins flagrant. Il tend également à s'estomper en milieu urbain. Ainsi, des membres des castes inférieures peuvent accéder à des emplois qualifiés et avoir sous leurs ordres des représentants de castes supérieures (Tabarly 2007; BBC 2020).

b. Groupes religieux

De nombreuses religions sont présentes en Inde. L'hindouisme est largement majoritaire, puisque 80.4% des indiens sont hindous. Les deux autres groupes religieux importants en Inde sont les musulmans, qui représentent 13.4% de la population et les chrétiens, qui regroupent 2.3% de la population. Plusieurs autres

religions sont présentes en nombre plus faible (3.5%) ; on trouve des sikhs, des jainistes, des bouddhistes... (Leclerc, J. 2017)

2. Les habitudes alimentaires des indiens

Dans l’imaginaire collectif, l’Inde est un pays végétarien. Les indiens ont une consommation moyenne de quatre à cinq kilogrammes de viande par personne et par an (*Fig. 8*) (Bouyssière, et al. 2015). Comparés aux 40 kilogrammes par personne et par an au niveau mondial, cela est en effet très peu.

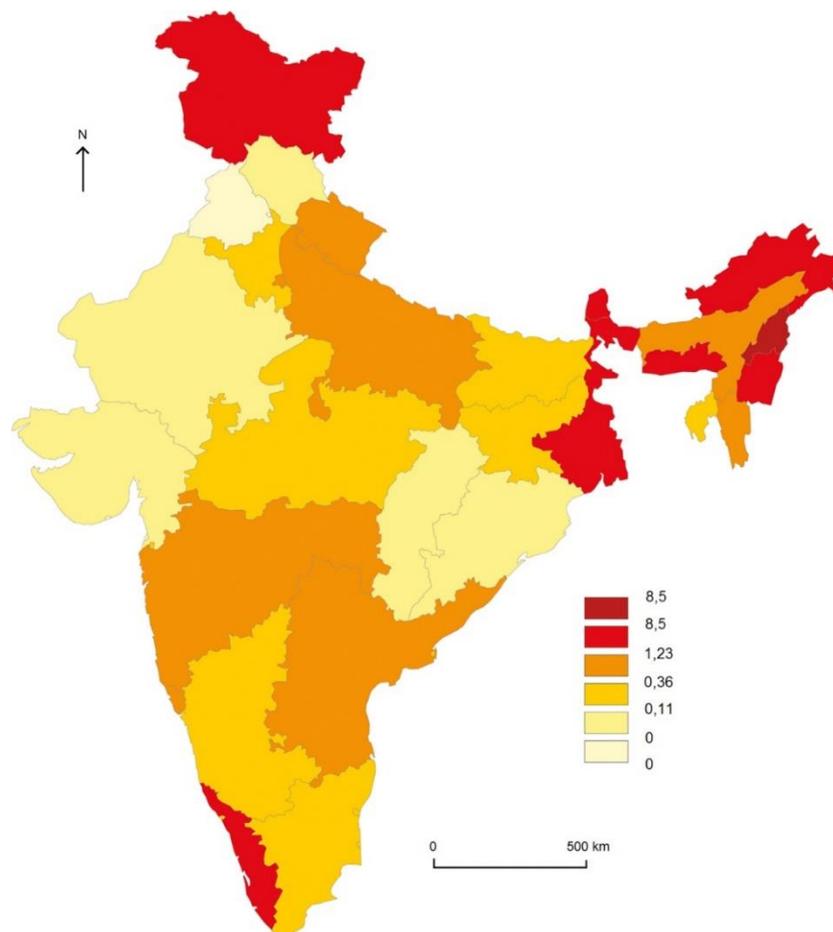


Figure 8 : Consommation de viande de bœuf (en kg par personne) annuelle en Inde.
Source (Bruckert 2016)

Cependant, seuls 40% de la population est végétarienne (Da Lage 2022), et une grande partie de la population consomme en fait de la viande. Seuls 44% des

hindous ne mangent pas du tout de viande tandis qu'un tiers d'entre eux évitent de consommer certaines viandes (Da Lage 2022).

Environ 15% de la population, soit tout de même 200 millions de personnes, consomme de la viande bovine ; ce sont principalement les populations non hindoues, chrétiens et musulmans, et les hindous de basse caste (Simoons 1994; Buczinski, et al. 2020). La consommation de viande bovine est inférieure à deux kilogrammes par personne et par an. En France, elle est de 24.1 kilogrammes par personnes et par an. Cependant, si l'on ramène la quantité de viande bovine consommée au nombre de personnes susceptibles d'en manger, on arrive à 11 kilogrammes de viande par personne et par an (Bouyssière, et al. 2015).

V. L'agriculture en Inde

1. Généralités sur l'agriculture indienne

L'agriculture représente 14% du PIB du pays, mais 55% de la population dépend de ce secteur (Dorin, Aubron 2016) ; elle concentre en effet 43% des emplois et jusqu'à 68% en zone rurale (FAO 2021).

Presque 60% des terres sont utilisées pour l'agriculture (*Inde | Data 2022*) (terres cultivées et pâturages) ; avec une surface cultivée de 1 790 450 km² dont 103 760 km² de prairies permanentes (FAO 2021). 112 239 km² sont utilisés temporairement comme pâtures et sur les 1 686 690 km² de cultures, un peu plus de 40% sont irrigués (FAO 2021).

2. Les exploitations agricoles en Inde

L'administration indienne définit les « operational holdings », ou exploitations agricoles, comme « toute terre utilisée partiellement ou en totalité pour la production agricole et gérée comme une seule unité technique par une personne seule ou avec d'autres, sans distinctions de titre, forme légale, taille ou localisation » (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020).

L'Inde comptait 71 millions d'exploitations agricoles en 1970 et, en 2015-2016, date du dernier recensement agricole, il y en avait 146.45 millions (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020). En parallèle de l'augmentation du nombre d'exploitations, on a observé une diminution de leur taille.

Ces exploitations sont classées en différentes catégories selon leur taille (*Tab. 1*).

Tableau 1 : Classification des exploitations agricoles en fonction de leur surface. D'après (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020)

| Exploitations | Catégories et taille (en ha) |
|----------------------|------------------------------|
| Marginale | 1. Inférieure à 0.5 |
| | 2. 0.5 – 1.00 |
| Petite | 3. 1.00 – 2.00 |
| Moyenne basse | 4. 2.00 – 3.00 |
| | 5. 3.00 – 4.00 |
| Moyenne haute | 6. 4.00 – 5.00 |
| | 7. 5.00 – 7.50 |
| | 8. 7.50 – 10.00 |
| Grande | 9. 10.00 – 20.00 |
| | 10. 20.00 et plus |

Le tableau 2 ci-dessous présente la répartition de ces exploitations.

Tableau 2 : Répartition des exploitations agricoles indiennes selon leur taille. D'après (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020)

| | Marginales | Petites | Moyenne basse | Moyenne haute | Grande |
|----------------------------|------------|---------|---------------|---------------|--------|
| Taille moyenne (ha) | 0.38 | 1.4 | 2.69 | 5.72 | 17.07 |
| pourcentage (%) | 68.5 | 17.5 | 9.6 | 3.8 | 0.6 |

La taille moyenne des fermes est en constante diminution depuis les années 1970 (premier recensement agricole) ; elle est passée de 2.28 ha en 1970 à 1.08 ha en 2015 (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020). En 2003, 40% des ménages ruraux n'avaient pas de terres du tout (Dorin, Aubron 2016).

3. Les productions agricoles

L'Inde est le plus gros producteur mondial de légumineuses (25% de la production mondiale) ainsi que le second producteur de riz, blé, canne à sucre, coton, arachide et fruits et légumes (FAO 2018).

Les productions principales du pays sont les céréales (riz, blé), les légumineuses (pois chiches, lentilles), les oléagineux (arachide, moutarde, colza, tournesol, soja) ainsi que le coton et le jute (Ministry of Agriculture & Farmers Welfare 2021).

Les états produisant le plus (toute production confondue) sont l'Uttar Pradesh, le Madhya Pradesh, le Pendjab, le Rajasthan et le Bengale occidental. Ils produisent à eux cinq plus de la moitié de la production indienne (Ministry of Agriculture & Farmers Welfare 2021).

4. L'évolution du système agricole et son état actuel

Dans les années 1970, la Révolution Verte marque un tournant dans l'agriculture. Elle passe par le développement de l'irrigation, l'utilisation d'engrais chimique et la sélection de variétés à haut rendement.

Aujourd'hui, les personnes travaillant dans le secteur de l'agriculture sont salariées (à l'année dans les élevages laitiers de plus de 12 têtes, ou le plus souvent saisonnier pour les cultures du riz par exemple) ou métayères. Le métayage constitue un système d'exploitation dans lequel un domaine rural est loué à un métayer qui le cultive pour une partie du produit (paiement en produits et non en loyer, comme pour un fermage). Il est souvent préféré car il offre la possibilité de cultiver des fourrages supplémentaires en bordures de champs ou le prêt de terres par le propriétaire (Dorin, Aubron 2016).

Si les paysans possédant plus de deux hectares de terre ont pu profiter de la Révolution Verte, ceux ayant moins de deux hectares (soit les deux tiers d'entre eux) ont des conditions de vie souvent précaires et font souvent face à un endettement important (Durand-Dastès 2015; Bhise, Behere 2016).

VI. Services vétérinaires indiens

1. Le maillage vétérinaire indien

L'Inde comptait, en 2018, 12 235 hôpitaux vétérinaires, 27 149 dispensaires et 25 858 centres d'aides (Weaver et al. 2018).

Les dispensaires sont des petites structures pouvant réaliser des examens cliniques, des chirurgies mineures (stérilisations, abcès, plaies...) ainsi que délivrer des médicaments ou réaliser des vaccinations ; ils n'ont pas la possibilité d'hospitaliser les animaux. Ils réalisent également du conseil auprès des éleveurs (alimentation, technologies de reproduction, soins...), collectent des informations pour le suivi épidémiologiques, le contrôle et la prévention des maladies ... ; ils sont gérés par des techniciens vétérinaires (Veterinary Council of India 2016; Weaver et al. 2018).

Les hôpitaux sont des structures gérées par au moins un vétérinaire, offrant des services de médecine ambulatoire mais ayant également des capacités d'hospitalisations. Ils offrent les mêmes services de base que les dispensaires mais disposent de plus d'équipements (analyses sanguines, échographies, radiographies) et peuvent réaliser des chirurgies plus importantes (Veterinary Council of India 2016).

Enfin, les centres d'aide regroupent les centres de stockage, et les locaux des techniciens vétérinaires (inséminateurs notamment).

En 2018, l'Inde comptait 24 547 vétérinaires enregistrés auprès du « Veterinary Council of India » (VCI), qui gère la régulation de la pratique vétérinaire et l'uniformisation de l'enseignement. Celui-ci est appliqué dans 55 universités vétérinaires (en 2022). Le nombre de vétérinaires par état est fixé par ce dernier ; avec en théorie un vétérinaire pour 5 000 bovins ; cependant, le manque de vétérinaires fait qu'ils gèrent en moyenne 11 600 bovins (Weaver et al. 2018).

Les techniciens (« paravets ») sont habilités à réaliser certains actes médicaux (« minor veterinary services »). Ce terme est mal défini par le VCI, mais il regroupe en général la vaccination, les castrations, les soins de plaies, inséminations artificielles et diagnostic de gestation (voire bilan/diagnostic d'infertilité sous la supervision d'un vétérinaire) mais aussi distribution de semences fourragères, contrôle laitier (Singh 2019). Ils sont plus nombreux que les vétérinaires (49 030 en 2018 (Weaver et al. 2018)) et interviennent souvent dans des villages n'ayant pas d'autres accès aux soins

vétérinaires. Cependant, leur formation est assez variable, de quelques semaines à quelques années, et les services qu'ils peuvent rendre sont donc fonction de cette formation.

2. L'organisation des services vétérinaires

Les services vétérinaires constituent un service public et sont gérés par les états sous la responsabilité du DADF (Department of Animal Husbandry, Dairying and Fisheries) du ministère de l'Agriculture. En effet, la gestion de la santé animale incombe aux gouvernements régionaux, alors que la coordination des informations et le contrôle des maladies animales sont gérés au niveau national ; enfin, la recherche et le diagnostic des maladies sont dévolus à l' « Indian Council of Agricultural Research » (ICAR) (Rahman 2015).

L'ICAR a formé trois instituts dévolus à la surveillance plus spécifique de certaines maladies (Rahman 2015):

- Le projet FMD : responsable du suivi et du contrôle de la fièvre aphteuse
- L'Institut NIVEDI (« National Institute for Veterinary Epidemiology and Disease Informatics ») : responsable de la surveillance des maladies du bétail ayant un impact économique majeur, avec le développement d'outil comme le NADRES (que nous présenterons plus précisément dans une autre partie), ou le développement de kits diagnostiques pour la brucellose, l'IBR ou encore la leptospirose
- Le NIHSAD (« National Institute of High Security Animal Disease ») : gère la surveillance des maladies exotiques, grâce notamment à des contrôles à l'introduction des animaux vivants dans le pays

Le DADF est également en charge de plusieurs éléments de la surveillance des maladies (Rahman 2015) :

- Un réseau de laboratoires de diagnostic, en collaboration avec l'ICAR : un laboratoire central et cinq laboratoires régionaux, en charge du traitement des chantillons collectés sur le terrain ; et des études sur les maladies émergentes dans le pays. Dans ce réseau performant de laboratoires de

diagnostic, certains sont reconnus au niveau international (Weaver et al. 2018).

- Le système NADRS (présenté plus loin) : collecte des suspicions et cas rapportés de maladies réglementées
- Quatre stations de quarantaine pour l'introduction des animaux, gérées par l'AQCS (« Animal Quarantine and Certification Service ») (Weaver et al. 2018)

L'Inde ne possède pas de service de santé publique vétérinaire à proprement parlé (Ghatak, Singh 2015). Certains éléments ont été développés à différents niveaux :

Au niveau national, le « National Committee on Zoonoses » est chargé de la coordination entre les institutions médicales et vétérinaires ainsi que de la priorisation des problèmes de santé publique. Certains états ont développé un comité sur les zoonoses à leur échelle, mais ce n'est pas le cas pour tous.

Les municipalités sont responsables de la gestion de l'inspection des viandes en abattoir. Cependant, cela ne concerne que les abattoirs enregistrés. De plus, le financement et les vétérinaires manquent souvent pour cette mission.

Enfin, les coopératives laitières jouent un rôle dans la santé publique vétérinaire en améliorant les pratiques d'hygiène de la filière laitière et la qualité sanitaire du lait qu'elles commercialisent.

Certaines instances internationales, l'OMS et la FAO notamment, jouent également un rôle dans la santé publique vétérinaire dans la région.

La surveillance des maladies repose donc principalement sur une surveillance passive impliquant les vétérinaires praticiens. Les propriétaires ou gérants d'animaux ont l'obligation de déclarer toute suspicion de cas de maladie réglementée auprès du vétérinaire praticien qui le fait remonter auprès d'un « officier vétérinaire », vétérinaire désigné par le DADF régional pour encadrer la gestion d'une suspicion de maladie réglementée. Celui-ci est responsable de la déclaration de suspicion/cas et des prélèvements et de l'envoi d'éventuels échantillons visant au diagnostic et à la confirmation ou l'infirmité de la suspicion. Les cas rapportés ou confirmés par les laboratoires de diagnostic sont collectés au niveau régional par le département de

l'élevage et de la pêche (DADF : « Department of Animal Husbandry, Dairying and Fisheries ») des gouvernements régionaux puis centralisés par le DADF national (Rahman 2015). Pour la gestion d'un cas de maladie réglementé, le directeur régional du service du DADF prend les mesures nécessaires : restrictions aux mouvements d'animaux, interdiction des rassemblements d'animaux, vaccination, euthanasie des animaux malades, coordination avec les états limitrophes...(Ministry of Law and Justice 2009)

Enfin, la sécurité sanitaire des aliments, notamment pour les denrées exportées – certification des abattoirs et usines productrices de denrées alimentaires d'origine animale, inspection des animaux et viandes en abattoir – est sous la responsabilité de plusieurs organismes, dont (Weaver et al. 2018) :

- l'AQCS (qui gère aussi l'introduction d'animaux sur le territoire) gère l'export d'animaux vivants et de certains produits animaux ;
- l'APEDA (« Agriculture & Processed Food Products & Export Development Authority ») accorde les certificats pour les abattoirs et usines produisant des denrées destinées à l'export, elle nomme les vétérinaires responsables des inspections en abattoirs dans chaque états ;
- l'EIC (« Indian Export Inspection Council ») réalise des contrôles dans les établissements certifiés par l'APEDA (notamment pour les normes d'hygiène, de bien être animal, de résidus de médicaments ou autres substances, ainsi que des contrôles des vétérinaires employés dans les abattoirs)

3. Les capacités des services vétérinaires indiens

L'Organisation Mondiale pour la Santé Animale (OMSA) juge les services vétérinaires indiens bien développés et compétents. Ils comptent suffisamment de vétérinaires pour gérer les services de base (soins aux animaux, conseils aux éleveurs, prophylaxies). Cependant, ils manquent de vétérinaires de terrains pour superviser les techniciens vétérinaires et autres personnels non vétérinaires, ainsi que pour effectuer une surveillance efficace des maladies. L'OMSA note également la présence de programmes de surveillance des maladies bien développés au niveau national mais à

la mise en place non uniforme dans les états (les territoires reculés, tribaux notamment étant moins bien surveillés) ainsi qu'un manque de tests diagnostiques de routine et pas assez d'études épidémiologiques après un cas rapporté de maladie sous surveillance (Weaver et al. 2018).

Les programmes d'éradication des maladies sont fortement dépendants de la vaccination, alors qu'il y a souvent un manque de disponibilité des vaccins ou des difficultés de stockage et d'approvisionnement (Dhand et al. 2021; Weaver et al. 2018). De plus, les autres moyens (hors réforme des animaux malades) sont peu développés : sensibilisation des populations, contrôle des mouvements d'animaux, amélioration des mesures de biosécurité, développement des inspections des viandes en abattoirs (la plupart des animaux étant abattus de façon informelle, dans de petits abattoirs mal équipés et sans contrôle vétérinaire). De plus, il n'existe pas de système de traçabilité des animaux et des produits d'origine animale (Weaver et al. 2018).

Par ailleurs, il y a peu de communications entre les ministères de la santé (humaine) et de la santé animale, notamment en ce qui concerne les informations sur les maladies zoonotiques, ainsi que sur la sécurité alimentaire. De plus, les états ne se coordonnent pas sur les programmes de contrôle des maladies (rage, brucellose, charbon...) et certaines maladies ne bénéficient pas de programme de contrôle national (Weaver et al. 2018).

Ces défauts rendent plus difficiles la surveillance et l'éradication des maladies, et facilitent la circulation des agents pathogènes dans le bétail et chez les populations.

⇒ Cette première partie nous a permis de mettre en exergue le caractère multiple de l'Inde, tant d'un point de vue climatique que culturel. Le climat influence fortement la présence des agents pathogènes ou des vecteurs de ceux-ci. Connaître la géographie, la topographie et le climat de l'Inde nous permet de nous rendre compte que la répartition des maladies ne sera pas homogène sur tout le territoire.

De la même façon, la diversité de la population – la caste d'appartenance, la religion et les habitudes alimentaires – explique que toutes les personnes ne présenteront pas le même risque vis-à-vis des maladies infectieuses des bovins, en raison de métiers différents, d'habitudes vis-à-vis des bovins variées, de lieu d'habitat ou de statut économique divers pouvant influencer la proximité et les contacts avec ces animaux, et donc potentiellement, la transmission de maladies infectieuses à partir des bovins.

Le maillage vétérinaire bien développé en Inde et structuré depuis les villages jusqu'au gouvernement central est un prérequis pour une surveillance efficace des maladies infectieuses des bovins.

PARTIE 2

LES BOVINS EN INDE : ZOOGEOGRAPHIE

Cette partie nous permet de présenter les caractéristiques de l'élevage bovin indien. En effet, ce très grand cheptel est réparti sur tout le territoire, l'élevage est pratiqué par une grande partie de la population, rurale notamment, et l'on distingue des filières lait et viande bien développées. Nous développerons aussi le devenir des bovins en lien avec leur statut dans la religion hindoue, puisqu'ils sont rarement réformés et abattus. Pour ces raisons, les personnes au contact des bovins, et susceptibles d'échanger avec eux des agents pathogènes, sont bien plus nombreuses que dans un pays comme la France, par exemple, ayant un mode d'élevage plus intensif où la proportion de personnes au contact des bovins de façon quotidienne est moindre.

I. Démographies bovines : cheptel et répartition

1. Les bovins

a. Classification des bovins

Les bovins sont une tribu appartenant à la famille des bovidés (Fig. 9) et regroupant plusieurs genres, dont les genres *Bos* et *Bubalus*.

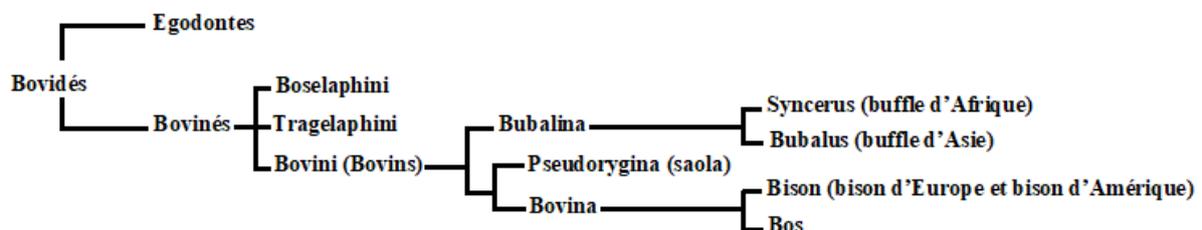


Figure 9 : Arbre phylogénétique simplifié des Bovidés. Réalisé par nos soins d'après (Schoch et al. 2020; Wilxon Don E., Reeder DeeAnn M. 2005)

Le genre *Bos* regroupe cinq espèces, dont trois sont présentes en Inde (Fig. 10) (Schoch et al. 2020; Wilxon Don E., Reeder DeeAnn M. 2005) :

- *Bos taurus* : le bœuf domestique, qui englobe deux sous espèces, *Bos taurus taurus*, le bœuf domestique d'Europe, et *Bos taurus indicus*, ou zébu, reconnaissable à sa bosse sur le dos
- *Bos frontalis* : le gayal, gaur ou encore mithun, dont on trouve environ 20 000 spécimens à l'état sauvage, dont 90% en Inde
- *Bos grunniens* : le yak, qui vit dans et autour de l'Himalaya ; il en subsiste environ 15 000 à l'état sauvage, au Tibet surtout, et entre 12 et 14 millions domestiqués dans le monde
- *Bos javanicus* : le bateng, qui vit en Asie du Sud-est (Thaïlande, Bali, Java)
- *Bos sauveli* : le koupley, espèce d'Asie du Sud-est également (Laos, Cambodge, Thaïlande, Vietnam) et supposée éteinte depuis 1988

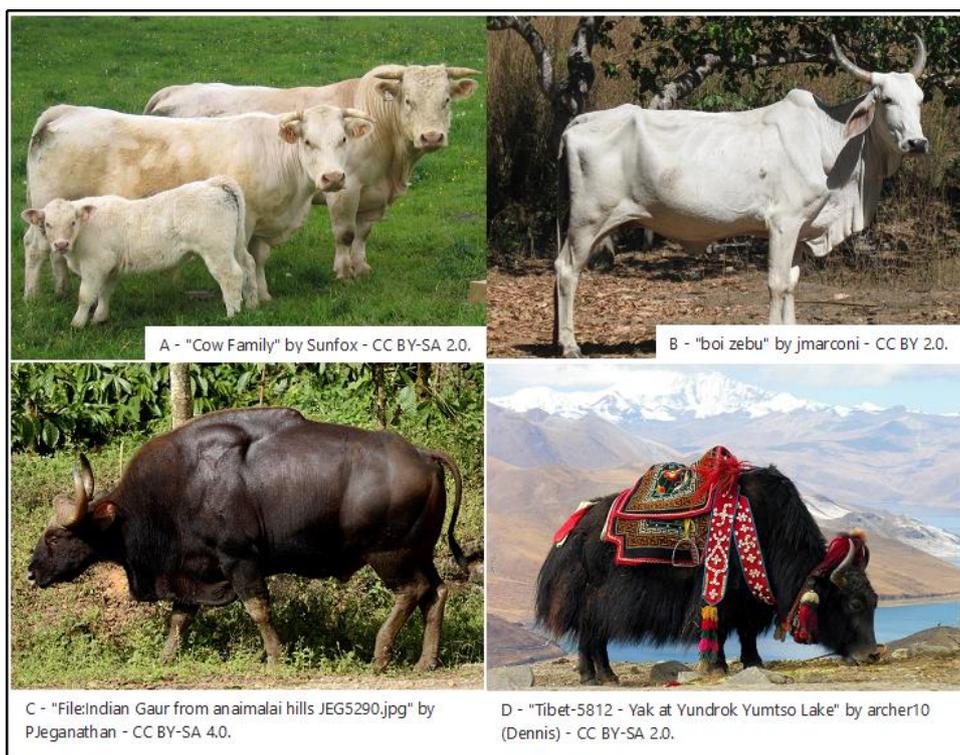


Figure 10 : Les espèces du genre *Bos* vivants en Inde. *Bos taurus taurus* (A), *Bos taurus indicus* (B), *Bos frontalis* (C) et *Bos grunniens* (D). Source : « Cow Family », « boi zebu », « Indian Gaur from anaimalai hills (Indian Gaur from anaimalai hills JEG5290.jpg) », « Tibet-5812 - Yak at Yundrok Yumtso Lake » ; www.flickr.com

Les buffles, qui désignent en fait la sous-tribu *Bubalina*, regroupent deux genres, *Syncerus*, le buffle d'Afrique, et *Bubalus*, le buffle d'Asie. Le genre *Bubalus* regroupe quatre espèces (Wilxon Don E., Reeder DeeAnn M. 2005) :

- *Bubalus bubalis* : c'est le buffle d'eau ; il est originaire d'Asie du sud et du sud-est, mais il est élevé dans de nombreux pays y compris en Europe
- *Bubalus depressicornis* : aussi appelé Anoa des plaines, il vit sur certaines îles indonésiennes
- *Bubalus mindorensis* : le tamarau est une espèce de petit buffle qui vit uniquement à l'état sauvage sur l'île de Mindoro aux Philippines
- *Bubalus quarlesi* : l'Anoa des montagnes vit en Indonésie

Seul *Bubalus bubalis* est domestiqué et présent en Inde (Fig. 11) :



Figure 11 : *Bubalus bubalis* est une espèce de boviné très présente et utilisée en Inde. Source : <https://www.flickr.com/photos/berniedup/27880192560>

b. Les bovins domestiques en Inde : Bos indicus et Bos taurus, Bubalus bubalis et autres espèces

En Inde, plusieurs espèces de bovins sont utilisées. On trouve des vaches (*Bos taurus taurus* et *Bos taurus indicus*) utilisés aussi bien pour leur lait que pour leur force de travail, ainsi qu'un grand nombre de buffles (*Bubalus bubalis*) pour les mêmes usages mais aussi pour leur viande.

On trouve également en moindre importance, et dans certaines zones seulement, des yaks (*Bos grunniens*) et des gayals (*Bos frontalis*) utilisés par certaines populations. Les yaks sont élevés dans l'Himalaya, dans les états du Ladack, Uttarakhand, Sikkim, Arunachal Pradesh et Himachal Pradesh. Ils sont élevés notamment par les populations bouddhistes.

Les gayals sont utilisés par les populations tribales, entre autres dans les états du Nord-est (Simoons 1994), aussi bien comme bête de somme que pour le lait et la viande.

2. Le cheptel bovin indien

Le terme bétail regroupe tous les animaux d'élevage – hors basse-cour et aquaculture - (bovins, équidés, ovins, caprins, porcins). L'Inde compte 535.78 millions d'animaux d'élevage et parmi eux, 302.79 millions de bovins (*20th Livestock Census 2019*).

Le cheptel de bovins se compose de 192.49 millions de vaches (63.6%), 109.85 millions de buffles (36.3%) ainsi que 390 000 gaurs et 58 000 yaks (*20th Livestock Census 2019*) (*Fig. 12*).

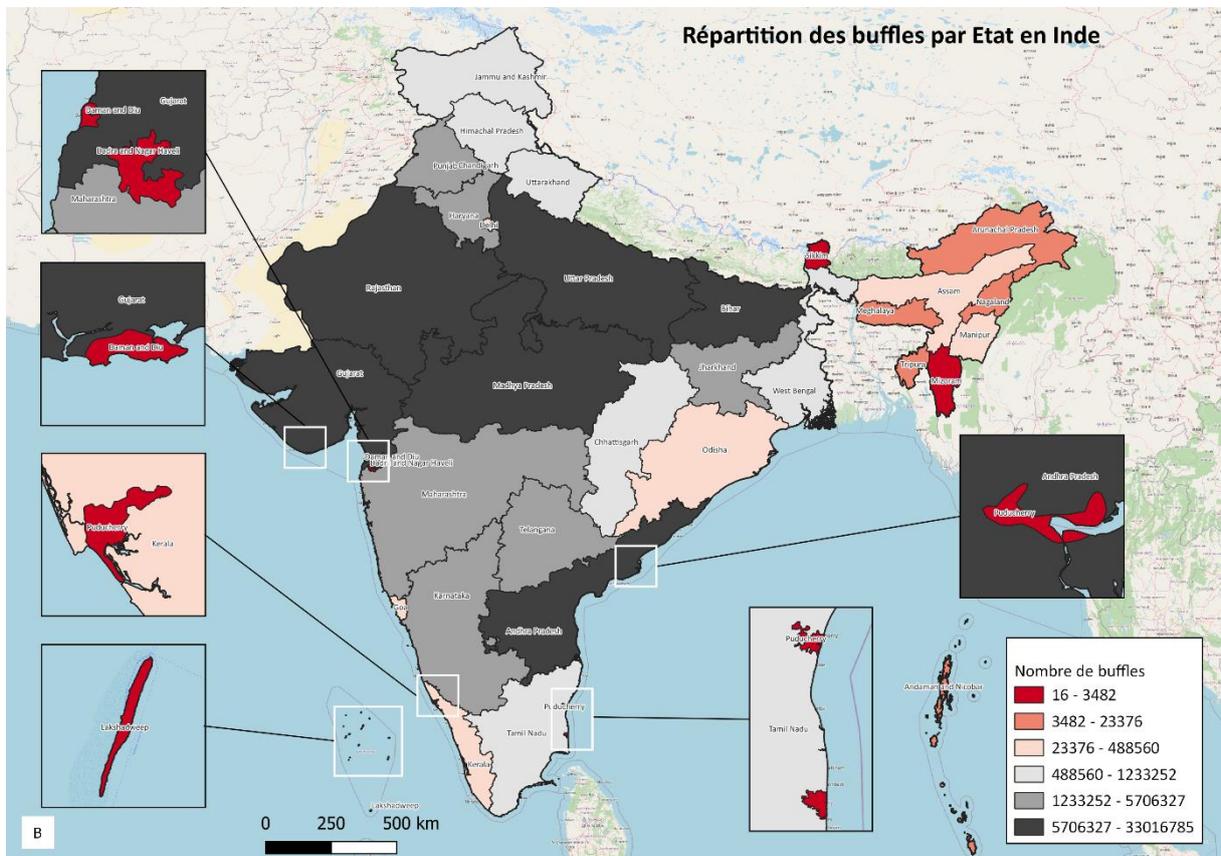
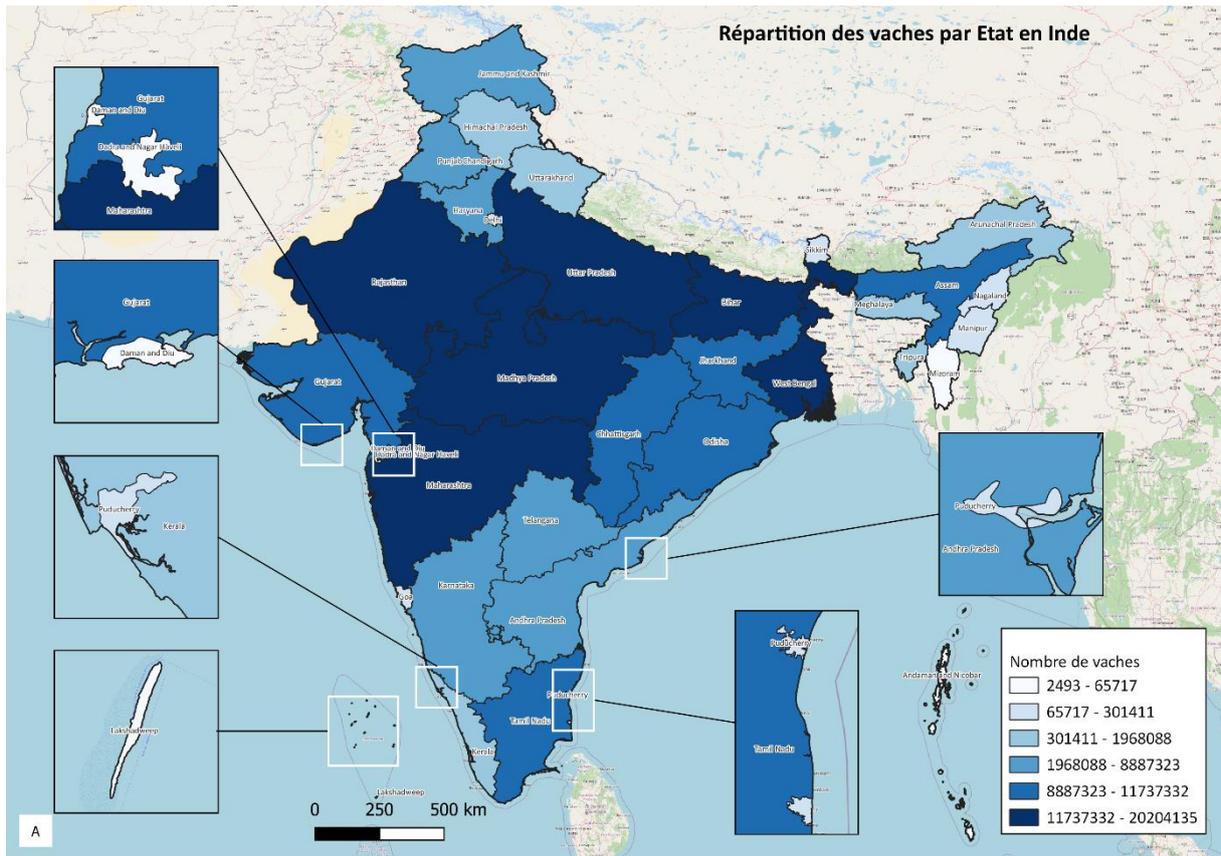


Figure 12 : Carte de la répartition des bovins en Inde (A : vaches ; B : buffles). Réalisée par nos soins d'après (20th Livestock Census 2019).

Il existe une quarantaine de races de vaches indigènes ; elles représentent 79% du cheptel, les 21% restant sont des vaches de races européennes, Holstein et Jersiaise, ou issues de croisement entre ces races et des races locales (Angurana, A. K. 2015). En effet, lors du 19^{ème} recensement national, en 2012, on compte 23.6 millions de Jersiaises (dont croisements) et 16.1 millions de Prim'Holstein (dont croisements). Ces chiffres sont en augmentation car lors du 20^{ème} recensement en 2019, les vaches de races exotiques sont 50.42 millions (*20th Livestock Census 2019*). La majorité des vaches indigènes appartiennent à des races non officiellement reconnues ; les races locales les plus représentées sont l'Haryana avec 4.15% des zébus, la Gir, 3.38% et la Sahiwal, 3.23% du total (Angurana, A. K. 2015). En 2019, on en décompte 142.11 millions, en léger recul par rapport à 2012 (151.17 millions) (*20th Livestock Census 2019*).

Concernant les buffles, le ministère de l'Agriculture en recense 13 races. Les races les plus importantes sont la race Murrah, 44.39% des buffles appartenant à cette race (ou issus de croisement avec celle-ci) ; puis, les races Surti (3.58%) et Mehsana (3.33%) (Angurana, A. K. 2015).

Le cheptel laitier compte au total (en lactation et tarées) 125.34 millions d'animaux, dont 74.18 millions de vaches (25.67 millions de races « exotiques », européennes, et 48.51 millions appartenant à des races indigènes) et 51.17 millions de bufflonnes (*20th Livestock Census 2019*).

II. L'Élevage bovin en Inde

1. Des élevages indiens nombreux et petits

L'Inde compte entre 40 et 90 millions d'élevages produisant du lait (Bouyssière, et al. 2015) ; environ 70 millions de fermes laitières selon le CIRAD (*Lait : Contexte et enjeux 2022*).

En moyenne, les élevages indiens sont constitués de moins de trois vaches ou buffles ; avec en moyenne 1 vache ou 1.3 bufflonne (Bouyssière, et al. 2015). La plupart de ces exploitations correspondent aux ménages qui gardent quelques vaches dans leur cours ; en effet, 80% des ménages ruraux possèdent au moins une vache.

Il existe cependant aussi des fermes spécialisées dans l'élevage laitier avec un nombre de vaches plus conséquent.

Les éleveurs indiens fonctionnent avec un système d'exploitation mixte, c'est-à-dire avec des cultures (souvent majoritaires) et de l'élevage ; l'élevage représentant la source principale de revenus pour seulement 3.7% des ménages ruraux. La grande majorité des éleveurs, 50% environ, ne commercialisent pas leur lait mais l'utilisent pour l'autoconsommation (Baron et al. 2021). L'élevage est la plupart du temps un complément à la culture (pour le lait et la fertilisation des champs) (Bouyssière, et al. 2015).

Par ailleurs, 40% des ménages ruraux ne possèdent pas de terres (Dorin, Aubron 2016).

2. La répartition des élevages sur le territoire indien

Le bassin laitier se trouve dans la plaine Indo-gangétique, au Gujarat et au Maharashtra (Fig. 13) (Bouyssière, et al. 2015).

La grande majorité des bovins sont élevés dans des élevages de petites tailles : 60% d'entre eux appartiennent à des élevages de moins d'un hectare voire sans terres (Bouyssière, et al. 2015).

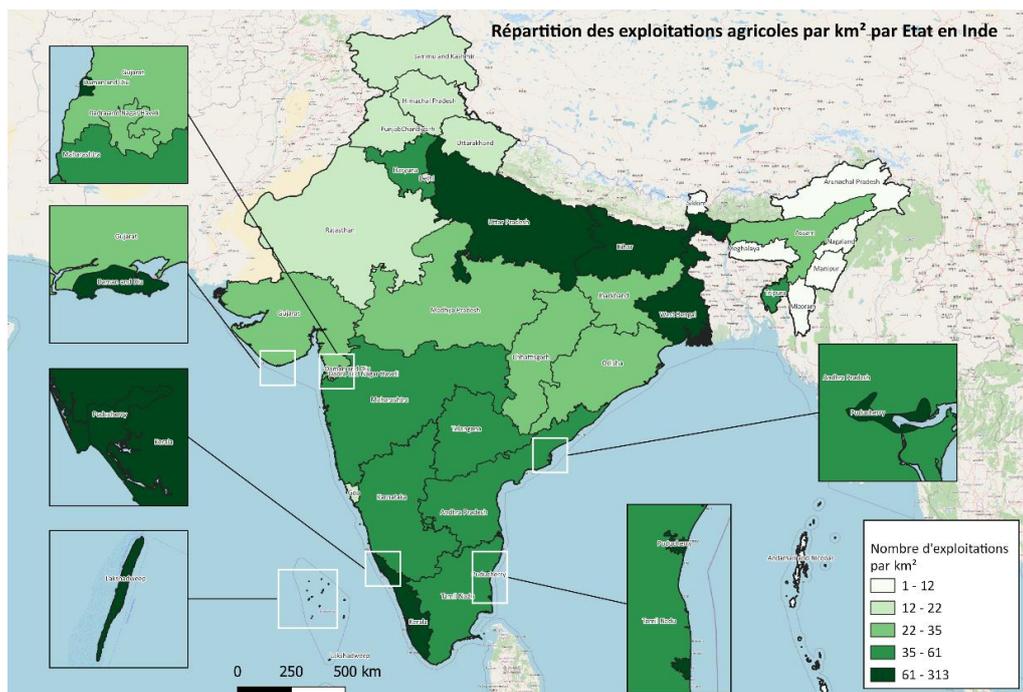


Figure 13 : Carte de la répartition des exploitations agricoles par kilomètre carré en Inde. Réalisée par nos soins d'après (Agarwal, S., Kamra, R. K., Singh, D. 2020)

3. L'alimentation des vaches indiennes

Les élevages ayant peu de terres où faire pâturer les vaches, voire pas du tout, l'alimentation des vaches indiennes consiste essentiellement en résidus de culture (paille de riz, blé, mil ou sorgho) et sous-produits des cultures. Dans le meilleur des cas, les vaches peuvent paître sur des prés ou en bords de champs. Dans les élevages de taille plus importante, elles peuvent aussi recevoir des résidus non pailleux (tourteaux de coton, d'arachide, de moutarde ; son de riz). Enfin, même si cela est rare car nécessite d'avoir suffisamment de terres, elles peuvent également consommer des fourrages (herbe à éléphant, luzerne, maïs, sorgho fourrager) (Bouyssière, et al. 2015).

III. Le lait en Inde

1. La production laitière

L'Inde est le premier producteur de lait au niveau mondial depuis 1998 (Bouyssière, et al. 2015; Baron et al. 2021), le plus gros producteur mondial de lait de bufflonne et le second producteur de lait de vache (*L'Inde, premier producteur laitier mondial depuis 1998* 2019). En 2020, 906 millions de tonnes de lait ont été produites dans le monde ; parmi elles, l'Inde en a produit 195 millions de tonnes, soit 21% de la production. La production indienne a une croissance positive depuis les années 1970 (Baron et al. 2021).

La production est répartie entre environ 52% de lait de bufflonne, 44% de lait de vache et 4% de lait de chèvre (Bouyssière, et al. 2015) alors qu'au niveau mondial, 81% du lait provient des vaches, le reste est divisé entre 15% de lait de bufflonne et 4% d'autre origine (Bouyssière, et al. 2015; Baron et al. 2021).

Paradoxalement, les rendements, bien qu'en augmentation, demeurent faibles ; une femelle bovin indienne produit moins de 2000 kilogrammes par lactation (Baron et al. 2021). Les bufflonnes produisent en moyenne 5.96 kg de lait par jour et les vaches 5.94 kg/j avec cependant une forte différence entre les vaches de races exotiques ou issues de croisement (8.52 kg/j) et les vaches de races indigènes (3.36kg/j) (Ministry of Fisheries, Animal Husbandry & Dairying 2023).

La disponibilité en produits laitiers a été multipliée par 3.14 en 50 ans ; elle était de 44 kilogrammes par habitant et par an en 1970 (Bouyssière, et al. 2015), elle est de 138 kg en 2020. Elle reste cependant faible pour un pays majoritairement végétarien d'autant que la consommation moyenne est de 141 kg/habitant/an (Baron et al. 2021) ; en France, cette disponibilité est supérieure à 370 kg par personne (Bouyssière, et al. 2015).

Les exportations sont faibles : 79 000 tonnes (lait et *ghee*), exportées vers l'Égypte et la Turquie principalement, pour 257 millions USD. Sur la même période, l'Inde a importé pour 254 millions USD de différents produits (lactosérum, peptone, albumine, fromage) (Baron et al. 2021).

2. La Révolution Blanche, un tournant dans la production laitière indienne

a. Définition de la Révolution Blanche

La Révolution Blanche, ou « Operation Flood » (littéralement « opération inondation ») désigne le programme visant à un développement de l'élevage et de la production laitière opéré à partir des années 1970. Il vise à atteindre l'autosuffisance en lait et produits laitiers. Les objectifs sont d'augmenter la production ainsi que le revenu des éleveurs, tout en assurant des prix abordables aux consommateurs dans les villes (National Dairy Development Board (s.d.)).

b. Le modèle coopératif dans l'industrie laitière indienne

Pour cela, le gouvernement indien s'est inspiré du modèle de coopérative développé au Gujarat quelques années plus tôt.

En 1946, plusieurs producteurs du village d'Anand au Gujarat se regroupent pour créer la Kaira District Co-operative Milk Producers' Union, qui prendra plus tard le nom d'Anand Milk Union Limited (AMUL). En 1965, le premier ministre Lal Bahadur Shastri crée le NDDB (National Dairy Development Board), un organisme chargé de répliquer le modèle Anand à toute l'Inde.

Le modèle Anand implique les éleveurs dans leur propre développement, à chaque niveau de la structure. En effet, le modèle se divise en trois niveaux (National Dairy Development Board (s.d.)) :

- Au niveau du village : c'est la coopérative laitière, tout éleveur peut y adhérer par achat d'une part, il vend alors son lait à la coopérative exclusivement ; en échange, il bénéficie de services à des tarifs avantageux. Chaque coopérative villageoise dispose d'un centre de collecte où les éleveurs livrent leur lait tous les jours
- Au niveau du district : l'union des coopératives du district achète tout le lait des laiteries villageoises et le transforme ; elle fournit l'alimentation, les soins vétérinaires, les inséminations artificielles... ; elle établit aussi les capacités de stockage
- Les fédérations régionales : elles sont en charge de la commercialisation du lait et des produits laitiers.

c. Les perspectives du système coopératif laitier indien

Aujourd'hui, l'Inde compte 22 fédérations d'états, 183 coopératives de district et 186 000 coopératives de villages. Ce système de coopératives regroupe environ 15 millions de producteurs (*L'Inde, premier producteur laitier mondial depuis 1998* 2019). Ceci a permis de multiplier par trois la production laitière entre 1970 et 1990.

En 2011, le NDDB a lancé un nouveau programme de développement du secteur laitier, baptisé « National Dairy Plan », ou « Mission Milk ». Il a pour objectif d'aider à augmenter la productivité des animaux laitiers et donc la production laitière, et d'aider les producteurs ruraux à accéder au secteur organisé de la commercialisation du lait (*National Dairy Plan I* (s.d.); National Dairy Development Board [sans date]; Department of Animal Husbandry & Dairying 2022) via :

- l'amélioration de la génétique des bovins indiens : sélection génétique, nouveaux centres d'IA, importation de taureaux Holstein et Jersiais
- la modification de l'alimentation : amélioration des rendements des fourrages, démonstrations pour ensiler, aide pour calculer les rations

- le développement des équipements dans les villages pour collecter, peser, refroidir, et tester le lait
- l'amélioration de la maîtrise sanitaire des maladies : utilisation de semences provenant des centres de collecte reconnus exempts de maladies, vaccination des taureaux contre certaines maladies (fièvre aphteuse, theilériose, charbon), retrait des taureaux si atteints de brucellose, tuberculose, BVD, IBR.

3. La distribution du lait en Inde

Aujourd'hui, 50% du lait produit en Inde est autoconsommé par les producteurs ; 30% est collecté par des coopératives ou des entreprises privées (Baron et al. 2021). Le reste est commercialisé par le système informel ; le lait est vendu directement à proximité du site de production et aux abords des agglomérations (Bouyssière, et al. 2015), en général sans aucun traitement ni système de refroidissement. La part du lait commercialisé par le système officiel est en augmentation puisque seuls 20% du lait étaient collectés en 2017-2018 (*L'Inde, premier producteur laitier mondial depuis 1998* 2019). L'objectif, d'ici la fin de la phase deux du NDP (lancée en 2023) est de collecter 50% du lait (30% par des entreprises privées et 20% par les coopératives) (*L'Inde, premier producteur laitier mondial depuis 1998* 2019).

Les 3 plus grandes laiteries du pays sont d'ailleurs des coopératives : en premier, on trouve AMUL (la première coopérative créée, au Gujarat) qui traite chaque jour 17 millions de litres ; ensuite viennent Nandini au Karnataka, avec 6.3 million de litres quotidiens et Aavin au Tamil Nadu (3 millions de litres). La quatrième laiterie du pays, Hatsun Agri Product, est aussi la plus grande laiterie privée avec 2.6 millions de litres par jour (*L'Inde, premier producteur laitier mondial depuis 1998* 2019).

Si la partie collectée du lait est contrôlée avec analyse du lait pour certains pathogènes ; en revanche, le lait autoconsommé et celui distribué par le système informel ne sont l'objet d'aucun contrôle par les services vétérinaires. Or, le lait cru et ses dérivés sont une voie importante de transmission pour certains agents pathogènes.

IV. Filière de la viande bovine en Inde

1. Les caractéristiques du secteur viande en Inde

Les bovins sont souvent revendus par leur éleveur et peuvent être abattus dans leur état d'origine ou dans un autre état où la législation est plus permissive. Ils sont alors soit abattus clandestinement, en Inde ou après avoir été exportés au-delà des frontières, notamment vers le Bangladesh, ou rejoignent le réseau marchand autorisé ; ils sont dans ce cas regroupés par les marchands directement dans les élevages ou sur les marchés avant d'être acheminés vers les abattoirs enregistrés (Bruckert 2018).

Les prix sont suffisamment attractifs pour inciter les éleveurs à parfois contourner la loi pour faire abattre leurs vaches. En effet, une vache de taille moyenne est achetée entre 150 et 220 euros (Bruckert 2018), soit 10 000 à 15 000 roupies. L'éleveur est payé en moyenne 1.15€/kg équivalent carcasse.

En revanche, comme pour le lait, les rendements restent faibles. Les rendements poids carcasse sont de 140 kg pour les buffles et à peine 100 kg pour les zébus (Bouyssière, et al. 2015).

Par ailleurs, des problèmes sanitaires ponctuels sont rapportés : sarcocystes en 2011 et salmonelles en 2014 dans les viandes exportées (Bouyssière, et al. 2015).

2. La production de viande bovine indienne

Il existe cependant une filière de production de viande bovine en Inde, principalement tournée vers l'export. S'il est assez aisé de connaître les quantités de viande bovine exportées, il est en revanche beaucoup plus difficile de savoir combien de bovins sont abattus pour le marché intérieur, les déclarations des abattoirs municipaux n'étant pas obligatoires, et la part du secteur illégal importante (Bouyssière, et al. 2015).

En 2021, environ 39 millions de bovins ont été abattus pour une production de 4.2 millions de tonnes équivalent carcasse (TEC) alors que la consommation intérieure du pays était sur la même année de 2.6 millions TEC (Chotteau, et al. 2022; 2021). La consommation de viande bovine annuelle oscille autour de deux kilogrammes par habitant (Bouyssière, et al. 2015; Chotteau, et al. 2021; 2022).

En 10 ans, la production de viande bovine a doublé ; en 2015, l'Inde était le cinquième producteur de viande bovine. Il s'agit à 62% de viande de buffle ; c'est en effet la seule viande à pouvoir être exportée (Bouyssière, et al. 2015; Chotteau, et al. 2022).

L'Uttar Pradesh produit à lui seul 48% de la production indienne de viande de buffle ; l'état compte 50 millions de bovinés soit 17% du cheptel national dont 31 millions de buffles (28% du cheptel bubalin national). L'état aide par ailleurs au développement de la filière bouchère bubaline (Bouyssière, et al. 2015).

3. Les débouchés de la filière viande en Inde et à l'étranger

Comme nous l'avons vu précédemment, les indiens ont une consommation très faible de viande bovine (Bouyssière, et al. 2015; Chotteau, et al. 2021; 2022). Le marché intérieur représente un peu plus de 50% de la production totale. Cette filière est approvisionnée par de petits abattoirs – 10 à 20 bovins abattus par jour en moyenne – souvent anciens et ne disposant pas de moyens de réfrigération ; la viande est alors commercialisée « chaude » directement après l'abattage de l'animal. Le prix de la viande bovine en Inde est bien inférieur à celui de la viande de porc ou de volaille (Bouyssière, et al. 2015).

Une grande partie de la production est donc destinée à l'export. Cependant, seul l'export de viande de buffle désossée et congelée, issue de buffles mâles, désignée sous le nom de « carabeef », est autorisé (Buczinski, et al. 2020).

Malgré cette restriction, l'Inde est le troisième pays exportateur de viande bovine derrière le Brésil et les Etats-Unis (Buczinski, et al. 2020; Chotteau, et al. 2022) ; elle est aussi le cinquième producteur de viande bovine avec ses 4.2 millions de TEC produites (Chotteau, et al. 2022; Buczinski, et al. 2020).

Jusqu'en 2018, le Vietnam était la principale destination de la viande indienne exportée ; il formait en effet une porte d'entrée vers le marché chinois. Cependant, après l'épisode de peste porcine africaine puis la Covid-19 en 2020, la Chine a renforcé les contrôles sur les importations. Ceci a profondément modifié les exportations indiennes. Ainsi, alors qu'en 2019, l'Asie du Sud-est représentait la principale destination avec 963 000 TEC exportées – principalement vers le Vietnam

– en 2021, les exportations vers l’Asie du Sud-est était de 599 000 TEC. A l’inverse, les exportations vers le Moyen Orient et l’Afrique du Nord – Egypte principalement – ont augmenté, avec 649 000 TEC exportées. Les exportations vers l’Afrique subsaharienne sont stables avec 40 000 TEC exportées (Buczinski, et al. 2020; Chotteau, et al. 2022). L’export de viande de buffle a généré plus de 4.9 milliards d’USD en 2014 (ce qui est plus que le riz basmati, pour lequel l’Inde est sans doute plus connue) (Bouyssière, et al. 2015).

Depuis 2009, on observe un accroissement de la production de viande bovine – avec une augmentation de 13% des abattages – essentiellement due à la hausse de l’export (Buczinski, et al. 2020). Cet accroissement est absorbé par le secteur privé qui est le principal acteur de l’export de « carabeef ». L’Uttar Pradesh notamment regroupe 60% des structures agréées pour l’export et concentre 70% des expéditions (Bouyssière, et al. 2015).

Les exportations d’animaux vivants sont par ailleurs interdites (Buczinski, et al. 2020) ; y compris dans les pays limitrophes. Le gouvernement indien a d’ailleurs mis en place une police aux frontières – notamment avec le Bangladesh – pour empêcher ce type d’export. On estime que près de 15 à 20 millions de zébus (toutes catégories) passe illégalement la frontière bangladaise chaque année (Bouyssière, et al. 2015), souvent pour être abattu dans des pays à la législation plus souple en matière d’abattage des bovins.

V. Les Politiques d'abattage des bovins en Inde

Que ce soit l'objectif final (production de viande dans la filière viande) ou un débouché de la production laitière (réforme des vaches laitières), l'abattage des bovins pour la production de viande est possible légalement en Inde. Cependant, il est fortement encadré et limité, en raison de la place et du rôle qu'occupent les bovins dans la société indienne.

1. Le statut historique et actuel des vaches en Inde

Pendant la période védique, qui débute vers 1500 avant J-C et s'étend jusqu'à environ 500 av J-C., les bovins au sens strict, le genre *Bos*, constituaient une source de lait, de viande et d'énergie et étaient un symbole de richesse. Les femelles zébus sont alors synonymes de bonne augure et leur lait est utilisé dans de nombreux rituels (Simoons 1994). Les bovins ont un rôle majeur dans la religion à cette époque ; ce sont les animaux principalement utilisés pour les sacrifices rituels et les Brahmanes (prêtres) sont les gardiens des troupeaux ; ce sont eux qui mettent à mort les bovins lors des rituels et ce sont aussi les principaux consommateurs de viande bovine (Bruckert 2018).

Avec le développement d'autres religions (bouddhisme et jaïnisme notamment), et l'apparition du concept de non-violence (« ahimsa ») (vers 800 avant J-C (Kennedy, Sharma, Phillips 2018)), les brahmanes deviennent végétariens et les bovins, toujours au sens strict des zébus, acquièrent un statut symbolique d'animal bienfaisant et assimilé aux divinités. Les sacrifices des bovins et la consommation de leur viande se raréfient à partir du IV^{ème} siècle, et notamment à l'époque médiévale (apparition du culte de Krishna, le dieu bouvier) pour se dissocier des musulmans dont le nombre et l'influence augmentent dans le sous-continent indien au cours de plusieurs invasions successives (Bruckert 2018). La vache est considérée comme la « mère universelle » (Bouyssièrre, et al. 2015). Les cinq produits de la vache – à savoir le lait, le lait caillé, le ghee, l'urine et la bouse – voire la poussière sur laquelle elle marche sont vénérés et utilisés notamment dans des rituels (Simoons 1994; Kennedy, Sharma, Phillips 2018).

La notion de « vache sacrée » se répand dans le monde vers la fin du XIX^{ème} siècle et est renforcé par Gandhi, qui fait de la protection des bovins un des symboles les plus célèbres de l'hindouisme (Bruckert 2018).

Après 1947, le concept de sacralisation des vaches est renforcé notamment par les mouvements nationalistes hindous (Da Lage 2022; Kennedy, Sharma, Phillips 2018).

De nos jours, les Gaushalas, sortes de refuges qui recueillent les vaches malades ou errantes, sont la plupart du temps associées à un temple hindou ou à des institutions religieuses.

2. Le statut historique et actuel des buffles en Inde

A l'inverse des vaches, les buffles sont considérés comme néfastes et mauvais dans l'hindouisme et la société indienne plus généralement ; notamment en raison de leur peau foncée, de leur caractère languide et de leur préférence pour les zones marécageuses. A l'opposé des vaches considérées comme de bon augure, les buffles sont vus comme porteurs de mauvais présages. Dans l'hindouisme, le dieu de la mort Yama est représenté chevauchant un buffle et le démon Mahisa prend l'apparence d'un buffle (Simoons 1994).

En revanche, concernant la consommation de viande, l'interdit touche aussi bien les bovins *Bos* que les *Bubalus*. Ceux qui ne consomment pas de viande de vache ne mangent pas non plus de viande de buffle ; et ceux qui consomment de la viande bovine mangent aussi bien du buffle que de la vache (Bruckert 2018).

3. Les lois sur l'abattage des bovins en Inde

Il n'y a pas de lois au niveau national interdisant clairement l'abattage des bovins en Inde. L'article 48 de la Constitution de l'Inde constitue une ligne directrice pour les états fédérés sur la façon d'organiser l'agriculture et indique clairement la volonté de protéger les bovins, et les vaches en particulier :

« The State shall endeavour to organise agriculture and animal husbandry on modern and scientific lines and shall, in particular, take steps for preserving and improving the breeds, and prohibiting the slaughter, of cows and calves and other milch and draught cattle. »

[L'état s'efforcera d'organiser l'agriculture et l'élevage selon des méthodes modernes et scientifiques et prendra en particulier des mesures pour préserver et améliorer les races, et interdire l'abattage des vaches et des veaux et des autres bovins laitiers et de trait] (*The Constitution of India* 1949).

Ainsi, les mesures effectivement appliquées dans les états varient et sont plus ou moins strictes ; on peut distinguer cinq niveaux de mesures (comme illustré dans la carte ci-dessous (*Fig. 14*)) ; d'autant qu'une loi renforçant les conditions d'abattage a été voté en 2017 (Bruckert 2018; Buczinski, et al. 2020) :

- Interdiction totale d'abattage des bovins au sens large (vaches et buffles de tout sexe et âge...)
- Interdiction d'abattage des bovins au sens strict (genre *Bos*) mais abattage possible des buffles sous certaines conditions (femelles tarées, mâles inaptes au travail, bêtes non conformes au plan sanitaire...)
- Interdiction d'abattage des vaches et des veaux mais abattage possible des bœufs, taureaux et buffles sous certaines conditions (notamment si improductifs)
- Possibilité d'abattage de l'ensemble des bovins au sens large sous certaines conditions
- Absence de législation

La réglementation est logiquement moins stricte dans les états où les musulmans, chrétiens et groupes tribaux sont nombreux (voire majoritaires) ; à savoir les états du nord-est, Goa, le Kerala, le Bihar ou le Jharkhand par exemple ; ainsi que dans les états historiquement communistes, le Kerala et le Bengale occidental notamment. En revanche, la loi est bien plus stricte dans les états du nord-ouest (Bruckert 2018). Par ailleurs, depuis l'arrivée au pouvoir du BJP, la législation a été durcie dans les états qu'il contrôle (Bouyssièrè, et al. 2015) et peut se doubler souvent de l'interdiction de la vente, de l'achat et du transport de la viande de bœuf .

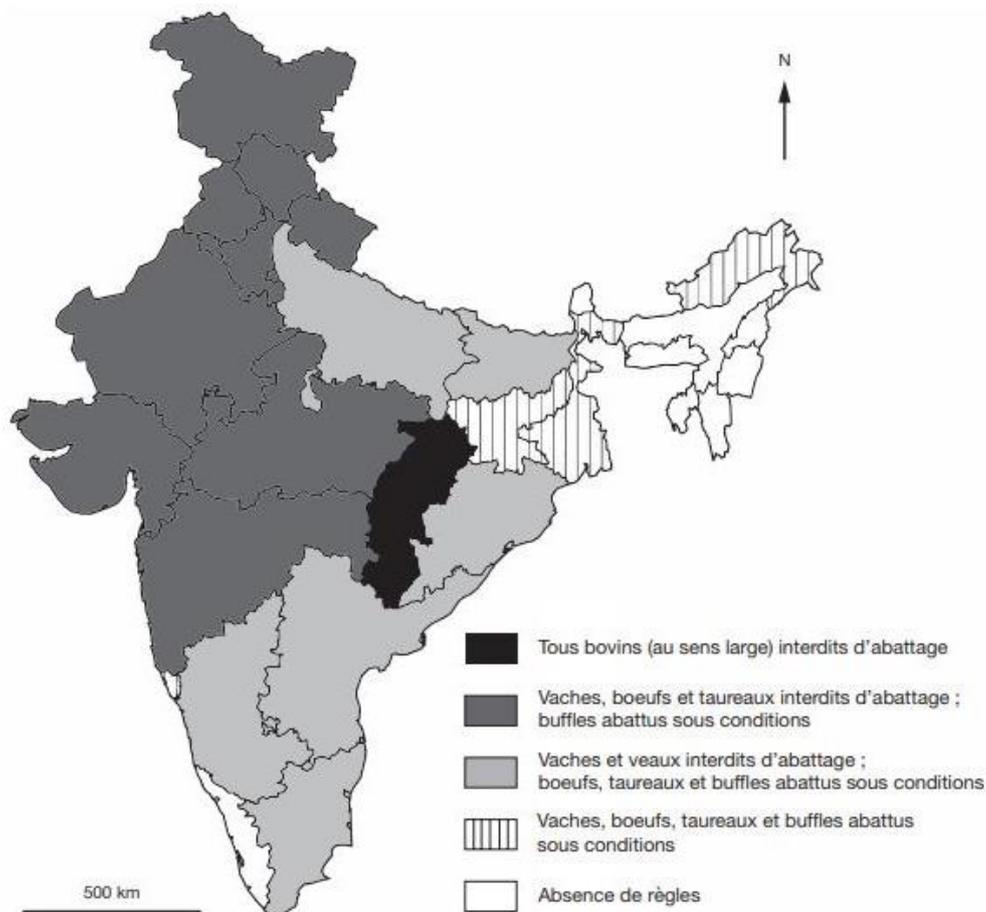


Figure 14 : Carte de la législation relative à l'abattage des bovins en Inde (2015). Source (Bruckert 2018)

4. L'abattage légal et l'abattage clandestin des bovins indiens

Il y aurait un peu plus de 3 500 abattoirs enregistrés (et donc légaux) dans le pays ainsi qu'une centaine de site de découpe et/ou transformation mais plus de 32 000 ateliers illégaux (Minister of State for Agriculture and Farmers Welfare 2016; Kennedy, Sharma, Phillips 2018; *List of Indian Integrated Abattoirs & Meat Processing Plants Registered with APEDA* 2023).

En 2015, 38% de la viande bovine produite (38 millions de bovins abattus) était de la viande de zébu (Bouyssière, et al. 2015), ce qui signifierait que presque 15 millions de vaches auraient été abattues légalement.

En 2019, 19 états sur 35 n'ont pas abattus de zébus et 10 d'entre eux n'ont pas abattus de buffles non plus. Cela a entraîné d'une part une augmentation du nombre d'abandons et d'autre part des transport de bovins entre états ou vers le Bangladesh ;

1.7 millions de bovins seraient abattus dans ce pays chaque année (Buczinski, et al. 2020; Kennedy, Sharma, Phillips 2018).

Le Bengale occidental, où il n'existe aucune restriction à l'abattage, est devenu le 3^{ème} état détenteur de vaches malgré une superficie bien inférieure aux deux états les plus gros détenteurs (Chotteau, et al. 2022).

Certains états délaissent l'élevage de vaches (leur nombre a diminué entre 2012 et 2019) pour se concentrer sur l'élevage de buffles qui possède plus de débouchés, c'est le cas de l'Uttar Pradesh notamment (Kennedy, Sharma, Phillips 2018).

VI. Devenir des bovins indiens

1. Différentes possibilités : gaushalas, abandon, abattage clandestin...

Les animaux qui ne peuvent pas être légalement abattus peuvent être recueillis dans des « Gaushalas ». Ces « maisons de retraite » pour vaches, qui recueillent principalement des zébus femelles, sont réparties sur tout le territoire. Elles sont souvent situées à proximité d'un temple hindou (marquant là encore le caractère sacré des vaches et leur rôle dans la religion hindoue) (Bouyssière, et al. 2015).

Il est difficile de savoir précisément combien de ces établissements sont présents sur le territoire, mais la Commission Nationale de la Vache estime leur nombre à environ 3000 et qu'on y trouve plus de 600 000 bovins – soit environ un septième du cheptel indien (Department of Animal Husbandry and Dairying 2002). Cependant, cette estimation serait sous-estimée (Kennedy, Sharma, Phillips 2018), une étude sur la coxiellose dans les gaushalas en recense plus de 5100 (Yadav et al. 2021).

L'entretien des animaux est permis par les dons (Department of Animal Husbandry and Dairying 2002), et bien que le système de Gaushalas apparaisse comme le témoin de la protection des vaches et de l'importance accordée à ces dernières dans le pays, les conditions d'élevage y sont variables. En effet, il peut être difficile pour ces établissements de subvenir aux besoins de tant d'animaux, aussi bien par manque d'espace et d'infrastructures, que de travailleurs qualifiés, moyens

financiers et soins vétérinaires (Bouyssière, et al. 2015; Kennedy, Sharma, Phillips 2018). Ainsi, les vaches qui sont recueillies peuvent présenter des problèmes, notamment reproducteurs (mammites, endométrites, an estrus) et de nombreux pathogènes y sont présents (*Brucella sp.*, *Listeria monocytogenes*, *Mycobacterium sp.*, *Escherichia coli*, *Herp svirus*) (Kennedy, Sharma, Phillips 2018; Yadav et al. 2021).

De nombreux éleveurs, soit par sentiment religieux soit par peur des sanctions des nationalistes hindous, préfèrent ne pas faire abattre leurs animaux (Kennedy, Sharma, Phillips 2018; Gowen 2019). Cependant, en raison de la difficulté à céder leurs animaux devenus inutiles – vaches réformées, animaux improductifs, âgés, non aptes aux travaux des champs – certains éleveurs les abandonnent purement et simplement (Bruckert 2018). Ces bovins peuvent être recueillis par des gaushalas, mais les places y étant limitées, nombreux sont ceux qui finissent par errer dans les villes ou les campagnes (Bouyssière, et al. 2015; Kennedy, Sharma, Phillips 2018).

Enfin, une partie des animaux est abattue clandestinement (on compterait en effet environ 30 000 abattoirs illégaux en Inde), soit dans leur état d'origine soit après avoir été déplacés dans d'autres  tats plus permissifs – vers le Kerala par exemple, qui abat plus d'animaux que ne compte son cheptel (Bouyssière, et al. 2015).

2. Les vaches errantes en Inde

Le 20 me recensement de 2019, recense plus de cinq millions de bovins errants ; avec 4.3 millions en zones rurales et plus de 600 000 en zones urbaines (Sahu, Parganiha, Pati 2021; *20th Livestock Census* 2019).

Les animaux errants causeraient 10% des accidents de la circulation. Si les chiens sont les plus souvent impliqués (dans 60% des cas), les collisions avec des bovins représentent 21% des accidents impliquant des animaux et sont bien souvent plus graves (Mohanty et al. 2021). Dans les campagnes, les vaches errantes causent en plus des dégâts dans les champs, en détruisant les récoltes (Pathak 2023).

En ville, ce sont souvent dans les décharges qu'elles finissent car elles y trouvent de la nourriture (Bruckert 2018). Cependant, elles y ingèrent souvent des matériaux non comestibles (sacs plastiques, métaux) qui peuvent causer des

pathologies et finissent par entraîner leur mort. Certaines estimations montrent que moins de 20% de l'alimentation de ces vaches errantes (surtout en ville) est comestible (Kennedy, Sharma, Phillips 2018). D'après plusieurs sources (Sahu, Parganiha, Pati 2021; *The Plastic Cow* 2012), plus de 95 % des vaches errantes – au moins en ville – ingèrent des matériaux non alimentaires ; et jusqu'à 50kg de plastiques peuvent être retrouvés dans le rumen après ruminotomie (*The Plastic Cow* 2012). Ces vaches sont susceptibles de développer de simples indigestions, mais aussi impactions et tympanisme, bézoards, réticulo-péritonite traumatique, péritonite et intoxication aux métaux lourds (cobalt, plomb, mercure) (Sahu, Parganiha, Pati 2021; Priyanka, Dey 2018).

⇒ Cette seconde partie nous a permis de mettre en évidence l'importance de l'élevage dans l'agriculture indienne, la plupart des ménages ruraux pratiquant un élevage extensif qui constitue une source de revenu complémentaire. Cela signifie aussi qu'une large partie de la population est au contact des bovins de façon régulière.

L'organisation et l'industrialisation des filières laitière et bouchère entraînent une amélioration des conditions sanitaires ; la Révolution Blanche a permis de réduire la part du lait vendu cru sans aucun contrôle sanitaire, de même, la filière viande doit répondre aux exigences sanitaires des pays importateurs.

Ces éléments illustrent l'impact que peuvent avoir les caractéristiques du secteur de l'élevage et ses débouchés dans le suivi des maladies, leur répartition géographique et temporelle.

PARTIE 3

ZOONOSES BOVINES EN INDE

I. L'Inde : un bon candidat au développement des zoonoses

1. Les zoonoses : définition et importance

L'OMS définit une zoonose comme « une maladie ou une infection naturellement transmissible des animaux vertébrés à l'Homme » et inversement (OMS 2020a).

Une zoonose émergente est une maladie zoonotique causée soit par un nouvel agent pathogène, soit par un agent pathogène déjà connu mais qui apparaît dans une zone géographique ou chez une espèce chez qui la maladie était précédemment inconnue (Chomel 2009).

Il en existe plus de 200. En effet, sur les 1 407 espèces pathogènes pour l'Homme répertoriées, presque 60% sont zoonotiques ; et 73% des maladies infectieuses émergentes sont d'origine animale (OMS 2020a; Woolhouse, Gowtage-Sequeria 2005).

2. Les facteurs de risque vis-à-vis des zoonoses propres à l'Inde

Un facteur de risque est une caractéristique individuelle ou collective, endogène ou exogène, augmentant de façon statistiquement significative la probabilité d'apparition et de développement d'une maladie. La vulnérabilité d'un territoire fait référence aux caractéristiques des individus et des espaces qui peuvent potentiellement fragiliser la santé des populations et les rendre ainsi plus vulnérables aux risques sanitaires (Tabarly 2013).

Les zoonoses émergentes représentent une menace croissante dans le monde entier, mais en particulier dans les pays à faibles revenus en raison de l'existence de facteurs socio-économiques (pression démographique, mouvements de population), environnementaux (déforestation, développement de l'irrigation, changements

climatiques, catastrophes naturelles) et contextuels (systèmes de santé fragiles et avec peu de ressources, croissance rapide de la population, développement de l'urbanisation, vulnérabilité économique, alphabétisation variable, consommation de viande de brousse, empiétement des activités humaines (agriculture) sur l'habitat de la faune sauvage, manque de moyens de surveillance, recommandations sanitaires rarement suivies, déclaration de cas rares) (Woolhouse, Gowtage-Sequeria 2005; Dhiman, Tiwari 2018; Kumar, Singh, Savalia 2015; Durrance-Bagale et al. 2021).

Notamment, deux régions concentrent le problème : l'Asie du Sud et du Sud-est (Inde, Bangladesh, Pakistan) et l'Afrique de l'Est et Centrale (Nigeria, Ethiopie, Togo, Tanzanie, Kenya et Ouganda) (Grace et al. 2012; Jones et al. 2008).

L'Inde possède un environnement et des facteurs démographiques et socio-économiques favorables au développement de zoonoses. Le manque de connaissances de la population générale d'une part, et des populations à risque en particulier (Chinchwadkar, Panda 2020), sur ces maladies (leurs voies de transmission et moyens de prévention) constitue un élément essentiel du risque d'apparition et de propagation des zoonoses. En effet, peu d'informations sûres sont accessibles aux populations. Lorsqu'elles le sont, elles n'entraînent que rarement des changements dans les habitudes (d'hygiène ou de pratiques d'élevage par exemple). Une approche « One Health », c'est-à-dire une approche des enjeux sanitaires prenant en compte la santé humaine, la santé animale et la santé environnementale, est nécessaire afin de pouvoir mettre en place une surveillance, une prévention et une gestion correctes de ces maladies (Durrance-Bagale et al. 2021).

Les zoonoses les plus importantes en Inde sont la rage (1.8 million de vaccins et 20 000 morts annuelles), la brucellose (perte de 30 millions de jours humains et 240 000 000 roupies (environ 2.7 millions d'euros), la toxoplasmose, la leptospirose, la cysticerose, l'échinococcose, l'encéphalite japonaise, la peste, le typhus des broussailles, la maladie de la forêt de Kyasanur, le charbon, la tuberculose, la fièvre Q et la fièvre hémorragique Crimée-Congo (FHCC) (National Institute of Communicable Diseases 2005; Kumar et al. 2020; Grace et al. 2012; Central Bureau of Health Intelligence 2019; Dubal, Barbuddhe, Singh 2014).

Le tableau 3 ci-dessous reprend les facteurs de risque pouvant favoriser l'apparition ou le maintien en Inde de certaines zoonoses parmi les populations humaine ou bovines :

Tableau 3 : Présentation de certains facteurs de risque pouvant favoriser l'apparition, la transmission ou le maintien de maladies zoonotiques en Inde

Facteurs environnementaux

- Climat : zones chaudes, humides, à l'abri de la lumière
- Saison : période de mousson et post-mousson
- Présence des vecteurs : environnement favorable aux vecteurs

(Soo, Khan, Siddiqui 2020; Mantur, Amarnath 2008)

Facteurs socio-économiques

- PIB faible, fortes densités humaines
- Statut social : pauvreté, revenus familiaux faibles, niveau d'éducation faible, appartenance ethnique, malnutrition
- Habitat en zone rurale ; présence à proximité des habitations de populations importantes de réservoirs (rongeurs, bovins, chiens...)
- Manque de connaissances : sur les maladies, manque de formation dans les techniques d'élevage

(Mantur, Amarnath 2008; Khurana et al. 2021; Ghugey, Setia, Deshmukh 2021; Yohannes, Gill 2011; Mangalgi et al. 2016; Prasad et al. 2005; Pednekar et al. 2009; Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012; Traub et al. 2005; Wani, Amin 2016)

Facteurs occupationnels

- Profession : vétérinaires, techniciens vétérinaires, éleveurs, ouvriers d'abattoirs
- Proximité avec les animaux ; contact prolongé avec les animaux ; partage des mêmes lieux de vie ; présence de chiens errants ou semi-domestiques au contact des populations

(Yohannes, Gill 2011; Kaakoush et al. 2015; Dhaka et al. 2019; Mourya et al. 2015; Reynard et al. 2021; Pednekar et al. 2009; Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012; Traub et al. 2005)

Facteurs hygiéniques

- Consommation de lait cru et produits laitiers non pasteurisés, de viande mal cuite
- Origine de l'eau utilisée – rivière et puits VS eau du réseau – et mode de consommation (bouillie avant consommation ou non)
- Immunosuppression : VIH notamment (2.5 millions de personnes en Inde)
- Hygiène personnelle faible : repas pendant les heures de travail, pas de lavage des mains, lavage ustensiles/vêtements à proximité des animaux
- Problèmes d'infrastructures : débordement de canalisations, manque de toilettes en dur, défécation à l'air libre
- Contact avec des cas humains

(Ghughey, Setia, Deshmukh 2021; Shukla et al. 2022; Kaakoush et al. 2015; Chattopadhyay et al. 2001; Szczepanska et al. 2017; Bapat et al. 2017; Sandhu 2011; World Health Organization 2022a; Wani, Amin 2016)

Pratiques d'élevage

- Zootechnie : densité d'animaux, pâturage libre, mélange d'espèces, nourrissage collectif, monte plutôt qu'IA, agriculture vivrière, abattage à la maison et manque d'inspection post-mortem en abattoirs, utilisation de fumiers ou eaux non traités dans les champs
- Hygiène et biosécurité : troubles de la reproduction, traite et aide pendant les mises bas, partage de matériel entre éleveurs, chiens errants et faune sauvage ayant accès à l'élevage, mauvaise gestion des déchets biologiques (placenta, produits d'avortements, fumier), désinfection irrégulière et/ou insuffisante des sols et matériels, hygiène insuffisante des mains du personnel, introduction animaux sans quarantaine, contact avec d'autres troupeaux ou la faune sauvage, habitudes de nourrir les chiens avec les viscères des animaux abattus
- Mouvements d'animaux : ventes, marchés, vaches renvoyées dans les campagnes pendant leur tarissement

(Mantur, Amarnath 2008; Khurana et al. 2021; Dhaka et al. 2019; 2020; Shome et al. 2019; Humblet, Boschiroli, Saegerman 2009; Srinivasan et al. 2018; Eichenberger et al. 2020; Wani, Amin 2016; Wani et al. 2007; Lateef et al. 2020; Shobha, Bithika, Bhavesh 2013)

3. Zoonoses bovines traitées dans ce travail

Nous avons tout d'abord dressé une liste des agents pathogènes responsables de maladies chez les bovins et l'Homme (Polack et al. 2015; Haddad N. et al. 2019; The Center for Food Security & Public Health 2021), en prenant en compte les bactéries, virus, champignons et parasites afin de déterminer les maladies zoonotiques concernées par notre sujet.

Cependant, ce travail ne présente pas une liste exhaustive des zoonoses bovines présentes en Inde, c'est pourquoi certaines maladies ne seront pas étudiées. Certaines maladies ne sont pas ou peu présentes en Inde, c'est le cas de la fièvre de la vallée du Rift par exemple, ou de la babésiose (un seul cas de piroplasmose humaine a par exemple été décrit en Inde (Marathe et al. 2005), mais la proximité morphologique des babésies avec l'agent de la malaria pourrait cependant expliquer un sous-diagnostic), elles ne seront donc pas abordées ici. D'autres maladies, présentes en Inde, ne sont pas évoquées, en raison de leur faible caractère zoonotique (fièvre aphteuse par exemple) ou de leur faible impact clinique (dermatophilose notamment) ; mais également de la complexité des cycles d'infection faisant intervenir de nombreux hôtes autres que les bovins (animaux ou sols), qui jouent un rôle minime dans ces cycles d'infection. Certaines maladies, enfin, possèdent des voies de contamination (animaux, eaux usées, denrées alimentaires...) nombreuses où, là encore, les bovins sont parfois minoritaires ; la salmonellose est plus souvent associée aux volailles ou aux porcs qu'aux bovins par exemple (Haddad N. et al. 2019) ou la pasteurellose aux morsures de carnivores domestiques, alors que les bovins constituent un réservoir de la bactérie.

Les maladies traitées dans cette partie ont une importance en terme d'impact sur la santé humaine (rage, tuberculose), de fréquence de la maladie (tuberculose, échinococcose) ou constituent des maladies émergentes en Inde (leptospirose).

II. Principales zoonoses impliquant les bovins et présentes en Inde

1. Les zoonoses bovines d'origine bactérienne présentes en Inde

a. Brucellose

La brucellose est classée par l'OMS et la FAO parmi les zoonoses les plus prévalentes puisque l'OMS rapporte jusqu'à 500 000 cas chez l'Homme annuellement (World Health Organization 2020; Mantur, Amarnath 2008; Khurana et al. 2021). Dans les zones endémiques, dont l'Asie du Sud fait partie, la prévalence varie de moins de 0.01 à plus de 200 cas pour 100 000 habitants (Khurana et al. 2021).

Chez l'animal, l'incidence de la maladie est de plusieurs millions de cas par an, entre cinq et 12.5 millions de cas recensés ; bien qu'elle soit sans doute sous-évaluée (Khurana et al. 2021; Tiwari et al. 2022).

Le coût annuel de la brucellose animale en Inde s'élève à 3.4 milliards de dollars dont 95.6% pour le secteur bovin (zébus et buffles) (Singh, Dhand, Gill 2015; Tiwari et al. 2022; Shome et al. 2020). La maladie est responsable d'une perte de 18.2 et 6.8 dollars par buffle et vache respectivement (Khurana et al. 2021) ; ces pertes sont dues aux baisses de productions (avortements, infertilité) et de produits (lait, veaux, force de travail) ainsi qu'à la mortalité (veaux et adultes). Le coût de la brucellose humaine est quant à lui de 9.07 millions de dollars annuellement (Shome et al. 2020).

(1) Agent pathogène responsable

La brucellose est causée par plusieurs espèces de *Brucella*, un bacille Gram négatif, aérobic, intracellulaire facultatif et résistant dans l'environnement pendant plusieurs mois dans les endroits froids et humides (Zinsstag et al. 2011; Khurana et al. 2021).

On reconnaît une dizaine d'espèce de *Brucella*, dont les plus fréquemment rencontrées chez l'Homme sont *Brucella melitensis*, *B. abortus* et *B. suis* (Khurana et al. 2021; INRS 2022).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

Les différentes espèces de brucelles présentent une prédilection pour certaines espèces animales sans pour autant être spécifiques, ce sont des parasites stricts de nombreux mammifères. On trouve *B. canis* préférentiellement chez les chiens, *B. suis* chez les porcins, *B. melitensis* chez les petits ruminants, et enfin, *B. abortus* chez les bovins (Zinsstag et al. 2011).

Les réservoirs de *B. abortus* et *B. melitensis* sont les ruminants domestiques – bovins, petits ruminants, camélidés – et ruminants sauvages – bisons, cerfs élaphe, yaks (Khurana et al. 2021; Zinsstag et al. 2011).

En Inde, les biovars 1 de *B. abortus* et de *B. melitensis* sont les plus couramment détectés respectivement chez les bovins, et les petits ruminants et les humains (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002). Par ailleurs, bien que *B. abortus* soit l'agent de brucellose le plus souvent trouvé chez les bovins, ceux-ci peuvent aussi être infectés par *B. melitensis* et *B. suis* (Khurana et al. 2021).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

La transmission entre bovins se fait principalement par contact avec des fœtus avortés ou des produits d'avortement ; mais aussi par ingestion dans la nourriture ou l'eau contaminée, ou par inhalation. Une transmission vénérienne (monte naturelle et insémination artificielle (IA)) est possible également (Khurana et al. 2021).

Les humains peuvent s'infecter par contact avec un animal infecté via les conjonctives ou une lésion cutanée. La contamination peut aussi se faire par ingestion de lait cru ou de produits laitiers non pasteurisés (beurre, petit lait, fromage, glaces, ghee...) (Khurana et al. 2021; Zinsstag et al. 2011) ; ou par inhalation (lors de manipulation de fumier ou à l'abattoir) (Mantur, Amarnath 2008; Khurana et al. 2021). La bactérie peut être transmise à l'Homme par les bovins, mais bien évidemment par toute autre espèce porteuse ; les petits ruminants, notamment, jouant un rôle majeur.

Les plus fortes concentrations de bactéries chez un animal infecté sont observées dans l'utérus des femelles gestantes, sur les fœtus avortés, les membranes placentaires et les écoulements utérins, qui constituent les sources principales de

contamination (Khurana et al. 2021). Par ailleurs, même après guérison clinique de l'animal, les bactéries peuvent être transmises par le lait pendant plusieurs semaines voire mois ; la présence de bactéries ayant été mise en évidence trois mois après infection expérimentale (Zinsstag et al. 2011; Mortureux 2012).

La transmission interhumaine est rare ; elle est possible par transfusion, allaitement ou par voie vénérienne (Khurana et al. 2021; Zinsstag et al. 2011).

(b) Signes cliniques chez les bovins

La brucellose est aussi connue sous le nom de maladie de Bang chez les bovins (Khurana et al. 2021).

La durée d'incubation peut varier entre deux semaines et plusieurs mois (Khurana et al. 2021).

La brucellose est responsable de troubles de la reproduction. On observe des avortements tardifs, sur un mode de répartition épidémique puisque le taux d'avortement varie entre 30 et 80% dans un troupeau infecté et environ 20% des femelles restent stériles après un avortement dû à *Brucella* (Khurana et al. 2021; Zinsstag et al. 2011). La brucellose n'entraîne cependant qu'un seul avortement dans la vie de l'animal (Dadar et al. 2021) et on observe une forte excrétion de bactérie dans les membranes placentaires et les produits d'avortements (Holt et al. 2021; Mangalgi et al. 2015). La mortalité périnatale est importante chez les veaux issus de mère infectée (Zinsstag et al. 2011).

Chez les femelles non gestantes lors de l'infection, la maladie est asymptomatique (Dadar et al. 2021).

Cependant, les animaux restent porteurs à vie (Dadar et al. 2021; Mangalgi et al. 2015) ; et les séquelles peuvent être nombreuses – infertilité, retards des chaleurs, interruption de la lactation, rétention placentaire, endométrites (Khurana et al. 2021; Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002). Pour ces raisons, la brucellose est à l'origine de taux de réforme importants, jusqu'à 62% (34-62%) (Dadar et al. 2021).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez l'Homme, la maladie prend aussi le nom de fièvre ondulante, fièvre de Malte ou de Crimée...(Khurana et al. 2021)

La sévérité de la maladie dépend de l'espèce et du biovar impliqués ; en effet, les espèces impliquées dans des formes graves sont classiquement *B. melitensis* et *B. suis* biovar 1 et 3 ; *B. abortus* entraînant généralement des formes moins graves de la maladie (Haddad N. et al. 2019).

L'incubation est plus courte chez l'Homme que chez les bovins, elle dure en moyenne huit jours à trois semaines (Haddad N. et al. 2019).

Plusieurs formes sont observées chez l'Homme. Les symptômes dépendent en partie du site d'infection (Khurana et al. 2021) et de la forme de la maladie. La forme septicémique aiguë est caractérisée par une fièvre ondulante, des sueurs importantes et des douleurs à localisation variable et changeante. Dans la forme viscérale, des granulomes sont responsables d'orchite-épididymite, de méningite, encéphalite ou pleuropneumonie. Enfin, la forme chronique, qui se développe souvent plusieurs années après une forme aiguë, est apyrétique et peut avoir différentes localisations (Haddad N. et al. 2019).

Chez les femmes enceintes, des avortements (au premier ou second trimestre), des accouchements prématurés et des infections intra-utérines sont rapportés (Khurana et al. 2021; Zinsstag et al. 2011).

Les complications atteignent entre 10 et 85% des patients et peuvent être variées ; on note des abcès, spondylite, ostéomyélite, méningite, orchite, endocardite (qui constitue la première cause de mortalité due à la brucellose) (Khurana et al. 2021; Zinsstag et al. 2011).

La maladie reste sous diagnostiquée en Inde en raison de similitudes avec la malaria notamment, mais aussi des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002; Khurana et al. 2021).

(4) Populations et professions à risque

En zone endémique, jusqu'à 50% des personnes travaillant en abattoir et 33% des vétérinaires peuvent être porteurs d'anticorps sans avoir jamais présentés de manifestations cliniques de brucellose (Zinsstag et al. 2011).

En Inde, les professions à risque sont celles aux contacts des animaux – éleveurs, techniciens d'abattoirs, vétérinaires, bouchers, chasseurs, bergers, équarisseurs et toute autre profession en contact avec des animaux ou produits d'origine animale – et les personnes travaillant en laboratoires (Mantur, Amarnath 2008; Khurana et al. 2021; *Joint FAO/WHO Expert Committee on Brucellosis* 1986; Zinsstag et al. 2011).

La séroprévalence rapportée chez les populations à risque en Inde est en moyenne de 8.5% (Mangalgi et al. 2015). De façon plus détaillée, les séroprévalences chez les vétérinaires sont de 6.3%, 8.8% chez les personnes gérant des animaux, 10.5% chez les éleveurs laitiers, 6.4% chez les ouvriers d'abattoirs et 20% chez les laborantins (Singh, Dhand, Gill 2015).

80% de la population indienne vit à proximité d'animaux domestiques ou sauvages ou y est exposé par leur travail, et constitue donc une population à risque vis-à-vis de la brucellose (Mantur, Amarnath 2008; Ghugey, Setia, Deshmukh 2021; Parai et al. 2022).

(5) Régions et états concernés

Le rapport de l'OMSA conduit entre 1996 et 2014, classe les pays en trois catégories (Cárdenas et al. 2019) :

- Enzootiques : pays rapportant des cas annuellement ou avec des périodes sans cas de moins de trois ans ;
- Non enzootiques : brucellose présente dans le pays avec interruptions de plus de trois ans ;
- Indemnes : absence de brucellose sur la période de 19 ans de l'étude.

L'Inde est classée dans les pays enzootiques.

Les méta-analyses réalisées en Inde montrent des séroprévalences globales de 3 à 12% environ chez le bétail (Khurana et al. 2021; Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002) ; avec des variabilités selon les régions : de 6.6% au Madhya Pradesh à 60% à Assam (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002). La prévalence de la maladie semble en hausse, peut être en raison de l'augmentation des ventes et mouvements d'animaux (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002) ; ainsi, au Pendjab, entre 2005 et 2008, les séroprévalences ont augmenté chez les buffles de 13.4% à 16.4% et chez les vaches, de 9.9% à 20.7% (Khurana et al. 2021).

Les humains sont majoritairement infectés par *B. melitensis*, y compris dans les zones où *B. abortus* est majoritaire chez les bovins ; les petits ruminants constituent donc la source majeure de contamination pour l'Homme. Cependant, *B. abortus* et *B. suis* sont responsables d'une morbidité non négligeables, en particulier en Asie et en Amérique latine. De plus, dans certains états indiens – Andhra Pradesh, Tamil Nadu, Karnataka, Haryana – la prévalence de *B. melitensis* est importante chez les bovins, voire majoritaire ; et donc, les vaches et bufflonnes, et leur lait, restent une source possible de contamination humaine à grande échelle (Mantur, Amarnath 2008; Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002).

Chez l'Homme, la prévalence est plus élevée en zone rurale qu'en ville (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002), sans doute puisque la population y est plus en contact avec les animaux. La prévalence dans la population indienne générale est d'environ 9% (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002), ce qui est semblable aux valeurs observées dans les pays voisins, notamment au Pakistan (Jamil et al. 2021) et en Chine (Liu et al. 2020) où la maladie est considérée endémique et ré-émergente.

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Le traitement recommandé par l'OMS, l'OMSA et la FAO chez l'Homme dans les cas sans complications repose sur l'utilisation d'antibiotiques, notamment une combinaison doxycycline-streptomycine ou doxycycline-gentamicine (Corbel 2006; Zinsstag et al. 2011).

La prévention de la brucellose humaine et son éradication ne sont possibles qu'en contrôlant la brucellose animale, notamment chez les animaux d'élevage (Mantur, Amarnath 2008; Zinsstag et al. 2011).

Des programmes de contrôle de la brucellose existent en Inde ; ils sont conditionnés par une mesure, à savoir l'interdiction d'abattage des zébus (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002; Holt et al. 2021). Le programme « Brucella-free villages » lancé récemment prévoit une surveillance des animaux, un isolement des vaches positives et abattage des buffles ainsi qu'un programme de vaccination, et une surveillance régulière des taureaux utilisés pour les IA. Ce programme a d'abord été lancé dans 50 villages répartis sur 10 états et la possibilité de le développer à l'échelle nationale est étudiée. Les principales limites concernent d'une part la difficulté technique et le coût de l'isolement des vaches malades ainsi que l'acceptabilité des éleveurs à la vaccination. En effet, la couverture vaccinale reste faible – en raison des préoccupations des éleveurs et vétérinaires pour leur santé mais aussi d'une faible disponibilité du vaccin. La vaccination n'est généralisée que dans les grands troupeaux déjà infectés (Renukaradhya, Isloor, Rajasekhar 2002; Holt et al. 2021).

Le vaccin *B. abortus* S19 est le plus couramment utilisé en Inde (Khurana et al. 2021). La vaccination se fait chez les jeunes bovins et nécessite une seule injection. Il protège les bovins contre *B. abortus* et *B. melitensis* et, chez les femelles vaccinées, on observe moins de cinq pour cent d'avortements (Zinsstag et al. 2011). Sans abattage des animaux positifs, il faudrait 3.5 ans pour éliminer la maladie d'un élevage mixte bovin/ovin en vaccinant tous les animaux (Khurana et al. 2021).

Pour information, la vaccination des bovins, après avoir été rendue obligatoire pour réduire la prévalence de la maladie, est interdite en France depuis 1984 car elle interfère avec les tests diagnostiques (Jouan 2016).

Ainsi, la vaccination seule reste insuffisante (Dadar et al. 2021). Des mesures supplémentaires peuvent aider à réduire la prévalence de la brucellose (Mantur, Amarnath 2008; Khurana et al. 2021; Dhand et al. 2021) :

- Améliorer les pratiques de biosécurité : utilisation de vêtements de protection et de gants, en particulier pour manipuler les avortons et autres produits d'avortements ; test et quarantaine à l'introduction d'un animal selon les recommandations du Code zoo-sanitaire de l'OIE ; éviter les mélanges d'espèces (notamment bovins et petits ruminants)

Cependant, les tests d'introduction ne sont pas systématiques, notamment en raison de leur disponibilité variable et du coût qu'ils représentent pour l'éleveur ;

de même, les équipements de protection sont rarement utilisés, que ce soit par les éleveurs ou par les vétérinaires (Holt et al. 2021)

- Renforcer les capacités de travail des vétérinaires (Dadar et al. 2021), en augmentant le nombre de vétérinaires et de techniciens
- La bactérie étant détruite par pasteurisation (Zinsstag et al. 2011), faire bouillir le lait avant consommation permet de réduire les risques de contamination
- Développer des protocoles d'investigation en cas d'avortement : bien que la mise à l'écart des femelles au moment du vêlage soit recommandée et réalisée selon les sondages par 62.5%, dans les faits, elles restent à proximité des autres et sont remises rapidement dans le troupeau après la mise bas (Holt et al. 2021)
- Informer les éleveurs : mise en place de campagnes de sensibilisation à la maladie, son épidémiologie, les symptômes chez l'Homme et l'animal, les voies de transmission et les mesures préventives (Khurana et al. 2021)

⇒ La brucellose est une maladie d'importance majeure, aussi bien d'un point de vue médical (en moyenne, 9% de la population indienne possède des anticorps contre l'agent pathogène) qu'économique (le coût dans le bétail chaque année s'élevant à plusieurs milliards de dollars). Il s'agit d'une maladie notifiable et pour laquelle il existe un programme de surveillance et de contrôle particulier au niveau national.

b. Charbon

Le charbon, « anthrax » en anglais, est une zoonose ancienne déjà présente en Egypte et Mésopotamie 5000 ans avant J-C. Elle pose toujours problème chez l'animal, et ré-émerge chez l'Homme depuis quelques années. Elle est également connue sous les termes de pustule maligne, œdème malin, fièvre splénique, charbon bactérien, fléau noir, maladie des chiffonniers et maladie de Bradford (Doganay, Demiraslan 2015).

(1) Agent pathogène responsable

Le charbon est dû à un bacille Gram positif, aéro-anaérobie facultatif, *Bacillus anthracis*. Il a la capacité de sporuler – en présence de dioxygène et lorsque la température est comprise entre 18 et 42°C – et est particulièrement résistant sous cette forme. A l'inverse, la forme végétative a une faible résistance dans l'environnement. Le bacille produit une toxine létale et une toxine œdémateuse, à l'origine des signes cliniques observés chez l'Homme et les animaux (Doganay, Demiraslan 2015).

Ce bacille a une distribution mondiale, on le trouve en Amérique, en Europe, en Asie, en Afrique et au Moyen Orient (Datta, Singh 2002; World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008). La maladie est endémique chez l'animal et l'Homme au Moyen Orient – Turquie, Iran et Liban notamment – en Asie centrale – Kirghizistan, Turkménistan – dans certaines régions de l'Inde, en Afrique de l'Ouest et en Amérique du Sud – Pérou et Haïti en particulier (Doganay, Demiraslan 2015). On dénombre entre 20 000 et 100 000 cas humains annuellement (Haddad N. et al. 2019).

Bacillus anthracis est classé comme agent de bioterrorisme – en Inde, il est considéré par le Center for Disease Control and Prevention comme le second agent de catégorie A le plus dangereux, sur les trois catégories du centre (Doganay, Demiraslan 2015).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

Le sol constitue le réservoir principal (Datta, Singh 2002), il s'agit d'une zoonose d'origine tellurique.

Tous les animaux à sang chaud sont sensibles à la maladie ; les herbivores le sont particulièrement, notamment les bovins, les petits ruminants et les équidés ; au contraire, les porcins, canidés et humains y sont moins sensibles. Les humains constituent des hôtes accidentels (Doganay, Demiraslan 2015; Datta, Singh 2002; World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008; Thappa, Karthikeyan 2001).

L'Homme a effectivement une résistance modérée à la maladie, c'est-à-dire qu'un individu en bonne santé ne développera pas forcément de signes cliniques en cas de faible exposition (World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008; Baillie, Huwar 2011).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

La contamination peut se faire selon différentes voies :

- La voie de contamination la plus fréquente est la voie cutanée, par contact ou exposition avec des animaux infectés – notamment lors de la gestion et manipulation de cadavres ou de laine, poils, peaux et viande
- L'inhalation des spores présentes dans l'environnement (sols, aérosols) constitue également une voie majeure de contamination
- Enfin, l'ingestion de viande contaminée crue ou peu cuite est une voie présente notamment en Thaïlande, en Iran, en Inde, en Gambie, en Ouganda, au Liban et en Turquie où des cas de charbon intestinal ont été décrits. Certaines populations ont notamment pour habitude de consommer la viande d'animaux morts récemment (sans faire attention à la cause du décès de l'animal) (Doganay, Demiraslan 2015; Datta, Singh 2002; George et al. 1994)

- L'hypothèse d'insectes vecteurs a aussi été émise, et la contamination est possible via des aiguilles contaminées (Doganay, Demiraslan 2015; World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008)

La transmission interhumaine est très rare, la maladie étant considérée comme non contagieuse (Doganay, Demiraslan 2015; Datta, Singh 2002).

Les cas de charbon apparaissent souvent après une période sèche prolongée et précédée de pluies importantes ou d'inondations ; ou à l'inverse lors de pluies après une période de sécheresse ; la température et l'humidité étant les deux paramètres influençant la saisonnalité du charbon (World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008).

Aujourd'hui, le charbon reste un problème en Inde pour plusieurs raisons : certaines habitudes de consommation (viande rôtie d'animaux morts soudainement, utilisation de leurs poils et os...), le manque de coopération pour signaler les morts subites d'animaux et l'échec de la mise en place de politiques de gestion des carcasses et de décontamination, et enfin, les délais de diagnostic longs en raison du manque de communication entre les laboratoires locaux (Datta, Singh 2002).

(b) Signes cliniques chez les bovins

Chez les bovins, le charbon est responsable de mort subite, mort en 24-48h sans signes préalables, ou éventuellement après une courte période symptomatique où l'animal peut présenter de la fièvre et sembler désorienté. Sur les cadavres, on observe des écoulements sanguins par le nez, la bouche et l'anus en raison d'un retard à la coagulation (Baillie, Huwar 2011).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez l'Homme, les symptômes se développent après un temps d'incubation variant de un à sept jours selon la forme clinique, mais dans la majorité des cas, après 48 heures.

Les différentes formes cliniques observables sont (Doganay, Demiraslan 2015; Datta, Singh 2002; George et al. 1994; Doganay, Metan 2009) :

- La forme cutanée : c'est la plus fréquente – jusqu'à 96.9% des cas sur une étude réalisée en Turquie (Doganay, Metan 2009) – elle se caractérise par des papules non douloureuses puis la formation d'ulcères douloureux avec un centre nécrotique noir, et possiblement des symptômes locaux – œdème – ou généraux – fièvre, toxémie voire septicémie – en plus. Sans traitement, la mortalité du charbon cutané atteint 20%.
- La forme intestinale et la forme oropharyngée (contamination par ingestion) : elles représentent 1.9% des cas, selon la même étude turque.

On observe dans la forme intestinale des nausées et vomissements, des douleurs abdominales, de l'hématémèse, de la diarrhée hémorragique, de l'ascite, une toxémie puis un choc, la mortalité varie entre 25 et 60%.

La forme oropharyngée est caractérisée par de la dysphagie, de la fièvre et des douleurs, la mortalité est de 50% dans cette forme.

- La forme pulmonaire ou respiratoire : elle se présente sous la forme d'un rhume puis d'une détresse respiratoire ; la mort est quasi-systémique en un ou deux jours.
- Méningoencéphalite : elle est souvent secondaire aux autres formes mais il existe des cas primaires rapportés notamment dans le sud de l'Inde. La mortalité est élevée, jusqu'à 100%.

(4) Populations et professions à risque

La maladie a une vraie importance dans les pays en développement où la majorité de la population est encore rurale et travaille dans l'agriculture ou l'élevage et où peu d'animaux sont vaccinés (World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008). En effet, dans les pays développés – Europe du Nord notamment – le charbon apparaît occasionnellement chez l'Homme, comme maladie professionnelle ; on observe un cas humain pour dix cas animaux. A l'inverse, dans les pays en développement – Afrique, Inde, sud de la Russie – on observe le rapport inverse, à savoir dix cas

humains pour une carcasse infectée, en raison de la pauvreté et de la malnutrition rurales et de l'insuffisance de services vétérinaires (Doganay, Demiraslan 2015; World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008).

Environ 1.8 milliard de personnes dans le monde vivent dans une zone à risque vis-à-vis du charbon, cela comprend les zones rurales d'Afrique, Asie, Europe, qui regroupent plus d'un milliard de têtes de bétail (Sahoo et al. 2020; Sushma et al. 2021). En Inde, plus de 60% de la population vit en zone rurale et la plupart dépend de l'élevage pour ses revenus ; par ailleurs, de nombreuses personnes travaillent dans des tanneries et industries du cuir – elles sont nombreuses dans le sud, notamment au Tamil Nadu, et les déchets sont directement déversés dans les eaux alentours, polluant lacs et rivières (Thappa, Karthikeyan 2001).

Le charbon naturel concerne les éleveurs, agriculteurs, bouchers, équarisseurs, ouvriers d'abattoir, vétérinaires et les communautés tribales de l'est de l'Inde – par exemple en Orissa, où l'on trouve de nombreuses personnes appartenant aux « scheduled tribes » (Sahoo et al. 2020), des communautés tribales – qui ont l'habitude de consommer la viande d'animaux morts ; alors que le charbon industriel touche les personnes manipulant des produits animaux : poils, laine, viande, os... (Doganay, Demiraslan 2015; Baillie, Huwar 2011).

La maladie affecte principalement les adultes, et surtout les hommes, qui sont plus exposés par leurs activités (Datta, Singh 2002).

L'incidence exacte du charbon chez l'Homme et les animaux n'est pas connue en raison du grand nombre de cas non déclarés et du fait qu'une partie seulement des patients reçoit des soins dans un hôpital et est donc de fait comptabilisée (Thappa, Karthikeyan 2001). Le charbon est cependant considéré par le National Animal Disease Referral Expert System (NADRES, système regroupant les informations sur les maladies animales pour aider à leur prédiction, prévention et contrôle) comme la troisième maladie zoonotique la plus importante sur le sous-continent (Roonie et al. 2020).

(5) Régions et états concernés

Le charbon est endémique dans les régions chaudes et humides, donc typiquement dans les régions tropicales ou subtropicales (Thappa, Karthikeyan 2001; Baillie, Huwar 2011). La température, les caractéristiques du sol, les pluies et crues contribuent à la diffusion du pathogène. Ainsi, la plupart des cas surviennent pendant la période de transition chaude et humide entre les saisons sèche et humide (Sushma et al. 2021).

Le charbon est donc endémique en Asie du Sud-est avec une prévalence de 25% chez le bétail entre 1992 et 2020, notamment en Inde et au Bangladesh (World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008; Thappa, Karthikeyan 2001). Cependant, on observe des disparités en Inde entre les régions (*Fig. 17*).

Ainsi, la maladie est endémique dans le sud et l'est avec une incidence humaine significative (World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008; Garg, Panmei 2018). Jayaprakasam *et al.* notent des épidémies de charbon rapportées chaque année entre 2009 et 2021, avec plus de 400 cas décrits dans la littérature sur cette période rien que dans l'état d'Orissa (Jayaprakasam et al. 2023). Ceci s'explique par un climat particulièrement chaud et humide et un sol calcaire alcalin qui favorisent la survie et la germination des spores, ainsi que par une densité de bétail importante qui facilite la diffusion (Roonie et al. 2020). Les états les plus concernés sont l'Orissa, le Bengale occidental, le Jharkhand et les états du sud – Andhra Pradesh, Tamil Nadu (Jayaprakasam et al. 2023; Roonie et al. 2020).

En revanche, elle est plus rare dans le nord, où l'on trouve tout de même quelques cas (Datta, Singh 2002) et quasiment absente à l'ouest en raison du pH plus acide du sol (World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, World Organisation for Animal Health 2008; Garg, Panmei 2018).

Le système de surveillance de NADRES n'indique que les cas qui lui sont déclarés (*Fig. 17*) mais donne néanmoins une indication sur les zones à risques.

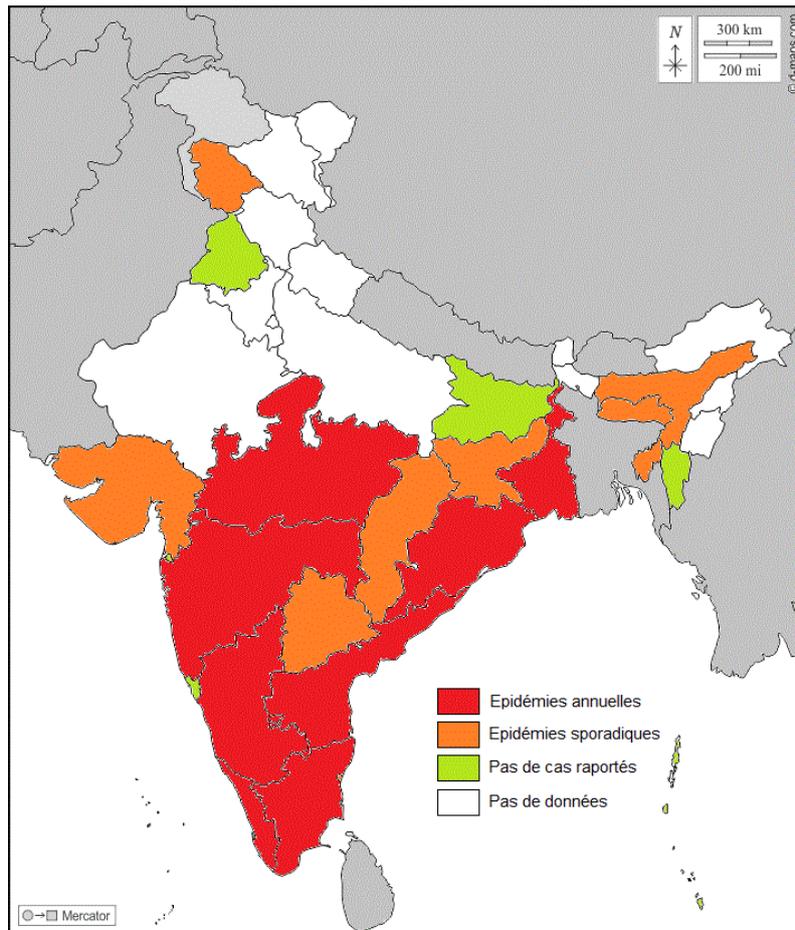


Figure 15 : Carte représentant les cas de charbon recensés par le système de surveillance nationale (NADRES). Réalisée par nos soins d'après https://nivedi.res.in/Nadres_v2/yearwise.php

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Le traitement consiste en l'administration précoce d'antibiotiques et en un traitement de soutien selon la forme et la gravité des signes (Datta, Singh 2002).

Le National Centre for Disease Control (NCDC) a pris des mesures pour renforcer la surveillance, le diagnostic précoce et stopper la diffusion de la maladie. De plus, conjointement avec l'OMS, il a aussi développé des programmes d'entraînement et de formation pour les vétérinaires et les professionnels médicaux pour contrôler la diffusion du charbon (Roonie et al. 2020). Cependant, ces programmes de surveillance, diagnostic et déclaration des cas semblent inefficaces en zone endémique (Sahoo et al. 2020).

La prévention de la maladie passe par la vaccination, à la fois des animaux et des humains. Elle est recommandée en Inde pour tous les animaux d'un troupeau en zone endémique voir pour tous les animaux sensibles, elle consiste en une seule

injection puis un rappel annuel ; malgré la distribution gratuite en Inde, elle est peu réalisée par ignorance ou manque d'envie des éleveurs (Roonie et al. 2020). Chez l'Homme, elle n'est pas recommandée systématiquement mais éventuellement pour les personnes les plus à risque mais le schéma vaccinal est assez contraignant : six injections sur 18 mois puis rappels annuels. Des mesures comme la gestion des carcasses et éviter de consommer des animaux morts de façon suspecte, bien qu'efficaces, sont difficiles à mettre en œuvre car il est difficile de convaincre les habitants de changer leurs habitudes (Datta, Singh 2002; Lalitha, Kumar 1996).

⇒ Le charbon est une zoonose majeure mais d'importance variable sur le sous-continent indien ; en effet, certains états (du sud et de l'est surtout) concentrent les cas rapportés chez l'Homme, quand d'autres n'en déclarent aucun. Il constitue aussi l'une des dix maladies les plus mortelles pour le bétail en Inde et des cas, bien souvent mortels en raison de la mise en place tardive d'un traitement, sont rapportés chez l'Homme chaque année (Goel 2015). La maladie est notifiable et il existe un programme de contrôle piloté par l'OMS notamment et le NCDC.

c. Chlamydiose

(1) Agent pathogène responsable

Chlamydia fait partie des microorganismes les plus répandus dans le règne animal (Rohde et al. 2010) ; il s'agit d'une bactérie Gram négatif avec une distribution mondiale (Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022). C'est une bactérie en partie intracellulaire obligatoire (Cheong et al. 2019) ; elle a un cycle de développement diphasique impliquant des corps élémentaires, infectieux, qui peuvent survivre en dehors de la cellule, et des corps réticulés, métaboliquement actifs, qui se multiplient dans les cellules eucaryotes (Chahota et al. 2015). Les *Chlamydia* ciblent les cellules épithéliales des muqueuses, et ciblent notamment le placenta (Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022).

Il existe 13 espèces de *Chlamydia* dont plusieurs avec un potentiel zoonotique, et notamment *Chlamydia abortus*, *C. psittaci*, *C. caviae* et *C. felis* (Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022).

Chlamydia abortus est pathogène à la fois chez l'Homme et les ruminants ; elle cause surtout des avortements enzootiques chez les ovins (Rohde et al. 2010; Vidal et al. 2017; Bandyopadhyay et al. 2009) mais peut infecter les bovins.

Chlamydia psittaci est également retrouvé chez différentes espèces animales, y compris bovines, qui peuvent la transmettre à l'Homme (Chahota et al. 2015).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

Chlamydia abortus infecte principalement les petits ruminants mais elle touche également les bovins y compris les yaks, certaines études ayant montré sa présence dans les troupeaux de yaks (Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022; Bandyopadhyay et al. 2009), les porcs, les chevaux et les humains, ainsi que chez les volailles et les psittacidés et dans la faune sauvage, chez les chouettes, les lamas et les chevreuils (Rohde et al. 2010; Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022).

Plusieurs études (Vidal et al. 2017; Gupta et al. 2015; Rohde et al. 2010) menées sur des troupeaux de bovins ont permis de détecter *C. abortus* et *C. psittaci* mais également une espèce plus spécifique, mais non pathogène pour l'Homme, *C. pecorum*.

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

L'infection se fait par voie oro-nasale, principalement par contact avec le placenta et les tissus fœtaux ou les produits d'avortements (fluides vaginaux et avortons) et la litière contaminée ; ou par inhalation d'aérosols ou d'herbe contaminés (Turin et al. 2022; Bandyopadhyay et al. 2009). Chez les bovins élevés en semi-liberté comme les yaks, le partage des points d'eau et les contacts avec d'autres troupeaux domestiques et animaux sauvages augmentent les risques de contamination (Bandyopadhyay et al. 2009).

Les humains se contaminent aussi au contact des tissus infectés ou de l'environnement contaminé (Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022).

Les bactéries persistent dans l'environnement ou dans les produits d'avortement quelques jours à quelques mois en fonction des conditions climatiques et le risque de contamination via les fluides vaginaux diminue à partir de deux à trois semaines après l'avortement (Turin et al. 2022).

(b) Signes cliniques chez les bovins

Les infections par *Chlamydia* chez les ruminants sont connues depuis longtemps en Inde mais l'amélioration des techniques diagnostiques a permis de mettre en évidence son importance ; notamment en raison des pertes économiques qu'elle entraîne (Cheong et al. 2019; Chahota et al. 2015).

En effet, *Chlamydia abortus* est responsable, notamment chez les vaches, les buffles et les yaks, d'avortements tardifs dans la gestation, à partir du cinquième mois de gestation, de mortinatalité, et les veaux qui naissent vivants sont faibles ; elle cause aussi de l'infertilité, des métrites, endométrites et vaginites (Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022; Chahota et al. 2015; Bandyopadhyay et al. 2009; Vidal et al. 2017).

Concernant les avortements, si l'infection a lieu lorsque la gestation est bien avancée, on observera un avortement ou de la mortinatalité mais l'infection n'affectera pas les gestations suivantes ; en revanche, si l'infection survient en début de gestation ou en dehors d'une gestation, on observera une infection latente et un avortement en fin de gestation ou lors de la gestation suivante (Cheong et al. 2019; Turin et al. 2022).

Le contact de la vache avec son placenta contaminé entraîne une forte stimulation antigénique et donc la mise en place d'une immunité efficace, d'où l'absence d'avortement lors des gestations suivantes (Turin et al. 2022). Ces anticorps persistent jusqu'à 3 mois après l'avortement ou la mise bas (Van Sante 2015).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez l'Homme, *Chlamydia abortus* entraîne une infection persistante mais le plus souvent asymptomatique. Elle peut entraîner des symptômes peu spécifiques, comme de la fièvre, des céphalées et des symptômes respiratoires (Rohde et al. 2010; Cheong et al. 2019). Pour ces raisons, l'infection est sous-diagnostiquée et son traitement est souvent retardé. Elle a cependant un impact important chez les personnes immunodéprimées et chez les femmes enceintes. Chez ces dernières, elle entraîne des avortements et de la mortinatalité, et différentes complications – septicémie, thrombopénie et coagulopathie, possibles choc et défaillance multi-organique (Cheong et al. 2019; Vidal et al. 2017; Gupta et al. 2015).

(4) Populations et professions à risque

Les chlamydias représentent surtout un risque professionnel pour les personnes travaillant au contact d'animaux infectés ou possédant des bovins (notamment les éleveurs, les ouvriers d'abattoir, les vétérinaires, les bouchers, les membres de la famille des précédents (Rohde et al. 2010; Turin et al. 2022)). On peut aussi évoquer les populations tribales qui élèvent notamment des yaks en semi-liberté ; un mode d'élevage plus à risque de contacts avec la faune sauvage (Bandyopadhyay et al. 2009).

(5) Régions et états concernés

Le nombre d'études sérologiques est limité dans les pays en développement, en particulier en Asie et en Afrique ; en Inde, les prévalences sont bien étudiées dans certaines zones mais il n'y a aucune information pour d'autres endroits (Turin et al. 2022; Chahota et al. 2015).

Une étude réalisée entre 2002 et 2011 dans cinq états indiens – Himachal Pradesh, Pendjab, Jammu et Cachemire, Andhra Pradesh, Mahārāshtra – à partir de plus de 2100 échantillons a montré l'endémicité des infections à *Chlamydia* dans ces états, avec des séroprévalences variant entre 0.93% et 8.70% chez les buffles et 4.65% en moyenne chez les vaches (Chahota et al. 2015). Des anticorps anti-*chlamydia abortus* ont par ailleurs été mis en évidence sur 35% des yaks de deux élevages dans l'Arunachal Pradesh (Bandyopadhyay et al. 2009).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Lors de chlamydie humaine aiguë, les antibiotiques utilisés appartiennent aux familles des macrolides, des tétracyclines ou des quinolones. Cependant, sur les formes chroniques, le traitement a moins voire pas d'effet en raison de la présence des formes quiescentes de la bactérie (Rohde et al. 2010).

Chez les animaux, l'isolement des femelles avortées ou malades et de leurs veaux s'ils sont vivants est recommandé pendant au moins sept à dix jours ainsi qu'un nettoyage et une désinfection de la zone contaminée. L'identification des femelles infectées permet de connaître les animaux excréteurs. La vaccination et l'achat d'animaux dans des élevages indemnes réduit le risque d'introduction dans un troupeau (Turin et al. 2022). Cependant, en Inde, aucune traçabilité des animaux n'est efficacement mise en place.

- ⇒ La chlamydie transmissible par les bovins constitue une zoonose d'importance moindre. En effet, la majorité des cas de chlamydie chez les humains sont dus à des espèces pathogènes pour l'Homme, ou d'origine zoonotique mais ne concernant pas les bovins (Whittum-Hudson, Hudson 2005).

d. Fièvre Q

(1) Agent pathogène responsable

La fièvre Q est causée par une bactérie Gram négatif, intracellulaire stricte, *Coxiella burnetii* ; présente partout dans le monde sauf en Antarctique et en Nouvelle Zélande (Keshavamurthy et al. 2019), et endémique dans au moins 51 pays (Dhaka et al. 2020). Elle est fortement infectieuse et très contagieuse (Yadav et al. 2021). Elle est capable de former des pseudo-spoires lui permettant de résister à la chaleur et la dessiccation (OMSA - Organisation mondiale de la santé animale (s.d.)).

La prévalence moyenne dans le monde chez les bovins est de 20% (Yadav et al. 2021; Dhaka et al. 2020) et les bovins sont donc considérés comme une source majeure d'infection pour l'Homme. La maladie est endémique en Inde, et le premier cas humain confirmé remonte à 1954 (Dhaka et al. 2019; Shome et al. 2019). L'augmentation de la prévalence chez les bovins dans de nombreuses régions du monde entraîne un accroissement des préoccupations pour la santé humaine (Keshavamurthy et al. 2019).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

Les réservoirs de la bactérie sont nombreux, ce sont aussi bien des mammifères que des oiseaux ou des arthropodes (Dhaka et al. 2020). Chez les mammifères, les ruminants – bovins et petits ruminants – constituent le principal réservoir de la bactérie, mais les animaux de compagnies – chiens, chats, lapins et oiseaux – peuvent aussi jouer un rôle dans la transmission de la maladie à l'Homme (Dhaka et al. 2019; Shome et al. 2019).

Il existe un cycle entre la faune sauvage et les tiques qui permet d'entretenir l'agent pathogène et favorise sa transmission aux ruminants domestiques. Les tiques jouent un rôle essentiel dans le maintien de la bactérie dans la faune sauvage mais ne sont pas essentielles dans le maintien de la bactérie chez les ruminants domestiques (Dhaka et al. 2019), et la circulation de la bactérie entre les bovins adultes suffit à maintenir l'infection dans un troupeau infecté.

La maladie affecte donc principalement les bovins, moutons et chèvres ; l'Homme constitue un hôte accidentel relativement fréquent (Keshavamurthy et al. 2019).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

La fièvre Q est une maladie extrêmement contagieuse ; les animaux infectés représentant la source majeure d'infection pour l'Homme. La contamination de l'Homme comme des animaux se fait majoritairement par inhalation de spores ; mais aussi par contact cutané, en particulier lors de la mise bas ou de l'abattage des bovins (Dhaka et al. 2020; Marrie, T. J. 2011).

Les matières virulentes sont les sécrétions génitales, les fèces et urines, ainsi que l'environnement et les produits souillés comme le fumier ou la poussière (Keshavamurthy et al. 2019; Shome et al. 2019). L'excrétion, quelle que soit la voie, se fait de manière discontinue (Dhaka et al. 2019).

(b) Signes cliniques chez les bovins

Chez les bovins, la coxiellose est souvent subclinique. Elle est responsable de troubles de la reproduction, notamment d'avortements, de mortinatalité et de veaux faibles, de mammites, métrites et infertilité ainsi que d'une baisse de productivité (Keshavamurthy et al. 2019; Dhaka et al. 2020; Shome et al. 2019).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

L'incubation chez l'Homme est de deux à trois semaines selon la charge infectieuse initiale. La maladie peut se manifester par une forme aiguë ou une forme chronique.

La forme aiguë peut entraîner trois tableaux cliniques différents (Keshavamurthy et al. 2019; Shome et al. 2019) :

- **Forme fébrile pseudo-grippale** : elle se manifeste par une fièvre brutale et élevée, de la myalgie, des céphalées, une inappétence et de l'asthénie ; la maladie est autolimitante et la guérison est spontanée en quatre à cinq jours
- **Forme pulmonaire (pneumonie atypique (Keshavamurthy et al. 2019))** : elle se traduit par un syndrome fébrile intense, des douleurs musculaires, articulaires et rétro-oculaires, ainsi qu'une congestion de la peau et des muqueuses et, après 48h à six jours, l'apparition d'une pneumonie avec dyspnée, toux sèche

et expectorations faibles ; l'évolution est en général favorable en huit à dix jours mais la convalescence peut être longue

- Forme hépatique : hépatite avec granulome hépatique

La forme chronique peut se déclarer directement ou après une forme aiguë, en particulier chez les patients immunodéprimés ou présentant une maladie intercurrente – soit dans 1 à 5% des cas – ; elle peut se traduire par de la fièvre, une hépatite, une ostéomyélite ou une endocardite (qui est fatale dans 25 à 60% des cas). Elle peut être fatale sans traitement adapté (Keshavamurthy et al. 2019).

Par ailleurs, chez la femme enceinte, la fièvre Q peut être responsable d'avortements, de retards de croissance *in utero*, de naissances prématurées. Si aucun traitement n'est mis en place, la maladie peut se réactiver lors des grossesses ultérieures et causer des avortements à répétition et entraîner le développement d'une endocardite chez la mère.

Cependant, en raison des difficultés de diagnostic dues à des symptômes peu spécifiques et des nombreuses infections asymptomatiques, la maladie est très probablement sous-rapportée dans le monde (Shome et al. 2019).

(4) Populations et professions à risque

Les personnes à risque sont celles travaillant au contact des ruminants domestiques, donc notamment les éleveurs et agriculteurs, les vétérinaires et les ouvriers d'abattoir ; ainsi que les personnes vivant au contact de ces personnes.

Dans une étude indienne, *Coxiella burnetii* a été mise en évidence (PCR et immunofluorescence) chez 25.7% des femmes ayant avortées spontanément (Vaidya et al. 2008) ; une étude menée dans une population ouvrière, mais sur une vingtaine de personnes seulement, a montré une séroprévalence de 89.47% sans mettre en évidence la bactérie directement (Dhaka et al. 2019).

(5) Régions et états concernés

Malgré l'importance de la maladie, il y a peu d'informations sur la fièvre Q en Inde ; en 60 ans, seules 25 publications concernant la coxiellose chez l'Homme et l'animal en Inde ont été publiées (Kumar et al. 2017).

La maladie est présente en Inde dans plusieurs états (Uttar Pradesh, Rajasthan, Chhattisgarh, Haryana, Bihar, Assam, Maharastra, Gujarat, Andhra Pradesh, Telangana, Madhya Pradesh, Pendjab...) (Dhaka et al. 2019; Shome et al. 2019; Naveena et al. 2022). Elle est plus observée en zones péri-urbaines que dans les communes rurales ; en effet, la transmission est favorisée par les hautes densités de bovins (Shome et al. 2019).

En raison du manque de méthodes de surveillance et de données épidémiologiques (Dhaka et al. 2020), la maladie est probablement sous-diagnostiquée et sous-rapportée ; la séroprévalence chez les bovins oscille entre 5.55 et 29.9% (Dhaka et al. 2020).

Dans une gaushala de Mathura, en Uttar Pradesh, abritant environ 40 000 zébus, la bactérie a été mise en évidence chez 3.87% d'entre eux, et 9.56% étaient porteurs d'anticorps ; alors que la séroprévalence chez les personnes travaillant dans cet établissement était de 6.87% (Yadav et al. 2021). Dans l'ouest de la France, où la coxiellose est endémique chez les vaches, des séroprévalences similaires (12.7% dans la population générale) voire supérieure (56.3% chez les éleveurs) ont été mises en évidence (Beaudeau et al. 2021).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Le traitement des formes aiguës de la maladie repose sur l'utilisation d'antibiotiques de la classe des tétracyclines. Le traitement des formes chroniques est beaucoup plus compliqué, il requiert l'association de plusieurs antibiotiques en général, et une durée beaucoup plus longue (Marrie, T. J. 2011).

Les études mettent en évidence un manque de connaissances de la maladie par les éleveurs (Dhaka et al. 2020) et il n'existe pas de programme national de surveillance.

La mise en place de mesures hygiéniques tous les jours – lavage des mains régulier, port de bottes et d'une tenue adaptée et réservée – et lors des vêlages – en particulier, la destruction du placenta, l'aménagement d'un box de vêlage spécifique propre et désinfecté après chaque usage – ainsi qu'une meilleure gestion du fumier – notamment par la limitation de sa diffusion par le vent – permettraient de réduire la dispersion, l'infection des bovins et des humains (Dhaka et al. 2020).

⇒ La fièvre Q constitue une zoonose d'importance mais sous-diagnostiquée. Elle est endémique en Inde et fortement contagieuse. Elle est principalement rapportée dans les zones périurbaines où l'on trouve les plus fortes densités d'animaux et d'humains, ce qui favorise sa transmission. Elle a été mise en évidence chez près d'un quart des femmes ayant avortées (Vaidya et al. 2008).

e. Leptospirose

La leptospirose est une zoonose endémique dans les pays en développement d'Asie du Sud-est – Inde, Malaisie, Sri Lanka (Soo, Khan, Siddiqui 2020), où elle touche principalement les populations rurales et/ou impliquées dans l'agriculture et l'élevage ainsi que les populations urbaines pauvres et n'ayant pas accès à des infrastructures sanitaires.

On estime qu'il y a plus d'un million de cas par an dans le monde et que la maladie est mortelle dans environ 6% des cas (Costa et al. 2015).

L'incidence de la maladie, chez l'Homme ou l'animal, est plus élevée dans les zones tropicales (Barragan et al. 2017; Costa et al. 2015).

(1) Agent pathogène responsable

L'agent pathogène responsable est une bactérie spirochète, Gram négatif et très mobile, appartenant au genre *Leptospira*, identifié en 1886 (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Loureiro, Lilenbaum 2020)

On dénombre plus de 40 espèces (Guglielmini et al. 2019), avec plus de 300 sérovars – les sérovars présentant des similitudes antigéniques étant regroupés en sérogroupes (Loureiro, Lilenbaum 2020).

Seul un faible nombre de sérovars est présent et endémique dans une région donnée ; par ailleurs, chaque sérovar se maintient préférentiellement chez une espèce spécifique. Ainsi, chez leur hôte de prédilection, les leptospires causent peu de signes cliniques et peu de dégâts – sauf sur un animal immunodéprimé, une femelle en fin de gestation ou les nouveau-nés (Ellis 2015).

Les leptospires ont un tropisme pour le système urinaire et l'appareil génital ; la persistance et l'excrétion rénales peuvent durer plusieurs années (Ellis 2015).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

De nombreuses espèces sont sensibles à la leptospirose, parmi lesquelles les rats, les chevaux, les vaches, les chiens, les porcs ainsi que des espèces sauvages (chauve-souris, coyotes, rats laveurs, chevreuils...). Au niveau mondial, les hôtes

principaux sont les rats – porteurs surtout du sérovar *icterohaemorrhagiae* – les bovins et les ovins – sérovar *hardjo* – et les chiens – sérovar *canicola* (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Ellis 2015).

Chez les vaches, la répartition de la maladie est mondiale, et l'infection est possible par une large variété de sérovars – les vaches servent d'hôtes de maintien pour le sérovar *hardjo* des deux espèces *Leptospira interrogans* et *Leptospira borgpetersenii* mais de nombreux autres sérovars ont été décrits : *icterohaemorrhagiae*, *canicola*, *autumnalis*, *australis*... En Inde, de nombreux sérovars ont été mis en évidence chez les bovins, montrant que ceux-ci permettent aussi le maintien d'autres sérovars (*pomona*, *pyrogenes*, *hebdomadis*, *australis*, *javanicus*, *canicola*...) (Alamuri et al. 2019; Balamurugan et al. 2018).

Il y a peu d'information concernant la leptospirose chez les buffles, mais cela ressemble à ce que l'on observe chez les vaches (Ellis 2015).

Les humains constituent des hôtes accidentels mais pouvant tout de même diffuser la bactérie (Soo, Khan, Siddiqui 2020).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

La contamination, de l'Homme ou des animaux, se fait par contact des leptospires avec la peau ou les muqueuses. La transmission peut être directe à partir d'un animal infecté, ou indirecte via le sol ou l'eau contaminés (Soo, Khan, Siddiqui 2020).

Le portage de la bactérie a lieu principalement dans les reins et l'excrétion se fait par l'urine. Les animaux porteurs peuvent être asymptomatiques mais tout de même excréter la bactérie dans leurs urines (Loureiro, Lilenbaum 2020; Ellis 2015). Une étude (Barragan et al. 2017) (*Tableau 4*) a estimé la quantité de leptospires excrétée par millilitre d'urine pour différentes espèces ainsi que la quantité excrétée par jour :

Tableau 4 : Quantité de *Leptospira* excrétée par mL d'urine et par jour. Traduit d'après (Barragan et al. 2017)

| Animal | Quantité de leptospires par mL d'urine | Quantité de leptospires par jour |
|------------------------|---|--|
| | Médiane (min-max) | Médiane (min-max) |
| <i>Bovins (n=9)</i> | 3.7×10^4 (3×10^2 - 3.7×10^4) | 6.3×10^8 (5.1×10^6 - 1.3×10^9) |
| <i>Cervidés (n=28)</i> | 1.7×10^5 (3.6×10^3 - 1.7×10^6) | 6.1×10^8 (1.3×10^7 - 6.3×10^9) |
| <i>Rat (n=53)</i> | 5.7×10^6 (5 - 8×10^8) | 7×10^7 (6.1×10^1 - 9.8×10^9) |
| <i>Humains (n=43)</i> | 7.9×10^2 (3.2×10^1 - 8.5×10^6) | 1.3×10^6 (5.4×10^4 - 1.4×10^{10}) |
| <i>Chiens (n=37)</i> | 1.4×10^2 (3.5×10^1 - 1.3×10^6) | 1.6×10^5 (4.2×10^4 - 1.5×10^9) |
| <i>Souris (n=4)</i> | 3.1×10^3 (4.7×10^2 - 1.8×10^6) | 1.9×10^5 (2.9×10^4 - 1.1×10^8) |

Bien que les rats aient une concentration en leptospires dans leurs urines plus importante que d'autres espèces ; la quantité d'urine émise et la densité d'animaux laissent penser que les grandes espèces, notamment les bovins en Inde, pourraient jouer un rôle important dans la transmission et l'excrétion environnementale des leptospires. En Equateur, de nombreux éleveurs n'ont pas de terres, les vaches pâturent donc sur les zones publiques fréquentées par la population humaine (Barragan et al. 2017), augmentant le risque de transmission par les bovins ; ce qui est aussi le cas en Inde.

En zone rurale, les bovins, cochons et chiens sont considérés comme des vecteurs importants, alors qu'en ville, ce sont les rongeurs et les chiens qui sont les principaux vecteurs (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Barragan et al. 2017).

Par ailleurs, si l'excrétion humaine est anecdotique dans le cycle environnemental ou la transmission de la maladie dans les pays avec des infrastructures de bonne qualité et des sanitaires accessibles à tous, le manque de telles installations est fréquent dans de nombreux pays pauvres, permettant la diffusion de la maladie par les humains (Barragan et al. 2017).

(b) Signes cliniques chez les bovins

Loureiro et Lilenbaum distinguent deux syndromes : la leptospirose bovine adaptée (due au sérovar *hardjo*) et la leptospirose bovine accidentelle (due à un autre sérovar

qu'*hardjo*, notamment *pomona*, *icterohaemorrhagiae* et *grippotyphosa*) (Loureiro, Lilenbaum 2020; Ellis 2015).

Avec le sérovar *hardjo*, la forme aiguë est généralement subclinique ou se traduit éventuellement par une baisse de production laitière chez les vaches – « milk drop syndrom » – mais possiblement des formes sévères voire fatales, avec ictère et hémorragies chez les buffles (Ellis 2015). Les autres sérovares entraînent le plus souvent des formes aiguës avec de la fièvre, une anémie hémolytique associée à un ictère et de l'hémoglobinurie et éventuellement une méningite ou la mort, surtout chez les veaux (Ellis 2015).

La forme chronique se caractérise par des troubles de la reproduction – avortements après 4 mois, mortinatalité, veaux faibles et prématurés – entraînant des pertes économiques importantes (Loureiro, Lilenbaum 2020; Ellis 2015).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

La période d'incubation dure entre cinq et 15 jours (Smith, Zochowski 2011).

Les symptômes sont, au départ, peu spécifiques : fièvre, céphalées, nausées, vomissements, diarrhée... Dans cinq à 15% des cas (Costa et al. 2015), on peut voir une forme sévère de la maladie, avec un syndrome de Weil – ou leptospirose ictérique, caractérisé par de l'insuffisance rénale aiguë, une insuffisance hépatique, des hémorragies notamment pulmonaires et un ictère – qui peut être fatale (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Barragan et al. 2017).

Dans les zones tropicales, elle peut fréquemment et facilement être confondue avec d'autres maladies fréquentes en zone tropicale (dengue, malaria, fièvre typhoïde, typhus des broussailles), comme c'est le cas en Haryana notamment, où le typhus des broussailles est systématiquement recherché sur une fièvre d'origine inconnue, à l'inverse de la leptospirose (Chauhan, Thakur 2016). Ainsi, pour cette raison et également par manque de surveillance, la leptospirose est certainement sous-diagnostiquée dans de nombreux endroits du globe, dont l'Asie du Sud-est et du Sud (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Basnyat 2011).

(4) Populations et professions à risque

La leptospirose concerne surtout les personnes vivant et/ou travaillant au contact des animaux ; et notamment, les éleveurs et agriculteurs exposés au bétail mais pas seulement, les pêcheurs, les éboueurs et égoutiers. Cependant, dans les pays en développement, les personnes habitant dans des bidonvilles présentent aussi un risque plus important de contamination en raison du manque d'infrastructures sanitaires salubres (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Sanhueza et al. 2018). De plus, souvent dans ces pays, les animaux et les humains vivent à proximité, ce qui augmente le risque de contamination (Ellis 2015).

(5) Régions et états concernés

Des cas de leptospirose ont été rapportés chez les bovins dans de nombreux états (Fig. 18), laissant penser que la maladie est présente et plutôt commune dans tout le pays (Srivastava 2008; Sethi et al. 2010). Elle est d'ailleurs considérée comme enzootique dans de nombreux états.

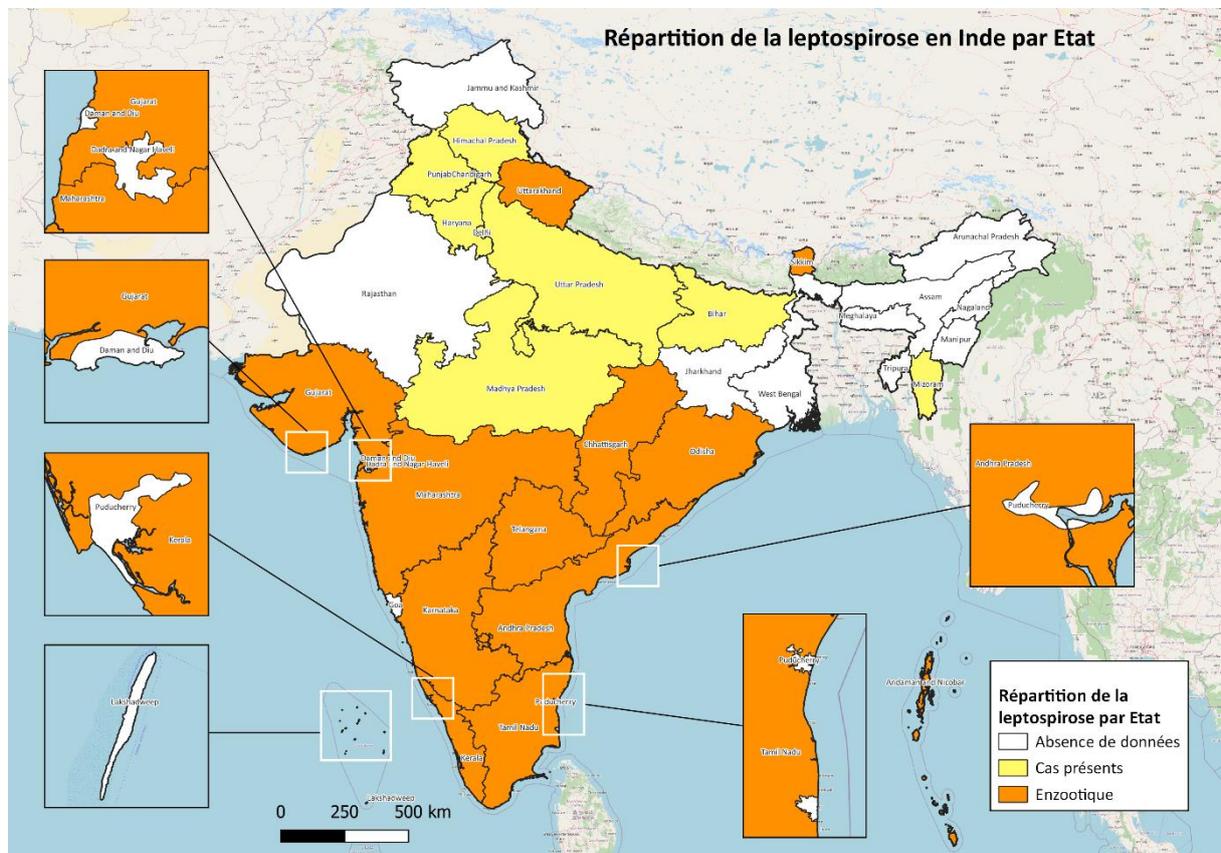


Figure 16 : Répartition des cas de leptospirose chez les bovins déclarés par état en Inde. Réalisée par nos soins d'après (Srivastava 2008; Alamuri et al. 2019; Balamurugan et al. 2018).

Chez l'Homme, elle était historiquement considérée comme rare en Inde ; cependant, on note une augmentation des cas ces dernières années dans les rapports du National Center for Disease Control. En 2015, le Ministère de la Santé indien (Ministry of Health and Family Welfare) a reconnu l'importance médicale de cette maladie pour la santé publique (Moola et al. 2021). Les cas de leptospirose sont le plus souvent liées aux inondations et aux périodes de moussons (Moola et al. 2021). Certaines études montrent des prévalences plus importantes dans les états côtiers (Alamuri et al. 2019).

Il semblerait que l'incidence chez l'Homme soit plus faible dans le nord (Pendjab, Haryana, Himachal Pradesh) comparé au reste du pays, ce qui coïncide avec la répartition des cas rapportés chez les bovins (*Fig. 18*). On note cependant une augmentation des cas de fièvre d'origine inconnue attribués à la leptospirose ; seuls 11.7% de ces fièvres étaient attribuées à la leptospirose en 2004, contre 20.5% en 2008 avec une augmentation constante sur ces quatre années (Sethi et al. 2010). En 2021, l'ISDP (« Integrated Surveillance Disease Programme ») a enregistré entre 674 et 2221 cas par mois (IDSP 2021). En 2015, Costa *et al.* estimaient le nombre de cas en Asie du Sud Est à 266 000, soit 55.54 cas pour 100 000 habitants, l'un des taux de morbidité les plus élevées dans le monde, avec l'Océanie, les Caraïbes et l'Afrique de l'est subsaharienne. Le nombre de décès sur la même région est estimé à 14 200 (Costa et al. 2015).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Chez l'Homme, le traitement antibiotique doit être précoce, il permet de réduire la durée d'expression des signes cliniques et réduit ou prévient la durée d'excrétion urinaire. Lors de syndrome de Weil, des soins intensifs sont nécessaires, notamment une dialyse. La guérison survient en général après deux à six semaines, ou six à douze lors de complications et les séquelles concernent environ 10% des patients (céphalées) (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Smith, Zochowski 2011).

Chez les bovins, le traitement est sensiblement le même (antibiothérapie et traitement de soutien). La vaccination et la gestion environnementale (protection des points d'eau et des aliments notamment) peuvent aussi être mises en place (Loureiro, Lilenbaum 2020; Smith, Zochowski 2011).

Le ministère de la Santé indien (Ministry of Health) a mis en place un programme de prévention dans les six états où la maladie est officiellement reconnue comme endémique (Gujarat, Kerala, Tamil Nadu, Maharashtra, Karnataka et îles Andaman & Nicobar) visant à renforcer la surveillance (déclaration des cas confirmés) et le diagnostic de laboratoire ainsi que les structures permettant la prise en charge des patients, sensibiliser les différents acteurs à la maladie et renforcer la coopération entre ces acteurs au niveau de l'Etat et des districts (Moola et al. 2021; Ministry of Health and Family Welfare, Government of India 2023). Il semble que la prophylaxie post-exposition (Doxycycline PO distribuée aux personnes les plus à risque) utilisée après les inondations à Bombay en 2017 a permis de diminuer le nombre de cas observé après ces événements (Supe et al. 2018) et pourrait constituer une piste pour réduire l'incidence de la maladie après de tels épisodes (Schneider et al. 2017).

La prévention de la leptospirose repose aussi sur la vaccination – des animaux de compagnie et d'élevage – dans les zones endémiques ; elle peut permettre de réduire la transmission intra-troupeau (Soo, Khan, Siddiqui 2020; Ellis 2015; Sanhueza et al. 2018). La vaccination contre le sérovar *hardjo* chez les bovins semble efficace pour réduire le risque d'excrétion urinaire des leptospires (80.6 – 94.9% d'efficacité) mais les résultats sont très variables – de 0 à 100 % selon les études (Sanhueza et al. 2018). Par ailleurs, elle a une efficacité moindre sur les animaux déjà infectés que sur les animaux naïfs (Sanhueza et al. 2018).

Un programme de vaccination annuelle associé à une gestion appropriée des risques en matière de biosécurité – réduction de l'exposition, biosécurité externe surtout – devrait progressivement diminuer le taux d'excrétion et d'infection du troupeau (Sanhueza et al. 2018).

- ⇒ La leptospirose est endémique en Inde. L'Asie du Sud-Est, comme d'autres zones à climat tropical, constitue une zone à risque, avec l'une des morbidités les plus élevées. Longtemps négligée, elle est aujourd'hui considérée comme émergente en Inde, un programme de contrôle piloté par le gouvernement central à été mis en place dans les états les plus concernés.

f. Tuberculose

La tuberculose est une maladie inflammatoire granulomateuse chronique. En 2021, il s'agissait de la deuxième maladie infectieuse la plus meurtrière avec 1.6 millions de décès, après la Covid-19 et devant le SIDA, et la première avant la crise sanitaire mondiale. Plus de 10 millions de nouveaux cas de la forme active de la maladie sont rapportés dans le monde chaque année. L'Inde comptabilisait 28% des nouveaux cas mondiaux en 2021, soit presque trois millions (World Health Organization 2022a; Yombi, Olinga 2015).

En 2021, dans les pays développés, l'incidence était de moins de 10 cas pour 100 000 personnes, en Inde, elle est de 210 cas pour 100 000 (Banque Mondiale 2023).

(1) Agent pathogène responsable

Les agents pathogènes responsables de la tuberculose sont des bactéries appartenant au complexe *Mycobacterium tuberculosis* (Refaya et al. 2020).

La tuberculose bovine est classiquement causée par *Mycobacterium bovis*, qui est donc historiquement considéré comme l'agent pathogène principal de la tuberculose zoonotique. On estime que *M. bovis* serait responsable, dans les pays en développement, de 10 à 15 % des cas de tuberculose chez l'Homme (Sandhu 2011; Bapat et al. 2017; Srinivasan et al. 2018) et d'environ 12 500 morts et 147 000 nouveaux cas dans le monde en 2016 et 2018 (Benyahia et al. 2017; World Health Organization 2019). Cependant, son incidence réelle est difficilement évaluable. Elle est sans doute sous-diagnostiquée ; la méthode de diagnostic la plus fréquemment utilisée en routine ne permet pas de faire la différence entre les différentes souches pathogènes et la croissance de *M. bovis* sur les milieux de culture standards est limitée. De plus, l'aspect zoonotique est peu pris en compte et il y a souvent un manque de coordination entre les organismes de santé humaine et animale (Prasad et al. 2005).

Plusieurs études (Refaya et al. 2020; Prasad et al. 2005; Duffy et al. 2020; Sweetline et al. 2017) ont montré l'implication d'autres espèces. Ainsi, aussi bien chez l'Homme (Duffy et al. 2020) que chez les bovins (Sweetline et al. 2017), c'est souvent *M. tuberculosis* qui est le plus prévalent : 97.1% des échantillons dans la première

étude (et aucun échantillon positif à *M. bovis*) ; 84.3% dans la seconde, (où *M. bovis* est retrouvé sur les 15.6% restants). L'aspect zoonotique de la tuberculose est donc difficilement évaluable si l'on ne s'intéresse qu'à la prévalence de *M. bovis* (Duffy et al. 2020).

Plusieurs cas impliquant *Mycobacterium orygis* ont été décrits en Inde ces dernières années, chez des vaches, dans la faune sauvage et chez l'Homme (Refaya et al. 2022; SUMANTH et al. 2023; Sharma et al. 2023). Cette espèce serait plutôt liée à des cas dans le sud de l'Inde (Duffy et al. 2020; Refaya et al. 2020).

D'autres espèces peuvent également être responsables de tuberculose mais moins fréquemment : *Mycobacterium africanum*, *M. microti*, *M. caprae*, *M. pinnipedii*, *M. canetti*, *M. mungi* (van Ingen et al. 2012).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

De nombreuses espèces sont sensibles aux mycobactéries, aussi bien dans la faune domestique (bovins, petits ruminants, carnivores domestiques) que sauvage (cervidés, bovidés sauvages, carnivores, rongeurs) avec un spectre d'hôte variable selon la sous-espèce impliquée (Srinivasan et al. 2018; Zinsstag, Müller, Pavlik 2011). Les bovins constituent le principal réservoir de *Mycobacterium bovis* (Refaya et al. 2020).

L'Homme est l'hôte préférentiel de *Mycobacterium tuberculosis* et la transmission aux bovins a d'abord été considérée comme accidentelle (Refaya et al. 2020) ; cependant, Prasad *et al.*, dans leur étude en 2005, ont montré que jusqu'à 28% des vaches atteintes de tuberculose étaient infectées par *M. tuberculosis* (Prasad et al. 2005).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

Dans les pays en développement, la voie principale de contamination pour l'Homme est l'ingestion de lait cru ou de produits laitiers non pasteurisés provenant d'une vache ou d'une bufflonne infectée ; elle peut également se faire par inhalation d'aérosols infectés – expectorations des bovins malades – ou, beaucoup plus rarement, par ingestion de viande infectée mal cuite (Sandhu 2011; Refaya et al. 2020; Prasad et al.

2005). Une inoculation accidentelle est aussi possible pour les personnes manipulant des lésions tuberculeuses.

Par ailleurs, plusieurs cas de transmission de l'Homme aux bovins ont été rapportés ; les humains infectés constituent la source majeure d'infection à *M. tuberculosis* pour les animaux – inhalation d'aérosols, de mucus, d'eau contaminée par des expectorations, des écoulements nasaux, des urines, des fèces (Sweetline et al. 2017; Refaya et al. 2020).

(b) Signes cliniques chez les bovins

Les bovins infectés ne présentent d'abord pas de signes cliniques, cette phase asymptomatique peut durer plusieurs années. Tardivement, une baisse de production laitière, une dégradation de l'état général et des signes de pneumonies (toux, dyspnée, tachypnée, adénomégalie rétro-pharyngée) sont observés (Refaya et al. 2020; Zinsstag, Müller, Pavlik 2011). D'autres sites que les poumons peuvent être atteints, entraînant des symptômes différents : tube digestif (diarrhée ou constipation), mamelle (induration mammaire), système génital (métrite, orchite)...

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez les personnes en bonne santé, la tuberculose est souvent asymptomatique. Seuls cinq à 15 % des patients développeront une forme clinique (Yombi, Olinga 2015; Institut Pasteur 2021), parfois plusieurs années après l'infection.

On distingue la forme pulmonaire, la plus fréquente et le plus souvent due à *M. tuberculosis* (Nardell 2022a) et la forme extra-pulmonaire. *Mycobacterium bovis* est l'agent majoritaire de la seconde car l'infection se fait souvent par voie orale dans ce cas (Prasad et al. 2005).

Les symptômes généraux sont non spécifiques : perte de poids, fièvre, anorexie, sueurs nocturnes. Dans la forme pulmonaire, on observe de la toux, de l'hémoptysie, une dyspnée et des douleurs thoraciques. Dans les formes extrapulmonaires, les symptômes dépendent de la localisation des lésions (Yombi, Olinga 2015). Ces dernières sont variées : lymphadénite tuberculeuse, tuberculose

miliaire (après dissémination hémotogène), méningée, péritonéale, péricardique, urogénitale, cutanée, ostéo-articulaire, hépatique ou gastro-intestinale (Nardell 2022b).

Sans traitement, le taux de mortalité atteint plus de 50% (Sandhu 2011) ; avec un traitement adapté, ce taux chute à 15% (World Health Organization 2022a). La tuberculose est la maladie opportuniste la plus fréquemment associée au VIH dans le monde et les personnes séropositives ont 20 à 40 fois plus de risque de développer une forme clinique de la maladie (Sandhu 2011; Prasad et al. 2005).

(4) Populations et professions à risque

Les éleveurs, les agriculteurs et ouvriers agricoles, les gardiens de bétail, les vétérinaires, les ouvriers d'abattoirs ou toute personne travaillant avec des animaux d'élevage (en particulier les bovins) sont particulièrement à risque de se contaminer (Bapat et al. 2017; Refaya et al. 2020).

D'une façon plus générale, les personnes partageant un environnement commun avec les bovins – zones rurales, villes et gaushalas – sont plus exposées au risque de contamination (Prasad et al. 2005) ; les personnes immunodéprimées ont plus de risque de développer la maladie (Sandhu 2011).

Environ un quart de la population mondiale serait porteur de mycobactéries (infections primitives et latentes) (Nardell 2022a). En effet, une étude réalisée sur des populations du centre de l'Inde a montré que 23.8% des 105 fermiers ou éleveurs étaient porteurs de mycobactéries (PCR sur sang) avec 11.4% à *M. bovis* et 12.4% à *M. tuberculosis* ; de même, sur 151 résidents d'une ville où la tuberculose est fortement endémique, 39.7% des échantillons étaient positifs, avec 12.6% de *M. bovis* et 27.2% de *M. tuberculosis* (Bapat et al. 2017). Les facteurs de risque tels que le contact avec des cas de tuberculose et l'ingestion de lait cru étaient dans les deux zones significativement associés (p value < 0.05) à un résultat PCR positif (Bapat et al. 2017).

(5) Régions et états concernés

La tuberculose est endémique dans les pays en développement alors qu'elle est bien contrôlée dans les pays développés, même si son éradication complète est difficile en raison de réservoirs sauvages de la maladie (Srinivasan et al. 2018).

En 2019, l'Inde comptait plus de 2.6 millions de nouveaux cas cliniques de tuberculose et plus de 400 000 morts (Duffy et al. 2020; World Health Organization 2019).

Dans une méta-analyse regroupant des études réalisées sur 18 états indiens et un territoire de l'Union, la prévalence de tuberculose chez les bovins était de 7.3% (Fig. 19), soit presque 22 millions de bovins positifs à la tuberculose (Srinivasan et al. 2018). La prévalence de la maladie est supérieure chez les bovins dans les gaushalas (19.1%, étude réalisée avec un petit échantillon cependant), ce qui coïncide avec la pratique courante de se débarrasser – en les vendant ou les abandonnant – des vaches malades ; elle est beaucoup plus faible dans les fermes laitières et chez les petits éleveurs ruraux, respectivement 5.1% et 4.4% (Srinivasan et al. 2018).

La France est reconnue indemne de tuberculose, la prévalence de la maladie chez les bovins était de 0.08% en 2020 (Boschioli M-L. et al. 2021) et 4 306 cas humains ont été déclarés, soit 6.4 pour 100 000 (Santé Publique France 2023).

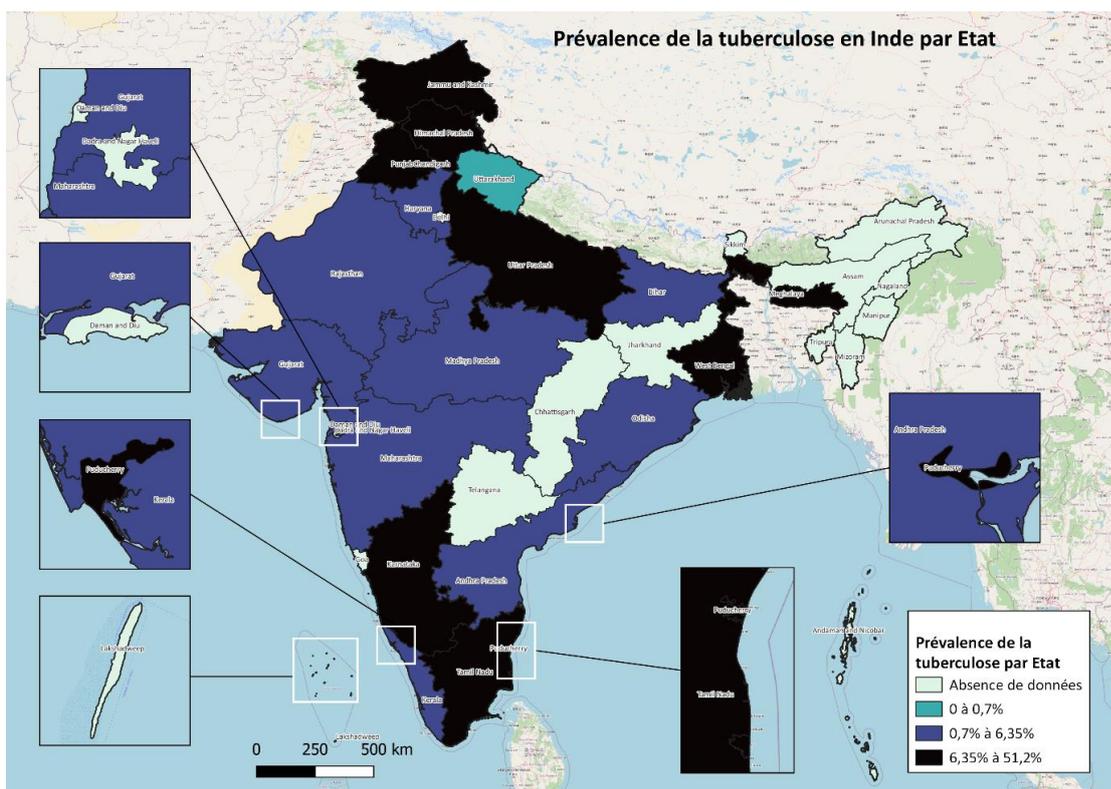


Figure 17 : Estimation des prévalences de tuberculose bovine par état. Réalisée par nos soins d'après (Srinivasan et al. 2018).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Le traitement de la tuberculose chez l'Homme est difficile ; en effet, il repose sur l'utilisation de plusieurs molécules, jusqu'à quatre en première intention – isoniazide, rifampicine, éthambutol, pyrazinamide – et dure au moins six mois (Sandhu 2011).

Mycobacterium bovis est naturellement résistant au pyrazinamide, ce qui complique le traitement et peut retarder la guérison – surtout si la mycobactérie responsable n'est pas connue lors de la mise en place du traitement (Bapat et al. 2017).

La majorité des propriétaires de bovins indiens ne sont pas au courant de l'aspect zoonotique de la tuberculose. Souvent, les animaux malades sont vendus lorsque l'éleveur s'aperçoit qu'il ne pourra pas être soigné à moins d'engendrer des frais importants, ce qui contribue à la dispersion de la maladie. De plus, la grande majorité de la viande bovine consommée en Inde provient d'abattoirs illégaux où aucun contrôle sanitaire n'est réalisé.

Il n'existe pas de système de dépistage régulier des animaux car la tuberculose bovine n'est pas (toujours) perçue comme un problème de santé publique. Des tests sont disponibles mais leur réalisation se fait sur la base du volontariat (Chauhan et al. 2019).

L'abattage des animaux positifs n'étant pas possible en Inde pour des raisons religieuses et culturelles, d'autres stratégies peuvent être évoquées :

- Vacciner les animaux : le vaccin BCG peut faire réagir aux tests d'intradermoréaction, cependant, il peut diminuer la sévérité de la maladie chez les animaux voire réduire l'infection et pourrait jouer un rôle notamment là où l'abattage n'est pas possible (Srinivasan et al. 2018; Buddle 2019)
- Tester et isoler les animaux infectés ; cette solution n'est guère applicable en pratique
- Des mesures d'hygiène – comme la surveillance en abattoir, la pasteurisation systématique du lait, la cuisson suffisante des viandes – et zootechniques – comme réduire les densités animales en élevage, améliorer la ventilation des bâtiments – peuvent être envisagées (Refaya et al. 2020)

Les grandes institutions internationales – ONU (United Nations Sustainable Development Goals), OMS (WHO's End TB Strategy) – ont développé des programmes afin de réduire le problème de la tuberculose dans le monde. Leurs objectifs sont de réduire le nombre de décès liés à la tuberculose, diminuer l'incidence de la maladie et prévenir la transmission du bétail aux humains et vice versa ; il passe par une approche « One Health » avec du personnel de santé correctement formé, des programmes d'information du public, de bonnes pratiques d'hygiène...(Refaya et al. 2020)

La première campagne visant à améliorer le contrôle de la tuberculose en Inde date de 1951, avec une campagne de vaccination massive de la population (vaccin BCG). En 1961, un système de surveillance régional est mis en place, le principal problème qui se pose alors est de parvenir à convaincre les patients de poursuivre le traitement de façon continue jusqu'à guérison, ce qui est toujours l'un des problèmes actuels. Au niveau national, le National TB Control Program est développé en 1962 (Sandhu 2011). Il vise à aider au diagnostic par la mise en place d'un réseau de laboratoires pour couvrir tout le territoire et à la prise en charge (redistribution des patients entre les systèmes de santé privés et publics, aide financière, suivi pour aider à l'observance du traitement) (Central TB Division, Ministry of Health 2017).

- ⇒ La tuberculose est un problème majeur en Inde. Plus de 2.6 millions de nouveaux cas de tuberculose et 400 000 décès sont enregistrés chaque année en Inde. Bien qu'il soit difficile d'en estimer le nombre réel, au moins 10 à 15% des cas seraient d'origine zoonotique. En Inde, 22 millions de bovins sont atteints de tuberculose et constituent un réservoir majeur pour les populations. Plusieurs programmes, internationaux – développés par l'ONU et l'OMS – et nationaux – développés par le gouvernement central – existent en Inde pour diminuer l'impact de la tuberculose sur la population.

2. Les zoonoses virales affectant les bovins rencontrées en Inde

a. Fièvre hémorragique Crimée-Congo

(1) Agent pathogène responsable

Le virus de la fièvre hémorragique de Crimée-Congo (CCHFV) appartient à la famille des Bunyaviridae et au genre Nairovirus (Yadav et al. 2014).

On distingue 6 à 7 groupes phylogénétiques liés à une aire géographique : de I à III en Afrique, IV en Asie et Moyen Orient – et qui peut être séparé en deux sous-groupes Asie 1 et Asie 2 –, V en Europe et VI en Grèce (Yadav et al. 2014). En Inde, c'est le génotype IV que l'on trouve, aussi bien chez l'Homme que chez les animaux.

Il est responsable de la fièvre hémorragique Crimée-Congo, se manifestant chez l'Homme, dans les formes graves, par une fièvre hémorragique.

Depuis sa découverte en 1946, il est présent en Afrique, en Asie, en Europe de l'est et au Moyen Orient (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2015; 2012). Le nombre de cas annuels dans le monde est difficile à établir ; plus de 1000 sont rapportés chaque année (Tsergouli et al. 2020) et l'OMS estime le nombre réel entre 10 000 et 15 000 avec plus de 500 décès (Formenty 2018).

Ces dernières décennies, la majorité des épidémies ont eu lieu en Asie et au Moyen Orient, en particulier en Turquie, au Pakistan, en Inde, au Soudan, en Iran et en Bulgarie (Mourya et al. 2012).

Le CCHFV est par ailleurs classé dans les agents de bioterrorisme (Yadav et al. 2014).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

Le virus se maintient grâce à un cycle « tique-vertébrés » (Yadav et al. 2014) impliquant des tiques Ixodae (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2012), principalement celles du genre Hyalomma (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2012; Kumar, Manjunathachar, Ghosh 2020; Khan, Zala, Joshi 2016) (même si le virus a aussi été trouvé chez d'autres genres (Yadav et al. 2014)).

Les tiques du genre *Hyalomma* et, en Inde, en particulier trois espèces – *Hyalomma anatolicum*, *H. marginatum* et *H. nitidum* – (Khan, Zala, Joshi 2016) constituent les vecteurs du virus. Les tiques s'infectent via le sang de leur hôte lors d'un repas ou par la salive d'autres tiques, lors d'un repas de plusieurs tiques sur un même site (Yadav et al. 2014; Khan, Zala, Joshi 2016; Reynard et al. 2021). La transmission chez la tique est à la fois transovarienne et transstadiale.

Le virus a déjà été isolé chez de nombreux vertébrés sauvages (Yadav et al. 2014). Parmi les animaux domestiques, les bovins, moutons et chèvres jouent un rôle important dans le cycle du virus (Mourya et al. 2012; Khan, Zala, Joshi 2016; Mourya et al. 2014).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

L'Homme s'infecte principalement lors d'une morsure par une tique infectée ou par contact avec du sang ou des tissus d'animaux virémiques – en particulier lors de l'abattage des animaux ou la transformation de la viande, ou lors des mises-bas. Le virus est également transmis par contact avec le sang, les tissus ou les sécrétions d'un patient en phase aiguë de CCHF (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2015; 2012; 2014; Formenty 2018).

L'introduction du virus dans une zone indemne se fait par le commerce d'animaux infectés ou infestés par des tiques infectées (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2014) ; ou par l'expansion de la zone géographique des tiques *Hyalomma*, on peut citer ici le rôle des oiseaux migrateurs permettant la dissémination du virus sur de longues distances (Yadav et al. 2014) mais également les changements climatiques modifiant l'aire de répartition des tiques (Mourya et al. 2012).

(b) Signes cliniques chez les bovins

La maladie est asymptomatique chez les animaux, y compris les bovins. On observe une courte virémie de faible intensité – moins de deux semaines – où les bovins peuvent transmettre le virus à d'autres animaux ou aux Hommes (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2015).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

L'incubation dure en moyenne sept à 14 jours. Dans 88% des cas, la maladie est subclinique (Formenty 2018; World Health Organization 2022b).

Dans les formes cliniques, on observe trois phases dans la maladie : la phase pré-hémorragique, la phase hémorragique, et la phase de convalescence. Les formes cliniques se traduisent d'abord par une fièvre élevée, des céphalées et vertiges, des myalgies, des nausées et vomissements, une douleur abdominale et de la photophobie puis des saignements (pétéchies, ecchymoses, méléna, hématurie, épistaxis, métrorragie...). Les manifestations hémorragiques se développent en trois à six jours (Yadav et al. 2014). La mort survient par défaillance multi-organique et CIVD en cinq à neuf jours après l'apparition des premiers symptômes (Mourya et al. 2012).

Le taux de mortalité est élevé dans les formes sévères, 30 à 50% en moyenne, mais plus faible (3-5%) si l'on considère tous les patients (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2015; 2012).

(4) Populations et professions à risque

Les éleveurs, les vétérinaires et les personnes travaillant en abattoirs sont les plus à risque vis-à-vis de la CCHF, étant donné qu'ils sont au contact des animaux et/ou des carcasses potentiellement infectés (Mourya et al. 2015; Reynard et al. 2021) ainsi que les soignants au contact de patients malades.

Lors des épidémies, les premiers cas sont observés sur des personnes ayant une exposition quotidienne aux animaux et/ou aux tiques se nourrissant sur ces animaux (Mourya et al. 2012). L'exposition aux tiques et au bétail représente un facteur de risque majeur de contamination (Khan, Zala, Joshi 2016).

Les tiques sont présentes toute l'année en Inde mais on observe un pic avant et surtout après la mousson avec plus de vaches infestées (Khan, Zala, Joshi 2016).

(5) Régions et états concernés

La présence de la CCHF suit la répartition mondiale des tiques du genre *Hyalomma* (Mourya et al. 2014) (Fig. 20).

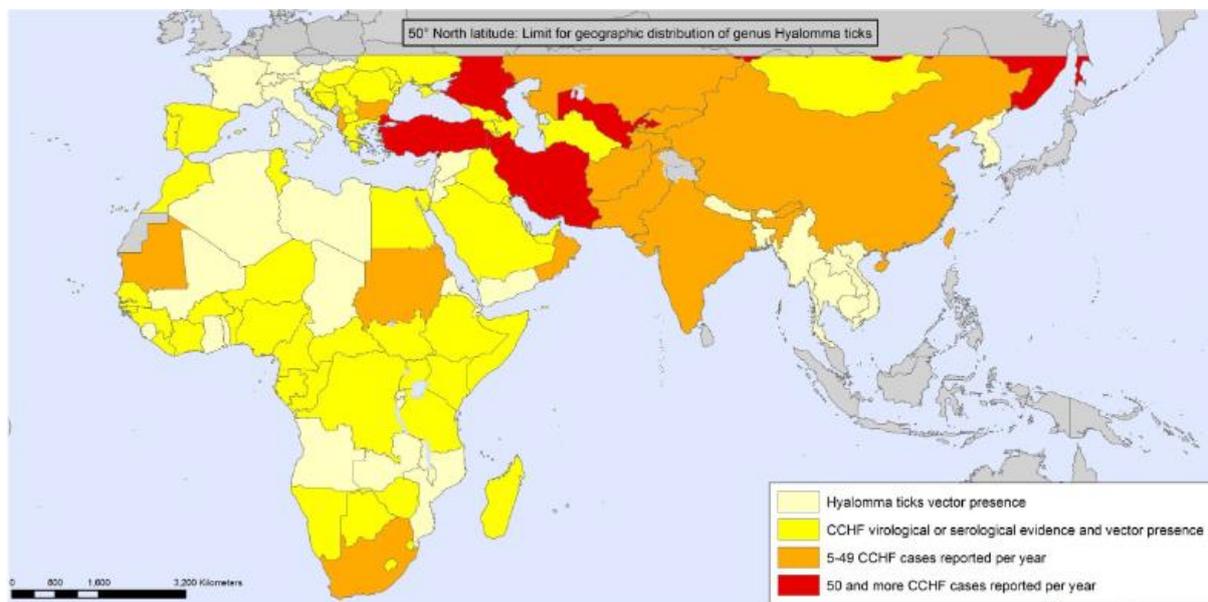


Figure 18 : Distribution géographique mondiale de la fièvre hémorragique Crimée-Congo. Source : https://www.who.int/health-topics/crimean-congo-haemorrhagic-fever#tab=tab_1

Sa présence en Inde était suspectée depuis longtemps étant donnée qu'on la trouvait déjà dans les pays frontaliers – notamment Pakistan, Chine et Afghanistan – avec lesquels l'Inde commerce et échange des animaux et avec lesquels il existe des flux de populations (Yadav et al. 2014; Mourya et al. 2012).

En décembre 2010, des anticorps anti-CCHFV ont été mis en évidence sur du bétail au Gujarat et au Rajasthan (Mourya et al. 2012; 2014) ; et en janvier 2011, plusieurs cas dont certains fatals sont décrit au Gujarat. Il s'agit des premiers cas confirmés en Inde (Mishra et al. 2011).

Entre 2011 et 2015, 47 cas ont été confirmés en Inde (dont 19 ayant entraîné le décès du patient), principalement au Gujarat et Rajasthan (Blair et al. 2019; Mourya et al. 2015).

Plusieurs études ont montré que les bovins (et également les petits ruminants) étaient porteurs d'anticorps dans de nombreux états indiens et avec des taux variables (*Tableau 5*).

Tableau 5 : Pourcentages de bovins possédant des anticorps (IgG) anti-CCHFV pour 23 états indiens. Traduit d'après (Mourya et al. 2015)

| Etat/Territoire de l'Union | Nombre d'échantillons positifs/Nombre d'échantillons testés (%) |
|----------------------------|---|
| Andhra Pradesh | 30/233 (12.9) |
| Madhya Pradesh | 7/150 (4.7) |
| Maharashtra | 16/240 (6.7) |
| Pendjab | 6/198 (3.0) |
| Rajasthan | 31/295 (10.5) |
| Orissa | 31/99 (31.3) |
| Arunachal Pradesh | 13/150 (8.7) |
| Karnataka | 15/219 (6.8) |
| Kerala | 5/200 (2.5) |
| Bengale occidental | 13/357 (3.6) |
| Manipur | 1/146 (0.7) |
| Mizoram | 15/203 (7.4) |
| Tamil Nadu | 6/379 (1.6) |
| Uttar Pradesh | 7/195 (3.6) |
| Tripura | 1/149 (0.7) |
| Assam | 26/149 (17.0) |
| Haryana | 3/200 (1.5) |
| Himachal Pradesh | 1/150 (0.7) |
| Jammu et Cachemire | 4/182 (2.2) |
| Nagaland | 8/199 (4.0) |
| Andaman et Nicobar | 2/308 (0.7) |
| Uttarakhand | 2/100 (2.0) |
| Gujarat | 17/280 (6.1) |
| Total | 260/4 781 (5.43) |

La séroprévalence globale d'anticorps anti-CCHFV en Inde est de 5.43% (Mourya et al. 2015) chez les bovins (vaches et buffles). Ces taux de séropositivité élevés observés dans plusieurs états laissent penser que le virus est bien répandu chez le bétail dans le pays. Il n'y a cependant pas de corrélation entre la séroprévalence du virus chez les animaux ou les tiques et les cas humains dans une région (Mourya et al. 2014; 2015).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Les patients atteints de CCHF sont classés en trois catégories et le traitement dépend de ce classement. La classe A présente des formes légères qui ne nécessitent qu'un traitement de soutien (antiémétique, analgésie) et de la surveillance. La seconde catégorie, B, est celle des patients présentant des formes graves en phase aiguë – moins de cinq jours de symptômes – et qui requièrent un traitement de soutien plus important (oxygénothérapie, perfusion, transfusion) ainsi qu'un traitement antiviral (Ribavirine). Enfin, la classe C regroupe les patients avec des formes sévères en phase terminale – diagnostiqués après cinq jours de symptômes – le traitement est le même que le groupe B avec un pronostic plus sombre (Yadav et al. 2014). La Ribavirine est une molécule antivirale ayant démontré une certaine efficacité lors de l'épidémie au Gujarat en 2010-2011 lorsqu'elle était administrée assez tôt (Yadav et al. 2014; World Health Organization 2022b) mais son efficacité est toujours source de débat (Mourya et al. 2012). Elle reste cependant recommandée par l'OMS.

Il n'y a pas de programme spécifique de surveillance ni de contrôle de cette maladie émergente. Le NCDC recommandait déjà en 2015 une enquête sérologique auprès de la population et des animaux ainsi qu'une cartographie de la répartition des tiques *Hyalomma* en Inde pour déterminer les zones plus à risque et y établir des mesures particulières de prévention (Venkatesh et al. 2015).

La prévention de la maladie repose sur l'information des populations à risque, la surveillance et le retrait des tiques, l'isolement et le traitement des cas ; un traitement acaricide des habitations et des animaux est aussi recommandé (Yadav et al. 2014; Kumar, Manjunathachar, Ghosh 2020).

- ⇒ La fièvre hémorragique Crimée-Congo constitue une maladie émergente. L'OMS estime le nombre de cas annuels à 10 000 à 15 000 et au moins 500 décès dans le monde, majoritairement en Asie et au Moyen Orient (Formenty 2018). Les premiers cas ont été confirmés en Inde en 2011 (Mishra et al. 2011) et plusieurs dizaines de cas sont confirmés chaque année (Blair et al. 2019; Mourya et al. 2015). La maladie est déclarable mais il n'existe aucun programme spécifique de gestion.

b. Poxviroses

Les poxvirus sont responsables de maladies connues sous le nom de « maladie du trayeur », « variole bovine », « pseudovariole » ou encore « paravaccinose » (Singh et al. 2012).

(1) Agent pathogène responsable

Les poxvirus ayant un potentiel zoonotique sont regroupés en trois genres, en gras sont indiqués ceux intéressant les bovins (Reid, Dagleish 2011) :

- Orthopoxvirus : **buffalopoxvirus**, **cowpox virus** (en fait assez rare chez les bovins), monkeypox virus, **vaccinia virus (virus de la vaccine)**, virus de la variole
- Parapoxvirus : orfivirus (chez les moutons), **pseudocowpox virus**, **stomatite papuleuse bovine**, sealpox virus
- Yatapoxvirus : tanapoxvirus, yaba monkey disease virus

Le cowpox virus (malgré son nom), affecte plutôt les rongeurs, même s'il peut être trouvé chez les bovins. Le vaccinia est maintenant plus rapporté en Amérique du Sud (Brésil et Venezuela notamment (Reid, Dagleish 2011)). Peu d'informations sont disponibles sur le virus de la stomatite papuleuse en Inde. Nous nous intéressons ici au buffalopoxvirus (BPXV) et au pseudocowpox virus (PCPXV).

La buffalopox est une zoonose virale émergente. Des études phylogénétiques ont montré que le BPXV était plus proche du virus de la vaccine que des autres orthopoxvirus ; le BPXV proviendrait de la souche Lister du vaccinia virus, utilisée pour la production du vaccin contre la variole (Singh et al. 2007; Eltom et al. 2020; Bera et al. 2012; Singh et al. 2012). La buffalopox est présente dans les zones d'élevages de buffles – notamment en Indonésie, Inde, Egypte, Pakistan, Russie et Italie (Bhanuprakash et al. 2012).

La pseudo-cowpox est une maladie bénigne chez les bovins et responsable des « nodules du trayeur » lors de sa transmission à l'Homme.

(2) Espèces réceptives et réservoirs

Les hôtes du BPXV et du PCPXV sont les bovins (buffles et vaches) ainsi que les humains dans une moindre mesure (Bhanuprakash et al. 2012).

Ces virus ont un réservoir sauvage mal connu, bien que les rongeurs soient suspectés (Singh et al. 2012; Eltom et al. 2020).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

La contamination se fait par contact direct (animal ou humain infecté) ou indirectement par le trayeur ou le matériel de traite (Bhanuprakash et al. 2010). La traite à mains nues constitue un facteur de risque important (Singh et al. 2007; Eltom et al. 2020). Les mouches pourraient aussi constituer de potentiels vecteurs mécaniques, aussi bien pour les animaux que pour les humains (Singh et al. 2007).

Bien qu'aucune transmission interhumaine n'a été démontrée, des anticorps voire des formes cliniques de la maladie ont été observés chez des personnes n'ayant eu de contact qu'avec des personnes vivant au contact d'animaux (sans avoir eux-mêmes été en contact avec des animaux) (Singh et al. 2007).

Dans la plupart des cas, la cause suspectée du départ des épidémies est le commerce de bovins entre plusieurs villages (Bhanuprakash et al. 2010).

(b) Signes cliniques chez les bovins

Les signes cliniques apparaissent après deux à quatre jours (Singh et al. 2007; Roy, Chandramohan 2021). Ce sont des lésions caractéristiques de papules et pustules ulcérées en leur centre (Eltom et al. 2020; Bhanuprakash et al. 2010).

Dans les formes bénignes, les lésions sont localisées préférentiellement aux zones glabres où la peau est plus fine – mufle, pis et trayons, région inguinale, scrotum, base des oreilles et pavillons auriculaires, yeux (Singh et al. 2007; Eltom et al. 2020; Bhanuprakash et al. 2010). Dans la forme sévère, rare aujourd'hui, les lésions sont généralisées (Singh et al. 2007; Eltom et al. 2020).

La maladie a un fort impact économique puisqu'elle entraîne une chute de la production laitière de 40 à 70%, qui peut être permanente, en particulier en cas de lésions sévères sur la mamelle (on peut voir des mammites dans jusqu'à 50% des cas lors de surinfections bactériennes) et une diminution de la force de travail des animaux de trait (Singh et al. 2007; Eltom et al. 2020; Bhanuprakash et al. 2010).

Les jeunes et les animaux âgés sont les plus atteints. Bien que la mortalité soit faible (0.7%), la létalité peut être assez importante chez les veaux (11.4%) (Singh et al. 2007; Bhanuprakash et al. 2010).

En Inde, le BPXV circule plus que le PCPXV chez les bovins (Singh et al. 2012).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez l'Homme, l'incubation peut durer entre 3 et 19 jours. Les lésions observées sont semblables à celles des bovins. Elles s'observent surtout sur les parties du corps en contact avec les bovins – mains, avant-bras – et d'une façon moindre sur le visage, les fesses, les jambes, la poitrine et l'abdomen. En parallèle, les patients peuvent présenter de la fièvre, une lymphadénopathie axillaire et une baisse de forme générale (Singh et al. 2012; 2007; Eltom et al. 2020; Bhanuprakash et al. 2010; Roy, Chandramohan 2021). Les lésions sont autorésolutives en quelques jours à quelques semaines (Haddad N. et al. 2019).

Lors d'ingestion de lait non pasteurisé provenant d'un vache ou bufflonne infectée, on peut observer des lésions oropharyngées (Singh et al. 2012).

Les personnes vaccinées contre la variole peuvent développer la maladie mais de façon moins importante que les personnes non vaccinées (Singh et al. 2007). Après l'infection, les animaux, comme les humains, sont protégés par l'immunité cellulaire et humorale (Eltom et al. 2020) mise en place. Les anticorps se développent en 12 jours et sont transmis dans le colostrum.

(4) Populations et professions à risque

Les personnes travaillant dans le secteur laitier (éleveurs, trayeurs) (et le personnel de laboratoire) sont les populations les plus à risque.

Les personnes nées après 1980 ne sont plus vaccinées contre la variole (suite à son éradication) ; or, cette vaccination permettait une protection croisée contre les autres poxviroses (Singh et al. 2012; Eltom et al. 2020; Bhanuprakash et al. 2010).

(5) Régions et états concernés

Depuis la première description connue d'un cas en Inde en 1934, des cas sont régulièrement rapportés – bénins ou graves, aussi bien chez les bovins que les humains – dans plusieurs états. On peut citer par exemple des épidémies au Mahārāshtra, en Andhra Pradesh, au Madhya Pradesh et au Tamil Nadu, avec jusqu'à 80% du troupeau atteint (Singh et al. 2012; 2007; Bhanuprakash et al. 2012; Bera et al. 2012).

La fréquence des infections chez les animaux et chez les humains est par ailleurs en augmentation (Bhanuprakash et al. 2010).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Chez les vaches et bufflonnes, le coût de la maladie est estimé à 8.5 USD par animal soit une perte de 15 à 20% des revenus mensuels par animal (Bhanuprakash et al. 2010).

Le traitement, chez l'Homme comme chez l'animal, repose sur l'utilisation d'anti-inflammatoires contre la douleur et l'inflammation si nécessaire, et d'antibiotiques en cas de surinfection. Chez l'Homme, la guérison est généralement complète après trois semaines.

Le manque de moyens de diagnostic et de prophylaxie (absence d'immunoprophylaxie ou de restrictions au transport des animaux) et l'absence d'obligation d'isoler un animal malade (qui n'est dans les faits jamais réalisé) rendent la maladie difficile à contenir. Cependant, ce sont des maladies de faible importance médicale aussi bien chez l'Homme que chez les bovins.

⇒ Les poxvirus sont responsables de lésions bénignes chez les humains. Ils sont présents en Inde mais ne font pas l'objet d'une déclaration obligatoire.

c. Rage

La rage est un problème majeur en Inde. C'est une maladie virale contagieuse et inoculable. Elle est enzootique sur tous les continents et dans la majorité des pays ; 60 000 cas sont rapportés chez l'Homme dans le monde chaque année, dont environ 33% en Inde (soit 20 000 cas humains) (Dufour B., Toma B., al. 2020; Rahman, Isloor 2018). Elle est cependant classée comme zoonose négligée par l'OMS qui estime que le nombre réel de cas serait 15 à 50 fois plus élevé (Haddad N. et al. 2019).

(1) Agent pathogène responsable

La rage est due au virus rabique, *Rabies Virus*, un Lyssavirus appartenant à la famille des Rhabdoviridae. Il possède un tropisme pour les cellules du système nerveux (Dufour B., Toma B., al. 2020).

C'est par ailleurs un virus nu, peu résistant dans l'environnement et facilement détruit par la chaleur, la lumière, l'oxygène et par les désinfectants usuels (Dufour B., Toma B., al. 2020).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

Tous les mammifères (domestiques ou sauvages) ainsi que l'Homme sont des espèces réceptives au virus et peuvent développer la maladie (Dufour B., Toma B., al. 2020).

En Inde, les chiens domestiques constituent le réservoir principal du virus et la source de contamination des humains (Radhakrishnan et al. 2020).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

La transmission se fait de façon largement majoritaire par la morsure d'un animal enragé ; y compris avant l'apparition de signes cliniques chez l'animal enragé (jusqu'à 15 jours avant l'expression clinique chez les animaux domestiques et un mois chez les animaux sauvages) (Dufour B., Toma B., al. 2020).

En Inde, la contamination se fait le plus souvent (environ 97% des cas) par morsure d'un chien enragé (60% des cas par un chien errant mais 40% par un chien de compagnie (Menezes 2008)) mais elle est possible aussi par les chats. La faune sauvage joue sans doute un rôle important en Inde où plus de 60% la population vit en zone rurale, souvent à proximité de forêts (Mani, Anand, Madhusudana 2016; Rahman, Isloor 2018; Radhakrishnan et al. 2020; Suraweera et al. 2012). Les autres animaux (singes, chevaux, bovins, rongeurs) peuvent mordre et transmettre le virus mais de façon accidentelle (Menezes 2008). Les bovins sont aussi contaminés par la morsure d'un chien (AravindhBabu et al. 2011).

D'autres voies de contamination sont également possibles mais bien plus rares : contact de la salive avec la peau ou les muqueuses présentant des lésions (même minimales), ingestion de lait (même si en pratique la lactation se tarie rapidement et la virulence dans le lait est très inconstante) ou de viande (en pratique, le virus est détruit par la cuisson, mais possible chez les animaux), inhalation (survient principalement chez les personnels de laboratoire), *in utero* chez certaines espèces (chien, lapin, cobaye et souris) (Dufour B., Toma B., al. 2020).

Ainsi, les bovins sont sensibles à la rage mais constituent souvent un cul-de-sac épidémiologique, en ne transmettant que très rarement la maladie à l'Homme ou à d'autres animaux.

(b) Signes cliniques chez les bovins

L'incubation peut être longue (souvent comprise entre un et trois mois).

S'il on peut retrouver chez les bovins la rage furieuse commune chez les carnivores, ils présentent plus souvent une forme paralytique de la maladie. L'animal présente des meuglements rauques en continu, de la dysphagie (due à une paralysie des masséters), une salivation de plus en plus importante (due à une paralysie du pharynx), de la constipation et du ténesme, un arrêt de la rumination et de la prise alimentaire, des épisodes de parésie puis paralysie flasque notamment du train antérieur avec un relevé de l'animal de plus en plus difficile puis impossible. La mort survient généralement quatre à cinq jours après l'apparition des signes cliniques (Dufour B., Toma B., al. 2020).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez l'Homme, la période d'incubation dépend du site de morsure, elle dure entre 35 et 90 jours en général, mais peut durer plus d'un an. La rage est responsable d'une méningoencéphalite aiguë (Dufour B., Toma B., al. 2020).

Les prodromes sont caractérisés par des douleurs sur la zone de morsure, une tristesse importante, des crises de larmes et l'isolement de la personne. Ensuite, les troubles du caractère s'intensifient (angoisse, hallucinations) et une forte hyperthermie est possible (41-42°C). On distingue plusieurs formes de la maladie (Dufour B., Toma B., al. 2020) :

- Forme spastique : environ 80% des cas humains (Mani, Anand, Madhusudana 2016), elle est caractérisée par des tremblements et contractures violents provoqués par des stimuli sensoriels (bruits, lumière, touché) et une hydrophobie caractéristique ; la mort survient entre deux et 10 jours
- Forme paralytique : débute par une monoplégie ou paraplégie puis une paralysie ascendante ; la mort survient par paralysie des muscles respiratoires
- Forme démentielle : plus rare, elle se caractérise par des crises de folie furieuse et évolue rapidement vers le coma et la mort

La rage est invariablement mortelle dès lors que des signes cliniques apparaissent.

(4) Populations et professions à risque

Plus de 15 millions de morsures d'animal sont rapportés en Inde chaque année et les estimations évaluent le nombre de cas humains de rage autour de 20 000 (Ramesh Masthi et al. 2019; Rahman, Isloor 2018; Menezes 2008).

La rage est plus fréquente chez les populations de faible statut socio-économique ainsi que chez les enfants entre cinq et 15 ans (Rahman, Isloor 2018).

Plusieurs études (Ramesh Masthi et al. 2019; Rahman, Isloor 2018) pointent du doigt le manque de connaissance de la maladie par les populations.

(5) Régions et états concernés

La rage est endémique et enzootique en Inde (Fig. 21), à l'exception des îles Andaman et Nicobar et du Lakshadweep où aucun cas de rage (humaine ou animale) n'a été rapporté (Rahman, Isloor 2018).

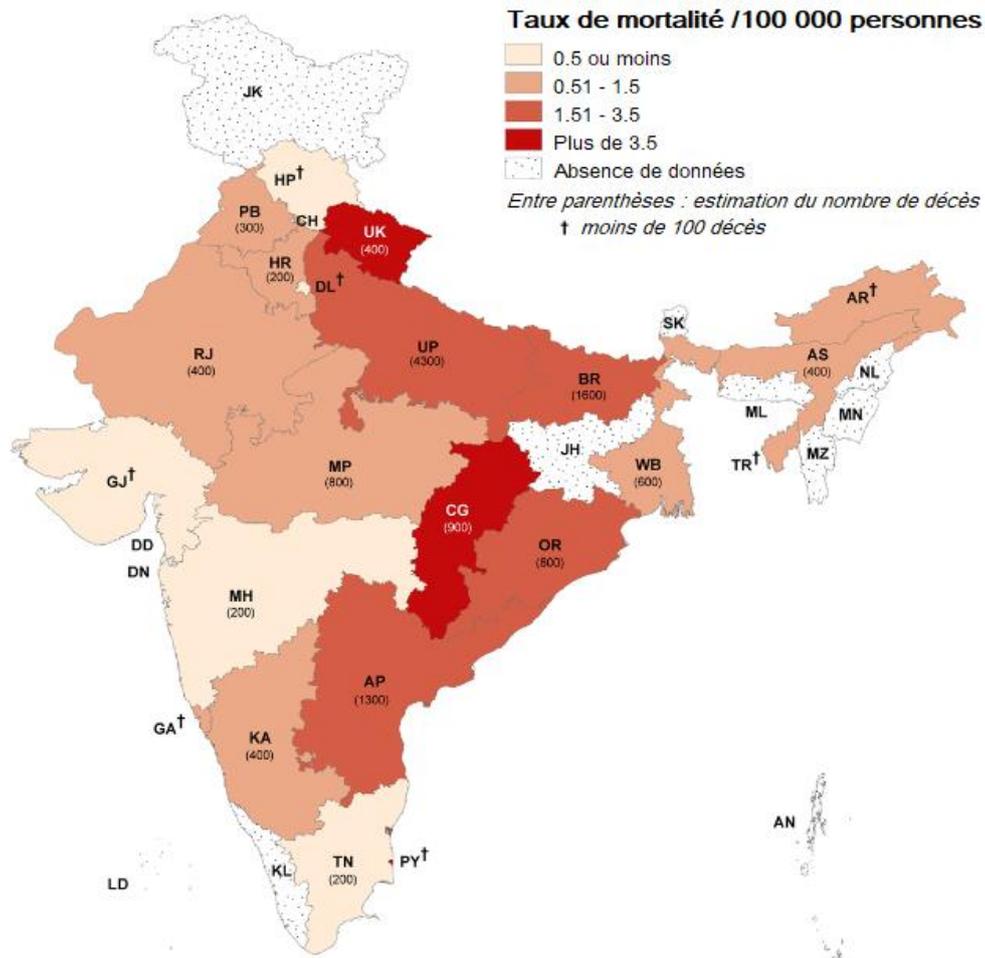


Figure 19 : Estimation du taux de mortalité et du nombre de décès dus à la rage par état en 2005. Traduit d'après (Suraweera et al. 2012)

Par ailleurs, plus des trois quarts des cas sont rapportés en zone rurale, alors que la densité de chiens errants y est plus faible, ceci en raison d'un accès plus difficile aux centres de soins et à la prophylaxie post-exposition (Radhakrishnan et al. 2020; Gibson et al. 2022).

95% des cas de rages rapportés le sont en Afrique et en Asie, notamment dans certains pays d'Afrique subsaharienne et d'Asie du Sud où l'on observe les mêmes chiffres de la rage (au moins 1.5 cas pour 100 000 habitants) qu'en Inde (Ayrat F. et al. s.d.).

(6) Traitement et mesures de lutte

Aucun traitement de la rage n'existe chez les animaux. Chez l'Homme, le traitement repose avant tout sur les soins post-exposition et en cas de développement de signes cliniques, sur un traitement symptomatique, même si les chances de guérison sont quasi inexistantes.

La prévention de la rage passe par (Fooks et al. 2017) :

- La vaccination préexposition : plusieurs auteurs (Fooks et al. 2017; Menezes 2008) la recommandent chez les enfants dans les zones où la rage est endémique, ainsi que pour les vétérinaires, scientifiques et personnes travaillant avec les chauve-souris.
- Les soins de plaie : immédiatement après la morsure, celle-ci devrait être nettoyée avec de l'eau savonneuse et désinfectée avec un désinfectant usuel (alcool ou iode) ; ce que moins de 40% des personnes mordues font effectivement (Menezes 2008).
- La prophylaxie post-exposition : vaccination et/ou administration d'immunoglobulines antirabique. En 2008, en Inde, le coût du traitement post-exposition représentait 25 millions de dollars (Menezes 2008).

La rage humaine n'est pas une maladie notifiable en Inde même si les morsures de chiens le sont ; et la rage animale est en théorie déclarable mais le système de surveillance est peu efficace (Rahman, Isloor 2018; Mani, Anand, Madhusudana 2016). Cependant, depuis 2012, la rage bénéficie d'un programme national de contrôle visant à améliorer la prise en charge d'une morsure animale par les soignants et les états (en développant la prophylaxie post-exposition et les capacités de diagnostic des laboratoires), ainsi qu'à renforcer la sensibilisation des populations (*National Rabies Control Programme :: National Centre for Disease Control (NCDC)* [sans date]).

De plus, un programme de contrôle de la reproduction des chiens errants (*Animal Breeding Control*) principalement mené par des ONG vise à capturer, stériliser et vacciner les chiens avant de les relâcher. Cependant, pour être efficace, cette stratégie nécessite de vacciner et stériliser 70% de la population canine d'une zone annuellement, ce qui est rarement faisable au vu de la forte population de chiens et du peu de moyens disponibles (Weaver et al. 2018; Rahman, Isloor 2018).

L'état de Goa a mené une campagne d'éradication de la rage entre 2013 et 2019 résultant en l'élimination des décès humains et une réduction des cas de rage canine de 92% (10.6 cas/mois en 2014 à 0.8 cas/mois en 2019). Pour cela, trois actions ont été mises en place (Gibson et al. 2022) :

- La vaccination des chiens errants et domestiques en quadrillant l'état, en parvenant à vacciner plus de 70% de la population canine à partir de 2016.
- Les programmes d'éducation sur la rage : en insistant particulièrement auprès des enfants, avec la mise en place de cours dans les écoles, mais aussi au reste de la population via les autorités locales et des événements publics.
- La surveillance de la rage (canine et humaine) : mise en place d'une ligne téléphonique permettant de signaler les chiens susceptibles de présenter des signes de rage, installation d'un laboratoire de diagnostic dans l'état (auparavant, les échantillons devaient être envoyés à Bangalore, dans l'état voisin du Karnataka).

⇒ La rage est un problème majeur en Inde, avec 20 000 cas rapportés chaque année (Dufour B., Toma B., al. 2020) même si l'OMS estime le nombre de cas réel 15 à 20 fois plus élevé (Haddad N. et al. 2019). Les bovins sont sensibles à la maladie mais constituent rarement la source de contamination pour les humains, les chiens contribuant à plus de 97% à la transmission à l'Homme (Menezes 2008). La rage animale est une maladie à déclaration obligatoire (les morsures de chiens chez les humains doivent être notifiées) mais la surveillance est peu efficace (Rahman, Isloor 2018; Mani, Anand, Madhusudana 2016). Il existe un programme spécifique pour le contrôle de la maladie.

3. Les zoonoses parasitaires et fongiques touchant les bovins présentes en Inde

a. *Echinococcose kystique ou hydatidose*

L'échinococcose est une des zoonoses impliquant un helminthe les plus fréquentes dans le monde (Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011). C'est une maladie qui pose un problème majeur en santé publique et qui revêt une importance médicale, vétérinaire et économique en Inde et dans la plupart des pays en développement (Singh, Sharma, et al. 2014; Pednekar et al. 2009).

(1) *Agent pathogène responsable*

Echinococcus granulosus est un cestode de la famille des Tænidés (Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012). Il est responsable chez l'Homme et les bovins d'une cestodose larvaire, ie c'est la forme larvaire qui les parasite.

L'espèce regroupe 10 génotypes – G1 à G10 – nommés selon leur hôte intermédiaire de prédilection, bien qu'ils ne soient pas hôte-spécifiques La classification a récemment été réévaluée et le complexe *E. granulosus* est divisé en six espèces (Bhutani, Kajal 2018; Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011), comme présenté dans le *Tableau 6* ci-dessous :

Tableau 6 : Espèces d'*Echinococcus granulosus*, génotypes associés et hôtes de prédilection. D'après (Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011)

| Espèce | Génotypes associés | Hôtes intermédiaires privilégiés |
|---|---|--|
| <i>Echinococcus granulosus sensu stricto</i> | Souches ovines G1 et G2 Souche bubaline G3 | Ovins, bovins (vaches, buffles), porcins, camélidés, caprins |
| <i>Echinococcus equinus</i> | Souche équine G4 | Equidés |
| <i>Echinococcus ortleppi</i> | Souche bovine G5 | Bovins (vaches, buffles), ovins, caprins |
| <i>Echinococcus intermedius</i> | Souche cameline G6 | Porcins, caprins, ovins, vaches |

| | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|-------------|
| | Souches porcines G7 et G9 | |
| <i>Echinococcus canadensis</i> | Souches cervines G8 et G10 | Cervidés |
| <i>Echinococcus felidis</i> | | Phacochères |

En Inde, la souche G3 est la plus largement présente (63% dans une étude réalisée sur des bovins, ovins et porcins). Puis viennent G5 (19.56%), G1 (13%) et G2 (4.34%) (Sharma et al. 2013; Pednekar et al. 2009). La souche G5 semble avoir un risque pathogénique pour l'Homme moindre que les souches ovines et bubalines (Sharma et al. 2013).

Ce parasite a une distribution mondiale (Fig. 22) et affecte plus d'un million de personnes dans le monde (Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011; OMS 2020b). Au niveau mondial, c'est G1 qui est le plus souvent responsable d'échinococcose kystique, et les moutons constituent le principal réservoir pour les chiens et indirectement pour l'Homme (Mandal, Mandal 2012; Sharma et al. 2013).

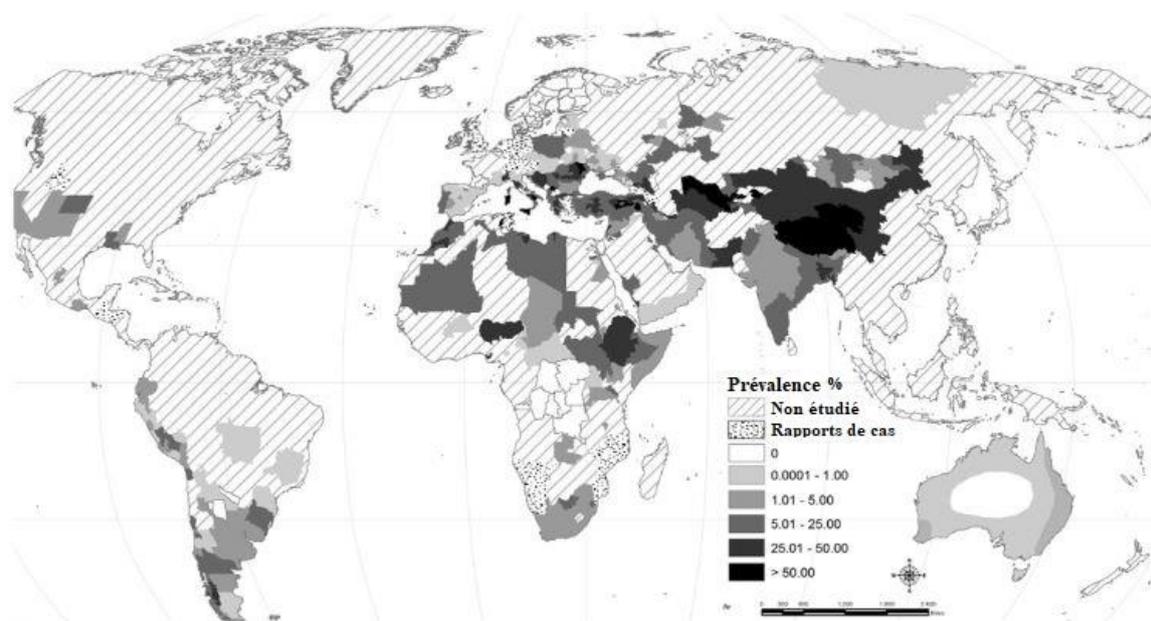


Figure 20 : Répartition mondiale d'*Echinococcus granulosus* chez les principaux hôtes interstitiels (exceptés *E. canadensis* et *E. equinus*). D'après (Deplazes et al. 2017)

Dans les zones endémiques, on note une incidence de plus de 50 cas pour 100 000 personnes-années (OMS 2020b) et une prévalence allant jusqu'à cinq à 10 % dans ces mêmes régions (Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012).

En Inde, l'échinococcose kystique animale représente annuellement une perte de 212.35 millions USD (directe par saisie de carcasses, ou indirecte par croissance moindre, diminution de la production laitière et baisse de fécondité) ; dont 93.05% (soit 197 millions USD) pour la filière bovine (vaches et buffles). L'échinococcose humaine entraîne elle une perte de 8.75 millions USD (coût des traitements, perte de productivité) (Singh, Dhand, et al. 2014).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

L'hôte définitif du parasite est le chien – et d'autres canidés sauvages : loups, renards, coyotes... – chez qui la maladie est asymptomatique. La prévalence chez le chien en Inde varie entre 3.5 et 33% voire jusqu'à 50% dans les zones fortement endémiques (Traub et al. 2005; Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011).

Les hôtes intermédiaires sont nombreux et variables selon les génotypes (Bhutani, Kajal 2018; Singh et al. 2020), comme nous l'avons vu précédemment.

L'humain est un hôte intermédiaire accidentel et constitue un cul-de-sac épidémiologique (Mandal, Mandal 2012; Sharma et al. 2013; Bresson-Hadni 2017).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

Les hôtes intermédiaires, y compris l'humain, se contaminent par voie oro-fécale par contact avec les fèces de chiens contaminées, souvent indirectement via l'herbe ou la nourriture contaminées. L'Homme ne peut pas se contaminer lors de la manipulation ou par ingestion de viande et viscères contaminées, mais uniquement à partir des chiens (*Fig. 23*) (Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012).

L'incidence de la maladie chez l'Homme est étroitement liée à la prévalence chez les herbivores qui entretiennent le cycle de maintien du parasite (Mandal, Mandal 2012).

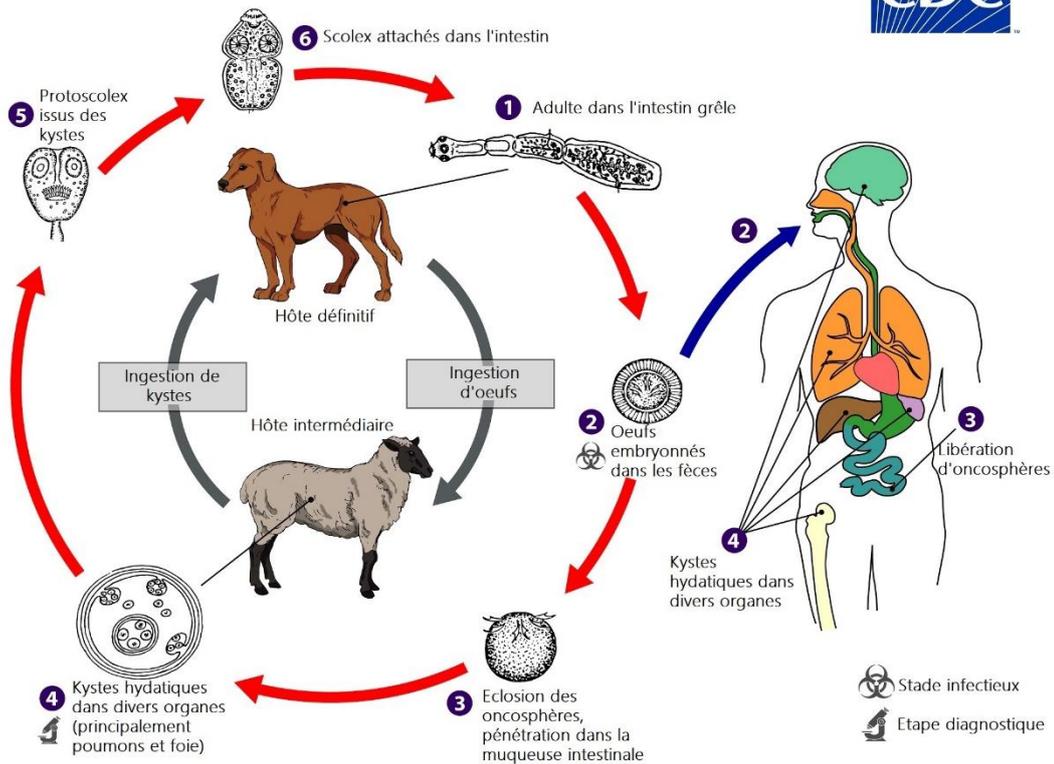


Figure 21 : Cycle biologique d'*Echinococcus granulosus*. Adapté du CDC.

(b) Signes cliniques chez les bovins

L'échinococcose est endémique en Inde chez les animaux de production ; cependant, elle n'occasionne pas de signes cliniques en raison de la croissance lente des kystes dans les organes internes et constitue souvent une découverte d'abattoir (Singh, Sharma, et al. 2014; Pednekar et al. 2009; Mandal, Mandal 2012). L'échinococcose peut cependant avoir un impact sur les productions – lait, viande, fertilité – et causer des pertes économiques par saisie des organes atteints (Pednekar et al. 2009; Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

L'échinococcose kystique est potentiellement mortelle pour l'Homme et représente un problème majeur de santé publique dans de nombreux pays (Bhutani, Kajal 2018).

Dans 85 à 90 % des cas, un seul organe est atteint et dans 20 à 40% des cas il y a plusieurs kystes ou plusieurs localisations ; le ou les kystes se développent

lentement pendant plusieurs mois voire plusieurs années (Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012).

Les symptômes observés sont liés à la pression exercée par le kyste sur les organes adjacents : douleur abdominale, nausées et vomissements ; ils peuvent être plus spécifiques selon la localisation du kyste (Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012; Yarlagadda et al. 2013) :

- Foie : il représente 65 à 70% des cas (Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012) ; son atteinte se traduit par des douleurs abdominales, de l'ictère, de l'anorexie, une hépatomégalie
- Poumons : deuxième organe le plus atteint, soit 20 à 25% des cas (Bhutani, Kajal 2018; Mandal, Mandal 2012) ; entraîne une toux chronique, une dyspnée, des douleurs thoraciques, et une possible hémoptysie
- Cerveau ou œil : souvent, ces organes sont touchés chez les enfants, dans ce cas, on note des maux de tête, des troubles visuels, de l'ataxie, et des crises épileptiformes
- Muscles : atteints dans trois à cinq pour cent des cas (Mandal, Mandal 2012)
- Reins : environ trois pour cent des cas (Mandal, Mandal 2012)
- Os : touchés dans moins d'un pour cent des cas (Mandal, Mandal 2012), la maladie est alors souvent asymptomatique avant d'entraîner une fracture soudaine avec de possibles surinfections et lésions neurovasculaires
- Pancréas : 0.25% des cas, ce sont souvent des kystes secondaires (Yarlagadda et al. 2013)

Lors de la rupture d'un kyste, la réaction d'hypersensibilité peut entraîner de l'urticaire ou un choc anaphylactique. On observe parfois la formation de kystes secondaires et une surinfection dans 7.3% des cas (Bhutani, Kajal 2018).

(4) Populations et professions à risque

Toute la population est à risque, la forte présence de chiens errants, l'abattage de bétail dans des conditions peu salubres et la mauvaise gestion des déchets d'abattage augmentant le risque de contamination humaine (Singh, Dhand, et al. 2014).

Un peu plus de 22 000 cas seraient diagnostiqués chaque année en Inde, d'après une estimation basée sur une étude réalisée dans un hôpital du nord de l'Inde (Singh, Dhand, et al. 2014; Khurana, Das, Malla 2007).

(5) Régions et états concernés

L'échinococcose kystique est endémique en Inde, avec une incidence comprise entre un et 200 cas pour 100 000 personnes annuellement (Mandal, Mandal 2012). En Chine, qui est un pays limitrophe de l'Inde, l'incidence est de 2.1 cas pour 100 000 habitants ; elle est nettement plus faible en Europe (0.15 cas pour 100 000) mais plus élevée en Afrique (1.7%) (Grenouillet 2023).

On observe des disparités dans le pays. Dans les zones urbaines, l'incidence décroît ces dernières années, grâce à l'augmentation du nombre d'abattoirs légaux où des contrôles vétérinaires sont réalisés et les déchets correctement gérés. De plus, ces abattoirs abattent principalement des animaux provenant d'élevages intensifs où les animaux sont moins facilement en contact avec des chiens. En revanche, dans les zones rurales, la mauvaise gestion des carcasses est souvent la norme (abattage en plein air, déchets laissés à l'air libre, absence d'inspection post-mortem) et les chiens errants constituent un réel problème (Mandal, Mandal 2012; Singh et al. 2020).

Chez les animaux, les prévalences de l'échinococcose (par détection des kystes après abattage) sont particulièrement élevées chez les vaches (5.10%) et les buffles (3.81%) et moindre chez les porcs (0.87%) et les moutons (0.075%) avec néanmoins une proportion de kystes fertiles (susceptibles de contaminer les chiens) plus importante chez ces deux derniers. Les buffles et vaches sont considérés en Inde comme les principaux hôtes intermédiaires permettant le maintien du parasite (Pednekar et al. 2009).

Tableau 7 : Prévalences de kystes hydatiques chez les bovins dans différentes régions de l'Inde. D'après (Pednekar et al. 2009).

| Région | Hôte | Prévalence (%) | | |
|--------|---------|----------------|-----------|-----------|
| | | 1980-1990 | 1991-2000 | 2001-2009 |
| Nord | Vaches | 7.8 | 21.9 | / |
| | Buffles | 11.3-48.1 | 18.39 | / |

| | | | | |
|--------------|---------|-----------|------------|-------------|
| Sud | Vaches | 1.7-42.12 | 6.37-11.85 | 14.8 |
| | Buffles | 4.0-22 | 7.24-9.8 | 7.3 |
| Est | Vaches | 17.8-31.9 | 13.3-45 | 16.76-21.43 |
| | Buffles | 42.25 | 27.6-48 | 6.52 |
| Ouest | Vaches | 4.2-21.6 | 4.16-21.8 | 13.17 |
| | Buffles | / | 4.6 | 34.5 |

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Le traitement dépend de l'aspect échographique du kyste et de sa complexité :

- Sur des kystes assez récents et s'il est réalisé assez tôt, la Ponction-Aspiration-Injection-Réaspiration (PAIR) est le traitement de choix. Il consiste à ponctionner le liquide kystique et à injecter un agent scolicide (solution saline hypertonique, peroxyde d'hydrogène) avant de le ré-aspirer.
- En cas de kyste compliqué, la chirurgie permettant le retrait du kyste (cystectomie avec exérèse partielle, résection hépatique ou pulmonaire selon le cas) est indiquée.

Un traitement antiparasitaire est mis en place en parallèle, à base de benzimidazoles. (Mandal, Mandal 2012; Paniker, Ghosh 2013).

La prévention nécessite l'administration régulière d'un vermifuge aux chiens, la bonne gestion des carcasses et des déchets d'abattage, et l'hygiène personnelle (lavage des mains après contact avec un chien notamment). La coordination entre les médecins, vétérinaires et législateurs et l'information de la population sont également des points nécessaires (Mandal, Mandal 2012; Zaman et al. 2017; Paniker, Ghosh 2013).

- ⇒ Si l'échinococcose kystique est considérée comme moins grave médicalement que l'échinococcose alvéolaire, elle peut toutefois être mortelle. Son incidence est estimée entre un et 200 cas pour 100 000 habitants en Inde (Mandal, Mandal 2012). Elle revêt également une importance économique chez le bétail (Singh, Dhand, et al. 2014). Elle fait partie des maladies animales à déclaration obligatoire mais il n'existe aucun programme spécifique de surveillance et contrôle.

b. Taeniasis et cysticercose bovine

(1) Agent pathogène responsable

Trois espèces de ténias sont capables d'infester l'Homme et sont présentes en Asie : *Taenia saginata*, *Taenia solium* et *Taenia asiatica*. Les deux dernières ont le porc comme hôte intermédiaire ; seul *T. saginata* utilise les bovins (vaches, buffles, yacks) comme hôte intermédiaire ; c'est également l'espèce la plus couramment rencontrée en Asie du Sud et du Sud-est.

Entre 60 et 70 millions de personnes seraient porteuses du parasite dans le monde (Eichenberger et al. 2020). D'une façon générale, le parasitisme est souvent plus élevé dans les régions tropicales et subtropicales que sous les climats tempérés (Shobha, Bithika, Bhavesh 2013).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

L'Homme est l'hôte définitif de *Taenia saginata*, chez qui le vers adulte se multiplie dans le tube digestif. Les bovins constituent les hôtes intermédiaires (Fig.24) ; ils sont porteurs des stades larvaires (oncosphères, cysticerques) dans leurs muscles (langue, diaphragme, muscles masticateurs...) (Eichenberger et al. 2020).

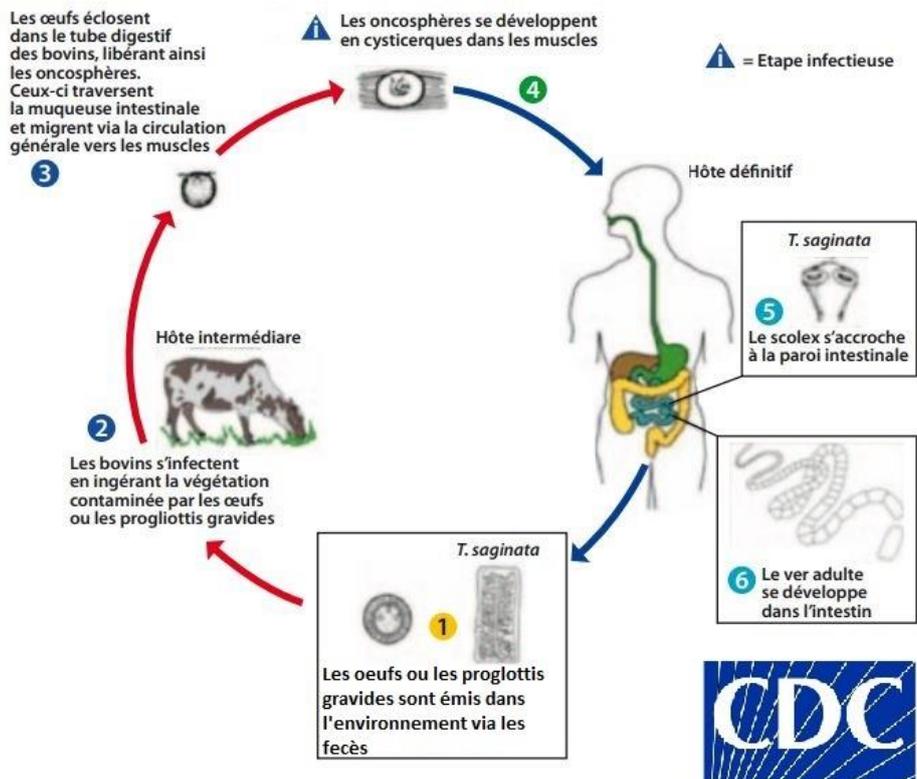


Figure 22 : Cycle biologique de *Taenia saginata*. Adapté du CDC.

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

Les humains s'infestent en consommant de la viande bovine contaminée par des cysticerques, crue ou peu cuite (Eichenberger et al. 2020). Les bovins se contaminent via l'eau, le sol ou la nourriture contaminés par des fèces humaines (Wani, Amin 2016).

(b) Signes cliniques chez les bovins

La cysticercose ne provoque pas de signes cliniques chez les bovins ; en revanche, elle peut générer des pertes économiques (saisie des carcasses à l'abattoir, gestion des carcasses infestées, restrictions à l'export) (Eichenberger et al. 2020).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez l'Homme, le taeniasis est aussi asymptomatique la plupart du temps. Il peut cependant provoquer des symptômes légers – inconfort abdominal, gêne à l'anus dû à la libération des proglottis, diarrhée, voire perte de poids, et changement d'appétit (Eichenberger et al. 2020), et éventuellement une appendicite, une cholangite ou des vomissements de proglottis en cas de migration erratique (Torgerson, Macpherson, Vuitton 2011).

Les proglottis commencent à être excrétés dans les fèces environ trois mois après contamination (Lateef et al. 2020).

(4) Populations et professions à risque

Les personnes consommant de la viande de bœuf ont un risque de se contaminer. Les populations rurales sont globalement plus à risque en raison d'une consommation de bœuf plus importante – c'est le cas au Cachemire par exemple, état à majorité musulmane, ou dans les états du nord-est ; ainsi que des pratiques agricoles favorisant la contamination des bovins (défécation à l'air libre, déchets humains utilisés comme fertilisants, bovins laissés en pâturage libre, proximité avec le bétail plus importante) et un manque d'installations (toilettes, hygiène alimentaire) (Eichenberger et al. 2020; Lateef et al. 2020; Wani et al. 2010).

(5) Régions et états concernés

Il y a peu de données sur la téniasis chez l'Homme et sur la cysticerose bovine en Inde (Eichenberger et al. 2020; Lateef et al. 2020) (Fig. 25), notamment en raison des restrictions d'abattage. Cependant, des études sur les carcasses abattues dans les régions pakistanaises frontalières du Gujarat et du Cachemire ont mis en évidence la présence de *T. saginata*. Une étude réalisée au Pendjab pakistanais a permis de détecter des cysticerques chez 2.92% des vaches et 3.17% des buffles (Eichenberger et al. 2020). En France, la prévalence globale de kystes détectés chez les bovins à l'abattoir était de 1.23% en 2010 (Dupuy et al. 2014). Des études réalisées chez des enfants dans l'état du Cachemire font état d'une prévalence comprise entre 2.74 et 5.39% (Wani et al. 2010; Wani, Amin 2016; Wani et al. 2008; 2007; Lateef et al. 2020).

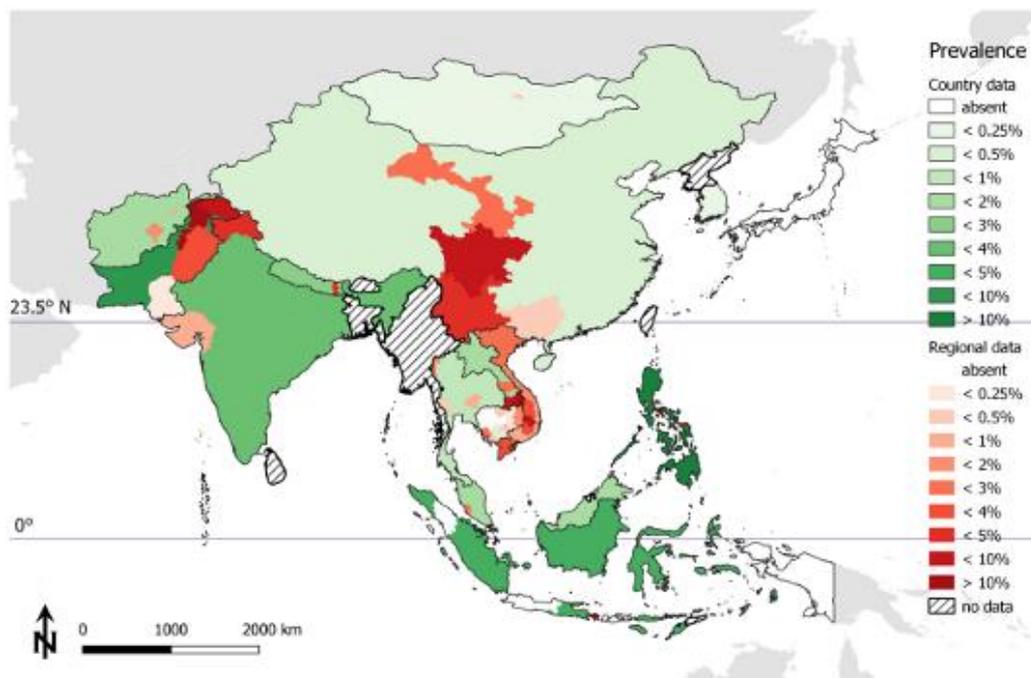


Figure 23 : Estimation des prévalences de *Taenia saginata* chez l'Homme en Asie. En Inde, on observe une prévalence comprise entre trois et quatre pour cent. Source (Eichenberger et al. 2020).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Une seule prise de Praziquantel suffit pour le traitement de *Taenia saginata*. La cuisson à cœur de la viande et les mesures d'hygiène (eau bouillie, éviter l'eau de rivière, hygiène des mains, site de défécation) permettent d'éviter la contamination.

⇒ Le téniasis dû à *Taenia saginata* à une faible importance médicale (il est le plus souvent asymptomatique) et, malgré le peu de données disponible, la prévalence en Inde semble faible (de l'ordre de 3-4%, là où elle peut atteindre plus de 10% dans des régions limitrophes) (Eichenberger et al. 2020; Lateef et al. 2020). Il ne fait pas l'objet d'une déclaration obligatoire et aucun programme de surveillance ou de contrôle n'existe en Inde.

c. *Toxoplasmose*

La toxoplasmose a une importance médicale et vétérinaire ; elle est également responsable de pertes économiques majeures (Khan et al. 2017).

Les prévalences de ce parasite sont plus élevées dans les zones chaudes et humides que dans les climats plus froids et secs (Dubey 2011). Dans les pays d'Asie du Sud-est, selon les études, entre deux et 75% de la population présente des anticorps contre l'agent de la toxoplasmose (Rahman et al. 2008) ; moins de un pour cent les acquiert par voie congénitale, ce qui souligne l'importance de la voie zoonotique (Dubey 2011).

(1) *Agent pathogène responsable*

Toxoplasma gondii est un parasite intracellulaire parmi les plus courants chez l'Homme. Le parasite a trois formes morphologiques différentes (Khan et al. 2017; Swartzberg, Remington 1975) :

- Trophozoïte : c'est la forme proliférative, intracellulaire obligatoire – infectant tout type de cellules – et présent pendant la phase aiguë d'infection ; il est transmissible par voie congénitale ou par transfusion sanguine
- Bradyzoïte : il se développe dans les cellules de l'hôte dans des kystes tissulaires dont la taille et le contenu sont variables ; on le trouve communément dans les muscles et le système nerveux central, il se transmet par ingestion de viande contaminée
- Oocyste ou sporozoïte : il se développe dans la muqueuse intestinale des félins pendant la phase aiguë de l'infection et est excrété dans leurs fèces

(2) *Espèces réceptives et réservoirs*

Les hôtes définitifs de *T. gondii* sont les chats et plus généralement les félins (*Fig. 26*) ; et quasiment tous les mammifères – dont l'Homme – ainsi que les oiseaux, peuvent être des hôtes intermédiaires (Khan et al. 2017; Dubey 2011).

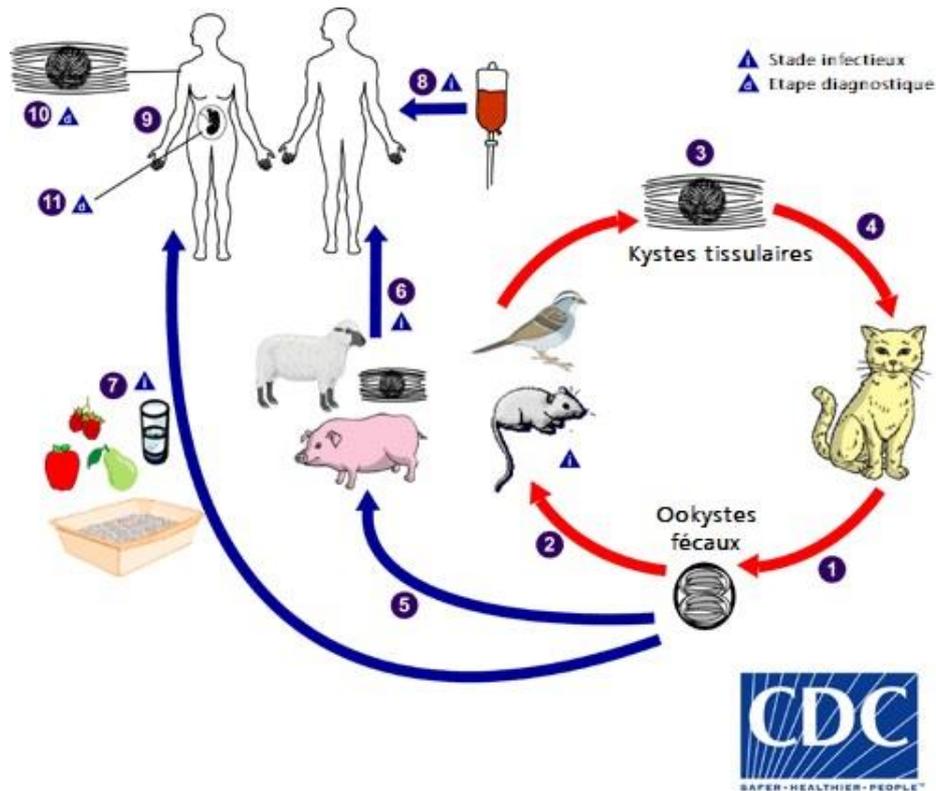


Figure 24 : Cycle biologique de *Toxoplasma gondii*. Adapté du CDC.

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

Il y a trois voies de contamination possibles pour l'Homme (Swartzberg, Remington 1975; Dubey 2011) :

- Ingestion directe ou indirecte – nourriture ou eau contaminées – d'oocystes émis par les félins : les chats peuvent excréter jusqu'à dix millions d'oocystes en une journée pendant 15 jours consécutifs
- Consommation de viande contenant des kystes ; les kystes tissulaires peuvent persister plusieurs années même après le développement d'une immunité
- Voie transplacentaire : lors de la première grossesse ; les tachyzoïtes peuvent persister dans le placenta pendant plusieurs mois après l'infection

En Inde, où une large partie de la population est végétarienne, la contamination se fait surtout par l'eau et les légumes contaminés (Dhumne et al. 2007).

Les bovins, eux, se contaminent par ingestion d'oocystes directement ou indirectement, et par voie placentaire.

(b) Signes cliniques chez les bovins

La toxoplasmose est en général asymptomatique chez les hôtes définitifs et intermédiaires. Si l'on observe souvent des avortements et de la mortinatalité chez les petits ruminants, les bovins sont assez résistants, notamment les buffles, chez qui, malgré la mise en évidence d'anticorps, aucun signe clinique n'a jamais été rapporté et aucun parasite viable n'a été isolé (Sharma et al. 2008; Dubey 2011).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez les humains, la toxoplasmose passe le plus souvent inaperçue. L'infection est permanente mais reste asymptomatique à moins d'une baisse d'immunité au moment de l'infection. Lors d'épisode symptomatique, on observe généralement un syndrome grippal – fièvre, lymphadénopathie, céphalées, myalgies, perte d'appétit – et plus rarement, des atteintes plus sévères pouvant aller jusqu'à une atteinte pulmonaire et/ou multi-viscérale.

Chez les personnes atteintes du SIDA, n'importe quel organe peut être atteint, mais la forme cérébrale est largement majoritaire (Rabaud 2000).

Le risque est également plus important pour les femmes enceintes. En effet, en cas d'infection pendant la grossesse, la toxoplasmose peut entraîner, selon le stade de la grossesse au moment de l'infection, des malformations fœtales – oculaires ou cérébrales principalement – ou des avortements (Dubey 2011).

(4) Populations et professions à risque

La toxoplasmose pose un véritable problème en Inde pour les personnes immunodéprimées, notamment les 2.5 millions de personnes atteintes du SIDA (Sharma et al. 2008).

La manipulation du bétail est un facteur de risque. Les séroprévalences étaient par exemple supérieures, en Assam, chez les personnes travaillant avec des animaux – vétérinaires 10.25%, éleveurs 13.33%, propriétaires d'animaux de compagnie 17.39% – comparées à la population générale (6.36%) (Rahman et al. 2008).

(5) Régions et états concernés

En Inde, la séroprévalence chez l'Homme varie entre cinq et 80% selon les études. Dans une étude concernant le pays entier (avec plus de 23 000 échantillons sanguins examinés), les immunoglobulines M – marqueur d'infection aiguë – étaient présentes en moyenne chez deux pour cent de la population, et les immunoglobulines G – marqueur d'infection chronique – chez 24.3% (Khan et al. 2017; Sharma et al. 2008). Les prévalences sont plus élevées dans les régions du sud et moindres au nord (Khan et al. 2017), ce qui s'explique par le climat chaud mais très sec des états du nord. Ces valeurs restent assez faibles en Inde et sur tout le continent asiatique comparé au reste du monde, où l'on observe des séroprévalences souvent comprises entre 50 et 70% (Giraud 2004).

En Inde, chez le bétail (porcs, chèvres, moutons, bovins et chevaux), des séroprévalences comprises entre 9.7 et 33.7% ont été décrites (Khan et al. 2017). Dans le nord du pays, 19.3% des vaches et 15.7% des buffles présentaient des anticorps anti-*T. gondii* (Khan et al. 2017). Chez les gayals élevés dans le nord-est du pays, des séroprévalences comprises entre 28 et 42% ont été mises en évidence avec une prévalence plus élevée chez les animaux sauvages ou élevés en semi-liberté que ceux élevés en captivité (Rajkhowa, Sarma, Rajkhowa 2006; Rajkhowa, Rajkhowa, Chamuah 2008).

Par ailleurs, dans un état musulman comme le Pendjab, les prévalences sont plus faibles car les chats sont moins souvent gardés comme animaux de compagnie (Khan et al. 2017).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Le traitement n'est pas recommandé en cas de forme asymptomatique ou bénigne. Sinon, chez les nouveau-nés infectés pendant la grossesse, les femmes enceintes et les patients immunodéprimés, il consiste en l'administration de pyriméthamine et de sulfadiazine en première intention (Marie, Petri 2022).

La cuisson de la viande (67°C à cœur) ou la congélation (à -13°C) permet d'éviter la contamination par voie alimentaire.

⇒ La toxoplasmose présente une importance médicale pour les femmes enceintes notamment. Les séroprévalences observées en Inde sont assez faibles comparé au reste du monde (Giraud 2004). Les bovins sont peu impliqués dans la transmission aux humains en Inde, en raison du régime végétarien largement répandu (Dhumne et al. 2007). La toxoplasmose n'est pas une maladie notifiable.

d. Teigne

Les mycoses superficielles toucheraient jusqu'à 25 % de la population mondiale (Havlickova, Czaika, Friedrich 2008). Les dermatophytoses sont des mycoses superficielles parmi les plus fréquentes chez l'Homme et chez les animaux (Panda, Verma 2017; Segal, Elad 2021).

(1) Agent pathogène responsable

Les dermatophytes sont des champignons ascomycètes de la famille des Arthrodermataceés. Ils sont divisés en trois groupes – anthropophile, zoophile et géophile (Segal, Elad 2021). Une nouvelle classification, établie en 2016, regroupe une cinquantaine d'espèces en sept genres (Thakur, Kalsi 2019; de Hoog et al. 2017).

Parmi ceux-ci, tous ne contiennent pas d'espèces zoophiles. Les espèces d'importance en médecine humaine et vétérinaire appartiennent aux genres *Trichophyton* et *Microsporum* (Tableau 8) (de Hoog et al. 2017).

Tableau 8 : Espèces d'importance médicales zoonotiques (Z) et anthropophiles (A) des genres *Trichophyton* et *Microsporum*

| Trichophyton | | | | Microsporum |
|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| T. benhamiae (Z) | T. eriotrephon (Z) | T. quinckeanum (Z) | T. soudanense (A) | M. audouinii (A) |
| T. bullosum (Z) | T. erinacei (Z) | T. rubrum (A) | T. tonsurans (A) | M. canis (Z) |
| T. concentricum (A) | T. interdigitale (A) | T. schoenleinii (A) | T. verrucosum (Z) | M. ferrugineum (A) |
| T. equinum (Z) | T. mentagrophytes (Z) | T. simii (Z) | T. violaceum (A) | |

En Inde, plusieurs espèces ont été isolées par le passé, notamment *T. verrucosum*, *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*. Une vingtaine d'années en arrière, ce dernier était d'ailleurs l'agent étiologique le plus fréquemment retrouvé dans les dermatophytoses humaines.

Cependant, depuis quelques années, l'Inde fait face à une épidémie de dermatophytoses chroniques, récidivantes et récalcitrantes au traitement. Celles-ci sont dues à un génotype particulier de *T. mentagrophytes*, le génotype VIII (asiatique), aussi appelé *T. indotineae*, et qui est retrouvé dans jusqu'à 90% des cas (Nenoff et al. 2022; 2019; Friedman, Schwartz 2019). Ce variant de *T. mentagrophytes*, s'il est zoophile à l'origine, s'est adapté à l'Homme et se transmet maintenant majoritairement d'humain à humain. Cependant, quelques cas de transmission à partir des animaux ont été décrits (Jabet et al. 2022). De plus, au vu du nombre d'animaux errants en Inde

(aussi bien vaches que chiens) en contact fréquents avec la population, la transmission zoonotique ne devrait pas être écartée (Nenoff et al. 2022).

(2) Espèces réceptives et réservoirs

L'Homme est le réservoir des espèces anthropophiles. Les espèces zoophiles ont différents réservoirs ; les bovins étant les hôtes privilégiés de *Trichophyton verrucosum* et *Trichophyton mentagrophytes*.

Cependant, bien que beaucoup plus rarement, les espèces anthropophiles peuvent être retrouvées chez les animaux ; et les humains peuvent contracter des dermatophytoses dues aux espèces zoophiles. De même, les espèces géophiles peuvent, exceptionnellement, causer des dermatophytoses.

En Inde, les animaux d'élevage ainsi que les animaux errants (chiens, vaches) constitueraient des réservoirs importants (Segal, Elad 2021).

(3) Modalités de transmission et signes cliniques

(a) Modalités de transmission

L'Homme se contamine par contact direct avec des animaux – ou des humains – infectés, ou indirect via des objets sur lesquels se sont déposés des arthroconidies (portes d'étables, collier).

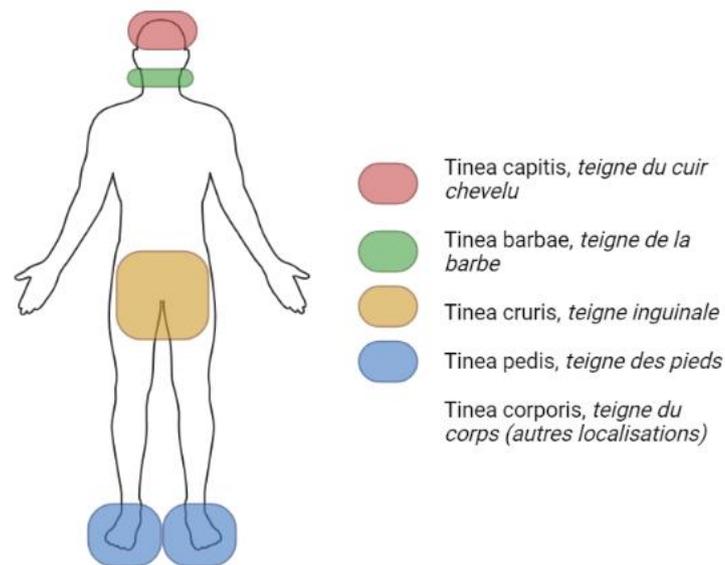
(b) Signes cliniques chez les bovins

La teigne cause des lésions dépilées, circulaires, non douloureuses, croûteuses, assez caractéristiques ; le plus souvent sur la tête et le cou, et moins fréquemment sur les flancs, la croupe ou les membres. Elle entraîne de ce fait une dépréciation des peaux (Monga, Mohapatra 1980).

(c) Signes cliniques chez l'Homme

Chez l'Homme, les lésions observées sont assez similaires à celles des bovins. En fonction de la localisation, l'appellation de la teigne varie (*fig. 27*).

En Inde, *T. indotineae* entraîne des formes inflammatoires et prurigineuses de *tinea cruris*, *tinea corporis* et *tinea faciei/barbae* (Uhrlaß et al. 2022), avec une prédominance de *tinea corporis* et *tinea cruris* (Kumar et al. 2023; Lakshmanan et al. 2015).



Created in BioRender.com bio

Figure 25 : Localisations de la teigne chez l'Homme. Créé avec BioRender.com.

(4) Populations et professions à risque

Les populations de faible statut socio-économique sont plus à risque, notamment si elles ont des contacts étroits avec des animaux. La teigne est également plus fréquemment observée chez les personnes âgées ou les propriétaires d'animaux de compagnie. La forte densité animale dans les fermes est aussi un facteur de risque pour les personnes y travaillant (Segal, Elad 2021; Begum, Kumar 2020; Ranganathan, Arun Mozhi Balajee, Mahendra Raja 1997).

(5) Régions et états concernés

Peu d'études de prévalence de dermatophytose ont été réalisées en Inde sur les animaux (Begum, Kumar 2020). La prévalence de la teigne est donc difficile à connaître. Une étude à Madras a montré la présence de dermatophytose chez un pour cent des bovins de la ville (Ranganathan, Arun Mozhi Balajee, Mahendra Raja 1997).

Le nombre de cas de dermatophytoses rapportés chez l'Homme (études basées sur patients consultant à l'hôpital) est en forte augmentation depuis une dizaine d'années (Kumar et al. 2023; Verma et al. 2021). En effet, sur les dernières huit décennies, Kumar et al. ont recensés dans la littérature 161 245 cas d'infections cutanées, dont 16 657 cas de dermatophytoses confirmés par culture (soit 10.33% des cas). Sur ceux-ci, presque la moitié (8 240/16 657) ont été décrits entre 2011 et 2021 et le reste entre 1939 et 2010 (Kumar et al. 2023). Les cas de dermatophytoses représentent entre 6.06 et 61.66% des patients consultant pour une mycose superficielle selon les études (Hanumanthappa et al. 2012; Lone et al. 2013).

Concernant la répartition des cas dans le pays, ceux-ci sont rapportés dans chaque état (*Fig. 28*), à priori sans influence des différents climats présents dans le pays. Certains états ont rapportés plus de cas cependant, Tamil Nadu, Delhi, Uttar Pradesh, Maharastra et Rajasthan (Kumar et al. 2023).

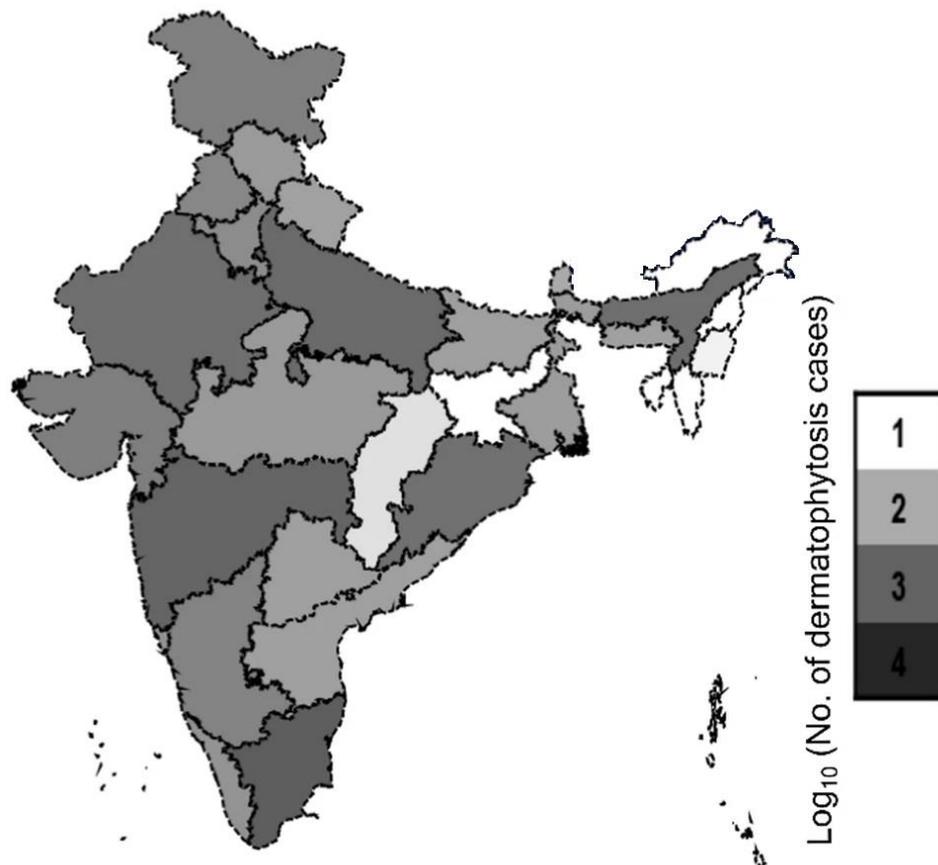


Figure 26 : Distribution géographique des cas de teigne rapportés dans la littérature entre 1939 et 2021. D'après (Kumar et al. 2023).

(6) Mesures de lutte : traitement et prévention

Il existe plusieurs molécules antifongiques pour le traitement des humains et des animaux ; une désinfection de l'environnement est également nécessaire.

L'usage de topiques contenant un antifongique, souvent en association avec des antibiotiques et des corticostéroïdes, est en augmentation en Inde où ils sont disponibles librement, ce qui entraîne l'apparition de dermatophytoses chroniques ou récurrente et par ailleurs récalcitrante aux traitements (Panda, Verma 2017). *Trichophyton indotineae* est par ailleurs naturellement résistant à la Terbinafine, un antifongique couramment utilisé.

- ⇒ La teigne constitue une dermatose fréquente et répandue en Inde (Hanumanthappa et al. 2012; Lone et al. 2013) mais de faible gravité. Depuis plusieurs années, l'Inde fait face à une épidémie due à *Trichophyton indotineae*, à l'origine zoophile, mais à transmission interhumaine. La teigne n'est pas une affection à déclaration obligatoire, ni chez l'Homme ni chez les animaux.

4. L'organisation de la surveillance sanitaire des maladies au niveau national

a. *Le système de surveillance des maladies chez les bovins*

La surveillance des maladies animales en Inde dépend de plusieurs institutions, comme schématisé dans la figure 28, et que nous avons déjà évoquées précédemment.

La surveillance des maladies en Inde est principalement axée sur une surveillance passive des maladies (Rahman 2015). Pour cela, le « National Animal Disease Reporting System » (NADRS) permet la collecte des informations (suspicion ou cas de maladies déclarés, épidémies) et la remontée des informations au niveau des départements d'élevage des différents états. Il dépend du ministère de l'élevage (« Department of Animal Husbandry and Dairying ») et a été créé en 2012 (Chethan K. et al. 2021). Les vétérinaires et techniciens vétérinaires peuvent déclarer les cas (confirmés ou suspects) concernant 45 maladies prioritaires auprès des centres locaux via une application mobile. Ceux-ci sont ensuite remontés au niveau du ministère. Cependant, en raison de problème de réseau, de manque de vétérinaires dans certaines zones ou de manquement dans la transmission des données au ministère de l'élevage, de nombreux cas ne sont pas déclarés et comptabilisés et les rapports de ce réseau ne sont pas accessibles (Weaver et al. 2018). Avec ce mode de surveillance passive, tous les cas de maladies soumises à surveillance ne sont pas collectés (Rahman 2015).

Le « National Institute for Veterinary Epidemiology and Disease Informatics » (NIVEDI), qui dépend de l'ICAR (« Indian Council for Agricultural Research »), est lui en charge d'une surveillance active des maladies (brucellose, IBR, trypanosome chez les bovins ; FCO, leptospirose et peste des petits ruminants chez les ovins et caprins), en lien avec le « Department of Animal Husbandry, Dairying and Fisheries » (DADF) du ministère de l'élevage. Des échantillons sanguins sont collectés chaque année mais avec une rotation dans les espèces testées, les maladies étudiées et les états concernés (Weaver et al. 2018). Ces échantillons sont envoyés et traités par un réseau de laboratoires de diagnostic présents à tous les niveaux : districts (en charge de la collecte des échantillons notamment), états (en charge du traitement des échantillons collectés et de la recherche des différents agents pathogènes), régional et central (qui

fonctionnent comme centres de référé pour la coordination des autres laboratoires et la communication avec les autres acteurs du réseau : NIVEDI, facultés vétérinaires, DADF) (Rahman 2015).

Par ailleurs, dans les centres de reproduction, une surveillance des maladies est réalisée plus régulièrement et inclut en plus la tuberculose, la campylobactériose, mais aussi l'IBR (Rhino-trachéite Infectieuse Bovine) et la BVD (Diarrhée Virale Bovine) (Weaver et al. 2018).

Enfin, le NIVEDI a développé un outil permettant la prévision de l'apparition d'épidémies, le « National Animal Disease Referral Expert System » (NADRES). Le NADRES dépend aussi du département d'élevage (« Department of Animal Husbandry and Dairying ») du ministère de la pêche et de l'élevage (« Ministry of Fisheries, Animal Husbandry and Dairying »). Il s'agit d'un programme permettant de recenser les informations d'incidence de 13 maladies animales importantes (zoonose, impact économique) et qui publie mensuellement des prévisions sur le risque d'apparition de ces maladies dans les différents districts indiens afin de permettre aux autorités et acteurs locaux de prendre les mesures nécessaires pour réduire l'incidence de la maladie (Chethan K. et al. 2021). Il se base pour cela sur les données de prévalence des maladies d'une part, et sur des données météorologiques (zones climatiques, températures, pluviométrie, vents dominants...) et agricoles (usage des terres, forêts, pâtures, cultures...) (Rahman 2015).

Les 13 maladies concernées par les NADRES sont : le charbon, la babésiose, la FCO (Fièvre Catarrhale Ovine), l'entérotoxémie, la fasciolose, la peste des petits ruminants, la septicémie hémorragique due à *Pasteurella multocida*, la clavelée et variole caprine, la peste porcine africaine, le charbon symptomatique à *Clostridium chauvoei*, la thélériose et la trypanosomose (ICAR-NIVEDI [sans date]). Certaines maladies, comme la brucellose ou la fièvre aphteuse bénéficient de programmes à l'échelle nationale, alors que d'autres, comme la peste porcine classique ou la peste des petits ruminants sont gérées régionalement par les états concernés.

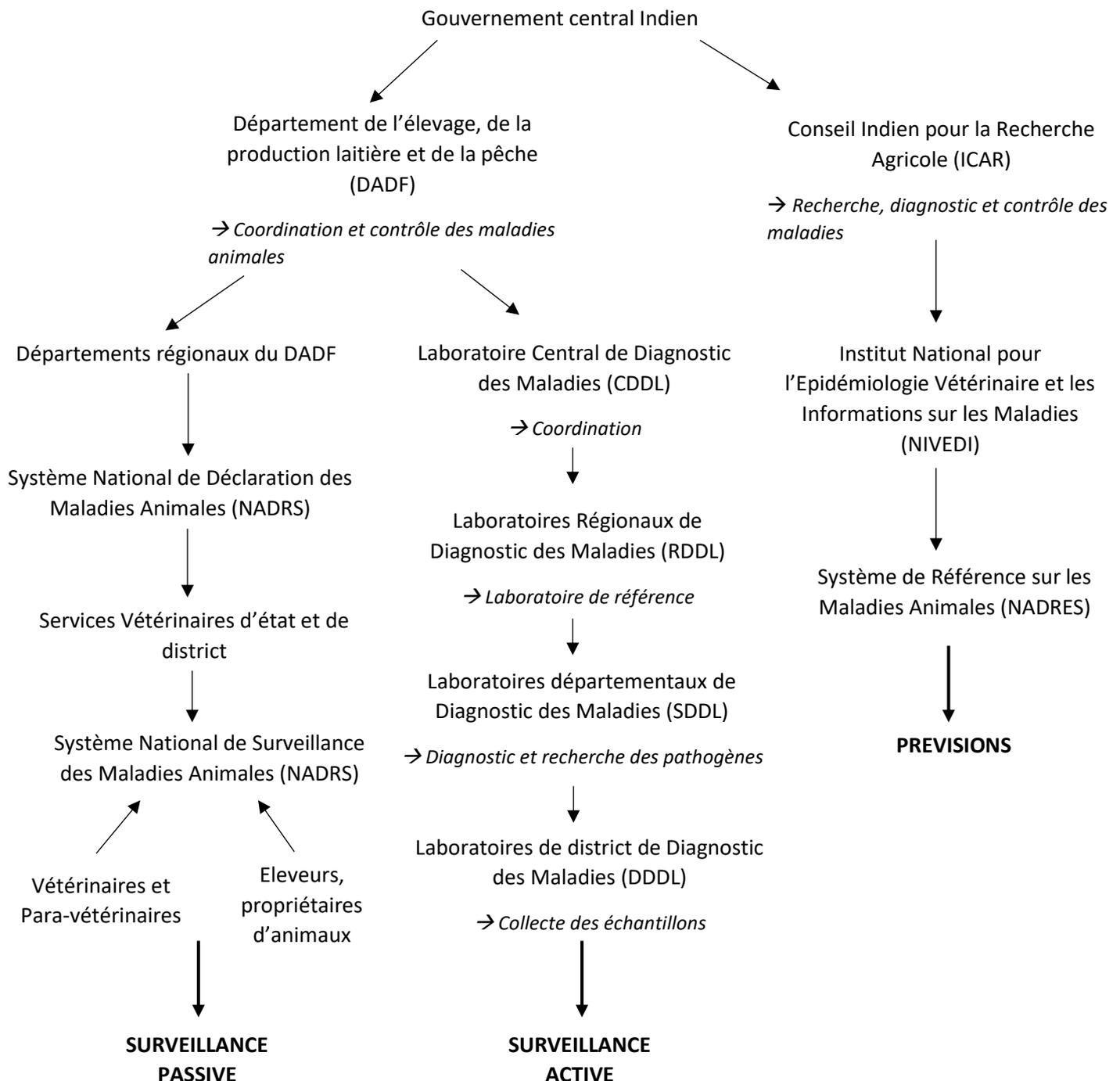


Figure 27 : Schéma organisationnel des différents acteurs impliqués dans la surveillance des maladies animales en Inde. D'après (Rahman 2015; Chethan K. et al. 2021).

L'Acte de Prévention et de contrôle des maladies infectieuses et contagieuses des animaux, promulgué en 2009 (Ministry of Law and Justice 2009) présente les obligations de chaque acteur de la chaîne de surveillance ainsi que les mesures devant être prises en cas de suspicion et/ou confirmation d'un cas d'une maladie réglementée.

Cet acte liste également les maladies devant faire l'objet d'une déclaration aux autorités sanitaires. Elles sont présentées dans la figure 30 ci-dessous :

| Maladies multi espèces concernant les bovins | Maladies des bovins |
|--|---------------------------------------|
| Charbon | Anaplasmose bovine |
| Fièvre catarrhale ovine | Babésiose bovine |
| Brucellose | Campylobactériose |
| Fièvre hémorragique Crimée-Congo | encéphalite spongiforme bovine |
| Echinococcose | Tuberculose bovine |
| Fièvre aphteuse | Diarrhée virale bovine |
| Cowdriose | Pleuropneumonie contagieuse bovine |
| Leptospirose | Leucose bovine enzootique |
| Paratuberculose | Septicémie hémorragique bovine |
| Fièvre Q | Rhinotrachéite infectieuse bovine |
| Rage | Dermatose nodulaire contagieuse |
| Fièvre de la Vallée du Rift | Fièvre catarrhale maligne |
| Peste bovine | Theilériose |
| Stomatite vésiculeuse | Trichomonose |
| | Trypanosomose bovine |

Figure 28 : liste des maladies concernant les bovins devant faire l'objet d'une déclaration aux autorités ; les affections pouvant toucher les humains sont surlignées. D'après (Ministry of Law and Justice 2009).

b. Le système de surveillance des maladies chez les humains

L'Integrated Disease Surveillance Programme (IDSP) dépend du ministère de la Santé (« Ministry of Health and Family Welfare »). Il s'agit d'un réseau de surveillance de plusieurs affections touchant les humains, certaines d'origine zoonotique. Il a pour but de suivre les tendances des maladies, recenser les cas et permettre une réponse immédiate pour contenir les possibles épidémies (Chethan K. et al. 2021). Il est géré nationalement mais possède des centres dans les états et les districts.

Certaines maladies qu'il suit sont d'origine zoonotique, des vétérinaires sont donc employés au niveau des états pour suivre ces maladies via les unités de surveillance de l'IDSP (Chethan K. et al. 2021). Cependant, l'OMSA notait en 2018 que peu d'informations circulaient entre les deux réseaux de surveillance des maladies, animales et humaines (Weaver et al. 2018).

Ce système n'atteint pourtant pas tout son potentiel en raison d'un manque de personnel et de formation du personnel, le manque de déclaration de cas par le secteur de santé privé et les maladies non soumises à déclaration (infectieuses ou autres) qui

sont pourtant responsable de près de 60% des décès en Inde... (Dehal et al. 2015; WHO 2018).

La liste des affections à déclaration obligatoire auprès des institutions responsables de leur surveillance est la suivante (*Tableau 9*) (Ministry of Health and Family Welfare, Government of India 2009) :

Tableau 9 : Liste des affections soumises à surveillance en Inde ; pour les maladies entre parenthèses, la confirmation de laboratoire doit être signalée, pour les autres, toute suspicion doit être signalée. En gras, les maladies à déclaration obligatoire chez l'Homme et l'animal.

| |
|--|
| Maladies diarrhéiques aiguës |
| Dysenterie bacillaire (dont shigellose) |
| Hépatites virales (dont hépatites A et E) |
| Fièvre entérique (dont fièvre typhoïde et choléra) |
| Malaria |
| Dengue |
| Chikungunya |
| Syndrome encéphalite aigu (dont <i>encéphalite japonaise</i>) |
| Méningite (dont méningite à méningocoques) |
| Rougeole |
| Diphtérie |
| Coqueluche |
| Varicelle |
| Fièvre d'origine inconnue |
| Infection respiratoire aiguë / syndromes grippaux |
| Pneumonie |
| Leptospirose |
| Paralysie flasque aiguë chez les moins de 15 ans |
| Morsure de chien |
| Morsure de serpent |

CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif de présenter le contexte de l'élevage bovin en Inde et les principales maladies infectieuses des bovins présentant un risque zoonotique pour les humains. L'Inde – par son climat, sa croissance démographique, sa population principalement rurale dépendant fortement du bétail et le caractère sacré des vaches en interdisant bien souvent l'abattage – est en effet un des pays à risque augmenté d'émergence ou de réémergence de zoonoses. Plusieurs de ces maladies zoonotiques sont présentes sur le territoire indien, avec des prévalences élevées aussi bien pour les populations humaines que bovines. Ces derniers constituent un réservoir pour de nombreux agents pathogènes et une source de contamination pour l'humain dans de nombreux cas. Cependant, ils ne constituent que rarement la source unique de contamination ou le seul réservoir de la maladie, comme c'est le cas pour la leptospirose par exemple. Ainsi, le rôle relatif des bovins et des autres espèces hôtes dans le risque zoonotique reste à déterminer.

De plus, peu de zoonoses impliquant les bovins bénéficient d'un plan de contrôle national, à l'instar de la brucellose, de la leptospirose ou de la tuberculose. Souvent, ces programmes sont principalement basés sur la surveillance de la maladie, sans forcément offrir de mesures concrètes pour endiguer son développement. Il semble que si la volonté d'agir est bien présente au niveau national, l'application localement, dans chaque état et district, est limitée, notamment par la taille du pays et les manques dans le réseau sanitaire au niveau local et dans la coordination de ce réseau aux différentes échelles. Comme pour la rage dans l'état de Goa, une approche One Health, mêlant la surveillance et les mesures de contrôle de la maladie dans la population animale et parmi les humains, est nécessaire pour diminuer l'impact de la maladie.

Si de nombreuses informations et données sont publiées et accessibles sur les maladies telles que la tuberculose ou la rage ; d'autres, moins prioritaires, ne bénéficient pas de la même exposition et les informations les concernant sont moins disponibles. Les informations collectées par le site du NADRES, par exemple, sont parcellaires et des données complémentaires sont souvent nécessaires. De plus, la multiplicité des acteurs limite la compréhension du réseau sanitaire. En effet, les objectifs d'un plan d'action sont donnés par le ministère de l'élevage mais la réalisation

pratique et la publication des résultats sont délégués à d'autres structures et ne sont pas toujours consultables.

Ce travail décrit plusieurs maladies bovines transmissibles aux humains et présentes en Inde. Les données collectées permettront d'estimer certains paramètres d'une analyse semi quantitative du risque de foyers. En effet, pour étudier les conséquences de l'absence de dépeuplement ou d'euthanasie des animaux malades sur la prévalence de maladies, une analyse du risque incluant des mesures de dépeuplement vs les mesures alternatives qui sont privilégiées en Inde (regroupement et isolement des animaux, vaccination de masse...) est indiquée.

BIBLIOGRAPHIE

- 20MINUTES, 2021. En Inde, le bilan de la mousson s'alourdit à 159 morts. *www.20minutes.fr* [en ligne]. 26 juillet 2021. [Consulté le 13 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.20minutes.fr/monde/3091411-20210726-mousson-inde-bilan-alourdit-159-morts-dizaines-personnes-disparues>
- 20th Livestock Census, 2019. [en ligne]. Recensement. Department of Animal Husbandry & Dairying under Ministry of Fisheries, Animal Husbandry & Dairying. [Consulté le 3 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.dahd.nic.in/sites/default/files/Key%20Results%2BAnnexure%2018.10.2019.pdf>
- AFP, 2023. Mousson en Inde: Au moins 29 morts dans des inondations et glissements de terrain. *La Presse* [en ligne]. 10 juillet 2023. [Consulté le 13 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.lapresse.ca/international/asia-et-oceanie/2023-07-10/mousson-en-inde/au-moins-29-morts-dans-des-inondations-et-glissements-de-terrain.php>
- AGARWAL, S., KAMRA, R. K., et SINGH, D., 2020. *All India Report on Agriculture Census 2015-2016* [en ligne]. Recensement. New Delhi (IND) : Ministry of Agriculture & Farmers Welfare, Government of India. [Consulté le 20 juin 2022]. Disponible à l'adresse : https://agcensus.nic.in/document/agcen1516/ac_1516_report_final-220221.pdf
- ALAMURI, A., THIRUMALESH, S. R. A., KUMARI, S. S., KUMAR, K. V., ROY, P. et BALAMURUGAN, V., 2019. Seroprevalence and distribution of serogroup-specific pathogenic *Leptospira* antibodies in cattle and buffaloes in the state of Andhra Pradesh, India. *Veterinary World*. 2019. Vol. 12, n° 8, pp. 1212-1217. DOI 10.14202/vetworld.2019.1212-1217.
- ANGURANA, A. K., 2015. *Estimated Livestock Population Breed Wise - Based on Breed Survey 2013* [en ligne]. Recensement. New Delhi (IND) : Ministry of Agriculture & Farmers Welfare, Government of India. [Consulté le 1 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://dahd.nic.in/sites/default/files/Breeding%20Survey%20Book%20-%20Corrected.pdf>
- ARAVINDHABABU, R. P., MANOHARAN, S., RAMADASS, P. et CHANDRAN, N. D. J., 2011. Rabies in South Indian Cows: An evidence of Sri Lankan Rabies virus Variant Infection Based on the Analysis of Partial Nucleoprotein Gene. *Indian journal of virology : an official organ of Indian Virological Society*. 2011. Vol. 22, n° 2, pp. 138-141. DOI 10.1007/s13337-011-0050-3.
- AYRAL F., BOURÉLY C., DUFOUR B., et MULLER P., s.d. Situation épidémiologique mondiale [La rage]. [en ligne]. s.d. [Consulté le 10 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://vetagro-sup.scenari-community.org/La%20rage/co/grain_distribution_geographique.html
- BAILLIE, L. et HUWAR, T., 2011. Anthrax. In : *Oxford Textbook of Zoonoses*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 45-53. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.
- BALAMURUGAN, V., ALAMURI, A., BHARATHKUMAR, K., PATIL, S. S., GOVINDARAJ, G. N., NAGALINGAM, M., KRISHNAMOORTHY, P., RAHMAN, H. et SHOME, B. R., 2018. Prevalence of *Leptospira* serogroup-specific antibodies in cattle associated with reproductive problems in endemic states of India. *Tropical Animal Health and Production*. 2018. Vol. 50, n° 5, pp. 1131-1138. DOI 10.1007/s11250-018-1540-8.

- BANDYOPADHYAY, S., SASMAL, D., BISWAS, T. K., SAMANTA, I. et GHOSH, M. K., 2009. Serological evidence of antibodies against *Chlamydomonas abortus* in free-ranging yak (*Poephagus grunniens*) in Arunachal Pradesh, India. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)*. 2009. Vol. 28, n° 3, pp. 1051-1055. DOI 10.20506/rst.28.3.1948.
- BANQUE MONDIALE, 2023. Incidence de la tuberculose (pour 100 000 personnes). *World Bank Open Data* [en ligne]. 2023. [Consulté le 11 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SH.TBS.INCD>
- BAPAT, P. R., DODKEY, R. S., SHEKHAWAT, S. D., HUSAIN, A. A., NAYAK, A. R., KAWLE, A. P., DAGINAWALA, H. F., SINGH, L. K. et KASHYAP, R. S., 2017. Prevalence of zoonotic tuberculosis and associated risk factors in Central Indian populations. *Journal of Epidemiology and Global Health*. 2017. Vol. 7, n° 4, pp. 277-283. DOI 10.1016/j.jegh.2017.08.007.
- BARON, B., CAMPOS-HERRADA M., CHAUMET J-M., CHOTTEAU P., et YOU G., 2021. 520 : *Marchés mondiaux des produits laitiers : bien orientés malgré la pandémie de covid-19* [en ligne]. Institut de l'Élevage Idele. Dossiers Marchés Mondiaux - Produits laitiers. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/marches-mondiaux-des-produits-laitiers-annee-2020-perspectives-2021-dossier-economie-n-520-mai-2021>
- BARRAGAN, V., NIETO, N., KEIM, P. et PEARSON, T., 2017. Meta-analysis to estimate the load of *Leptospira* excreted in urine: beyond rats as important sources of transmission in low-income rural communities. *BMC research notes*. 2017. Vol. 10, n° 1, pp. 71. DOI 10.1186/s13104-017-2384-4.
- BASNYAT, Buddha, 2011. Malaria-attributed death rates in India. *Lancet (London, England)*. 19 mars 2011. Vol. 377, n° 9770, pp. 993; author reply 994-995. DOI 10.1016/S0140-6736(11)60381-4.
- BBC, 2020. Tout savoir sur les castes et leur fonctionnement en Inde. *BBC News Afrique* [en ligne]. 2020. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.bbc.com/afrique/monde-55453426>
- BEAUDEAU, F., POUQUET, M., GUATTEO, R., BAREILLE, N. et MORET, L., 2021. Risk of seropositivity to *Coxiella burnetii* in humans living in areas with endemically infected cattle: No way for specific prevention. *Zoonoses and Public Health*. 2021. Vol. 68, n° 2, pp. 144-152. DOI 10.1111/zph.12803.
- BEGUM, J. et KUMAR, R., 2020. Prevalence of dermatophytosis in animals and antifungal susceptibility testing of isolated *Trichophyton* and *Microsporum* species. *Tropical Animal Health and Production*. 2020. Vol. 53, n° 1, pp. 3. DOI 10.1007/s11250-020-02476-3.
- BENYAHIA, A., DEAN, A., ELLDRISSI A., ERLACHER-VINDEL E., FORCELLA S., FUJIWARA P. I., GIFFORD G., LUBROTH J., OLEA-POPELKA F., et TORRES G., 2017. *Roadmap for Zoonotic Tuberculosis* [en ligne]. WHO, OIE (WOAH), FAO, The International Union Against Tuberculosis and Lung Disease. [Consulté le 28 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/publications/i/item/9789241513043> ISBN 978-92-4-151304-3 (WHO) ISBN 978-92-5-109927-8 (FAO) ISBN 978-92-95108-51-6 (OIE)
- BERA, B. C., SHANMUGASUNDARAM, K., BARUA, S., ANAND, T., RIYESH, T., VAID, R. K., VIRMANI, N., BANSAL, M., SHUKLA, B. N., MALIK, P. et SINGH, R. K., 2012. Sequence and phylogenetic analysis of host-range (E3L, K3L, and C7L) and structural protein (B5R) genes of buffalopox virus isolates from buffalo, cattle, and human in India. *Virus Genes*. 2012. Vol. 45, n° 3, pp. 488-498. DOI 10.1007/s11262-012-0788-8.

- BERNARD, A., BERNARD, J-Y., DEPOND, C., GARCIA, I., REDBRAN, A., RUBBO, P-A., et SANT, M., 2023a. Géographie de l'Inde - Définition et Explications. *Techno-Science.net* [en ligne]. 2023. [Consulté le 23 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Geographie-de-l-Inde.html>
- BERNARD, A., BERNARD, J-Y., DEPOND, C., GARCIA, I., REDBRAN, A., RUBBO, P-A., et SANT, M., 2023b. Géographie de l'Inde - Climat. *Techno-Science.net* [en ligne]. 2023. [Consulté le 24 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Geographie-de-l-Inde-page-3.html>
- BHANUPRAKASH, V., HOSAMANI, M., VENKATESAN, G., BALAMURUGAN, V., YOGISHARADHYA, R. et SINGH, R. K., 2012. Animal poxvirus vaccines: a comprehensive review. *Expert Review of Vaccines*. 2012. Vol. 11, n° 11, pp. 1355-1374. DOI 10.1586/erv.12.116.
- BHANUPRAKASH, V., VENKATESAN, G., BALAMURUGAN, V., HOSAMANI, M., YOGISHARADHYA, R., GANDHALE, P., REDDY, K. V., DAMLE, A. S., KHER, H. N., CHANDEL, B. S., CHAUHAN, H. C. et SINGH, R. K., 2010. Zoonotic infections of buffalopox in India. *Zoonoses and Public Health*. 2010. Vol. 57, n° 7-8, pp. 149-155. DOI 10.1111/j.1863-2378.2009.01314.x.
- BHISE, M. C. et BEHERE, P. B., 2016. Risk Factors for Farmers' Suicides in Central Rural India: Matched Case-control Psychological Autopsy Study. *Indian Journal of Psychological Medicine*. 2016. Vol. 38, n° 6, pp. 560-566. DOI 10.4103/0253-7176.194905.
- BHUTANI, N. et KAJAL, P., 2018. Hepatic echinococcosis: A review. *Annals of Medicine and Surgery (2012)*. 2018. Vol. 36, pp. 99-105. DOI 10.1016/j.amsu.2018.10.032.
- BLAIR, P. W., KUHN, J. H., PECOR, D.B., APANASKEVICH, D. A, KORTEPETER, M. G., CARDILE, A P., POLANCO RAMOS, A. et KESHTKAR-JAHROMI, M., 2019. An Emerging Biothreat: Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus in Southern and Western Asia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 2019. Vol. 100, n° 1, pp. 16-23. DOI 10.4269/ajtmh.18-0553.
- BOSCHIROLI M-L., CARLES S., CHEVALIER F., DELAVENNE C., DUPUY C., GACHE K., GARAPIN F., GIRARD S., PHILIZOT S., MARTIN F., MOYEN J-L., et RÉVEILLAUD E., 2021. Bilan des foyers de tuberculose bovine déclarés en France métropolitaine en 2020. [en ligne]. 2021. [Consulté le 10 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.plateforme-esa.fr/fr/bilan-des-foyers-de-tuberculose-bovine-declares-en-france-metropolitaine-en-2020>
- BOUYSSIÈRE, S., CARLIER, M., CHAMPION, F., CHOTTEAU, P., MONNIOT, C., YOU, G., et AUBRON, C., 2015. 463 : L'Inde, leader émergent sur le marché mondial de la viande bovine [en ligne]. Institut de l'Élevage Idele. Filière Viande Bovine. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/linde-leader-emergent-sur-le-marche-mondial-de-la-viande-bovine-463-decembre-1>
- BRESSON-HADNI, S., 2017. Kyste hydatique hépatique : Actualités 2017. *Forum de la Commission Hépatologie ; Forum du CREGG* [en ligne]. Paris. 8 décembre 2017. Disponible à l'adresse : <https://www.cregg.org/wordpress/wp-content/uploads/2018/06/6-solange-bresson.pdf>
- BRUCKERT, M., 2018. Protéger et abattre les bovins au pays de la « vache sacrée » : usages symboliques, politiques et économiques des vaches et des buffles dans l'Inde contemporaine. *Anthropozoologica*. 2018. Vol. 53, n° 18, pp. 207-222.
- BUCZINSKI, B., CHAUMET, J-M., CHOTTEAU, P., MATRAS, C., MILET, G., MONNIOT, C., PINEAU, C., RAMONY, L-M., VILLARET, A., et YOU, G., 2020. 510 : La COVID-19 a percuté un marché mondial en plein essor [en ligne]. Institut de l'Élevage Idele. Dossier Marché Mondial - Viande Bovine. Disponible

à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/le-marche-mondial-de-la-viande-bovine-annee-2019-perspectives-2020-dossier-economie-de-lelevage-n-510-juin-2020>

BUDDLE, B. M., 2019. Panorama 2019-1: Efficacité du BCG pour lutter contre la tuberculose chez les animaux domestiques et les animaux sauvages. . 2019. Vol. 2019, n° 1, pp. 26-27. DOI 10.20506/bull.2019.1.2917.

CÁRDENAS, L., AWADA, L., TIZZANI, P., CÁCERES, P. et CASAL, J., 2019. Characterization and evolution of countries affected by bovine brucellosis (1996–2014). *Transboundary and Emerging Diseases*. 2019. Vol. 66, n° 3, pp. 1280-1290. DOI 10.1111/tbed.13144.

CENTRAL BUREAU OF HEALTH INTELLIGENCE, 2019. *National Health Profile 2019 14th Issue* [en ligne]. New Delhi (IND) : CBHI. [Consulté le 19 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://cbhidghs.mohfw.gov.in/WriteReadData/l892s/8603321691572511495.pdf>

CENTRAL GOVERNMENT ACT, 1960. *Section 13 in The Prevention of Cruelty to Animals Act, 1960* [en ligne]. 1960. 13. [Consulté le 18 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://indiankanoon.org/doc/1209833/>

CENTRAL TB DIVISION, MINISTRY OF HEALTH, 2017. *National strategic plan for tuberculosis elimination 2017-2025* [en ligne]. New Delhi (IND) : Ministry of Health, Government of India. [Consulté le 17 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://tbcindia.gov.in/WriteReadData/NSP%20Draft%202020.02.2017%201.pdf>

CHAHOTA, R., GUPTA, S., BHARDWAJ, B., MALIK, P., VERMA, S. et SHARMA, A. M., 2015. Seroprevalence studies on animal chlamydiosis amongst ruminants in five states of India. *Veterinary World*. 2015. Vol. 8, n° 1, pp. 72-75. DOI 10.14202/vetworld.2015.72-75.

CHATTOPADHYAY, U. K., RASHID, M., SUR, S. K. et PAL, D., 2001. The occurrence of campylobacteriosis in domestic animals and their handlers in and around Calcutta. *Journal of Medical Microbiology*. 2001. Vol. 50, n° 10, pp. 933-934. DOI 10.1099/0022-1317-50-10-933.

CHAUHAN, A., GEORGE, M. S., LINDAHL, J., GRACE, D. et KAKKAR, M., 2019. Community, system and policy level drivers of bovine tuberculosis in smallholder periurban dairy farms in India: a qualitative enquiry. *BMC public health*. 2019. Vol. 19, n° 1. DOI 10.1186/s12889-019-6634-3.

CHAUHAN, V. et THAKUR, S., 2016. Leptospirosis in sub-Himalayan region: A neglected entity. *Indian Journal of Medical Microbiology*. 2016. Vol. 34, n° 3, pp. 390-391. DOI 10.4103/0255-0857.188370.

CHEONG, H. C., LEE, C. Y. Q., CHEOK, Y. Y., TAN, G. M. Y., LOOI, C. Y. et WONG, W. F., 2019. Chlamydiaceae: Diseases in Primary Hosts and Zoonosis. *Microorganisms*. 2019. Vol. 7, n° 5, pp. 146. DOI 10.3390/microorganisms7050146.

CHETHAN K., H. B., HIREMATH, J., YOGISHARADHYA, R., BALAMURUGAN, V., JACOB, S. S., MANJUNATHA REDDY, G. B., SURESH, K. P., SHOME, R., NAGALINGAM, M., SRIDEVI, R., PATIL, S. S., PRAJAPATI, A., GOVINDARAJ, G., SENGUPTA, P. P., HEMADRI, D., KRISHNAMOORTHY, P., MISRI, J., KUMAR, A., TRIPATHI, B. N. et SHOME, B. R., 2021. Animal disease surveillance: Its importance & present status in India. *The Indian Journal of Medical Research*. 2021. Vol. 153, n° 3, pp. 299-310. DOI 10.4103/ijmr.IJMR_740_21.

CHINCHWADKAR, P. et PANDA, P., 2020. An Assessment of Knowledge Regarding the Risk of Zoonoses and Hygiene Practices among Females with Livestock in South-West Delhi, India: A Cross-

- Sectional Study. *Indian Journal of Community Medicine*. 2020. Vol. 45, n° Suppl 1, pp. S38. DOI 10.4103/ijcm.IJCM_382_19.
- CHOMEL, B.B., 2009. Zoonoses. *Encyclopedia of Microbiology*. 2009. pp. 820-829. DOI 10.1016/B978-012373944-5.00213-3.
- CHOTTEAU, P., BLANQUET, I., BUCZINSKI, B., JEAN-MARC, J-M., GERARDIN, A., MATRAS, C., MONNIOT, C., PINEAU, C., et YOU, G., 2022. 531 : *La viande bovine dans la tourmente des matières premières* [en ligne]. Institut de l'Élevage Idele. Dossier Marché Mondial - Viande Bovine. Disponible à l'adresse : <https://idele.fr/detail-article/marche-mondial-viande-bovine-annee-2021-perspectives-2022>
- CHOTTEAU, P., BLANQUET, ILONA, BUCZINSKI, B., CHAUMET J-M., GERARDIN, A., MATRAS, C., MONNIOT, C., PINEAU, C., VILLARET, A., et YOU, G., 2021. 521 : *Permanence et ruptures sur les marchés mondiaux de la viande bovine en 2021* [en ligne]. Institut de l'Élevage Idele. Dossier Marché Mondial - Viande Bovine. Disponible à l'adresse : https://idele.fr/acimel/publications/detail-article?tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Baction%5D=showArticle&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bcontroller%5D=Detail&tx_atolidelecontenus_publicationdetail%5Bpublication%5D=15325&cHash=19c648c913fac934c280cf36e91b4d78
- CORBEL, M.J., 2006. *Brucellosis in humans and animals* [en ligne]. 1ère. Genève CHE : World Health Organization. ISBN 92 4 154713 8. Disponible à l'adresse : <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/51770/retrieve>
- COSTA, F., HAGAN, J. E., CALCAGNO, J., KANE, M., TORGERSON, P., MARTINEZ-SILVEIRA, M. S., STEIN, C., ABELA-RIDDER, B. et KO, A. I., 2015. Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 2015. Vol. 9, n° 9. DOI 10.1371/journal.pntd.0003898.
- DA LAGE, O., 2022. *L'Inde, un géant fragile: Histoire, économie, politique, société, international*. Paris (FRA) : Editions Eyrolles. Découvrir & Comprendre. ISBN 978-2-212-17053-5.
- DADAR, M., TIWARI, R., SHARUN, K. et DHAMA, K., 2021. Importance of brucellosis control programs of livestock on the improvement of one health. *The Veterinary Quarterly*. décembre 2021. Vol. 41, n° 1, pp. 137-151. DOI 10.1080/01652176.2021.1894501.
- DATTA, K. K. et SINGH, J., 2002. Anthrax. *Indian Journal of Pediatrics*. 2002. Vol. 69, n° 1, pp. 49-56. DOI 10.1007/BF02723777.
- DEHAL, N., KRISHAN, K., KANCHAN, T., UNNIKISHNAN, B. et SINGH, J., 2015. Integrated disease surveillance in India - progress and pitfalls. *Perspectives in public health* [en ligne]. novembre 2015. Vol. 135, n° 6. [Consulté le 19 octobre 2023]. DOI 10.1177/1757913915606657. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26543149/>
- DE HOOG, G. S., DUKIK, K., MONOD, M., PACKEU, A., STUBBE, D., HENDRICKX, M., KUPSCH, C., STIELOW, J. B., FREEKE, J., GÖKER, M., REZAEI-MATEHKOLAEI, A., MIRHENDI, H. et GRÄSER, Y., 2017. Toward a Novel Multilocus Phylogenetic Taxonomy for the Dermatophytes. *Mycopathologia*. 2017. Vol. 182, n° 1, pp. 5-31. DOI 10.1007/s11046-016-0073-9.
- DELIÈGE, R., 2017. Chapitre II. Varna et Jati. In : *Le système indien des castes* [en ligne]. Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion. pp. 33-57. Savoirs Mieux. [Consulté le 15 juillet 2023]. ISBN 978-2-7574-1919-9. Disponible à l'adresse : <http://books.openedition.org/septentrion/14145>

DEPARTMENT OF ANIMAL HUSBANDRY & DAIRYING, 2022. *Minimum Standard for Production of Bovine Frozen Semen 2022* [en ligne]. New Delhi (IND) : Ministry of Fisheries, Animal Husbandry & Dairying. [Consulté le 4 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://dahd.nic.in/sites/default/files/MSP-2022-for-production-of-bovine-frozen-semen.pdf>

DEPARTMENT OF ANIMAL HUSBANDRY AND DAIRYING, 2002. Volume II : *Report of the National Commission on Cattle (Rashtriya Govansh Ayog)* [en ligne]. Report Government Publication. Delhi : Ministry of Agriculture, Government of India. [Consulté le 14 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <http://indianculture.gov.in/reports-proceedings/report-national-commission-cattle-rashtriya-govansh-ayog-july-2002-vol-ii636.20954> AHD-N, 2002

DEPLAZES, P., RINALDI, L., ALVAREZ ROJAS, C. A., TORGERSON, P. R., HARANDI, M. F., ROMIG, T., ANTOLOVA, D., SCHURER, J. M., LAHMAR, S., CRINGOLI, G., MAGAMBO, J., THOMPSON, R. C. A. et JENKINS, E. J., 2017. Global Distribution of Alveolar and Cystic Echinococcosis. *Advances in Parasitology*. 2017. Vol. 95, pp. 315-493. DOI 10.1016/bs.apar.2016.11.001.

DESQUESNES, N., 2016. Lynchés au nom de la vache sacrée. *Le Monde diplomatique* [en ligne]. 1 février 2016. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.monde-diplomatique.fr/2016/02/DESQUESNES/54703>

DHAKA, P., MALIK, S. S., YADAV, J. P., KUMAR, M., BARANWAL, A., BARBUDDHE, S. B. et RAWOOL, D. B., 2019. Seroprevalence and molecular detection of coxiellosis among cattle and their human contacts in an organized dairy farm. *Journal of Infection and Public Health*. 2019. Vol. 12, n° 2, pp. 190-194. DOI 10.1016/j.jiph.2018.10.001.

DHAKA, P., MALIK, S. V. S., YADAV, J. P., KUMAR, M., BARBUDDHE, S. B. et RAWOOL, D. B., 2020. Apparent prevalence and risk factors of coxiellosis (Q fever) among dairy herds in India. *PLoS One*. 2020. Vol. 15, n° 9. DOI 10.1371/journal.pone.0239260.

DHAND, N. K., SINGH, J., JOSAN, H. S., SINGH, B. B., JASWAL, N., TIWARI, H. K., KOSTOULAS, P., KHATKAR, M. S., AULAKH, R. S., KAUR, M. et GILL, J. P. S., 2021. The feasibility and acceptability of various bovine brucellosis control strategies in India. *Preventive Veterinary Medicine*. 2021. Vol. 189. DOI 10.1016/j.prevetmed.2021.105291. 105291

DHIMAN, R. et TIWARI, A., 2018. Emergence of Zoonotic Diseases in India: A Systematic Review. *Medical Reports & Case Studies*. 2018. Vol. 03, n° 03. DOI 10.4172/2572-5130.1000163.

DHUMNE, M., SENGUPTA, C., KADIVAL, G., RATHINASWAMY, A. et VELUMANI, A., 2007. National seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in India. *The Journal of Parasitology*. 2007. Vol. 93, n° 6, pp. 1520-1521. DOI 10.1645/GE-1159.1.

DOGANAY, M. et DEMIRASLAN, H., 2015. Human anthrax as a re-emerging disease. *Recent Patents on Anti-Infective Drug Discovery*. 2015. Vol. 10, n° 1, pp. 10-29. DOI 10.2174/1574891x10666150408162354.

DOGANAY, M. et METAN, G., 2009. Human anthrax in Turkey from 1990 to 2007. *Vector Borne and Zoonotic Diseases (Larchmont, N.Y.)*. 2009. Vol. 9, n° 2, pp. 131-140. DOI 10.1089/vbz.2008.0032.

DORIN, B. et AUBRON, C., 2016. Croissance et revenu du travail agricole en Inde. Une économie politique de la divergence (1950-2014). *Economie rurale*. 2016. Vol. 352, pp. 41-65. DOI <https://doi.org/10.4000/economierurale.4865>.

DUBAL, Z B, BARBUDDHE, S.B. et SINGH, N.P., 2014. N°39 : *Important Zoonotic Diseases : Prevention and Control* [en ligne]. Technical Bulletin. Goa (IND) : ICAR Research Complex for Goa (Indian Council of Agricultural Research). Disponible à l'adresse : <https://ccari.icar.gov.in/Technical%20Bulletin%20No.%2039.pdf>

DUBEY, J. P., 2011. Toxoplasmosis, sarcocystosis, isosporosis, and cyclosporiasis. In : *Oxford Textbook of Zoonoses*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 569-588. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.

DUFFY, S. C., SRINIVASAN, S., SCHILLING, M. A., STUBER, T., DANCHUK, S. N., MICHAEL, J. S., VENKATESAN, M., BANSAL, N., MAAN, S., JINDAL, N., CHAUDHARY, D., DANDAPAT, P., KATANI, R., CHOTHE, S., VEERASAMI, M., ROBBE-AUSTERMAN, S., JULEFF, N., KAPUR, V. et BEHR, M. A., 2020. Reconsidering Mycobacterium bovis as a proxy for zoonotic tuberculosis: a molecular epidemiological surveillance study. *The Lancet Microbe*. 2020. Vol. 1, n° 2, pp. 66-73. DOI 10.1016/S2666-5247(20)30038-0.

DUFOUR B., TOMA B., et AL., 2020. *La Rage, Polycopié des Unités de maladies contagieuses des Ecoles vétérinaires françaises*. Lyon (FRA) : Boehringer-Ingelheim.

DUPUY, C., MORLOT, C., GILOT-FROMONT, E., MAS, M., GRANDMONTAGNE, C., GILLI-DUNOYER, P., GAY, E. et CALLAIT-CARDINAL, M-P., 2014. Prevalence of Taenia saginata cysticercosis in French cattle in 2010. *Veterinary Parasitology*. 2014. Vol. 203, n° 1-2, pp. 65-72. DOI 10.1016/j.vetpar.2014.02.054.

DURAND-DASTÈS, F., 2015. Les hautes densités démographiques de l'Inde. *Géococonfluences* [en ligne]. 2015. [Consulté le 13 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/dossiers-regionaux/le-monde-indien-populations-et-espaces/articles-scientifiques/les-hautes-densites-demographiques-de-linde> ISSN : 2492-7775

DURRANCE-BAGALE, A., RUDGE, J. W., SINGH, N. B., BELMAIN, S. R. et HOWARD, N., 2021. Drivers of zoonotic disease risk in the Indian subcontinent: A scoping review. *One Health*. 2021. Vol. 13, pp. 100310. DOI 10.1016/j.onehlt.2021.100310.

EICHENBERGER, R. M., THOMAS, L. F., GABRIËL, S., BOBIĆ, B., DEVLEESSCHAUWER, B., ROBERTSON, L. J., SARATSI, A., TORGERSON, P. R., BRAAE, U. C., DERMAUW, V. et DORNY, P., 2020. Epidemiology of Taenia saginata taeniosis/cysticercosis: a systematic review of the distribution in East, Southeast and South Asia. *Parasites & Vectors*. 2020. Vol. 13, n° 1, pp. 234-244. DOI 10.1186/s13071-020-04095-1.

ELLIS, W. A., 2015. Animal leptospirosis. *Current Topics in Microbiology and Immunology*. 2015. Vol. 387, pp. 99-137. DOI 10.1007/978-3-662-45059-8_6.

ELTOM, K. H., SAMY, A. M., ABD EL WAHED, A. et CZERNY, C-P., 2020. Buffalopox Virus: An Emerging Virus in Livestock and Humans. *Pathogens (Basel, Switzerland)*. 2020. Vol. 9, n° 9, pp. 676. DOI 10.3390/pathogens9090676.

EXPRESS NEWS SERVICE, 2015. The states where cow slaughter is legal in India. *The Indian Express* [en ligne]. 8 octobre 2015. [Consulté le 13 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://indianexpress.com/article/explained/explained-no-beef-nation/>

FAO, 2018. India at a glance | FAO in India | Food and Agriculture Organization of the United Nations. [en ligne]. 2018. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.fao.org/india/fao-in-india/india-at-a-glance/en/>

FAO, 2021. Inde. FAOSTAT [en ligne]. 2021. [Consulté le 2 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.fao.org/faostat/fr/#country/100>

FOOKS, A. R., CLIQUET, F., FINKE, S., FREULING, C., HEMACHUDHA, T., MANI, R. S., MÜLLER, T., NADIN-DAVIS, S., PICARD-MEYER, E., WILDE, H. et BANYARD, A. C., 2017. Rabies. *Nature Reviews. Disease Primers*. 2017. Vol. 3, pp. 17091. DOI 10.1038/nrdp.2017.91.

FORMENTY, P., 2018. Introduction to Crimean-Congo Haemorrhagic Fever. [en ligne]. Geneva (CHE). 2018. [Consulté le 21 juin 2023]. Disponible à l'adresse : https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/crimean-congo-haemorrhagic-fever/introduction-to-crimean-congo-haemorrhagic-fever.pdf?sfvrsn=14c8c199_2&download=true

FRIEDMAN, D. Z.P. et SCHWARTZ, I. S., 2019. Emerging Fungal Infections: New Patients, New Patterns, and New Pathogens. *Journal of Fungi*. 2019. Vol. 5, n° 3, pp. 67. DOI 10.3390/jof5030067.

GARG, N. et PANMEI, K., 2018. First reported case of naturally acquired fatal anthrax from Northeast India. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2018. Vol. 7, n° 3, pp. 632-634. DOI 10.4103/jfmpc.jfmpc_111_18.

GEORGE, S., MATHAI, D., BALRAJ, V., LALITHA, M. K. et JOHN, T. J., 1994. An outbreak of anthrax meningoencephalitis. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*. 1994. Vol. 88, n° 2, pp. 206-207. DOI 10.1016/0035-9203(94)90298-4.

GHATAK, S. et SINGH, B. B., 2015. Veterinary public health in India: current status and future needs. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)*. 2015. Vol. 34, n° 3, pp. 713-727. DOI 10.20506/rst.34.3.2391.

GHUGEY, S. L., SETIA, M. S. et DESHMUKH, J. S., 2021. Human brucellosis: Seroprevalence and associated exposure factors among the rural population in Nagpur, Maharashtra, India. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2021. Vol. 10, n° 2, pp. 1028-1033. DOI 10.4103/jfmpc.jfmpc_1153_20.

GIBSON, A. D., YALE, G., CORFMAT, J., APPUPILLAI, M., GIGANTE, C. M., LOPES, M., BETODKAR, U., COSTA, N. C., FERNANDES, K. A., MATHAPATI, P., SURYAWANSHI, P. M., OTTER, N., THOMAS, G., OHAL, P., AIRIKKALA-OTTER, I., LOHR, F., RUPPRECHT, C. E., KING, A., SUTTON, D., DEUZEMAN, I., LI, Y., WALLACE, R. M., MANI, R. S., GONGAL, G., HANDEL, I. G., BRONSVOORT, M., NAIK, V., DESAI, S., MAZERI, S., GAMBLE, L. et MELLANBY, R. J., 2022. Elimination of human rabies in Goa, India through an integrated One Health approach. *Nature Communications*. 2022. Vol. 13, n° 1, pp. 2788. DOI 10.1038/s41467-022-30371-y.

GIRAUD, Laetitia, 2004. *La toxoplasmose: données épidémiologiques et recommandations aux femmes enceintes séronégatives* [en ligne]. Thèse de Docteur en Pharmacie. Grenoble : Faculté de médecine de Grenoble. Disponible à l'adresse : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01214509/document>

GOEL, A. K., 2015. Anthrax: A disease of biowarfare and public health importance. *World Journal of Clinical Cases*. 2015. Vol. 3, n° 1, pp. 20-33. DOI 10.12998/wjcc.v3.i1.20.

GOWEN, A., 2019. Why India has 5 million stray cows roaming the country. *Washington Post* [en ligne]. 2019. [Consulté le 14 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.washingtonpost.com/world/2018/07/16/amp-stories/why-india-has-million-stray-cows-roaming-country/>

GRACE, D., MUTUA, F. K., OCHUNGO, P., KRUSKA, R. L., JONES, K., BRIERLEY, L., LAPAR, M. L., SAID, M. Y., HERRERO, M. T., PHUC, P. M., THAO, N. B., AKUKU, I. et OGUTU, F., 2012. *Mapping of poverty and likely zoonoses hotspots* [en ligne]. Report. International Livestock Research Institute. [Consulté le 19 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/21161>

GRENOUILLET, F., 2023. Orphanet: Echinococcose kystique. *Orphanet* [en ligne]. 2023. [Consulté le 10 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/OC_Exp.php?lng=FR&Expert=400

GUGLIELMINI, Julien, BOURHY, Pascale, SCHIETTEKATTE, Olivier, ZININI, Farida, BRISSE, Sylvain et PICARDEAU, Mathieu, 2019. Genus-wide *Leptospira* core genome multilocus sequence typing for strain taxonomy and global surveillance. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 26 avril 2019. Vol. 13, n° 4, pp. e0007374. DOI 10.1371/journal.pntd.0007374.

GUPTA, S., CHAHOTA, R., BHARDWAJ, B., PRIYANKA, P., VERMA, S. et SHARMA, M., 2015. Identification of *Chlamydiae* and *Mycoplasma* species in ruminants with ocular infections. *Letters in Applied Microbiology*. 2015. Vol. 60, n° 2, pp. 135-139. DOI 10.1111/lam.12362.

HADDAD N., ANDRÉ-FONTAINE G., ARTOIS M., AUGUSTIN J.C., BASTIAN S., BÉNET JJ., CERF O., ELOIT M., LACHERETZ A., PICAVET DP., et PRAVE M., 2019. *Les Zoonoses infectieuses, Polycopiés des Unités de maladies réglementées des Ecoles vétérinaires françaises*. juin 2019. Mérial (Lyon).

HANUMANTHAPPA, H, SAROJINI, K, SHILPASHREE, P et MUDDAPUR, Sushmita Bhimsen, 2012. Clinicomycological Study of 150 Cases of Dermatophytosis in a Tertiary Care Hospital in South India. *Indian Journal of Dermatology*. 2012. Vol. 57, n° 4, pp. 322-323. DOI 10.4103/0019-5154.97684.

HAVLICKOVA, B., CZAICA, V. A. et FRIEDRICH, M., 2008. Epidemiological trends in skin mycoses worldwide. *Mycoses*. 2008. Vol. 51 Suppl 4, pp. 2-15. DOI 10.1111/j.1439-0507.2008.01606.x.

HEUZEBROC, J., 2018. Une mousson particulièrement meurtrière a déjà fait 400 morts en Inde. *National Geographic* [en ligne]. 20 août 2018. [Consulté le 13 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.nationalgeographic.fr/environnement/2018/08/une-mousson-particulierement-meurtriere-a-deja-fait-400-morts-en-inde>

HOLT, H. R., BEDI, J. S., KAUR, P., MANGTANI, P., SHARMA, N. S, GILL, J. P. S., SINGH, Y., KUMAR, R., KAUR, M., MCGIVEN, J. et GUITIAN, J., 2021. Epidemiology of brucellosis in cattle and dairy farmers of rural Ludhiana, Punjab. *PLoS neglected tropical diseases*. 2021. Vol. 15, n° 3. DOI 10.1371/journal.pntd.0009102. e0009102

HUFTY A., 2001. Classification des climats de Koppen. In : *Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine* [en ligne]. Presses Université Laval. pp. 12-19. ISBN 978-2-7637-7783-2. Disponible à l'adresse : <https://books.google.fr/books?id=tnmUpmt8K14C&pg=PA12#v=onepage&q&f=false>

HUMBERT, P., 2023. L'Inde à un an des élections : la dynamique positive de Narendra Modi. *Fondation Jean-Jaurès* [en ligne]. 23 février 2023. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.jean-jaures.org/publication/linde-a-un-an-des-elections-la-dynamique-positive-de-narendra-modi/>

HUMBLET, M-F., BOSCHIROLI, M. L. et SAEGERMAN, C., 2009. Classification of worldwide bovine tuberculosis risk factors in cattle: a stratified approach. *Veterinary Research*. 2009. Vol. 40, n° 5, pp. 50. DOI 10.1051/vetres/2009033.

ICAR-NIVEDI, [sans date]. NADRES. *NADRES v2* [en ligne]. [Consulté le 21 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : https://nivedi.res.in/Nadres_v2/index.php

IDSP, 2021. Disease Alert : 2021 : Integrated Disease Surveillance Programme (IDSP). [en ligne]. 2021. [Consulté le 7 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://idsp.mohfw.gov.in/index1.php?lang=1&level=1&sublinkid=7591&lid=5617>

Inde | Data, 2022. *La Banque Mondiale* [en ligne]. [Consulté le 2 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://donnees.banquemondiale.org/pays/inde?view=chart>

INRS, 2022. Brucellose. Agent pathogène - Base de données EFICATT - INRS. *INRS Santé et Sécurité au Travail* [en ligne]. février 2022. [Consulté le 18 mars 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.inrs.fr/publications/bdd/eficatt/fiche.html?refINRS=EFICATT_Brucellose

INSTITUT PASTEUR, 2021. Tuberculose. *Institut Pasteur* [en ligne]. 2021. [Consulté le 16 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/tuberculose>

JABET, A., BRUN, S., NORMAND, A-C., IMBERT, S., AKHOUNDI, M., DANNAOUI, E., AUDIFFRED, L., CHASSET, F., IZRI, A., LAROCHE, L., PIARROUX, R., BACHMEYER, C., HENNEQUIN, C. et SABATER, A. M., 2022. Extensive Dermatophytosis Caused by Terbinafine-Resistant Trichophyton indotineae, France. *Emerging Infectious Diseases*. 2022. Vol. 28, n° 1, pp. 229-233. DOI 10.3201/eid2801.210883.

JAMIL, Tariq, KHAN, Aman Ullah, SAQIB, Muhammad, HUSSAIN, Muhammad Hammad, MELZER, Falk, REHMAN, Abdul, SHABBIR, Muhammad Zubair, KHAN, Mumtaz Ali, ALI, Shahzad, SHAHZAD, Asim, KHAN, Iahasham, IQBAL, Mudassar, ULLAH, Qudrat, AHMAD, Waqas, MANSOOR, Muhammad Khalid, NEUBAUER, Heinrich et SCHWARZ, Stefan, 2021. Animal and Human Brucellosis in Pakistan. *Frontiers in Public Health*. 30 juillet 2021. Vol. 9, pp. 660508. DOI 10.3389/fpubh.2021.660508.

JAYAPRAKASAM, M., CHATTERJEE, N., CHANDA, Mohammed Mudassar, SHAHABUDDIN, S. M., SINGHAI, M., TIWARI, S. et PANDA, S, 2023. Human anthrax in India in recent times: A systematic review & risk mapping. *One Health*. 2023. Vol. 16. DOI 10.1016/j.onehlt.2023.100564.

Joint FAO/WHO Expert Committee on Brucellosis, 1986. [en ligne]. WHO Technical Report Series. Geneva : WHO, FAO. [Consulté le 19 mars 2023]. Disponible à l'adresse : https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/40202/WHO_TRS_740.pdf?sequence=1&isAllowed=y

JONES, K. E., PATEL, N. G., LEVY, M. A., STOREYGARD, A., BALK, D., GITTLEMAN, J. L. et DASZAK, P., 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*. 2008. Vol. 451, n° 7181, pp. 990-993. DOI 10.1038/nature06536.

JOUAN, M., 2016. *Prophylaxie de la brucellose humaine: vers une vaccination ciblée de la faune sauvage? Étude du cas des bouquetins du massif du Bargy* [en ligne]. Grenoble : Université Grenoble Alpes. [Consulté le 21 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01331098/document>

KAAKOUSH, N. O., CASTAÑO-RODRÍGUEZ, N., MITCHELL, H. M. et MAN, S. M., 2015. Global Epidemiology of Campylobacter Infection. *Clinical Microbiology Reviews*. 2015. Vol. 28, n° 3, pp. 687-720. DOI 10.1128/CMR.00006-15.

KENNEDY, U., SHARMA, A. et PHILLIPS, C., 2018. The Sheltering of Unwanted Cattle, Experiences in India and Implications for Cattle Industries Elsewhere. *Animals*. 2018. Vol. 8, n° 5, pp. 64. DOI 10.3390/ani8050064.

- KESHAVAMURTHY, R., SINGH, B. B., KALAMBHE, D. G., AULAKH, R. S. et DHAND, N. K., 2019. Prevalence of *Coxiella burnetii* in cattle and buffalo populations in Punjab, India. *Preventive Veterinary Medicine*. 2019. Vol. 166, pp. 16-20. DOI 10.1016/j.prevetmed.2019.03.003.
- KHAN, M.-U., RASHID, I., AKBAR, H., ISLAM, S., RIAZ, F., NABI, H., ASHRAF, K. et SINGLA, L. D., 2017. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* in South Asian countries. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)*. 2017. Vol. 36, n° 3, pp. 981-996. DOI 10.20506/rst.36.3.2730.
- KHAN, V., ZALA, D. B. et JOSHI, K. M., 2016. Occurrence of *Hyalomma*, (Acari: Ixodidae) Koch, 1844 on domestic animal in the Union Territory of Dadra & Nagar Haveli, Indian. *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*. 2016. Vol. 40, n° 2, pp. 543-545. DOI 10.1007/s12639-014-0490-y.
- KHURANA, S., DAS, A. et MALLA, N., 2007. Increasing trends in seroprevalence of human hydatidosis in North India: a hospital-based study. *Tropical Doctor*. 2007. Vol. 37, n° 2, pp. 100-102. DOI 10.1177/004947550703700215.
- KHURANA, S. K., SEHRAWAT, A., TIWARI, R., PRASAD, M., GULATI, B., SHABBIR, M., CHHABRA, R., KARTHIK, K., PATEL, S. K., PATHAK, M., IQBAL YATOO, M., GUPTA, V. K., DHAMA, K., SAH, R. et CHAICUMPA, W., 2021. Bovine brucellosis - a comprehensive review. *The Veterinary Quarterly*. 2021. Vol. 41, n° 1, pp. 61-88. DOI 10.1080/01652176.2020.1868616.
- KUMAR, B., MANJUNATHACHAR, H. et GHOSH, S., 2020. A review on *Hyalomma* species infestations on human and animals and progress on management strategies. *Heliyon*. 2020. Vol. 6, n° 12. DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e05675.
- KUMAR, Pawan, RAMACHANDRAN, S., DAS, Shukla, BHATTACHARYA, S. N. et TANEJA, Bhupesh, 2023. Insights into Changing Dermatophyte Spectrum in India Through Analysis of Cumulative 161,245 Cases Between 1939 and 2021. *Mycopathologia*. 2023. Vol. 188, n° 3, pp. 183-202. DOI 10.1007/s11046-023-00720-6.
- KUMAR, R., SINGH, SP et SAVALIA, C. V., 2015. Overview of Emerging Zoonoses in India: Areas of Concern. *Journal of Tropical Diseases*. 2015. Vol. 3, n° 3. DOI 10.4172/2329-891X.1000165.
- KUMAR, S., GANGOLIYA, S. R., ALAM, S. I., PATIL, S., AJANTHA, G. S., KULKARNI, R. D. et KAMBOJ, D. V., 2017. First genetic evidence of *Coxiella burnetii* in cases presenting with acute febrile illness, India. *Journal of Medical Microbiology*. 2017. Vol. 66, n° 3, pp. 388-390. DOI 10.1099/jmm.0.000448.
- KUMAR, S., SWAIN, S., G S, P., SINGH, B. S. et AGGARWAL, D., 2020. Zoonotic Diseases in India. *Indian Journal of Community Medicine : Official Publication of Indian Association of Preventive & Social Medicine*. 2020. Vol. 45, n° Suppl 1. DOI 10.4103/ijcm.IJCM_360_19.
- LA MOUSSON, UNE SAISON VITALE POUR L'INDE - SITE INTERNET, 2021. La mousson, une saison vitale pour l'Inde. *lepetitjournal.com* [en ligne]. Bombay, 2 août 2021. [Consulté le 28 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://lepetitjournal.com/bombay/comprendre-inde/mousson-saison-vitale-inde-283288>
- Lait : Contexte et enjeux, 2022. *CIRAD* [en ligne]. [Consulté le 4 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.cirad.fr/nos-activites-notre-impact/filieres-agricoles-tropicales/lait/contexte-et-enjeux>
- LAKSHMANAN, A., GANESHKUMAR, P., MOHAN, S. Raam, HEMAMALINI, M. et MADHAVAN, R., 2015. Epidemiological and clinical pattern of dermatomycoses in rural India. *Indian Journal of Medical Microbiology*. février 2015. Vol. 33 Suppl, pp. 134-136. DOI 10.4103/0255-0857.150922.

- LALITHA, M. K. et KUMAR, A., 1996. Anthrax in southern India. *Lancet (London, England)*. 1996. Vol. 348, n° 9026, pp. 553-554. DOI 10.1016/s0140-6736(05)64718-6.
- LANDY, F. et VARREL, A., 2015. *L'Inde: du développement à l'émergence*. Armand Colin. Paris (FRA) : Armand Colin. Collection U. ISBN 978-2-200-61219-1.
- LATEEF, M., NAZIR, M., ZARGAR, S. A. et TARIQ, K. A., 2020. Epidemiology of *Taenia saginata* taeniasis with emphasis on its prevalence and transmission in a Kashmiri population in India: A prospective study. *International journal of infectious diseases: IJID: official publication of the International Society for Infectious Diseases*. 2020. Vol. 98, pp. 401-405. DOI 10.1016/j.ijid.2020.06.088.
- LE POINT, 2017. Inde: Modi condamne les lynchages liés à la vache sacrée. *Le Point* [en ligne]. 29 juin 2017. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.lepoint.fr/monde/inde-tuer-au-nom-du-culte-de-la-vache-n-est-pas-acceptable-29-06-2017-2139167_24.php
- LECLERC, J., 2017. L'Union indienne. *L'aménagement linguistique dans le monde* [en ligne]. 2 décembre 2017. [Consulté le 28 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.axl.cefan.ulaval.ca/asia/inde-1Union.htm>
- L'Inde, premier producteur laitier mondial depuis 1998*, 2019. [en ligne]. Delhi : Ambassade de France en Inde, Service économique régional. [Consulté le 1 mars 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.tresor.economie.gouv.fr/PagesInternationales/Pages/cd654676-8b68-47cf-89d2-2fc32e9798/files/5a55b854-c4ba-4418-b0fa-768148f2efa1>
- List of Indian Integrated Abattoirs & Meat Processing Plants Registered with APEDA, 2023. *Agricultural & Processed Food Products Export Development Authority (APEDA)* [en ligne]. [Consulté le 13 mars 2023]. Disponible à l'adresse : https://apeda.gov.in/apedawebsite/Announcements/List_of_Abattoirs_meat.htm
- LIU, Zhi-guo, WANG, Miao, TA, Na, FANG, Meng-gang, MI, Jing-chuan, YU, Rui-ping, LUO, Yao, CAO, Xiaoan et LI, Zhen-jun, 2020. Seroprevalence of human brucellosis and molecular characteristics of *Brucella* strains in Inner Mongolia Autonomous region of China, from 2012 to 2016. *Emerging Microbes & Infections*. 30 janvier 2020. Vol. 9, n° 1, pp. 263-274. DOI 10.1080/22221751.2020.1720528.
- LONE, R., BASHIR, D., AHMAD, S., SYED, A. et KHURSHID, S., 2013. A Study on Clinico-Mycological Profile, Aetiological Agents and Diagnosis of Onychomycosis at a Government Medical College Hospital in Kashmir. *Journal of Clinical and Diagnostic Research : JCDR*. 2013. Vol. 7, n° 9, pp. 1983-1985. DOI 10.7860/JCDR/2013/5969.3378.
- LOUREIRO, A. P. et LILENBAUM, W., 2020. Genital bovine leptospirosis: A new look for an old disease. *Theriogenology*. 2020. Vol. 141, pp. 41-47. DOI 10.1016/j.theriogenology.2019.09.011.
- MANDAL, S. et MANDAL, M. D., 2012. Human cystic echinococcosis: epidemiologic, zoonotic, clinical, diagnostic and therapeutic aspects. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*. 2012. Vol. 5, n° 4, pp. 253-260. DOI 10.1016/S1995-7645(12)60035-2.
- MANGALGI, S. S., SAJJAN, A. G., MOHITE, S. T. et GAJUL, S., 2016. Brucellosis in Occupationally Exposed Groups. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2016. Vol. 10, n° 4, pp. 24-27. DOI 10.7860/JCDR/2016/15276.7673.
- MANGALGI, S. S., SAJJAN, A. G., MOHITE, S. T. et KAKADE, S. V., 2015. Serological, Clinical, and Epidemiological Profile of Human Brucellosis in Rural India. *Indian Journal of Community Medicine:*

Official Publication of Indian Association of Preventive & Social Medicine. 2015. Vol. 40, n° 3, pp. 163-167. DOI 10.4103/0970-0218.158847.

MANI, R. S., ANAND, A. M. et MADHUSUDANA, S. N., 2016. Human rabies in India: an audit from a rabies diagnostic laboratory. *Tropical medicine & international health: TM & IH*. 2016. Vol. 21, n° 4, pp. 556-563. DOI 10.1111/tmi.12669.

MANTUR, B. G. et AMARNATH, S. K., 2008. Brucellosis in India - a review. *Journal of Biosciences*. 2008. Vol. 33, n° 4, pp. 539-547. DOI 10.1007/s12038-008-0072-1.

MARATHE, A., TRIPATHI, J., HANDA, V. et DATE, V., 2005. Human babesiosis--a case report. *Indian Journal of Medical Microbiology*. octobre 2005. Vol. 23, n° 4, pp. 267-269.

MARIE, C. et PETRI, W. A., 2022. Toxoplasmose. *Édition professionnelle du Manuel MSD* [en ligne]. 2022. [Consulté le 1 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.msmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/protozoaires-extra-intestinaux/toxoplasmose>

MARRIE, T. J., 2011. Q fever. In : *Oxford Textbook of Zoonoses*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 158-173. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.

MCD, 2015. Mousson. *Géoconfluences* [en ligne]. 2015. [Consulté le 24 février 2023]. Disponible à l'adresse : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/moussons>

MENEZES, R., 2008. Rabies in India. *CMAJ : Canadian Medical Association Journal*. 2008. Vol. 178, n° 5, pp. 564-566. DOI 10.1503/cmaj.071488.

MINISTER OF STATE FOR AGRICULTURE AND FARMERS WELFARE, 2016. *GOVERNMENT OF INDIA MINISTRY OF AGRICULTURE & FARMERS WELFARE DEPARTMENT OF ANIMAL HUSBANDRY, DAIRYING & FISHERIES LOK SABHA UNSTARRED QUESTION No. 2882 TO BE ANSWERED ON 15TH MARCH, .2016* [en ligne]. 2016. Disponible à l'adresse : <https://dof.gov.in/sites/default/files/2020-01/ls%202882.pdf>

MINISTRY OF AGRICULTURE & FARMERS WELFARE, 2021. *Pocket Book of Agricultural Statistics 2020* [en ligne]. Ministry of Agriculture & Farmers Welfare, Government of India. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://desagri.gov.in/wp-content/uploads/2021/06/Pocket-2020-Final-web-file.pdf>

MINISTRY OF FISHERIES, ANIMAL HUSBANDRY & DAIRYING, 2023. 1676 : *Basic Animal Husbandry Statistics - 2022*. New Delhi (IND) : Ministry of Fisheries, Animal Husbandry & Dairying.

MINISTRY OF HEALTH AND FAMILY WELFARE, GOVERNMENT OF INDIA, 2009. Diseases under Surveillance :: Integrated Disease Surveillance Programme(IDSP). *Integrated Disease Surveillance Programme* [en ligne]. 2009. [Consulté le 21 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://idsp.mohfw.gov.in/index1.php?lang=1&level=1&sublinkid=5985&lid=3925>

MINISTRY OF HEALTH AND FAMILY WELFARE, GOVERNMENT OF INDIA, 2023. Programme for Prevention and Control of leptospirosis :: National Centre for Disease Control (NCDC). *National Centre for Disease Control* [en ligne]. 9 juin 2023. [Consulté le 10 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://ncdc.mohfw.gov.in/index1.php?lang=1&level=1&sublinkid=147&lid=151>

MINISTRY OF LAW AND JUSTICE, 2009. *The Prevention and Control of Infectious and Contagious Diseases in Animals Act* [en ligne]. 20 mars 2009. 27. [Consulté le 12 novembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://dahd.nic.in/sites/default/files/Gazette_20-03-09.pdf09.pdf

- MISHRA, A. C., MEHTA, M., MOURYA, D. T. et GANDHI, S., 2011. Crimean-Congo haemorrhagic fever in India. *The Lancet*. 2011. Vol. 378, n° 9788, pp. 372. DOI 10.1016/S0140-6736(11)60680-6.
- MOHANTY, C. J., RADHAKRISHNAN, R., JAIN, M., SASMAL, P. K., HANSDA, U., VUPPALA, S. K. et DOKI, S. K., 2021. A Study of the Pattern of Injuries Sustained from Road Traffic Accidents Caused by Impact with Stray Animals. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*. 2021. Vol. 14, n° 1, pp. 23-27. DOI 10.4103/JETS.JETS_29_20.
- MONGA, D. P. et MOHAPATRA, L. N., 1980. A compilation of published reports of mycoses in animals in India. *Mycopathologia*. 1980. Vol. 72, n° 1, pp. 3-11. DOI 10.1007/BF00443044.
- MOOLA, S., BERI, D., SALAM, A., JAGNOOR, J., TEJA, A. et BHAUMIK, S., 2021. Leptospirosis prevalence and risk factors in India: Evidence gap maps. *Tropical Doctor*. 2021. Vol. 51, n° 3, pp. 415-421. DOI 10.1177/00494755211005203.
- MORTUREUX, M., 2012. Saisine n°2012-SA-0115 : *AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à la survie de Brucella dans les produits laitiers* [en ligne]. Avis de l'Anses. Maisons-Alfort (FRA) : Anses. [Consulté le 12 mai 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.anses.fr/fr/system/files/BIORISK2012sa0115.pdf>
- MOURYA, D. T., YADAV, P. D., SHETE, A. M., GURAV, Y. K., RAUT, C. G., JADI, R. S., PAWAR, S. D., NICHOL, S. T. et MISHRA, A. C., 2012. Detection, isolation and confirmation of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus in human, ticks and animals in Ahmadabad, India, 2010-2011. *PLoS neglected tropical diseases*. 2012. Vol. 6, n° 5. DOI 10.1371/journal.pntd.0001653.
- MOURYA, D. T., YADAV, P. D., SHETE, A. M., SATHE, P. S., SARKALE, P. C., PATTNAIK, B., SHARMA, G., UPADHYAY, K. J., GOSAVI, S., PATIL, D. Y., CHAUBAL, G. Y., MAJUMDAR, T. D. et KATOCH, V. M., 2015. Cross-sectional Serosurvey of Crimean-Congo Hemorrhagic Fever Virus IgG in Livestock, India, 2013-2014. *Emerging Infectious Diseases*. 2015. Vol. 21, n° 10, pp. 1837-1839. DOI 10.3201/eid2110.141961.
- MOURYA, D. T., YADAV, P. D., SHETE, A., MAJUMDAR, T. D., KANANI, A., KAPADIA, D., CHANDRA, V., KACHHIAPATEL, A. J., JOSHI, P. T., UPADHYAY, K. J., DAVE, P. et RAVAL, D., 2014. Serosurvey of Crimean-Congo hemorrhagic fever virus in domestic animals, Gujarat, India, 2013. *Vector Borne and Zoonotic Diseases (Larchmont, N.Y.)*. 2014. Vol. 14, n° 9, pp. 690-692. DOI 10.1089/vbz.2014.1586.
- NARDELL, E. A., 2022a. Tuberculose (TB) - Maladies infectieuses. *Édition professionnelle du Manuel MSD* [en ligne]. 2022. [Consulté le 17 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.msmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/mycobact%C3%A9rie/tuberculose-tb>
- NARDELL, E. A., 2022b. Tuberculose extrapulmonaire (TB) - Maladies infectieuses. *Édition professionnelle du Manuel MSD* [en ligne]. 2022. [Consulté le 17 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.msmanuals.com/fr/professional/maladies-infectieuses/mycobact%C3%A9rie/tuberculose-extrapulmonaire-tb>
- NATIONAL DAIRY DEVELOPMENT BOARD, (s.d.). Operation Flood. *National Dairy Development Board* [en ligne]. (s.d.). [Consulté le 7 mars 2023 a]. Disponible à l'adresse : <https://www.nddb.coop/about/genesis/flood>
- NATIONAL DAIRY DEVELOPMENT BOARD, (s.d.). The Anand Pattern. *National Dairy Development Board* [en ligne]. (s.d.). [Consulté le 7 mars 2023 b]. Disponible à l'adresse : <https://www.nddb.coop/about/genesis/pattern>

NATIONAL DAIRY DEVELOPMENT BOARD, [sans date]. *National Dairy Plan* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://www.dairyknowledge.in/sites/default/files/ndp_brochure-eng.pdf

National Dairy Plan I, (s.d.). *National Dairy Development Board* [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://www.nddb.coop/about/genesis/ndpibrief>

NATIONAL INSTITUTE OF COMMUNICABLE DISEASES, 2005. *Zoonotic Diseases of Public Health Importance* [en ligne]. Delhi (IND) : Directorate General of Health Services. Disponible à l'adresse : https://ncdc.gov.in/linkimages/zoonotic_manual9201154898.pdf

National Rabies Control Programme :: National Centre for Disease Control (NCDC), [sans date]. *National Centre for Disease Control* [en ligne]. [Consulté le 18 août 2023]. Disponible à l'adresse : <https://ncdc.gov.in/index1.php?lang=1&level=1&sublinkid=146&lid=150>

NAVEENA, T., SARANGI, L. N., RANA, S. K., PRASAD, A., PRABHA, T. S., JHANSI, D., PONNANNA, N. M. et SHARMA, G. K., 2022. Seroprevalence to common infectious abortifacient and infertility causing agents in the dairy herds of India. *Iranian Journal of Veterinary Research*. 2022. Vol. 23, n° 3, pp. 189-195. DOI 10.22099/IJVR.2022.42574.6184.

NENOFF, P., UHRLASS, S., VERMA, S. B. et PANDA, S., 2022. Trichophyton mentagrophytes ITS genotype VIII and Trichophyton indotineae: A terminological maze, or is it? *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*. 2022. Vol. 88, n° 5, pp. 586-589. DOI 10.25259/IJDVL_112_2022.

NENOFF, P., VERMA, S. B., VASANI, R., BURMESTER, A., HIPLER, U.-C., WITTIG, F., KRÜGER, C., NENOFF, K., WIEGAND, C., SARASWAT, A., MADHU, R., PANDA, S., DAS, A., KURA, M., JAIN, A., KOCH, D., GRÄSER, Y. et UHRLASS, S., 2019. The current Indian epidemic of superficial dermatophytosis due to Trichophyton mentagrophytes-A molecular study. *Mycoses*. 2019. Vol. 62, n° 4, pp. 336-356. DOI 10.1111/myc.12878.

OMS, 2020a. Zoonoses. [en ligne]. 2020. [Consulté le 16 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses>

OMS, 2020b. Échinococcose. *Organisation mondiale de la santé* [en ligne]. 2020. [Consulté le 23 juin 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/echinococcosis>

OMSA - ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ ANIMALE, (s.d.). Fièvre Q. *OMSA - Organisation mondiale de la santé animale* [en ligne]. (s.d.). [Consulté le 28 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.woah.org/fr/maladie/fievre-q/>

PANDA, S. et VERMA, S., 2017. The menace of dermatophytosis in India: The evidence that we need. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*. 2017. Vol. 83, n° 3, pp. 281-284. DOI 10.4103/ijdv.IJDVL_224_17.

PANIKER, CK J. et GHOSH, S., 2013. *Paniker's Textbook of Medical Parasitology* [en ligne]. 7ème édition. New Delhi (IND) : JAYPEE BROTHERS MEDICAL PUBLISHERS (P) LTD. [Consulté le 24 juin 2023]. ISBN 978-93-5090-534-0. Disponible à l'adresse : <http://repository.stikesrspadgs.ac.id/65/1/Paniker%27s%20Textbook%20of%20Medical%20Parasitology-276hlm.pdf>

PARAI, D., SAHOO, S. K., PATTNAIK, M., SWAIN, A., PETER, A., SAMANTA, L. J., PRADHAN, R., CHOUDHARY, H. R., NAHAK, K. C., PATI, S. et BHATTACHARYA, D., 2022. Seroprevalence of human

brucellosis among the tribal and non-tribal population residing in an eastern state of India: Findings from the state-wide serosurvey. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 13.

DOI 10.3389/fmicb.2022.1070276. 1070276

PATHAK, S., 2023. India's 5 million stray cows are sacred—and a growing nuisance. *National Geographic* [en ligne]. 31 mars 2023. [Consulté le 17 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.nationalgeographic.com/animals/article/india-five-million-stray-cattle-sacred-hindu>

PEDNEKAR, R. P., GATNE, M. L., THOMPSON, A. R. C. et TRAUB, Rebecca J., 2009. Molecular and morphological characterisation of *Echinococcus* from food producing animals in India. *Veterinary Parasitology*. 2009. Vol. 165, n° 1-2, pp. 58-65. DOI 10.1016/j.vetpar.2009.06.021.

POLACK, Bruno, BOULOUIS, Henri-Jean, GUILLOT, Jacques et CHERMETTE, René, 2015. Les zoonoses (tableaux synthétiques: animaux réservoirs de pathogènes et modes de transmission). *Revue Francophone des Laboratoires*. 1 décembre 2015. Vol. 2015, n° 477, pp. 67-79. DOI 10.1016/S1773-035X(15)30318-X.

PRASAD, H. K., SINGHAL, A., MISHRA, A., SHAH, N. P., KATOCH, V. M., THAKRAL, S. S., SINGH, D. V., CHUMBER, S., BAL, S., AGGARWAL, S., PADMA, M. V., KUMAR, S., SINGH, M. K. et ACHARYA, S. K., 2005. Bovine tuberculosis in India: potential basis for zoonosis. *Tuberculosis (Edinburgh, Scotland)*. 2005. Vol. 85, n° 5-6, pp. 421-428. DOI 10.1016/j.tube.2005.08.005.

PRIYANKA, M. et DEY, S., 2018. Ruminal impaction due to plastic materials - An increasing threat to ruminants and its impact on human health in developing countries. *Veterinary World*. 2018. Vol. 11, n° 9, pp. 1307-1315. DOI 10.14202/vetworld.2018.1307-1315.

RABAUD, C., 2000. *La toxoplasmose au cours de l'infection par le virus de l'immunodéficience humaine: épidémiologie descriptive et facteurs prédictifs* [en ligne]. Nancy (FRA) : Université Henri Poincaré. Disponible à l'adresse : <https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01746414/document>

RADHAKRISHNAN, S., VANAK, A. T., NOUVELLET, P. et DONNELLY, C. A., 2020. Rabies as a Public Health Concern in India—A Historical Perspective. *Tropical Medicine and Infectious Disease*. 2020. Vol. 5, n° 4, pp. 162. DOI 10.3390/tropicalmed5040162.

RAHMAN, H., 2015. Monitoring, surveillance and forecasting of infectious animal diseases in India. *Intas Polivet*. 1 juillet 2015. Vol. 16, n° 2, pp. 177-182.

RAHMAN, H., MURUGKAR, H. V., KUMAR, A., ISLAM, M. et MUKHERJEE, S., 2008. Seroprevalence of toxoplasmosis in a district of Assam, India. *Indian Journal of Public Health*. 2008. Vol. 52, n° 1, pp. 48-49.

RAHMAN, S. A. et ISLOOR, S., 2018. Rabies on the Indian subcontinent. *Revue Scientifique Et Technique (International Office of Epizootics)*. 2018. Vol. 37, n° 2, pp. 529-542. DOI 10.20506/rst.37.2.2821.

RAJKHOWA, S., RAJKHOWA, C. et CHAMUAH, J., 2008. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* antibodies in free-ranging mithuns (*Bos frontalis*) from India. *Zoonoses and Public Health*. 2008. Vol. 55, n° 6, pp. 320-322. DOI 10.1111/j.1863-2378.2008.01141.x.

RAJKHOWA, S., SARMA, D. K. et RAJKHOWA, C., 2006. Seroprevalence of *Toxoplasma gondii* antibodies in captive mithuns (*Bos frontalis*) from India. *Veterinary Parasitology*. 2006. Vol. 135, n° 3-4, pp. 369-374. DOI 10.1016/j.vetpar.2005.10.007.

- RAMESH MASTHI, N. R., SANJAY, T. V., PRADEEP, S. B. et ANWITH, H. S., 2019. Community awareness and risk of rabies associated with exposure to animals in India. *Indian Journal of Public Health*. 2019. Vol. 63, n° Supplement, pp. S15-S19. DOI 10.4103/ijph.IJPH_373_19.
- RANGANATHAN, S., ARUN MOZHI BALAJEE, S. et MAHENDRA RAJA, S., 1997. A survey of dermatophytosis in animals in Madras, India. *Mycopathologia*. 1998 1997. Vol. 140, n° 3, pp. 137-140. DOI 10.1023/A:1006811808630.
- REFAYA, A. K., BHARGAVI, G., MATHEW, N. C., RAJENDRAN, A., KRISHNAMOORTHY, R., SWAMINATHAN, S. et PALANIYANDI, K., 2020. A review on bovine tuberculosis in India. *Tuberculosis (Edinburgh, Scotland)*. 2020. Vol. 122. DOI 10.1016/j.tube.2020.101923.
- REFAYA, A. K., RAMANUJAM, H., RAMALINGAM, M., RAO, G. V. S., RAVIKUMAR, D., SANGAMITHRAI, D., SHANMUGAM, S. et PALANIYANDI, K., 2022. Tuberculosis caused by *Mycobacterium orygis* in wild ungulates in Chennai, South India. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2022. Vol. 69, n° 5, pp. e3327-e3333. DOI 10.1111/tbed.14613.
- REID, H. W. et DAGLEISH, M. P., 2011. Poxviruses. In : *Oxford Textbook of Zoonosis*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 380-385. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.
- RENUKARADHYA, G. J., ISLOOR, S. et RAJASEKHAR, M., 2002. Epidemiology, zoonotic aspects, vaccination and control/eradication of brucellosis in India. *Veterinary Microbiology*. 2002. Vol. 90, n° 1-4, pp. 183-195. DOI 10.1016/s0378-1135(02)00253-5.
- REYNARD, O., RITTER, M., MARTIN, B. et VOLCHKOV, V., 2021. La fièvre hémorragique de Crimée-Congo, une future problématique de santé en France ? *médecine/sciences*. 2021. Vol. 37, n° 2, pp. 135-140. DOI 10.1051/medsci/2020277.
- ROHDE, G., STRAUBE, E., ESSIG, A., REINHOLD, P. et SACHSE, K., 2010. Chlamydial zoonoses. *Deutsches Arzteblatt International*. 2010. Vol. 107, n° 10, pp. 174-180. DOI 10.3238/arztebl.2010.0174.
- ROONIE, A., MAJUMDER, S., KINGSTON, J. J. et PARIDA, M., 2020. Molecular characterization of *B. anthracis* isolates from the anthrax outbreak among cattle in Karnataka, India. *BMC microbiology*. 2020. Vol. 20, n° 1, pp. 232. DOI 10.1186/s12866-020-01917-1.
- ROY, P. et CHANDRAMOHAN, A., 2021. Buffalopox Disease in Livestock and Milkers, India. *Emerging Infectious Diseases*. 2021. Vol. 27, n° 7, pp. 1989-1991. DOI 10.3201/eid2707.202111.
- SAHOO, K. C., NEGI, S., BARLA, D., BADAİK, G., SAHOO, S., BAL, M., PADHI, A. K., PATI, S. et BHATTACHARYA, D., 2020. The Landscape of Anthrax Prevention and Control: Stakeholders' Perceptive in Odisha, India. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17, n° 9. DOI 10.3390/ijerph17093094.
- SAHU, B. K., PARGANIHA, A. et PATI, A. K., 2021. A population estimation study reveals a staggeringly high number of cattle on the streets of urban Raipur in India. *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16, n° 1. DOI 10.1371/journal.pone.0234594.
- SANDHU, G. K., 2011. Tuberculosis: current situation, challenges and overview of its control programs in India. *Journal of Global Infectious Diseases*. 2011. Vol. 3, n° 2, pp. 143-150. DOI 10.4103/0974-777X.81691.

- SANHUEZA, J. M., WILSON, P. R., BENSCHOP, J., COLLINS-EMERSON, J. M. et HEUER, C., 2018. Meta-analysis of the efficacy of *Leptospira* serovar Hardjo vaccines to prevent urinary shedding in cattle. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018. Vol. 153, pp. 71-76. DOI 10.1016/j.prevetmed.2018.02.015.
- SANTÉ PUBLIQUE FRANCE, 2023. Tuberculose en France : les chiffres 2021. *Santé Publique France* [en ligne]. 2023. [Consulté le 10 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2023/tuberculose-en-france-les-chiffres-2021>
- SCHNEIDER, Maria Cristina, VELASCO-HERNANDEZ, Jorge, MIN, Kyung-duk, LEONEL, Deise Galan, BACA-CARRASCO, David, GOMPPER, Matthew E., HARTSKEERL, Rudy et MUNOZ-ZANZI, Claudia, 2017. The Use of Chemoprophylaxis after Floods to Reduce the Occurrence and Impact of Leptospirosis Outbreaks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. juin 2017. Vol. 14, n° 6, pp. 594. DOI 10.3390/ijerph14060594.
- SCHOCH, C. L., CIUFO, S., DOMRACHEV, M., HOTTON, C. L., KANNAN, S., KHOVANSKAYA, R., LEIPE, D., MCVEIGH, R., O'NEILL, K., ROBBERTSE, B., SHARMA, S., SOUSSOV, V., SULLIVAN, J. P., SUN, Lu, TURNER, S. et KARSCH-MIZRACHI, I., 2020. NCBI Taxonomy: a comprehensive update on curation, resources and tools. *Database*. 2020. Vol. 2020. DOI 10.1093/database/baaa062.
- SEGAL, E. et ELAD, D., 2021. Human and Zoonotic Dermatophytoses: Epidemiological Aspects. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12, pp. 713532. DOI 10.3389/fmicb.2021.713532.
- SETHI, Sunil, SHARMA, Navneet, KAKKAR, Nandita, TANEJA, Juhi, CHATTERJEE, Shiv Sekhar, BANGA, Surinder Singh et SHARMA, Meera, 2010. Increasing trends of leptospirosis in northern India: a clinico-epidemiological study. *PLoS neglected tropical diseases*. 12 janvier 2010. Vol. 4, n° 1, pp. e579. DOI 10.1371/journal.pntd.0000579.
- SHARMA, M., SEHGAL, R., FOMDA, B. A., MALHOTRA, Anil et MALLA, N., 2013. Molecular characterization of *Echinococcus granulosus* cysts in north Indian patients: identification of G1, G3, G5 and G6 genotypes. *PLoS neglected tropical diseases*. 2013. Vol. 7, n° 6, pp. e2262. DOI 10.1371/journal.pntd.0002262.
- SHARMA, Megha, MATHESH, Karikalan, DANDAPAT, Premanshu, MARIAPPAN, Asok Kumar, KUMAR, Ravi, KUMARI, Soni, KAPUR, Vivek, MAAN, Sushila, JINDAL, Naresh, BANSAL, Nitish, KADIWAR, Riyaz, KUMAR, Abhishek, GUPTA, Nitin, PAWDE, A. M. et SHARMA, A. K., 2023. Emergence of *Mycobacterium orygis*-Associated Tuberculosis in Wild Ruminants, India. *Emerging Infectious Diseases*. mars 2023. Vol. 29, n° 3, pp. 661-663. DOI 10.3201/eid2903.221228.
- SHARMA, S., SANDHU, K. S., BAL, M. S., KUMAR, H., VERMA, S. et DUBEY, J. P., 2008. Serological survey of antibodies to *Toxoplasma gondii* in sheep, cattle, and buffaloes in Punjab, India. *The Journal of Parasitology*. 2008. Vol. 94, n° 5, pp. 1174-1175. DOI 10.1645/GE-1556.1.
- SHOBHA, M., BITHIKA, D. et BHAVESH, S., 2013. The prevalence of intestinal parasitic infections in the urban slums of a city in Western India. *Journal of Infection and Public Health*. 2013. Vol. 6, n° 2, pp. 142-149. DOI 10.1016/j.jiph.2012.11.004.
- SHOME, R., DEKA, R. P., MILESH, L., SAHAY, S., GRACE, D. et LINDAHL, J. F., 2019. *Coxiella* seroprevalence and risk factors in large ruminants in Bihar and Assam, India. *Acta Tropica*. 2019. Vol. 194, pp. 41-46. DOI 10.1016/j.actatropica.2019.03.022.
- SHOME, R., NAGALINGAM, M., PRIYA, R., SAHAY, S., KALLESHAMURTHY, T., SHARMA, A., BAMBAL, R. G., RAHMAN, H. et SHOME, B. R., 2020. Perceptions and preparedness of veterinarians to combat

brucellosis through Brucellosis Control Programme in India. *Veterinary World*. 2020. Vol. 13, n° 2, pp. 222-230. DOI 10.14202/vetworld.2020.222-230.

SHUKLA, J. L., HUSAIN, A. A., LYNGDOH, S. A., NONGLANG, F. P., SAHAI, N., GOGOI, M., SINGH, L. R., BHAN, S. et KASHYAP, R. S., 2022. Seroepidemiological study of human brucellosis in the Northeast region of Meghalaya, India. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 2022. Vol. 11, n° 9, pp. 5176-5186. DOI 10.4103/jfmprc.jfmprc_1705_21.

SIMON S., 2016. Inde. *Atlas Monde : Toutes les cartes des pays* [en ligne]. 2016. [Consulté le 23 février 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.atlas-monde.net/asia/inde/>

SIMOONS, F. J., 1994. *Eat Not this Flesh: Food Avoidances from Prehistory to the Present*. 2. Univ of Wisconsin Press. ISBN 978-0-299-14254-4.

SINGH, B. B., DHAND, N. K., GHATAK, S. et GILL, J. P. S., 2014. Economic losses due to cystic echinococcosis in India: Need for urgent action to control the disease. *Preventive Veterinary Medicine*. 2014. Vol. 113, n° 1, pp. 1-12. DOI 10.1016/j.prevetmed.2013.09.007.

SINGH, B. B., DHAND, N. K. et GILL, J. P. S., 2015. Economic losses occurring due to brucellosis in Indian livestock populations. *Preventive Veterinary Medicine*. 2015. Vol. 119, n° 3-4, pp. 211-215. DOI 10.1016/j.prevetmed.2015.03.013.

SINGH, B. B., SHARMA, J. K., TULI, A., SHARMA, R., BAL, M. S., AULAKH, R. S. et GILL, J. P. S., 2014. Prevalence and morphological characterisation of Echinococcus granulosus from north India. *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*. 2014. Vol. 38, n° 1, pp. 36-40. DOI 10.1007/s12639-012-0189-x.

SINGH, H., AULAKH, R. S., SHARMA, R. et SINGH, B. B., 2020. Prevalence and molecular characterisation of Echinococcus granulosus in disposed of bovine carcasses in Punjab, India. *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*. 2020. Vol. 44, n° 3, pp. 521-527. DOI 10.1007/s12639-020-01223-7.

SINGH, R., 2019. ROLE OF PARA-VETS IN DELIVERING VETERINARY SERVICES IN RURAL INDIA | Pashudhan praharee. [en ligne]. 25 juin 2019. [Consulté le 26 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.pashudhanpraharee.com/role-of-para-vets-in-delivering-veterinary-services-in-rural-india/>

SINGH, R. K., BALAMURUGAN, V., BHANUPRAKASH, V., VENKATESAN, G. et HOSAMANI, M., 2012. Emergence and Reemergence of Vaccinia-Like Viruses: Global Scenario and Perspectives. *Indian journal of virology : an official organ of Indian Virological Society*. 2012. Vol. 23, n° 1, pp. 1-11. DOI 10.1007/s13337-012-0068-1.

SINGH, R. K., HOSAMANI, M., BALAMURUGAN, V., BHANUPRAKASH, V., RASOOL, T. J. et YADAV, M. P., 2007. Buffalopox: an emerging and re-emerging zoonosis. *Animal Health Research Reviews*. 2007. Vol. 8, n° 1, pp. 105-114. DOI 10.1017/S1466252307001259.

SMITH, R. M. et ZOCHOWSKI, W. J., 2011. Leptospirosis. In : *Oxford Textbook of Zoonoses*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 224-231. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.

SOO, Z. M. P., KHAN, N. A. et SIDDIQUI, R., 2020. Leptospirosis: Increasing importance in developing countries. *Acta Tropica*. 2020. Vol. 201, pp. 105183. DOI 10.1016/j.actatropica.2019.105183.

- SRINIVASAN, S., EASTERLING, L., RIMAL, B., NIU, X. M., CONLAN, A. J. K., DUDAS, P. et KAPUR, V., 2018. Prevalence of Bovine Tuberculosis in India: A systematic review and meta-analysis. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2018. Vol. 65, n° 6, pp. 1627-1640. DOI 10.1111/tbed.12915.
- SRIVASTAVA, S. K., 2008. Current status of leptospirosis in India in animals and humans. *Indian Journal of Veterinary Pathology*. 2008. Vol. 32, n° 2, pp. 179-186.
- SUMANTH, L. J., SURESH, C. R., VENKATESAN, M., MANESH, A., BEHR, Ma, KAPUR, V et MICHAEL, Js, 2023. Clinical features of human tuberculosis due to Mycobacterium orygis in Southern India. *Journal of clinical tuberculosis and other mycobacterial diseases* [en ligne]. 2023. Vol. 32. [Consulté le 11 juin 2023]. DOI 10.1016/j.jctube.2023.100372. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37168873/>
- SUPE, Avinash, KHETARPAL, Mini, NAIK, Shantaram et KESKAR, Padmaja, 2018. Leptospirosis following heavy rains in 2017 in Mumbai: Report of large-scale community chemoprophylaxis. *The National Medical Journal of India*. 2018. Vol. 31, n° 1, pp. 19-21. DOI 10.4103/0970-258X.243407.
- SURAWEERA, W., MORRIS, S. K., KUMAR, R., WARRELL, D. A., WARRELL, M. J., JHA, P. et COLLABORATORS, for the Million Death Study, 2012. Deaths from Symptomatically Identifiable Furious Rabies in India: A Nationally Representative Mortality Survey. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 2012. Vol. 6, n° 10. DOI 10.1371/journal.pntd.0001847.
- SUSHMA, B., SHEDOLE, S., SURESH, K., LEENA, G., PATIL, S. S. et SRIKANTHA, G., 2021. An Estimate of Global Anthrax Prevalence in Livestock: A Meta-analysis. *Veterinary World*. 2021. Vol. 14, n° 5, pp. 1263-1271. DOI 10.14202/vetworld.2021.1263-1271.
- SWARTZBERG, J. E. et REMINGTON, J. S., 1975. Transmission of Toxoplasma. *American Journal of Diseases of Children (1960)*. 1975. Vol. 129, n° 7, pp. 777-779. DOI 10.1001/archpedi.1975.02120440005002.
- SWEETLINE, A., RONALD, B. S. M., KUMAR, T. M. A. Senthil, KANNAN, P. et THANGAVELU, A., 2017. Molecular identification of Mycobacterium tuberculosis in cattle. *Veterinary Microbiology*. 2017. Vol. 198, pp. 81-87. DOI 10.1016/j.vetmic.2016.12.013.
- SZCZEPANSKA, B., ANDRZEJEWSKA, M., SPICA, D. et KLAWE, J. J., 2017. Prevalence and antimicrobial resistance of Campylobacter jejuni and Campylobacter coli isolated from children and environmental sources in urban and suburban areas. *BMC microbiology*. 2017. Vol. 17, n° 1, pp. 80. DOI 10.1186/s12866-017-0991-9.
- TABARLY, S., 2007. Les castes en Inde, un millefeuille social entre mythes et réalités. *Géococonfluences* [en ligne]. 2007. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/brevs/2007/popup/IndeCastes.htm> ISSN : 2492-7775
- TABARLY, S., 2013. Facteur de risque et de vulnérabilité. *Géococonfluences* [en ligne]. 2013. [Consulté le 6 août 2023]. Disponible à l'adresse : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/facteur-de-risque-et-de-vulnerabilite> ISSN : 2492-7775
- THAKUR, R. et KALSI, A. S., 2019. Outbreaks And Epidemics Of Superficial Dermatophytosis Due To Trichophyton mentagrophytes Complex And Microsporum canis: Global And Indian Scenario. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*. 2019. Vol. 12, pp. 887-893. DOI 10.2147/CCID.S220849.

- THAPPA, D. et KARTHIKEYAN, K., 2001. Anthrax: an overview within the Indian subcontinent. *International Journal of Dermatology*. 2001. Vol. 40, n° 3, pp. 216-222. DOI 10.1046/j.1365-4362.2001.01174.x.
- THE CENTER FOR FOOD SECURITY & PUBLIC HEALTH, 2021. *zoonotic-diseases-of-cattle-table.pdf* [en ligne]. 2021. Iowa State University. [Consulté le 9 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.cfsph.iastate.edu/Assets/zoonotic-diseases-of-cattle-table.pdf>
- The Constitution of India*, 1949. [en ligne]. Constitution. [Consulté le 13 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://legislative.gov.in/constitution-of-india/>
- The Plastic Cow*, 2012. [en ligne]. [Consulté le 16 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.cultureunplugged.com/documentary/watch-online/play/11887/The-Plastic-Cow>
- TIWARI, H. K., PROCH, V., SINGH, B. B., SCHEMANN, K., WARD, M., SINGH, J., GILL, J. P. S. et DHAND, N. K., 2022. Brucellosis in India: Comparing exposure amongst veterinarians, para-veterinarians and animal handlers. *One Health (Amsterdam, Netherlands)*. 2022. Vol. 14. DOI 10.1016/j.onehlt.2021.100367. 100367
- TORGERSON, P. R., MACPHERSON, C. N. L. et VUITTON, D. A., 2011. Cystic echinococcosis. In : *Oxford Textbook of Zoonoses*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 650-668. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.
- Tout savoir sur les castes et leur fonctionnement en Inde, 2020. *BBC News Afrique* [en ligne]. [Consulté le 15 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.bbc.com/afrique/monde-55453426>
- TRAUB, R. J., ROBERTSON, I. D., IRWIN, P. J., MENCKE, . et THOMPSON, R. C. A. Andrew, 2005. Canine gastrointestinal parasitic zoonoses in India. *Trends in Parasitology*. 2005. Vol. 21, n° 1, pp. 42-48. DOI 10.1016/j.pt.2004.10.011.
- TSENGOULI, K., KARAMPATAKIS, T., HAIDICH, A.-B., METALLIDIS, S. et PAPA, A., 2020. Nosocomial infections caused by Crimean-Congo haemorrhagic fever virus. *The Journal of Hospital Infection*. 2020. Vol. 105, n° 1, pp. 43-52. DOI 10.1016/j.jhin.2019.12.001.
- TURIN, L., SURINI, S., WHEELHOUSE, N. et ROCCHI, M. S., 2022. Recent advances and public health implications for environmental exposure to *Chlamydia abortus*: from enzootic to zoonotic disease. *Veterinary Research*. 2022. Vol. 53, n° 1, pp. 37. DOI 10.1186/s13567-022-01052-x.
- UHRLASS, S., VERMA, S. B., GRÄSER, Y., REZAEI-MATEHKOLAEI, A., HATAMI, M., SCHALLER, M. et NENOFF, P., 2022. Trichophyton indotineae-An Emerging Pathogen Causing Recalcitrant Dermatophytoses in India and Worldwide-A Multidimensional Perspective. *Journal of Fungi (Basel, Switzerland)*. 2022. Vol. 8, n° 7, pp. 757. DOI 10.3390/jof8070757.
- VAIDYA, V. M., MALIK, S. V. S., KAUR, S., KUMAR, S. et BARBUDDHE, S. B., 2008. Comparison of PCR, Immunofluorescence Assay, and Pathogen Isolation for Diagnosis of Q Fever in Humans with Spontaneous Abortions. *Journal of Clinical Microbiology*. 2008. Vol. 46, n° 6, pp. 2038-2044. DOI 10.1128/JCM.01874-07.
- VAN SANTE, M., 2015. *Etude de séroprévalence de quatre pathogènes abortifs chez la chèvre dans le Rhône et la Loire : toxoplasmose, néosporose, fièvre Q et chlamydiae* [en ligne]. Lyon (FRA) : Université Claude Bernard Lyon 1. [Consulté le 21 septembre 2023]. Disponible à l'adresse : https://www2.vetagro-sup.fr/bib/fondoc/th_sout/dl.php?file=2015lyon060.pdf

VAN INGEN, J., RAHIM, Z., MULDER, A., BOEREE, M. J., SIMEONE, R., BROSCHE, R. et VAN SOOLINGEN, D., 2012. Characterization of *Mycobacterium orygis* as *M. tuberculosis* Complex Subspecies. *Emerging Infectious Diseases*. 2012. Vol. 18, n° 4, pp. 653-655. DOI 10.3201/eid1804.110888.

VENKATESH, S, KHARE, S., MITTAL, V., KUMAR, A., SHARMA, R.S., JAIN, S.K., CHABBRA, M., KHASNOBIS, P. et DIKID, T. (éd.), 2015. *NCDC Newsletter - Quarterly Newsletter from National Centre for Disease Control (NCDC)* [en ligne]. 2015. [Consulté le 1 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.ncdc.gov.in/linkimages/NewsletterMarch20153160226752.pdf>

VERMA, Shyam B., PANDA, Saumya, NENOFF, Pietro, SINGAL, Archana, RUDRAMURTHY, Shivprakash M., UHRLASS, Silke, DAS, Anupam, BISHERWAL, Kavita, SHAW, Dipika et VASANI, Resham, 2021. The unprecedented epidemic-like scenario of dermatophytosis in India: I. Epidemiology, risk factors and clinical features. *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology*. 23 mars 2021. Vol. 87, n° 2, pp. 154-175. DOI 10.25259/IJDVL_301_20.

VETERINARY COUNCIL OF INDIA, 2016. *Veterinary Council of India - Minimum Standards of Veterinary Practice Regulations, 2016* [en ligne]. New Delhi (IND) : Veterinary Council of India. [Consulté le 24 juillet 2023]. Disponible à l'adresse : https://www.pashudhanpraharee.com/wp-content/uploads/2021/03/VCI-Draft-copy-of-MSVPR2016-Dt.08.07.16_1.pdf

VIDAL, S., KEGLER, K., GREUB, G., AEBY, S., BOREL, N., DAGLEISH, M. P., POSTHAUS, H., PERRETEN, V. et RODRIGUEZ-CAMPOS, S., 2017. Neglected zoonotic agents in cattle abortion: tackling the difficult to grow bacteria. *BMC veterinary research*. 2017. Vol. 13, n° 1, pp. 373. DOI 10.1186/s12917-017-1294-y.

WANI, S. A., AHMAD, F., ZARGAR, S. A., AHMAD, Z., AHMAD, P. et TAK, H., 2007. Prevalence of intestinal parasites and associated risk factors among schoolchildren in Srinagar City, Kashmir, India. *The Journal of Parasitology*. 2007. Vol. 93, n° 6, pp. 1541-1543. DOI 10.1645/GE-1255.1.

WANI, S. A., AHMAD, F., ZARGAR, S. A., AMIN, A., DAR, Z. A. et DAR, P. A., 2010. Intestinal helminthiasis in children of gurez valley of jammu and kashmir state, India. *Journal of Global Infectious Diseases*. 2010. Vol. 2, n° 2, pp. 91-94. DOI 10.4103/0974-777X.62872.

WANI, S. A., AHMAD, F., ZARGAR, S. A., DAR, P. A., DAR, Z. A. et JAN, T. R., 2008. Intestinal helminths in a population of children from the Kashmir valley, India. *Journal of Helminthology*. 2008. Vol. 82, n° 4, pp. 313-317. DOI 10.1017/S0022149X08019792.

WANI, S. A. et AMIN, A., 2016. Intestinal helminth infections among children of district Shopian of Kashmir Valley, India. *Journal of Parasitic Diseases: Official Organ of the Indian Society for Parasitology*. 2016. Vol. 40, n° 4, pp. 1422-1425. DOI 10.1007/s12639-015-0705-x.

WEAVER, J., BATHO, H., MÜNSTERMANN, S. et WOODFORD, J., 2018. *OIE PVS Evaluation Mission Report India* [en ligne]. Paris (FRA) : World Organisation for Animal Health (OIE). [Consulté le 17 juillet 2023]. PVS Pathway. Disponible à l'adresse : <https://www.woah.org/app/uploads/2021/03/25022019-india-pvs-evaluation-report-final.pdf>

WHITTUM-HUDSON, Judith A. et HUDSON, Alan P., 2005. Human chlamydial infections: persistence, prevalence, and outlook for the future. *Natures Sciences Sociétés*. 2005. Vol. 13, n° 4, pp. 371-382.

WHO, 2018. Noncommunicable diseases India 2018 country profile. [en ligne]. 2018. [Consulté le 21 octobre 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/publications/m/item/noncommunicable-diseases-ind-country-profile-2018>

WILXON DON E. et REEDER DEEANN M., 2005. Bovidae. *Mammal Species of the World. A Taxonomic and Geographic Reference (3rd ed)* [en ligne]. 2005. [Consulté le 2 mars 2023]. Disponible à l'adresse :

<https://www.departments.bucknell.edu/biology/resources/msw3/browse.asp?id=14200485>

WOOLHOUSE, Me et GOWTAGE-SEQUERIA, S, 2005. Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerging infectious diseases*. 2005. Vol. 11, n° 12. DOI 10.3201/eid1112.050997.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2019. *Global Tuberculosis Report 2019* [en ligne]. Geneva (CHE) : World Health Organization. Disponible à l'adresse :

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565714>

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020. Brucellosis. *World Health Organization* [en ligne]. 29 octobre 2020. [Consulté le 18 mars 2023]. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/brucellosis>

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022a. *Global Tuberculosis Report 2022* [en ligne]. Geneva (CHE) : World Health Organization. Disponible à l'adresse :

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240061729>

WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2022b. Crimean-Congo haemorrhagic fever. *World Health Organization* [en ligne]. 2022. [Consulté le 21 mars 2023]. Disponible à l'adresse :

<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/crimean-congo-haemorrhagic-fever>

WORLD HEALTH ORGANIZATION, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, et WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH, 2008. *Anthrax in humans and animals* [en ligne]. 4ème. Genève CHE : World Health Organization. [Consulté le 27 octobre 2022]. ISBN 978-92-4-154753-6. Disponible à l'adresse : <https://apps.who.int/iris/handle/10665/97503>

YADAV, J. P., MALIK, S. V. S., DHAKA, P., KUMAR, A, KUMAR, M., BHOOMIKA, S., GOURKHEDE, D., SINGH, R. V., BARBUDDHE, S. B. et RAWOOL, D. B., 2021. Coxiella burnetii in cattle and their human contacts in a gaushala (cattle shelter) from India and its partial com1 gene sequence-based phylogenetic analysis. *Animal Biotechnology*. 2021. Vol. 33, n° 7, pp. 1449-1458.

DOI 10.1080/10495398.2021.1906264.

YADAV, P. D., RAUT, C. G., PATIL, D. Y., D MAJUMDAR, T. et MOURYA, D. T., 2014. Crimean-Congo Hemorrhagic Fever: Current Scenario in India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India. Section B*. 2014. Vol. 84, n° 1, pp. 9-18. DOI 10.1007/s40011-013-0197-3.

YARLAGADDA, P., YENIGALLA, B. M., PENMETHSA, U. et MYNENI, R B., 2013. Primary pancreatic echinococcosis. *Tropical Parasitology*. 2013. Vol. 3, n° 2, pp. 151-154. DOI 10.4103/2229-5070.122147.

YOHANNES, M. et GILL, J. P. S., 2011. Seroepidemiological survey of human brucellosis in and around Ludhiana, India. *Emerging Health Threats Journal*. 2011. Vol. 4, pp. 7361.

DOI 10.3402/ehth.v4i0.7361.

YOMBI, J C et OLINGA, U N, 2015. La tuberculose : épidémiologie, aspect clinique et traitement. *La Revue Louvain Médical*. 2015. Vol. 134, n° 12, pp. 549-559.

ZAMAN, K., MEWARA, A., KUMAR, S., GOYAL, K., KHURANA, S., TRIPATHI, P. et SEHGAL, R., 2017. Seroprevalence of human cystic echinococcosis from North India (2004-2015). *Tropical Parasitology*. 2017. Vol. 7, n° 2, pp. 103-106. DOI 10.4103/tp.TP_15_17.

ZINSSTAG, J., MÜLLER, B. et PAVLIK, I., 2011. Mycobacterioses. In : *Oxford Textbook of Zoonoses*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 128-135. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.

ZINSSTAG, J., SCHELLING, E., SOLERA, J., BLASCO, J.M. et MORIYÓN, I., 2011. Brucellosis. In : *Oxford Textbook of Zoonoses*. 2nde éd. New York (USA) : Oxford University Press. pp. 54-62. Oxford Textbooks in Public Health. ISBN 978-0-19-857002-8.

CONTEXTE DE L'ELEVAGE BOVIN EN INDE ET ZONOSES ASSOCIEES

Auteur

DRAVIGNY Valentine

Résumé

La gestion du risque zoonotique associé aux animaux d'élevage repose en partie sur des mesures sanitaires comme le dépeuplement. Cependant, cette option n'est pas envisageable par les populations pratiquant l'hindouisme. Ce travail de thèse s'inscrit dans le contexte des risques zoonotiques associés aux bovins en Inde. L'objectif était, à partir d'une revue de la littérature, de décrire les activités agricoles, les filières bovines et les maladies zoonotiques d'intérêt. Des facteurs environnementaux, socio-économiques et zootechniques peuvent favoriser l'apparition et/ou le maintien de maladies zoonotiques sur le sous-continent. Les filières d'élevage lait et viande sont bien développées en Inde et amènent une large majorité de la population à être régulièrement au contact des bovins. Des maladies, comme la tuberculose, la brucellose ou la rage, sont fortement prévalentes dans le pays et posent un réel challenge en terme de gestion et de prévention. D'autres maladies, telle la leptospirose, représente un problème croissant. Ces maladies bénéficient de programmes de surveillance et de mesures de gestion particulières. Cependant, d'autres affections zoonotiques, telles que le charbon, la fièvre hémorragique Crimée-Congo, la fièvre Q, l'échinococcose kystique, si elles doivent être signalées, ne disposent pas de plan de gestion. Enfin, certaines zoonoses, de moindre incidence ou gravité clinique pour les humains, sont peu surveillées. C'est le cas de la chlamydophilose bovine, la teigne, les poxviroses, la cysticerose ou la toxoplasmose. Ces maladies sont présentées ici, ainsi que leur prévalence et répartition dans le pays.

Mots-clés

Zoonoses, Bovins, Inde, One Health

Jury

Président du jury : Pr **SERVIEN Elvire**

Directeur de thèse : Dr **JANKOWIAK Bernard**

Assesseur : Dr **AYRAL Florence**