

Influence de l'exploitation minière sur les productions animales à travers l'eau d'abreuvement et la production laitière dans la zone Ouest du Burkina Faso

Vinsoun MILLOGO^{1*}, Alice Gisèle SIDIBE/ANAGO³, Mariétou SISSAO², Manégré Laurence Edwige KABORE¹ et Michel KERE¹

Résumé

Le Burkina Faso fait face à une expansion exponentielle de l'orpaillage et de l'installation des mines industrielles créant divers conflits avec les acteurs habituels du milieu rural que sont les agro-pasteurs. A cet effet, le présent travail a pour objectif de déterminer les influences de l'exploitation minière sur les productions animales en prenant en compte l'eau d'abreuvement, la glande mammaire et le lait cru. Ainsi, le site d'orpaillage du village de Fara (zone de Poura) et les mines industrielles de Bagassi et Houndé ont fait l'objet de l'étude sur la période de novembre 2020 à juillet 2021. Le dispositif de travail a consisté à rechercher des élevages sur un rayon d'influence de la mine ou du site d'orpaillage de 5 km et de 10 km. Ainsi, six (06) élevages ont été retenus par rayon d'influence, soit 36 élevages bovins de type traditionnel. Pour la perception, 36 éleveurs ont été interviewés à l'aide d'un questionnaire semi-structuré. Pour les différentes analyses, les prélèvements des échantillons ont été effectués pour le lait cru de 72 vaches dans les marchés des sites et l'eau des principaux barrages et/ou rivières, des points d'eau des éleveurs. Les tests de liaison ont été réalisés grâce au test de Khi-Deux. Les résultats ont montré que les éleveurs sont conscients de l'effet des mines et de l'orpaillage sur leurs activités sans connaître spécifiquement les paramètres concernés. Des valeurs comparables aux standards de lait cru ont été observées et les taux moyens de matières grasses et protéiques ont été respectivement de 4,18% and 3,5%. En plus, les échantillons de lait cru des marchés et l'eau des barrages des sites de l'étude ont présenté des traces d'or, de cyanure, de mercure qui sont les principales substances utilisées. Quant à la prévalence des mammites, elle a été assez élevée (31,94%). On peut conclure que les mines et les sites d'orpaillage ont une influence directe sur les productions animales à travers la pollution de l'eau d'abreuvement. Cependant des investigations sont encore nécessaires à grande échelle pour mieux comprendre ce phénomène et envisager des solutions d'atténuation sur le plan local et national.

Mots-clés : Exploitation minière, élevages traditionnels, mammites, produits chimiques, Burkina Faso.

Abstract

Effects of mining activities on livestock production through water and milk in the West zone of Burkina Faso.

Burkina Faso is facing exponential growing of traditional and industrial mining systems and becoming main cause of conflicts with farmers in rural area. The aim of the current study was to determine possible local and industrial mining effects on livestock production through water, mammary gland and raw milk. Two industrial mining sites located at Bagassi and Houndé and one local mining site located at Fara were included and the study carried out from November 2020 to July 2021. The design of experiment was organized according to distance from farm to mining site location and six and 10 km were considered to have close impact on the livestock production. In each village, six farms were identified per distance and the study included a total of 36 traditional livestock farms. Furthermore, a survey was conducted on 36 livestock farmers. For chemical analysis, milk samples for chemical analysis were collected from 72 lactating cows at local markets and water from main-river or man-made lake. The data were subjected to descriptive statistics the Khi²-Test and the Kruskal Wallis Test were used to be compared to the means values between farmers. The results showed that farmers are aware about impact mining on their activities without knowing how that situation operate. Milk composition was similar to standard values in term of fat and protein contents of 4.18% and 3.5%, respectively. However, it was found very low fat and dry matter contents in some areas. The mastitis prevalence was 31.94% and high as value for dairy farming system and explained possible impact of mining system on cow mammary gland. It was concluded that, the mining system had direct effect on livestock production and farmers are aware. Therefore, further investigations at larger scale are required to master the phenomenon and promulgate mitigation strategy at local and nationwide.

Key-words: Mining, traditional livestock, mastitis, chemicals, Burkina Faso

¹Université Nazi Boni, Institut du Développement Rural, École doctorale Sciences Naturelles et Agronomie, Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animales, Équipe de Recherche en Zootechnie et Production des Ruminants, 01BP 1091 Bobo-Dioulasso 01

²Centre Universitaire de Tenkodogo/Université Thomas Sankara, 12 BP 417

Ouagadougou, Burkina Faso.

³Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles, 04 BP 8645, Ouagadougou 04, Burkina Faso

*Auteur correspondant : Docteur MILLOGO Vinsoun, Tel (+226) 70228995, E-mail : vinsoun.millogo.idr.unb@gmail.com

Introduction

La survenue des incidents en relation avec l'exploitation minière est de plus en plus élevée au Burkina Faso. Ces incidents sont caractérisés par les attaques terroristes, des éboulements, les explosions, les conflits entre miniers, orpailleurs et populations, la mort suspecte d'animaux sauvages et domestiques. Entre les années 2019 et 2022, huit incidents assez majeurs et très graves

liés à l'exploitation minière ont été dénombrés. Ils sont marqués par des pertes considérables en vies humaines, animales, la destruction de l'environnement et des biens matériels divers. En plus des effets visibles, on peut signaler l'exposition des travailleurs sur les sites à des risques sanitaires potentiels. Ainsi, l'exploitation minière est répertoriée comme une des occupations humaines la plus dangereuse au monde (Afolayan *et al.*, 2021).

En effet, le Burkina Faso, un pays jadis à vocation agropastorale s'est radicalement transformé au cours d'une quinzaine d'années en pays minier. Cette situation n'est pas sans conséquences car dans ce nouveau contexte, l'espace rural habituellement utilisé pour l'agriculture, l'élevage et l'artisanat est devenu un objet de convoitise par les nouveaux acteurs à la recherche de minerais divers. Ainsi, le sous-secteur élevage caractérisé par un cheptel diversifié et numériquement important dont l'alimentation dépend essentiellement du pâturage naturel, voit ses atouts réduire avec la diminution des zones de pâturage (espace de parcours) et d'abreuvement. De plus, l'exploitation artisanale de l'or caractérisée par l'utilisation excessive de l'eau des marigots, des rivières, des retenues d'eau et des barrages, entraîne l'installation d'un nouveau champ économique qui contrarie les agriculteurs, les éleveurs et les artisans. A côté des sites d'orpaillage, on assiste à l'implantation des sites miniers semi-industriels et industriels. On dénombre ainsi, dix-sept mines industrielles avec une possible évolution, ce que soulignent les études antérieures de (Drechsel *et al.* (2018) qui ont porté sur une dizaine de mines d'or et une mine de zinc, plaçant le Burkina Faso au cinquième rang des producteurs d'or en Afrique après l'Afrique du Sud, le Ghana, la Tanzanie et le Mali. Cette coexistence d'autres activités avec celles minières ont amené le Burkina Faso à adopter un code minier en 2005, révisé en 2015 et en cours de révision en 2023 mais non encore promulgué. Cependant, les premiers règlements sur l'investissement datent de 1993. Ce code minier définit trois types d'exploitation minière : industrielle, minière à petite échelle, et artisanale de substances de carrière.

Par ailleurs, les données statistiques montrent l'importance socio-économique de ce secteur pour le Burkina Faso au même titre que le secteur agricole sans que le niveau d'impact ne soit suffisamment documenté afin de proposer un nouveau schéma d'équilibre des secteurs économiques. En effet, l'or représentait 43% des recettes d'exportations du Burkina Faso en 2009 et constituait ainsi la première source de devises selon Maradan *et al.* (2011).

L'état actuel des travaux de recherche n'ont pas suffisamment permis de mettre en relief l'effet de l'exploitation minière sur les élevages de bovins proches ou affectés par les sites d'orpaillage et/ou miniers au Burkina Faso. Ainsi, quel peut être l'impact négatif de ce nouveau secteur sur l'ancien secteur agricole qui, jusqu'à présent occupe toujours 70% de la population burkinabè ? Quelques investigations antérieures très limitées et qualitatives ont essayé de rapporter l'effet du secteur minier sur l'environnement (Gueye, 2001 ; Bamba *et al.*, 2013). Elles ont montré que l'air, le sol et l'eau sont directement pollués par l'activité minière (Ndiaye, 2020 ; Roamba, 2014 et Keita, 2001).

L'effet négatif de l'activité minière sur les populations, la dégradation et la perte des terres entraîne une baisse des productions agricoles (Rhind *et al.*, 2010 ; Pandey, 2014). L'objectif du présent travail est d'évaluer l'influence de l'exploitation minière sur les éleveurs par rapport à leurs perceptions et également de déterminer les différentes substances et métaux couramment utilisés par le secteur minier et qui se retrouvent dans l'eau d'abreuvement des animaux et dans le lait comme produit de synthèse.

Matériel et Méthodes

Zone d'étude

La présente étude a été conduite dans deux régions situées à l'Ouest du Burkina Faso (Figure 1) : la Boucle du Mouhoun et les Hauts-Bassins choisies en raison de leur caractère

agricole stratégique pour le Burkina Faso (INSD, 2017). Elles constituent des zones de transhumance en raison de la disponibilité du fourrage (parcours naturelles, résidus de cultures) et des Sous-Produits Agro-industriels (SPA) (MRA, 2014). L'apparition de sites d'orpaillage et de sites miniers au cours de ces dix dernières années dans cette partie du Burkina Faso, suscite des interrogations sur l'avenir des productions végétales animales, et constitue la raison du choix de ces régions suscitées.

Choix des sites d'étude

Pour la conduite des travaux, les choix ont porté sur les communes de Fara et de Bagassi qui abritent respectivement un site d'orpaillage et un site aurifère industriel dans la Boucle du Mouhoun. Quant à la Région des Hauts-Bassins, c'est la commune de Houndé qui a été le site retenu en raison de l'ouverture de la grande mine d'or industrielle. D'autres critères tels que l'ancienneté du site d'orpaillage de Fara situé dans la zone de Poura (Somé et Simporé, 2014) et l'envergure des mines. Le critère commun à ces choix réside dans le potentiel de production végétale et animale de ces zones.

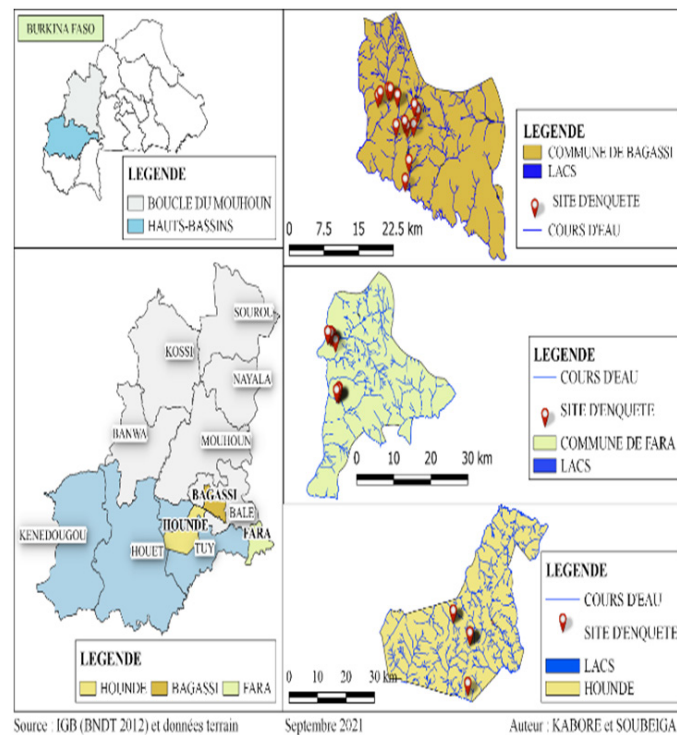


Figure 1: Carte de localisation de la zone et des sites d'étude

Dispositif d'étude.

Elle comporte deux parties dont une phase d'enquête chez éleveurs et une phase de collecte et d'analyse des échantillons.

Identification des élevages et des points d'abreuvement

L'identification des élevages a été faite grâce au réseau du Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animales (LARESBA) de l'Université Nazi Boni (Bobo-Dioulasso) qui collabore avec les différents acteurs et structures. Ainsi, les chefs de zone d'élevage ont été mis à contribution pour répertorier les fermes d'élevages traditionnelles situées dans un rayon compris entre 05 et 10 km du site d'orpaillage et/ou de la mine. Les élevages étaient sélectionnés sur la base des conseils d'autres éleveurs selon la méthode boule de neige. Les points d'abreuvement des animaux ont été choisis sur la base des réponses obtenues

auprès des éleveurs et ceux de consommation d'eau par les différentes familles.

Répartition des sites d'étude

Les distances de 05 et 10 km autour de chaque site pour le choix des élevages ont été retenues par rapport à la proximité de ces derniers avec les sites d'orpaillage et miniers et également la possibilité que ces sites abritent d'autres activités. Ce qui est justifié par l'importance des points d'eau de ces communes (le fleuve Mouhoun qui passe par Fara) et leurs positions privilégiées sur les routes de la transhumance. L'étude a porté sur trente-six élevages répartis sur Bagassi, Fara et Houndé à raison de six élevages à cinq km et six autres à dix km dans chaque localité. Ainsi, soixante-douze échantillons de lait cru des vaches individuelles ont été collectés et analysés et de même que des échantillons d'eau dans douze points d'abreuvement et/ou eau de consommation des éleveurs. Un échantillon de lait cru du marché de chaque localité a été considéré.

Rédaction du questionnaire

Le questionnaire est l'outil de collecte de données utilisé au cours de cette étude pour obtenir des réponses individuelles et avait concerné tous les élevages. Les questions fermées et ouvertes (Vilatte, 2007) ont été utilisées. Les questions ouvertes étaient destinées aux informations sur l'éleveur, le troupeau, le lieu d'abreuvement. Et les questions fermées sur l'effet néfaste de l'eau d'abreuvement.

Échantillonnage d'eau et du lait cru

Choix des sites d'abreuvement et échantillonnage de l'eau

L'échantillonnage de l'eau a concerné les points d'abreuvement des bovins et les sources d'eau de consommation des éleveurs selon les informations fournies par ces derniers. Les coordonnées géographiques de ces points de prélèvement ont été prises avec un GPS. Des bidons en plastique ayant servis aux divers prélèvements ont été hermétiquement fermés. Les prélèvements (à deux endroits différents) aux points d'abreuvement sont effectués à quelques mètres de la rive pour le marigot, les barrages et le fleuve. Un seul prélèvement pour les autres points d'eau.

Choix des vaches par ferme et échantillonnage du lait cru

Le choix de la vache dont le lait a été prélevé s'est fait directement dans la ferme.

L'échantillonnage du lait cru a concerné le lait individuel de deux vaches du troupeau. Il était prélevé dans des tubes stérilisés et constitué des laits des quatre mamelles après le test pour les mammites. Le lait prélevé est celui issu de la traite du matin des vaches.

Conservation et transport des échantillons d'eau et du lait cru

Les échantillons de laits crus étaient au réfrigérateur après la collecte entre +2 et +4°C. Ensuite, ils ont été transportés dans une glacière contenant de la carboglace. Les temps de transport ont varié d'une localité à l'autre ; deux heures pour Houndé, quatre heures pour Bagassi et huit heures pour Fara.

Test de mammites

Les vaches sélectionnées pour la prévalence des mammites étaient testées juste après la stimulation de la descente du lait par le veau et avant la traite. La détermination a été réalisée grâce au détecteur de mammites Electronic Mastitis Detector (DRAMINSKI, Pologne). La prévalence des mammites a été calculée suivant la formule suivante :

$$\% \text{prévalence} = \frac{\text{nombre d'individus atteints}}{\text{nombre total d'individus}} \times 100$$

Analyse des échantillons d'eau et de lait

La composition physico-chimique des laits crus a été déterminée par la méthode spectroscopie (Dairy Milk Analyser, Miris AB, Uppsala, Suède). Les nitrates et les nitrites ont été dosés dans les échantillons d'eau à l'aide du DR 3900 spectral photometer (HACH, LANGE). Les réactifs utilisés ont été le NitraVer 5 (HACH, LANGE, Allemagne) pour les nitrates, le NitraVer 3 (HACH, LANGE, Allemagne) pour les nitrites et les autres par diazotation. Les résultats sont exprimés en mg/ml. Les dosages des métaux (or, cyanure, mercure) dans les laits des marchés ont été déterminés au laboratoire privé AÏNA (Ouagadougou, Burkina Faso) grâce à la méthode de spectroscopie d'émission atomique suivant normes NF EN ISO 11885 (Mars, 1998).

Analyses statistiques

Les données d'enquête ont été saisies sur le tableur Excel. Les statistiques descriptives ont été appliquées et la comparaison des moyennes a été effectuée en fonction des distances et des localités. Des tests de liaisons ont été réalisés pour déterminer s'il existe une liaison entre les effets de l'exploitation et la localité, ou la distance ou le type d'exploitation. Les analyses ont été faites à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics 21.

Résultats et discussion

Effets de l'exploitation minière sur les lieux d'abreuvement

Les lieux d'abreuvement des animaux variaient en fonction de la saison et de la disponibilité de l'eau. En effet, les éleveurs savent que leur activité est impactée par les exploitations minières et l'orpaillage sans connaître les paramètres et mécanismes en cause. Cependant, quelques éleveurs ont signalé une augmentation de la turbidité de l'eau du fleuve avant le début de l'étude les ayant contraints à ne pas abreuver leurs animaux.

Perception des éleveurs sur les effets de l'exploitation minière sur les productions animales

Les informations recueillies ont permis de regrouper les effets de l'exploitation minière sur la production (végétale et animale) et l'environnement. Ce qui est confirmé par les observations faites sur le terrain au cours de l'étude. La photo 1A est celle d'un animal repêché d'un trou d'orpaillage et la photo 1B est une illustration de la présence de trou d'orpaillage près d'un parc à vaccination. Les effets sur les animaux et l'environnement sont les plus cités (56%) par les producteurs. Il s'agit de la mort subite des animaux d'élevage, de certains poissons et du refus de consommation de l'eau par les bovins pendant les saisons sèches au moment où certainement la proportion des métaux est élevée. La figure 2 illustre les effets perçus de l'exploitation minière par les éleveurs. Ce qui confirme une corrélation entre l'environnement, les animaux et la production de ces derniers. La production agricole et le pâturage constituent les conséquences évoquées par les éleveurs sur la production et les effets sont surtout l'occupation des superficies agricole et de pâture par les trous d'orpaillage, l'installation des sites artisanaux ou industriels sur des espaces réservés à la culture, à la pâture et de et les parcs à vaccination. En effet,

la principale source d'alimentation des animaux d'élevage étant le pâturage (FAO, 2018), tout effet sur ce dernier affecte obligatoirement la production animale. Dans un contexte de changement climatique entraînant la diminution des pluies et de la diversité des pâturages, l'occupation des espaces de pâture par les activités d'orpaillage ou d'exploitation minière accentue la réduction du pâturage disponible pour les animaux. Ainsi, l'utilisation des résidus de cultures est menacée par l'exploitation minière de même que la production végétale. En effet, la production céréalière est impactée par l'exploitation minière à travers la disparition des espaces cultivables comme le souligne Andriamamonjisoa *et al.* (2017) et Chuhan-Pole *et al.* (2020). Cela entraîne une diminution des rendements en vivres mais aussi en résidus de culture pourtant devenu une source d'alimentation essentielle pour le bétail en saison sèche.

Les conséquences sur l'environnement relevées par les éleveurs, concernent la destruction du milieu physique notamment l'envahissement par les trous d'orpaillage. Ce qui a été déjà signalé par Andriamamonjisoa *et al.* (2017) à Madagascar, où les trous d'orpaillage observés étaient anarchiques et étaient localisés partout, dans les champs, dans les espaces officiels ou sur les routes. Ce qui est confirmé par les résultats de la présente étude où des trous d'orpaillage ont envahi l'accès au parc à vaccination de Bagassi rendant difficile la circulation des animaux, des producteurs et des agents d'encadrement. Ce qui a pour conséquence des décès ou des traumatismes des animaux dus aux trous d'orpaillage, etc. En effet, comme le souligne Affessi *et al.* (2016), les principales conséquences sur les animaux sont les accidents. Un animal ayant subi un traumatisme suite à une chute dans un trou d'orpaillage a été constaté en notre présence. Par exemple, les chantiers « orphelins » au Mali sont sources d'accident pour les animaux (Keita, 2001). Aucune statistique sur ces pertes d'animaux due à l'orpaillage n'est disponible en raison des règlements à l'amiable en cas d'accidents ou de la non déclaration de ces sinistres par les éleveurs.

rencontré dans la zone. Cela pourrait s'expliquer par le caractère anarchique et non contrôlé de des orpailleurs et les conflits avec ceux-ci. Ces conflits sont dus principalement aux pertes d'animaux causées par les trous et les intoxications. En effet, plus la localité était influencée par l'orpaillage dans laquelle résidait l'enquêté, plus la perception était importante. Les conséquences dues à l'exploitation artisanale ont été les plus citées par les éleveurs par rapport aux exploitations minières industrielles. C'est le cas de Fara, site qui abrite des sites d'orpaillage et de Bagassi où existe la cohabitation entre orpaillage et exploitation industrielle (Figure 2).

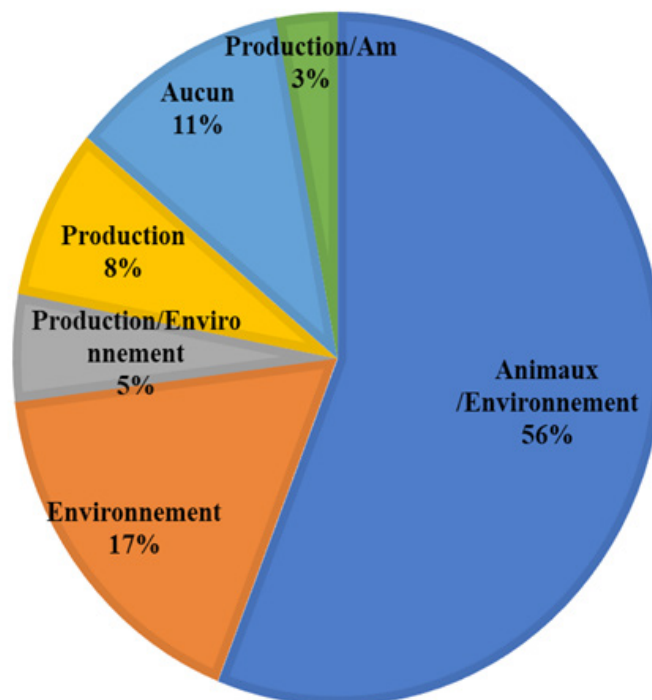


Figure 2 : Répartition de la perception des éleveurs sur les effets de l'exploitation minière.

Composition physico-chimique du lait cru par vache et par localité

Les valeurs moyennes des principaux composants physico-chimiques du lait varient en fonction de la localité (Tableau 1). Ainsi, les teneurs de matières grasses et de matière sèche observées à Houndé sont faibles par rapport à celles de Bagassi et de Fara. La plus Bagassi (grande valeur en matières protéiques a été observée à Fara. Le test de Kruskal Wallis n'a révélé aucune différence significative entre les teneurs moyennes en matière sèche et en densité pour les trois localités. Cependant, des variations significatives ont été constatées pour les matières grasses et protéiques dans les localités de Bagassi, Fara et de Houndé. Les teneurs faibles observées au niveau de la matière sèche pourraient être dues à la conduite des élevages sur des pâturages très pauvres car l'étude a été réalisée en saison sèche (Bousselmi *et al.*, 2010). Si la matière sèche d'un lait est faible, ce qui signifie que les autres composants majeurs constitutifs sont également affectés. De plus, l'insuffisance d'aliments n'explique pas à elle seule cette faible teneur qui peut être dû à d'autres facteurs tels que les variations des teneurs en matières solides (Chenais *et al.*, 2004), la température et la saison (Koussou *et al.*, 2007 ; Millogo *et al.*, 2017 ; Millogo *et al.*, 2015) et la période de traite (Millogo *et al.*, 2017 ; Bassbasi *et al.*, 2013).

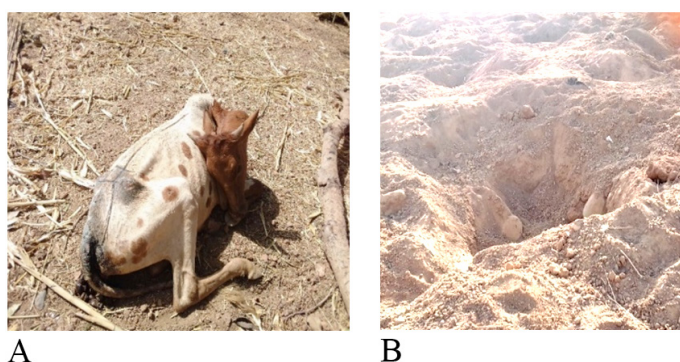


Photo 1 : Conséquence de l'exploitation minière (A : Animal traumatisé après une chute dans un trou d'orpaillage à Fara ; B : Site abandonné près d'un parc à vaccination à Bagassi).

Le test de corrélation n'a pas révélé de relation entre la perception des éleveurs sur les effets de l'exploitation minière et la distance par rapport au site d'étude ($P > 0,05$) et la situation de l'enquêté ($P > 0,05$). Cependant, le test de Khi-deux a montré une relation entre la perception des éleveurs sur les effets de l'exploitation minière et la localité ($P < 0,05$; ddl = 10) avec un lien très fort. Ainsi, plus l'éleveur habitait une localité qui abritait un site d'orpaillage, plus la perception des effets de l'exploitation minière était forte (V Kramer = 0,7). La localité ici faisant référence au type d'exploitation

Tableau 1 : Composition physico- chimique du lait cru des élevages traditionnels

Localités	Dénomination		
	Matières grasses (%)	Matières protéiques %	Matière sèche (%)
Teneurs moyennes Bagassi	4,15 ± 2,1	3,5 ± 0,71	10,64 ± 2,64
Teneurs moyennes Fara	4,05 ± 1,90	3,41 ± 0,4	10,41 ± 2,41
Teneurs moyennes Houédé	2,72 ± 1,86	3,9 ± 0,6	9,69 ± 2

Les teneurs moyennes de matières grasses affectées de lettres sont significativement différentes au seuil de 5%. Les teneurs moyennes de matières protéiques affectées de lettres sont agrandir le tableau significativement différentes au seuil de de 5%.

Prévalence des mammites du site d'étude et par trayon

La prévalence générale des mammites de la zone d'étude était de 31,94%. Le tableau 2 donne les prévalences des mammites par localité. Les valeurs observées à Houédé et Fara sont faibles (10,41%) par rapport à celle de Bagassi est qui est la plus forte s 79,18%). Le tableau 3 donne la prévalence par trayon. La prévalence des mammites à Bagassi est également supérieure à celles trouvées par Traore *et al.* (2004) qui ont obtenu 17,7%, tandis que Millogo *et al.* (2017) qui ont retrouvé 33% dans les élevages traditionnels de la province du Tuy au Burkina Faso. Iraguha *et al.* (2015) au Rwanda, qui ont observé une prévalence de 51,8%. La prévalence élevée de cette étude pourrait s'expliquer par une affection mammaire dans les élevages due aux mammites subcliniques qui sont les conséquences de l'exploitation minière sur les animaux. Le rang de mise bas, le stade de lactation et l'espace limité des habitats des animaux laitiers ont été identifiés comme des principales causes des mammites. En effet, dans la présente étude, le manque de nettoyage des parcs, représentait un facteur d'augmentation du risque de mammité. La prévalence la plus élevée observée dans la commune de Bagassi (79,18%) pourrait s'expliquer par le nombre de trayons malades dans les troupeaux. En effet, on considère qu'une vache a des mammites lorsque l'une des mamelles (trayons) est suspectée de mammites subcliniques. Dans les élevages traditionnels, la fréquence de traite est faible et la traite totale n'est pas souvent appliquée ; ce qui peut causer des infections. En plus, la fréquence de la traite n'est pas régulière ou assurée par la même personne. Le tableau 3 présente les prévalences en fonction des trayons. Ceux de gauche présentent de faible prévalence par rapport à ceux de de droite. Le trayon arrière droit (15,28%) présente la prévalence la plus élevée. Une prévalence plus (3,47%) est observée au niveau du trayon avant gauche (TAVG). Le mode de traite des animaux pourrait expliquer la prévalence plus élevée observée au niveau des trayons arrière car la plupart des producteurs commençait la traite par ces derniers. Ce qui a été confirmé par les observations au cours de l'étude. Il a été constaté que la tétée résiduelle diminue le risque d'infection aux mammites de la vache. Dans cette étude la tétée résiduelle du veau était réalisée du côté gauche. Par conséquent, le manque de la tété du veau ne peut à elle seule expliquer l'élévation de la prévalence des mammites car les bovins évoluent dans un environnement ouvert ou une blessure mécanique peut intervenir également. Il faut signaler

que tous les animaux avaient des résistivités supérieures à 250 unités. Aussi, 6,25 % des trayons avaient une résistivité supérieure à 990 et 1,75% des mamelles étaient malades. Cela se manifeste par l'arrêt de la traite par les éleveurs.

Tableau 2 : Prévalence des mammites par localité

Localités	Bagassi	Fara	Houédé
Prévalence	79,18%	10,41%	10,41%

Tableau 3 : Prévalence des mammites par trayon

Trayons	TAVG	TAVD	TArG	TArD
Prévalence%	3,47	6,94	4,86	15,28

Proportion de quelques métaux des sites d'orpaillage et des mines dans les laits crus vendus dans les marchés des localités

Les principaux métaux recherchés dans les laits sont de très faibles doses (Tableau 4). Le tableau 4 montre les résultats exprimés en microgrammes et en milligrammes des principaux métaux (très faibles doses) recherchés dans les laits. Les teneurs en or dans le lait et l'eau d'abreuvement pour les trois localités sont inférieures à 2 µg/l, celles du cyanure inférieures à 0,01 µg/l et celles du mercure inférieures 1 µg/l. L'analyse du lait des marchés montre la présence de produits comme l'or, le mercure, et le cyanure qui ne sont pas des éléments essentiels du lait comme le zinc qui y est naturellement présent. Les teneurs très élevées de ces métaux dans l'organisme des vaches ou une biotransformation élevée de ces derniers en éléments utilisables par l'organisme comme le mercure en méthylmercure expliqueraient leur présence dans le lait (Maruszczac, 2010). Aussi Ainsi, ces concentrations observées révéleraient une défaillance du système de détoxification de l'organisme pour empêcher l'accumulation de ces métaux et celle de la glande mammaire dont les barrières n'ont pas pu empêcher le passage de ces métaux dans le lait. Cette défaillance de la glande mammaire pourrait être morphologique, histologique ou physiologique comme l'a déjà souligné Rhind *et al.* (2010) qui ont révélé l'action des métaux lourds sur l'expression du gène de la glande mammaire par des modifications. Aussi, les zones de provenance des laits des marchés sont des zones impactées par l'exploitation minière. Ce qui suppose la présence dans le milieu des contaminants présents dans le lait. Il faut signaler que les laits des marchés sont constitués par un mélange issu de différentes fermes et de vaches. En dehors de la qualité du lait cru, les produits laitiers sont aussi concernés par la contamination. En effet Anastasio *et al.* (2006) ont montré l'existence d'une corrélation entre la concentration des métaux dans le lait cru de chèvre, dans les produits laitiers et le site de production. Des hypothèses peuvent être émises sur l'origine de la contamination qui peut être individuelle (vache) ou par ferme. Les faibles quantités révélées par l'analyse rapporté à la quantité de consommation individuelle par an dans le sahel (17-18 litres) (FAO, 2018) interpellent sur la nécessité plus d'investigation, car les besoins en ces éléments pour l'organisme humain sont faibles (les doses de méthylmercure hebdomadaire sont de 1,6 µg/kg de poids corporel (Amrouchi et Ghebache, 2017). Des doses élevées entraînent des problèmes de santé publique humaine et animale par le biais de la chaîne alimentaire. En effet, les

conséquences de ces métaux surtout le mercure sont connus, ainsi Mushtakova *et al.* (2005) ont montré une perturbation de l'activité de certains enzymes dans le sang. Rzymiski *et al.* (2015) ont révélé que les métaux lourds entraînaient un dysfonctionnement hormonal qui augmente le risque de cancer, d'ostéoporose et d'endométriose chez la femme. Kenesariyev *et al.* (2008) pour leur part ont observé une contamination du sang et du lait des femmes allaitantes, en relation avec la consommation des aliments contaminés. En effet, Bohbot (2017) dans un rapport indique le coût de la pollution chimique et la contamination des sols et des nappes phréatiques pour la santé humaine et animale qui est estimé à 24 millions de dollars au Burkina Faso, soit 0,21 % du PIB d'une année. Les conséquences des métaux lourds à long terme sur les élevages exposés présagent d'une détérioration continue de la qualité du lait à cause de la modernisation de l'orpaillage qui entraîne une augmentation des sources de pollution et les durées de permis d'exploitation qui s'étendront sur plusieurs années entraînant une longue durée des contaminations.

Tableau IV : Paramètres de croissance et d'utilisation des aliments d'*Oreochromis niloticus* « souche Brésil » nourri avec quatre régimes (ACOP, ACOT, AM et AR) en pré-grossissement durant 90 jours

Paramètres	Traitements alimentaires			
	Aliment ACOP	Aliment AM	Aliment ACOT	Aliment AR
Poids moyen initial : Pmi (g)	1,29±0,05 ^a	1,30±0,06 ^a	1,31±0,01 ^a	1,30±0,04 ^a
Poids moyen final : Pmf (g)	26,90±1,90 ^a	28,78±1,95 ^b	32,88±2,05 ^c	37,92±3,27 ^d
Gain de poids : GP (g)	25,60±1,89 ^a	27,47±1,96 ^b	31,57±2,05 ^c	36,61±3,27 ^d
Gain de poids quotidien : GPj (g/j)	0,28±0,02 ^a	0,30±0,02 ^b	0,35±0,02 ^c	0,40±0,03 ^d
Taux de croissance spécifique : TCS (%/j)	3,36±0,07 ^a	3,43±0,09 ^b	3,57±0,07 ^c	3,73±0,10 ^d
Indice de conversion alimentaire : IC	2,97±0,21 ^a	2,81±0,20 ^b	2,44±0,17 ^c	2,14±0,20 ^d
Coefficient d'efficacité protéique : CEP	1,20±0,08 ^a	1,25±0,09 ^a	1,42±0,09 ^b	1,46±0,13 ^b
Taux de survie : Ts (%)	85,50 ^a	86,50 ^a	87,50 ^a	86,50 ^a

Les résultats ont été exprimés en : Moyenne ± ECT (écart type) de deux répétitions et de deux cycles de production. Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), affectées par des lettres différentes, sont significativement différentes ($P < 0,05$). Sur chaque ligne, les valeurs (Moyennes ± ECT), partageant au moins une même lettre en commun, ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

ACOT : Aliment local contenant du tourteau de coton ; AM : Aliment local mixte contenant les tourteaux de coton et coprah ; ACOP : Aliment local contenant du tourteau de coprah ; AR : Aliment extrudé importé utilisé comme référence.

Proportion de quelques métaux des sites d'orpaillage et des mines dans l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage

L'analyse chimique de l'eau d'abreuvement montre des concentrations en or, mercure et cyanure respectivement inférieures à 2 µg/l; 1 µg/l; 0,01 µg/l. Les teneurs en nitrates et nitrites ont été évaluées pour l'eau de certaines localités. Les valeurs en mercure sont inférieures aux normes OMS/Burkina 1 µg/l). Elles sont inférieures à celles retrouvées par Roamba (2014), dans le village de Zougnazagmligne au Burkina (bassin 1 : 0,002 mg/L, bassin 2 : 0,006mg/l) et Ndiaye (2020) dans le fleuve de Bantako (3µg/l) au Sénégal. Ces différences de valeurs pourraient s'expliquer par le type d'exploitation (traditionnel ou industriel) sur le site, la durée de l'exploitation, le degré de pollution et la distance par rapport au site. En effet Roamba (2014) a montré que les concentrations diminuent lorsqu'on s'éloigne du site. Les deux sites sont concernés par l'exploitation traditionnelle et le site du Sénégal est une région qui concentre beaucoup de sites d'orpaillage. Les concentrations en mercure, en or et en cyanure sont faibles dans l'eau d'abreuvement.

Localités		Paramètres				
		Or (µg/l)	Cyanure (mg/l) / OMS	Mercure (µg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrite (mg/l)
Bagassi	Lait	<2	<0.01	<1	-	-
	Eau	<2	<0.01	<1	0,25	0,06
Fara	Lait	<2	<0.01	<1	-	-
	Eau	<2	<0.01	<1	-2,25	0,13
Houndé	Lait	<2	<0.01	<1	-	-
	Eau	<2	<0.01	<1	-	-

Cependant, leur présence est une alerte pour des investigations car en plus de l'eau, d'autres sources de contamination existent comme les cultures, le sol, l'herbe et l'air.

De plus, la composition de l'eau influence celle du sol et du fourrage. L'eau étant le plus important constituant de l'organisme et du lait, sa qualité agit sur l'alimentation, les productions (lait) et le fonctionnement de l'organisme. L'or a été pris en compte car l'exploitation minière de l'étude concerne l'or. Il ne fait pas partie des métaux lourds mais son accumulation pourrait créer des effets néfastes sur la santé animale et humaine. L'effet des nitrates sur l'organisme est lié à sa capacité de réduction des nitrates en nitrites. Les concentrations retrouvées dans les eaux de surface des localités de Bagassi et de Fara varient de 0,25 à 2,25 mg/l et sont inférieures à la norme OMS (50 mg/l). Les concentrations en nitrites sont comprises entre 0,06-0,13 mg/l. La principale conséquence des nitrates/nitrites pour l'Homme et les animaux est la méthémoglobinémie qui concerne la fixation des nitrites sur la molécule de l'hémoglobine. Chebekoue (2008) précise que l'une des conséquences des nitrates/nitrites est la mobilisation des éléments toxiques s'y retrouvant sous forme de traces (Nickel, cobalt et arsenic) en oxydant les métaux qui les contiennent.

Conclusion

La présente étude a permis de comprendre les corrélations entre l'exploitation minière artisanale et/ou industrielle et les productions animales. Les échantillons de lait cru des marchés et l'eau des barrages des sites d'étude ont présenté des traces d'or, de cyanure, de mercure qui sont les principales substances utilisées. Les teneurs en matières grasses et protéiques étaient significativement différentes en fonction des localités contrairement à la distance. La prévalence de mammites de la zone d'étude de 31,94% a été jugée assez élevée et pourrait signaler une affection mammaire dans les zones d'étude. Aussi, la présente étude a permis d'évaluer les risques qui peuvent être encourus par la consommation et la transformation par les populations des laits issus des fermes situés à 5 km et 10 km des sites d'exploitation minière. Ceci suggère qu'il est urgent de continuer les investigations dans ce domaine en raison du contexte d'expansion de l'exploitation minière au Burkina Faso.

Remerciements

Les auteurs remercient le Laboratoire de Recherche et d'Enseignement en Santé et Biotechnologie Animales (LARESBA) de l'Université Nazi Boni pour l'appui financier des travaux. Ils adressent également leurs sincères remerciements aux agents techniques d'élevage des localités de Bagassi, Fara et Houndé ainsi que les producteurs pour la franche collaboration pendant la collecte des données. Ce travail s'insère dans le cadre d'un nouveau champ de

recherche initié par le LARESBA au regard de l'expansion de l'exploitation minière au Burkina Faso et de la recherche de solutions appropriées pour une bonne coexistence entre secteur d'activités économiques.

Conflits d'intérêt

Il n'y a aucun conflit d'intérêt sur ce travail car tous les auteurs appartiennent au même laboratoire (LARESBA) et chacun ou chacune a apporté sa contribution au processus d'étude et de publication.

RÉFÉRENCES

Affessi A.S., Koffi K.G.J.C. et Sangaré M. (2016). Impacts sociaux et environnementaux de l'orpaillage sur les populations de la région du Bounkani (Cote D'ivoire). 19p.

Afolayan D.O., Onwualu A.P., Eggleston C.Mc.A., Adetunji A.R., Tao N.J. et Amankwah R.K. (2021). Safe Mining Assessment of Artisanal Barite Mining Activities in Nigeria. *Mining*, 1, 224–240.

Amrouchi M. et Ghebache R. (2017). Métaux lourds dans le lait des vaches produit dans les différents systèmes d'élevages dans la région de Guelma : contamination et risque de consommation. Mémoire de Master de l'Université 8 Mai 1945 Guelma, 70p.

Anastasio A., Caggiano R., Macchiato M., Paolo C., Ragosta M., Paino F.S. et Cortesi M.L. (2006). Heavy Metal Concentrations in Dairy Products from Sheep Milk Collected in Two Regions of Southern Italy. *Acta vet. Scand*, 47 (1.) 6p.

Andriamamonjisoa A.L.E., Andriamandiniary I.A., Andrianaharintsoa A.B., Andrianantenaina F.H. et Andrianarihanta I.L. (2017). Mémoire de groupe de fin d'études. Université D' Antananarivo. 41 p.

Bamba O., Pelede S., Sako A., Kagambega N. et Miningou M.Y.W. (2013). Impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso. *J. Sci.* 13 (1). 11p.

Bassbasi M., Hirri, et Oussama A. (2013). Caractérisation physico chimique du lait cru dans la région de Tadla-Kelaa au Maroc : Application de l'analyse exploratoire. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 6p.

Bohbot, J. (2017). L'orpaillage au Burkina Faso : une aubaine économique pour les populations, aux conséquences sociales et environnementales mal maîtrisées. 20p.

Bousselmi K., Djemali M., Bedhif S. Et Hamrouni A. (2010). The Factors affecting milk fat and protein of dairy cattle in Tunisia. *Renc Rech Ruminants*. 1p.

Chébékoué S.F. (2008). Évaluation du risque cancérigène associé à la contamination de l'eau potable de puits municipaux par les nitrates/nitrites dans certaines régions rurales du Québec. Mémoire de Maîtrise de l'Université de Montréal. 157p

Chenais F., Richoux R. et Houssin B. (2004). Nature des fourrages et qualité nutritionnelle de la matière grasse du lait. *Renc. Rech. Ruminants*. 4p.

Chuhan-Pole P., Dabalén A.L. et Land B.C. (2020). « L'exploitation minière en Afrique : les communautés locales en tirent-elles parti ? » Collection L'Afrique en

développement. 225p.

Drechsel F., Bettina E. Et Mirka S. (2018). « Les mines nous rendent pauvres » : l'exploitation minière industrielle au Burkina Faso. Groupe de recherche junior Glocon, Country report 2. 38p.

FAO (2018). Le développement durable de l'élevage africain : approche « Une seule santé » au Burkina Faso. Rome, FAO, 104p.

Gueye D. (2001). Étude sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle au Burkina Faso. International Institute for environment and development. Rapport de consultation. 71 p.

INSD (2017). Enquête nationale sur le secteur de l'orpaillage (ENSO) : principaux résultats. Institut national de la statistique et de la démographie. Direction des statistiques et des synthèses économiques service des comptes économiques et des analyses macro-économiques Rapport 2017-04. 9p.

Iraguha B., Hamudikuwanda H. et Mushonga B. (2015). 'Bovine mastitis prevalence and associated risk factors in dairy cows in Nyagatare District, Rwanda', *Journal of the South African Veterinary Association* 86(1), Art. #1228. 6p.

Keita S. (2001). Étude sur les mines artisanales et les exploitations minières à petite échelle au Mali. International Institute for environment and development. Rapport de consultation. 54p.

Kenesariyev U., Bekmagambetova Z., Zhakashov N., Sultanaliev Y., et Amrin M. (2008). Assessing the Hazards of Radiological and Environmental Factors for the Public Health in the Western Kazakhstan. Impact of Pollution on Animal Products, Chapter of Book, ISBN: 978-1-4020-8357-0. Pp 47-51.

Koussou M.O., Grimaud P. et Mopaté L.Y. (2007). Évaluation de la qualité physico-chimique et hygiénique du lait de brousse et des produits laitiers locaux commercialisés dans les bars laitiers de N'Djamena au Tchad. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop*, 60 (1-4) : 45-49.

Maradan D., Zein K., Thiombiano T., Ouedraogo B., et Thiombiano, N. (2011). Analyse économique du secteur des mines : liens pauvreté et environnement. Rapport d'étude : Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV). 69p.

Maruszczak, N. (2010). Étude du transfert du mercure et du méthylmercure dans les écosystèmes lacustres alpins. Thèse de doctorat, Université de Grenoble, Grenoble, France, 202p.

Millogo V., Sissao M., Sidibé/Anago A.G. et Ouedraogo G.A. (2015). Effect of storage time and temperature on raw milk composition of dairy cattle in tropical conditions. 6p.

Millogo V., Illy D., Kere M., Sissao M. et Kalandi M. (2017). Mastitis prevalence and cattle raw milk composition of traditional dairy farming system in Toy's province of western Burkina Faso. *Multidisciplinary Advances in Veterinary Science* 1(5) 204-213.

MRA (2014). Les statistiques du secteur de l'élevage au Burkina Faso. 124 p.

Mushtaova V.M., Fomina V.A et Rogovin V.V. (2005). Toxic effect of heavy metals on human blood neutrophils. *Izv Akad Nauk Ser Bio.* 3 : 336-8 (*Izvestiya Rossiiskoi Akademii*

Nauk Seriya Biologicheskaya ou Bulletin de biologie de l'Académie des sciences de l'URSS). ISSN: 0098-2164.

Ndiaye K. (2020). Le développement de l'orpaillage, son impact environnemental et sanitaire dans le sud-est du Sénégal : exemple du site aurifère de Bantako. Master de spécialisation en sciences et gestion de l'environnement dans les pays en développement : module eau et sol. Faculté des Sciences. Liège Université. 82p.

Pandey G. (2014). Heavy metals causing toxicity in animals and fishes. Research Journal of Animal, Veterinary and Fishery Sciences 2(2), 17-23.

Rhind S.M., Evans N.P., Bellingham M., Sharpe R.M., Cotinot C., Mandon-Pepin B., Loup B., Sinclair K.D., Lea R.G., Pocar P., Fischer B., Van Der Zalm E., Hart K., Schmidt J.S., Amezaga M.R. et Fowler P.A. (2010). Effects of environmental pollutants on the reproduction and welfare of ruminants. Animal, 4 (7), 1227-1239.

Roamba J. (2014). Risques environnementaux et sanitaires sur les sites d'orpaillage au Burkina Faso : cycle de vie des principaux polluants et perceptions des orpailleurs (cas du

site Zougnazagmaligne dans la commune rurale de Bouroum, Région du centre-nord). Master en ingénierie de l'eau et de l'environnement option : eau et assainissement. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (Burkina Faso). 101p.

Rzymski P., Tomczyk K., Rzymski P., Poniedziałek B., Opala T. et Wilczak M. (2015). Impact of heavy metals on the female reproductive system. Annals of Agricultural and Environmental Medicine 22(2), 259–264.

Somé M. Et Simporé L. (2014). Lieu de mémoires, patrimoine et histoire de l'Afrique de l'Ouest. Aux origines des ruines de Loropéni, Burkina Faso. 267 p.

Traoré A., TAMBOURA H.H., Bayala B., Rouamba, D.W., Yaméogo N. et Sanou M. (2004). Prévalence globale des pathologies majeures liées à la production laitière bovine en système d'élevage intra urbain à Hamdallaye (Ouagadougou). Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 8 (1), 3-8.

VILATTE J.C. (2007). Méthodologie de l'enquête par questionnaire Laboratoire Culture & Communication, Université d'Avignon.56p.