

DK542466

BA.TH.1490



Cirad
Campus de Baillarguet
34 398 MONTPELLIER Cedex 5



Université Montpellier II
UFR Sciences
Place Eugène Bataillon
34 095 MONTPELLIER Cedex 5

MASTER 2^{ÈME} ANNÉE
BIOLOGIE GEOSCIENCES AGRORESSOURCES
ET ENVIRONNEMENT
SPÉCIALITÉ
PRODUCTIONS ANIMALES EN RÉGIONS CHAUDES



RAPPORT DE STAGE

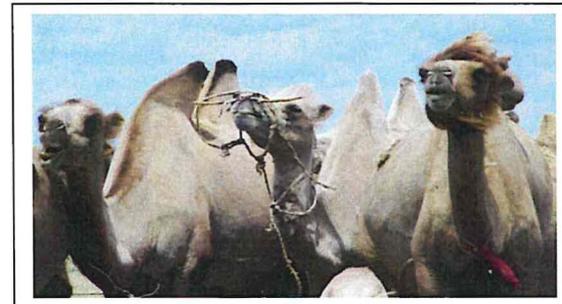
**Métaux lourds et Radionucléides dans le lait de
chamelle frais et fermenté,
au Kazakhstan**



Présenté par :

Emilie DIACONO

Réalisé sous la direction de : A.IVANSHENKO
Organisme et pays : Université Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan
Période du stage : 23 Avril- 19 Août 2007
Date de soutenance : 05 Octobre 2007



Année universitaire 2006-2007



Résumé

Depuis son indépendance en 1991, le Kazakhstan est en « crise écologique » par le fait qu'il fut la zone privilégiée des essais nucléaires du gouvernement soviétique, et par le développement de la culture irriguée du coton qui fit diminuer le niveau de la mer d'Aral. De plus, les industries métallurgiques et exploitation minières nombreuses dans ce pays, ne sont pas sans impact sur le contamination de l'environnement.

L'étude du niveau de contamination de l'environnement par les métaux lourds et les éléments radioactifs, est très importante. En effet, la consommation d'aliments et d'eau contaminés peut avoir des conséquences sur la santé des Hommes et des animaux.

Dans le sud du Kazakhstan, 8 fermes ont été échantillonnées en relation avec des sources de pollutions probables. Des échantillons de lait de chamelle, de shubat (lait de chamelle fermenté), de fourrages et d'eau ont été collectés dans chaque ferme et analysés pour les teneurs en métaux lourds et macroéléments. Le but de cette étude est constater le niveau de contamination de l'environnement (fourrage et eau), du lait et du shubat par les métaux lourds, au Kazakhstan, ainsi que le lien qui pourrait exister entre ces teneurs dans les fourrages et le lait. Les teneurs moyennes en Cu, Fe, Mn, Zn, As et Pb dans les fourrages sont $10,40 \pm 2,93$; $793,69 \pm 630,48$; $62,38 \pm 20,67$; $32,95 \pm 27,15$; $1,03 \pm 0,49$ ppm. Dans le lait de chamelle ces teneurs sont $0,07 \pm 0,04$; $1,48 \pm 0,53$; $0,08 \pm 0,03$; $5,16 \pm 2,17$; $<0,1$; et $0,025 \pm 0,02$ ppm, et de $0,16 \pm 0,16$; $1,57 \pm 0,46$; $0,09 \pm 0,02$; $7,22 \pm 2,55$; $<0,1$; $0,1$ ppm dans le shubat. L'arsenic n'est pas détecté dans les échantillons de lait et de shubat, et tous les métaux lourds ne sont pas détectés dans les échantillons d'eau avec les méthodes d'analyses utilisées.

D'après les résultats obtenus, il semblerait que la contamination par les métaux lourds de nos échantillons est faible. Nous ne pouvons pas établir les liens entre teneurs en métaux lourds dans les fourrages et teneurs dans le lait de chamelle et le shubat. Des études complémentaires sont nécessaires.

Mots clés : Lait de chamelle, shubat, pollution, environnement, métaux lourds, radionucléides, Kazakhstan

Abstract:

Since its independence in 1991, Kazakhstan is in a state of “ecological crises”, due to the specific place for nuclear test by soviet government for long time, and to the development of irrigation for field cottons linked to decreasing Aral sea level. In addition the manufacturing of metals and the minerals had some impact on environmental contamination.

The assessment of environmental contamination’s levels by heavy metals is very important because of the sanitary impact it can occur on animals and humans by consumption of contaminated food and water.

In the South of Kazakhstan, 8 farms were sampled close to probable pollution sources. Samples of camel milk, shubat (fermented milk), fodder and water were collected in each farm and analyzed for heavy metals and macroelements. The aim of this investigation is to see the contamination levels by heavy metals of environment (fodder and water), milk and shubat in Kazakhstan and the link can still exist between them. The mean content in fodder of Cu, Fe, Mn, Zn, As and Pb was 10.40 ± 2.93 , 793.69 ± 630.48 , 62.38 ± 20.67 , 32.95 ± 27.15 , 1.03 ± 0.49 ppm respectively. In camel milk mean content of these heavy metals was respectively of 0.07 ± 0.04 , 1.48 ± 0.53 , 0.08 ± 0.03 , 5.16 ± 2.17 , <0.1 , and 0.025 ± 0.02 ppm. And in shubat mean content was 0.16 ± 0.16 , 1.57 ± 0.46 , 0.09 ± 0.02 , 7.22 ± 2.55 , <0.1 and 0.1 ppm. Arsenic was never detected in samples of milk and shubat, and all heavy metals were not detected in samples of water with the method used for analyses.

It seems to be that the level of contamination by heavy metals in our samples is low. But we were not able to point out links between levels of environment contamination and milk, contamination. More investigation is need.

Keys words: Camel milk, shubat, pollution, environment, heavy-metals, radionuclide, Kazakhstan



REMERCIEMENTS



Je tiens tout particulièrement à remercier Bernard Faye, pour m'avoir permis d'effectuer mon stage dans ce merveilleux pays qu'est le Kazakhstan, et de m'avoir transmis le virus de la « camélo-passion ».

Je remercie énormément Gaukhar Konuspayeva pour avoir été présente auprès de moi dans tous les domaines. Son soutien et ses conseils pour mener à bien mon stage, son amitié et sa famille.

Merci à Anatoli Ivanshenko, pour m'avoir accueillie dans son département de recherche, et pour son accueil chaleureux.

Merci à Alyia qui m'a accompagné sur le terrain. Grâce à elle j'ai pu faire mon travail. Nos sorties sur le terrain ont été fatigantes, en effet nous avons parcourus plus de 2500 km en voiture en l'espace d'une semaine sous une chaleur écrasante, nous avons passé 4 jours dans un train....

Merci également à Schnar, qui m'a accompagné pour la dernière sortie terrain...

Merci à la famille Konuspayeva, qui ont été pour moi durant ces 4 mois, un peu comme ma famille ! Merci pour les bons repas en famille qui ont été des moments agréables et très importants pour moi !

Merci à Alyia, Elmira, Maral, Asia, Lucile et Guillaume, merci à tout ceux que j'ai rencontrés ! Merci à Altaï, Amagoule pour les randonnées en montagne ...

Et surtout merci aux éleveurs du Kazakhstan, pour leur accueil, pour leur collaboration dans ce travail ! Merci à nos belles chamelles kazakhes sans lesquelles ce stage n'aurait pu avoir lieu....

INDEX DES TABLEAUX ET DES FIGURES



→ TABLEAUX :

Tableau 1 : Risques environnementaux au Kazakhstan

Tableau 2 : Population de chameaux, de chevaux et de bovins dans les 14 régions du Kazakhstan au 1er juillet 2006

Tableau 3 : Caractéristiques morphologiques des 3 types de *Camelus bactrianus* présents au Kazakhstan.

Tableau 4 : Nombres d'échantillons et leurs caractéristiques.

Tableau 5 : Distances obtenues avec les points GPS des fermes (Fx), des sources polluantes (SPt, SPk, Aca, Baïkanour, Pétrole) et autres (X1, X2).

Tableau 1 : Teneurs moyennes en macroéléments dans les échantillons de fourrages (en % (g/100g de MS)).

Tableau 2 : Teneurs moyennes en macroéléments dans les échantillons d'eau (en ppm)

Tableau 3 : Teneurs moyennes en macroéléments dans le lait (en ppm) et teneurs en macroéléments dans le lait de jument, de vache et de chamelle de la ferme 2.

Tableau 4 : Teneurs moyennes en macroéléments dans le shubat (en ppm).

Tableau 10: Teneurs moyennes de métaux lourds dans les fourrages (en ppm).

Tableau 11: Teneurs moyennes en métaux lourds (en ppm) dans le lait de chamelle et teneurs en métaux lourds dans le lait de vache, de jument et de chamelle de la ferme 2.

Tableau 12 : Teneurs moyennes en métaux lourds (en ppm) dans le shubat.

→ FIGURES :

Figure 1: Carte de l'écologie du Kazakhstan

Figure 2: Evolution du cheptel du Kazakhstan entre 1992 et 2006

Figure 3 : Classification des Camélidés

Figure 4 : Cartes des 4 zones d'études (localisation et caractéristiques)

Figure 5 : Carte de la zone d'étude avec les points GPS des lieux d'échantillonnages

Figure 6 : Indices de l'Azote dans le fourrage, le lait de chamelle et le Shubat pour chaque ferme

Figure 7 : Indices du phosphore dans le fourrage, l'eau, le lait de chamelle et la shubat dans chaque ferme.

Figure 8 : Indices du calcium dans le fourrage, l'eau, le lait de chamelle et la shubat dans chaque ferme.

Figure 9: Indices du magnésium dans le fourrage, l'eau, le lait de chamelle et la shubat dans chaque ferme.

Figure 10 : Teneurs en cuivre dans chaque échantillon de plantes (en ppm).

Figure 11 : Teneurs en fer dans chaque échantillon de plantes (en ppm).

Figure 12 : Teneurs en manganèse dans chaque échantillon de plantes (en ppm).

Figure 13 : Teneurs en zinc dans chaque échantillon de plantes (en ppm).

Figure 14 : Teneurs en arsenic dans chaque échantillon de plantes (en ppm).

Figure 15 : Teneur en plomb dans chaque échantillon de plantes (en ppm).

Figure 16 : Teneurs en cuivre dans chaque échantillon de lait (en ppm).

Figure 17 : Teneurs en fer dans chaque échantillon de lait (en ppm).

Figure 18 : Teneurs en manganèse dans chaque échantillon de lait (en ppm).

Figure 19 : Teneurs en zinc dans chaque échantillon de lait (en ppm).

Figure 20 : Teneurs en plomb dans chaque échantillon de lait (en ppm).

Figure 21 : Teneurs en cuivre dans chaque échantillon de shubat.

Figure 22 : Teneurs en fer dans chaque échantillon de shubat (en ppm).

Figure 23 : Teneurs en manganèse dans chaque échantillon de shubat (en ppm).

Figure 24 : Teneurs en zinc dans chaque échantillon de shubat (en ppm).

Figure 25 : Teneurs en plomb dans chaque échantillon de shubat (en ppm).

Figure 26 : Indices par ferme du cuivre dans le fourrage, le lait de chamelle et la shubat

Figure 27 : Indices par ferme du fer dans le fourrage, le lait de chamelle et la shubat.

Figure 28 : Indices par ferme du manganèse dans le fourrage, le lait de chamelle et la shubat.

Figure 29 : Indices par ferme du zinc dans le fourrage, le lait de chamelle et la shubat.

Figure 30 : Indices par ferme de l'arsenic dans le fourrage, le lait de chamelle et la shubat.

Figure 31 : Indices par ferme de plomb dans le fourrage, le lait de chamelle et la shubat.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
I - CONTEXTE	5
I.A - CONTAMINATION ENVIRONNEMENTALE.....	5
<i>I.A.1 Ressources minières et industries.....</i>	<i>6</i>
<i>I.A.2 Ressources pétrolières.....</i>	<i>7</i>
<i>I.A.3 Contamination radioactive.....</i>	<i>7</i>
<i>I.A.4 Agriculture et l'assèchement de la mer d'Aral.....</i>	<i>8</i>
<i>I.A.5 Surpâturage.....</i>	<i>8</i>
I.B - L'ELEVAGE AU KAZAKHSTAN.....	8
I.C - L'ELEVAGE CAMELIN AU KAZAKHSTAN.....	10
<i>I.C.1 Caractéristiques des camélidés.....</i>	<i>10</i>
<i>I.C.2 Localisation et effectif.....</i>	<i>11</i>
<i>I.C.3 Structures d'élevage.....</i>	<i>11</i>
<i>I.C.4 Production, utilisation des camélidés au Kazakhstan.....</i>	<i>11</i>
II - MATERIEL ET METHODE	12
II.A - ZONES D'ECHANTILLONNAGE	12
II.B - ECHANTILLONNAGE	13
<i>II.B.1 Echantillonnage dans les fermes.....</i>	<i>14</i>
<i>II.B.2 Echantillonnage auprès des sources polluantes.....</i>	<i>14</i>
<i>II.B.3 Echantillonnage sur la route.....</i>	<i>14</i>
II.C - CODAGE DES ECHANTILLONS.....	14
II.D - ANALYSE DES ECHANTILLONS.....	15
<i>II.D.1 Dosage des métaux lourds et macro éléments.....</i>	<i>15</i>
<i>II.D.2 Dosage des radionucléides.....</i>	<i>15</i>
II.E - ANALYSES DES RESULTATS.....	15
III - RESULTATS	16
III.A - CARTE DE PRELEVEMENT (POINTS GPS), DISTANCES ET SOURCES POLLUANTES.....	16
III.B - TENEURS EN MACROELEMENTS DANS LES FOURRAGES, LES PLANTES, LE LAIT ET LE SHUBAT	17
<i>III.B.1 Teneurs moyennes</i>	<i>17</i>
<i>III.B.2 Description des teneurs en macroéléments dans chaque fermes.....</i>	<i>17</i>
<i>III.B.2.1 - Azote</i>	<i>17</i>
<i>III.B.2.2 - Phosphore</i>	<i>18</i>
<i>III.B.2.3 - Calcium.....</i>	<i>18</i>
<i>III.B.2.4 - Magnésium</i>	<i>18</i>
III.C - TENEURS EN METAUX LOURDS	19
<i>III.C.1 Dans les fourrages.....</i>	<i>19</i>
<i>III.C.2 Dans l'eau</i>	<i>21</i>
<i>III.C.3 Dans le lait</i>	<i>22</i>
<i>III.C.4 Dans le shubat.....</i>	<i>24</i>
<i>III.C.5 Description des teneurs en métaux lourds dans chaque ferme.....</i>	<i>27</i>
<i>III.C.5.1 - Cuivre.....</i>	<i>27</i>
<i>III.C.5.2 - Fer.....</i>	<i>27</i>
<i>III.C.5.3 - Manganèse.....</i>	<i>27</i>
<i>III.C.5.4 - Zinc.....</i>	<i>27</i>
<i>III.C.5.5 - Arsenic.....</i>	<i>28</i>
<i>III.C.5.6 - Plomb.....</i>	<i>28</i>
III.D - TENEURS EN RADIONUCLEIDES	28
DISCUSSION.....	29
CONCLUSION.....	37

INTRODUCTION

La contamination de l'environnement par divers éléments, qu'ils soient organiques ou inorganiques est aujourd'hui un problème majeur dont nous ne pouvons plus nier les conséquences «écologiques» et «sanitaires». Tous les niveaux des écosystèmes, de l'atmosphère en passant par l'environnement et les êtres vivants en sont affectés. Les sources de contamination sont liées d'une part, aux progrès technologiques, industriels et à l'impact non négligeable des activités agricoles (fertilisants, pesticides et mise en place d'irrigations), mais aussi à l'urbanisation rapide et au développement industriel (Licata *et al.*, 2003, Caggiano *et al.*, 2005). Le risque est réel, car par le biais de la chaîne alimentaire, ces contaminants, comme les métaux lourds, peuvent être transmis à l'Homme (Simsek *et al.*, 2000). Dans ce contexte, un grand nombre de scientifiques s'accordent à penser que l'étude des expositions aux métaux lourds est aujourd'hui nécessaire (Barbera *et al.*, 1993 ; Schuhmacher *et al.*, 1993 ; Ikeda *et al.*, 1996 ; Raghunath *et al.*, 1997) car ils représentent un risque pour les Hommes et les animaux, par leur toxicité potentielle (Neathery et Miller, 1975 cités par Simsek *et al.*, 2000).

En effet, une alimentation composée de fourrage ou d'herbe en pâture libre peut être contaminée par des molécules inorganiques telles que les métaux lourds (Chhabra et Singh, 2005) d'origine industrielle, minière, agricole ou routière. Les industries, et usines de transformation de métaux émettent une quantité importante de métaux lourds dans l'environnement (Vidovic *et al.*, 2005). Le sol se trouve alors contaminé (Mc Crea et Fischer, 1986 ; Ellen *et al.* 1990 ; Atta *et al.* 1997 ; Steinnes *et al.*, 1997) et par conséquent les plantes qui s'y développent présentent des teneurs plus importantes en ces éléments (Soldberg et Steinnes, 1983). Les polluants industriels tels que les dioxines et PCBs (Polychlorated biphenyls), vont également contribuer à la contamination des aliments, et surtout des herbages. Certaines industries et l'urbanisation sont émettrices de plomb, et ainsi accentuent la contamination de l'environnement (Chhabra et Singh, 2005). Les particules de plomb émises par les gaz d'échappement des véhicules se déposent sur le sol et la végétation le long des routes. Or, dans beaucoup de pays en développement, les bords des routes s'avèrent être des zones de pâturages pour le bétail. Le risque est donc, selon Bhatia et Choudhri (1996), que le lait produit par ces animaux soit indirectement contaminé en plomb par le biais de l'alimentation. Ce même risque, existe probablement lorsque le bétail est nourri avec les résidus de cultures pour lesquelles des fertilisants phosphatés ont été utilisés. En effet, Schaposhnikov et Prisky (2001) ont montré que l'application de ce type de fertilisants sur les champs augmente la teneur en plomb et en cadmium dans le sol.

La contamination de l'environnement par les différentes activités humaines, est un fait mondial et général. C'est pourquoi, dans la littérature, nous disposons d'un grand nombre d'information sur la pollution environnementale. Mais un point reste assez flou et assez peu étudié à ce jour : l'impact de ces pollutions sur les animaux d'élevages et sur leurs productions (lait, viande). Mis à part, le grand nombre d'étude qui a été mené sur les polluants dans le lait de la femme, un nombre assez faible de référence traite de la contamination du lait des animaux d'élevage, et porte principalement sur la pollution par le plomb.

Ainsi, dans le lait de vache la teneur en plomb était en moyenne de 0,00132 ppm en zone rurale (Licata *et al.*, 2004) et de 0,25 ppm en zone non industrielle (Swarup *et al.*, 2005), en sachant que la limite maximale tolérée pour ce métal dans le lait est de 0,05 ppm en Allemagne et Hollande ; de 0,02 ppm en Turquie et de 0,1 ppm au Kazakhstan. Des études plus approfondies ont montré que le lait produit par des vaches pâturant le long des routes pouvait contenir 0,032 ppm de Pb en moyenne (Simsek *et al.*, 2000). L'importance du trafic automobile semble également avoir un impact sur le niveau de contamination du lait par le plomb. En effet, des animaux laitiers pâturant auprès d'une route présentant un trafic de

15000 voitures par jour, vont présenter un lait dont la teneur en plomb est très élevée (7,20 ppm en moyenne) (Bhatia et Choudhri, 1996). De plus, la teneur en plomb dans le lait de vaches évoluant dans des zones industrielles varient en moyenne entre 0,049 ppm (Simsek *et al.*, 2000) et 0,067 ppm (Dey et Swarup, 1996), mais elle peut atteindre 0,844 ppm en moyenne auprès d'industries de zinc et plomb (Swarup *et al.*, 2005).

Pour la contamination du lait par les autres métaux lourds, tels que le l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le chrome (Cr) (...), les références sont rares et très variables. Ainsi, les teneurs moyennes en As dans le lait varient en fonction de la zone de prélèvement. Les vaches en zone rurale produisent un lait contenant en moyenne 0,0002 ppm d'As, alors qu'en zone industrielle et zone routière les teneurs en As sont en moyenne de 0,04 et 0,05 ppm (Simsek *et al.*, 2000). Cependant, les teneurs maximales reportées dans la littérature peuvent atteindre 0,12 ppm en zone industrielle (Simsek *et al.*, 2000) jusqu'à 0,684 ppm (Licata *et al.*, 2004). Les teneurs en Cd dans le lait obtenues lors de diverses études, sont quant à elles faibles et très variables. La teneur maximale dont fait référence la littérature est de 0,0345 ppm dans le lait de vache (Fursova *et al.*, 1985), les autres teneurs plus faibles, sont de l'ordre de $0,07 \cdot 10^{-3}$ ppm (Tripathi *et al.*, 1999) et de $0,0071 \cdot 10^{-3}$ ppm (Vidovic *et al.*, 2005). Une étude menée par Saitmurova *et al.* (2001) auprès de la mer d'Aral, a montré que le lait de chamelle et le shubat (lait de chamelle fermenté) produit dans cette zone du Kazakhstan pouvaient contenir 0,1 ppm de Cd. La présence du zinc dans le lait est normale et fait partie de la composition naturelle du lait. Néanmoins, il devient gênant lorsqu'il est en excès. Ainsi, la FAO a déterminé que la teneur normale en Zn dans le lait de vache est de 3 à 6 ppm. Néanmoins, certains auteurs ont obtenus des teneurs en Zn dans le lait de vache dans des zones industrielles, routières et rurales de : 5,01 ppm, 4,49 ppm et 3,77 ppm respectivement (Simsek *et al.*, 2000), ou encore de 3,177 ppm (Tripathi *et al.*, 1999) et de 2,016 ppm (Licata *et al.*, 2004). Ces résultats ne montrent pas d'excès de Zn dans le lait de vaches quelque soit le niveau de contamination de l'environnement. Le cas du cuivre est similaire à celui du zinc, à savoir que c'est un élément naturellement présent dans le lait, dont les teneurs normales dans le lait de vache sont comprises entre 0,1 et 0,4 ppm (FAO). Simsek *et al.* (2000) ont observé que le lait produit par les vaches en zone industrielle contenait en moyenne significativement plus de Cu que celui des vaches en zone routière et rurale (0,96 ppm, 0,58 ppm et 0,39 ppm respectivement). Ces résultats mettent donc en évidence l'impact de la nature des activités humaines sur les teneurs en Cu dans le lait de vache, qui dans un environnement industriel et routier deviennent supérieures aux teneurs normales. Cependant d'autres auteurs ont obtenu des résultats extrêmes tels que Licata *et al.* (2004) qui ont trouvé une teneur moyenne en Cu dans le lait de vache de 0,00198 ppm, qui est une valeur très faible par rapport aux teneurs normales. Pour le fer, les teneurs normales dans le lait de vache sont de 0,2 à 0,5 ppm d'après la FAO. Mais l'étude menée par Simsek *et al.* (2000) a mis en évidence comme pour le cuivre, que la teneur moyenne en Fe dans le lait était significativement plus élevée en zone industrielle (4,27 ppm) par rapport en zone routière (1,78 ppm) et rurale (1,01 ppm). Dans ces trois derniers cas, les teneurs en Fe du lait sont supérieures aux valeurs normales. Caggiano *et al.* (2005) ainsi que Coni *et al.* (1996) ont dosé le Mn dans le lait de brebis, ils ont obtenus, en moyenne 0,13 ppm et 0,31 ppm. Concernant le mercure, il est rarement détecté dans le lait, car les méthodes utilisées ne permettent généralement pas de déterminer les teneurs en Hg inférieur à 0,005 ppm. Néanmoins, en utilisant une autre méthode, certaines études ont permis de déterminer la teneur en Hg dans le lait de brebis, ainsi que dans le lait de chamelle, à savoir, 0,0025 ppm de Hg en moyenne dans le lait de brebis (Caggiano *et al.*, 2005) et 0,01 ppm de Hg dans le lait de chamelle (Saitmuratova *et al.*, 2001).

D'après la littérature, nous avons pu constater des variations dans les résultats obtenus lors des différentes investigations. D'une part les méthodes de dosage varient, d'autre part le

protocole d'échantillonnage et les espèces étudiées sont également très variables. Par conséquent, l'interprétation et la comparaison de tous ces résultats sont difficiles. Un point manque cruellement pour faciliter cette démarche, c'est la notion de quantité de métaux lourds ou éléments contaminants présente dans l'alimentation, qui est alors ingérée par les animaux et finalement susceptible d'être transférée dans le lait.

La question se pose donc sur l'impact sanitaire que peut avoir la présence de ces éléments contaminants et potentiellement toxiques en plus ou moins grande quantité dans les ressources fourragères des animaux d'élevage dont nous consommons le lait et la viande. Pour cela, il est important d'évaluer les relations entre la teneur de ces éléments dans l'environnement, les ressources pastorales et dans les produits animaux. C'est dans ce contexte que s'inscrit notre étude menée au Kazakhstan (Asie centrale). Dans cette région du monde, les populations locales sont confrontées à des problèmes écologiques importants. L'expansion de la culture de coton a pour conséquence, d'une part l'épuisement des ressources en eau (mise en place d'irrigations) et d'autre part leur contamination par l'utilisation massive de pesticides et de fertilisants. L'augmentation des surfaces agricoles au détriment des zones de parcours a pour conséquence que certaines de ces zones sont surexploitées et surpâturées. De plus, ce pays riche en ressources minières et pétrolières, a développé toute une économie autour de l'exploitation de ces gisements (extraction, transformation). Ex pays de l'union soviétique, il a été le lieu de prédilection des essais nucléaires soviétiques de 1949 à 1991. Au total 466 bombes nucléaires y ont été explosées, ce qui a contaminé une vaste partie de ce pays, avec une contamination équivalente à l'irradiation de Tchernobyl pendant 4 ans.

Les kazakhes consomment beaucoup de produits laitiers issus de laits non conventionnels pour les pays européens : lait frais et lait fermenté de chamelle et de jument. Au Sud du pays, le Shubat (lait de chamelle fermenté) est consommé de façon importante. Produit de façon artisanale (il n'existe pas de méthode de transformation standard), sa préparation varie en fonction des régions, des ferments utilisés, de la saison, du stade de lactation, de l'alimentation et de l'âge des animaux, (Konuspayeva *et al.*, 2003). D'après les savoirs locaux et de nombreuses références bibliographiques, le lait de chamelle et ses dérivés auraient des propriétés médicinales utilisées à des fins préventives et thérapeutiques (Konuspayeva *et al.*, 2003). Il est principalement autoconsommé, mais il est aussi commercialisé sur les marchés locaux (bazars) et par la petite distribution (Konuspayeva *et al.*, 2003). Etant donné l'importance culturelle que représente la consommation de ce lait, certaines normes ou standards ont été établis concernant sa composition et les limites de teneurs en métaux lourds et radionucléides. Cependant, ces normes sont locales, le lait de chamelle et le shubat ne faisant pas partie du *codex alimentarius*.

Dans un écosystème, on ne peut pas nier l'existence des interactions entre les teneurs en métaux lourds dans le sol, dans l'eau, dans les plantes et dans l'air (Voutsas *et al.*, 1996), sans oublier les caractéristiques propres à chacun de ces éléments. C'est pourquoi, nous nous demandons si des animaux évoluant sur des zones de pâturages et de parcours, dont les ressources fourragères sont probablement contaminées (métaux lourds, radionucléides), comme au Kazakhstan, vont alors produire un lait contenant des concentrations anormales en ces éléments. Y a-t-il un lien entre la quantité de contaminants ingérés et la quantité de contaminants dans le lait ? Lors de la fermentation du lait en shubat, y a-t-il un changement de la teneur de ces éléments par rapport au lait frais ? Compte tenu de la zone d'étude et des hypothèses cités ci-dessus, cette étude porte l'analyse des métaux lourds et radionucléides dans le lait de chamelle et dans le shubat ainsi que dans les fourrages et l'eau consommés par les animaux des fermes échantillonnées. L'objectif est d'établir un premier diagnostic qualitatif et quantitatif des contaminants (métaux lourds et radionucléides) présents dans le lait de chamelle, le shubat ainsi que dans l'alimentation de ces animaux au Kazakhstan.

I - Contexte

Le Kazakhstan compte presque 17 millions d'habitants avec une diversité ethnique importante (20% de la population appartient à 130 ethnies différentes, 40% de Russe). C'est aussi un vaste pays (2 717 300 km² de superficie) qui est divisé en 14 régions et qui possède une diversité environnementale importante. Ainsi, plusieurs chaînes de montagnes (Altay, Jungar, Alatau et Tien-Shan) sont situées au Sud-Est et à l'Est du pays. Des zones de déserts sablonneux et de dépressions sont également présentes. Au centre du pays, se trouve le *Melkosopchnik*, qui est un grand plateau sablonneux avec quelques collines. Plus de 80% du territoire est composé de steppes et de déserts. Le Kazakhstan est le 6^{ème} pays (après l'Australie, la fédération de Russie, la Chine, les Etats-Unis et le Canada) en terme de ressources et d'espaces pastoraux avec plus de 180 millions d'hectares de steppes et de zones montagneuses et le premier pays au niveau de la surface de pâturage par tête de bétail. 10% du territoire est cultivé et les populations locales vivent traditionnellement de l'élevage. La population rurale est estimée à 4-5 millions d'habitants.

Ex pays de l'union soviétique, il est devenu indépendant en 1991. Or durant la période soviétique, les structures agricoles ont été collectivisées et les kazakhes nomades à l'origine ont été forcés à se sédentariser.

Entre 1960 et 1980, des zones de pâturage ont été converties en zones de cultures, avec la campagne de «Valorisation des terres vierges ». Ceci n'a pas été sans conséquences sur les ressources pastorales qui ont alors été dégradées, et sur l'environnement par l'appauvrissement des terres et la pollution des ressources en eau par l'utilisation massive de fertilisants phosphatés et de pesticides. L'intensification et l'augmentation de la surface des terres agricoles, a pour conséquence de diminuer l'espace pastoral et donc d'accentuer l'effet de surpâturage au niveau des zones de parcours.

I.A - Contamination environnementale

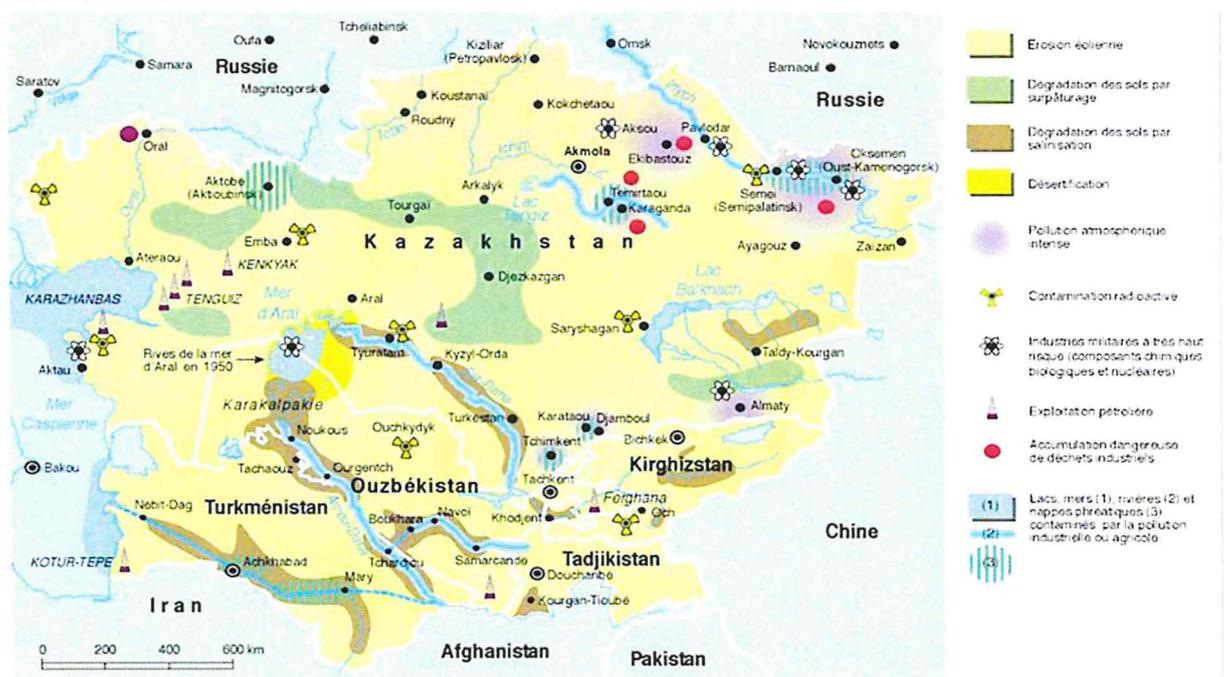


Figure 1: Carte de l'écologie du Kazakhstan (source: http://anciela.info/cartes_ecologie.php).

La figure 1 représente la répartition des différentes sources de pollution et de contamination environnementale du Kazakhstan. Le tableau 1 met en avant les différents risques écologiques auxquels le Kazakhstan est soumis. Ainsi, entre facteurs naturels (érosion, migration de criquets...) et facteurs anthropiques (déchets militaires, irradiation...) le Kazakhstan est face à une « crise écologique » allant de la contamination de l'environnement, à la diminution de la biodiversité en passant par des dérèglements climatiques.

Tableau 1: Risques environnementaux au Kazakhstan (source: World Bank Technical paper).

Facteurs de risque	Zone concernée	Notes
Sécheresse	Tout le Kazakhstan	Sécheresse importante en 1991
Tempête de neige	Régional/saisonnier	Tous les herbivores sont affectés
Incendie	Varie en fonction de l'année et de la saison	
Plantes invasives	2,5 à 4,5 millions d'hectares	Inclus des plantes toxiques
Migration de Criquets	8 millions d'hectares en 2000	Fermes abandonnées sont de bons sites de reproduction
Erosion éolienne	50 millions d'hectares	Formation de dunes de sables menace les parcelles agricoles et les villages
Erosion hydrique	6 millions d'hectares	
Salinisation	3-4 millions d'hectares (dont plus de 2 millions autour mer d'Aral)	Risques de tempête de poussières salées dans le reste du Kazakhstan et au-delà
Irradiation et déchets militaires	11 millions d'hectares	Zone d'essais de Semilpalatinsk et autres
Programmes spatiaux	4,8 millions d'hectares	Propergol et déchets de sa combustion le long de la trajectoire de vol des fusées

I.A.1 Ressources minières et industries

Le Kazakhstan, troisième puissance industrielle de la CEI (Communauté des Etats Indépendants), possède de nombreuses ressources minières et pétrolières. L'exploitation de ces ressources n'est pas sans conséquences sur l'environnement.

En effet, une des activités les plus polluantes est celle des centrales électriques alimentées en charbon de mauvaise qualité. Mais les industries métallurgiques, (extraction des métaux ou transformation des métaux) sont également génératrices de pollution environnementale importante. Les fumées émises par ces industries contiennent certains dérivés de métaux lourds qui sont ainsi libérés dans le milieu extérieur. Les déchets ne sont pas ou peu traités et sont souvent entreposés de façon marginale (à l'air libre ou sous terre) (voire figure 1). Les techniques d'exploitation minière sont dangereuses pour l'environnement par le fait qu'elles utilisent des méthodes archaïques. Par exemple, au Kirghizstan, en 1998, environ 2 tonnes de cyanure de sodium qui est utilisé dans les mines d'or, ont été déversées dans un fleuve (le Barskoön) qui se jette dans le lac Issyk-Kul. Au Kazakhstan, dans la région du lac Balkash, des hauts-fourneaux pour la fabrication du cuivre ont été installés dans les années 1930. Aujourd'hui la faune qui était présente dans cette zone a totalement disparu.

L'exploitation de mines d'uranium au Tadjikistan et au Kirghizstan était importante pendant la période de l'union soviétique. Cependant aujourd'hui, une cinquantaine de ces mines sont abandonnées. Probablement, certaines émanations radioactives continuent à se répandre et les nappes phréatiques environnantes doivent être également contaminées. Certaines de ces nappes phréatiques se situent le long de cours d'eau qui vont se jeter dans la mer d'Aral (Ouzbékistan et Kazakhstan).

I.A.2 Ressources pétrolières

Les gisements de pétrole dans la région d'Atyrau, et autour de la mer Caspienne sont également problématiques (Figure 1). De l'extraction au stockage de cet or noir, différents produits chimiques et dérivés du pétrole sont alors rejetés dans le milieu naturel. En effet, l'exploitation de gisements pétroliers sous-marins et des autres champs pétrolifères situés sur la côte de la mer Caspienne, pose un problème écologique majeur dans cette région. Les eaux domestiques sont contaminées par le déversement des eaux souillées par cette industrie sur les zones côtières. En résulte des problèmes sanitaires importants (infections intestinales, nombreux cas de tuberculose), et de perte de biodiversité. La production mondiale de caviar est assurée à 90% par les esturgeons de la mer Caspienne, mais la diminution de la pêche de ce poisson lié à la surexploitation d'une part et à la pollution de la mer d'autre part commence à poser quelques problèmes. De plus depuis 25 ans les habitants d'Atyrau (ville sur la côte Nord de la mer Caspienne) voient le niveau des eaux monter. Parfois le niveau de l'eau s'est élevé de 2m 50 et a inondé plusieurs zones.

I.A.3 Contamination radioactive

Les essais nucléaires, représentent au total 466 bombes nucléaires qui ont été explosées (26 au sol, 90 en altitude et 350 sous terre), ce qui a contaminé une vaste partie de ce pays, avec une contamination équivalente à l'irradiation de Tchernobyl pendant 4 ans. Il est important de noter que les terrains d'essais nucléaires et les usines militaires occupent $\frac{1}{4}$ du territoire kazakhe. Ces essais étaient concentrés au nord-est du pays dans le polygone de Semeï (figure 1 et tableau 1). Mais d'autres sites nucléaires existent. Celui de Cary-Ozek où une base militaire nucléaire avait été installée, celui de Cary-Shagan et encore aujourd'hui celui de Baïkanour (base de lancement spatial). Le site principal de Semeï fut fermé en 1991, suite à un mouvement de protestation et la signature de pétitions avec le soutien de mouvements antinucléaires internationaux. Cette région a été cependant déclarée « zone écologique sinistrée », et l'agriculture y est interdite. Dans cette zone, loin d'être non peuplée, la mortalité infantile est 10 fois plus élevée, et l'espérance de vie est diminuée de 15 ans par rapport au reste du pays. Il y a également une augmentation importante des avortements, de nombreux cas d'anémie et d'anomalies chromosomiques.

Les résidus ou matériaux radioactifs de ce polygone ont été enfouis en juillet 2000 et 100 tonnes d'explosifs (conventionnels) ont été utilisées afin de fermer le tunnel. Le Kazakhstan a hérité également, lors de son indépendance, de 1400 ogives nucléaires russes. Aujourd'hui ces ogives auraient été restituées à leur propriétaire, mais le Kazakhstan contient encore de grandes réserves d'uranium nucléaire.

Cependant, le gouvernement soviétique utilisait le nucléaire à d'autres fins. En 1974, ils utilisèrent une bombe de 140 kt (mise à feu à 100 m sous terre) pour relier deux rivières (rivières Tchagan et Achys) afin d'améliorer l'irrigation de la région. Cette bombe projeta dans l'air des tonnes de roches et de poussières radioactives dont les retombées ont été 3000 à 4000 fois supérieures à la norme internationale. D'autres bombes atomiques furent utilisées pour creuser des cratères destinés à devenir des poubelles pour les déchets nucléaires. Ainsi, 37 cratères ont été créés, dont 17 auprès de la mer Caspienne.

En 1989, un nuage radioactif de 10 km de diamètre a été dégagé par un essai souterrain. Les autorités militaires du polygone informèrent immédiatement le gouvernement. Les Nations Unies furent mises au courant également. Une enquête a été menée par les autorités soviétiques et a abouti à la conclusion que : « tout va bien, les maladies signalées sont sûrement dues à la radiophobie et à l'alcoolisme, à une mauvaise alimentation et à une pollution chimique ».

I.A.4 Agriculture et l'assèchement de la mer d'Aral

La culture de coton tient également une place importante dans la dégradation et la contamination de l'environnement au Kazakhstan et de toute l'Asie Centrale. En effet, ce type de culture nécessite une quantité importante de fertilisants et de pesticides. Ces derniers sont composés d'éléments bio-accumulateurs qui se retrouvent tout au long de la chaîne alimentaire, certains de ces composés sont toxiques et néfastes pour les êtres vivants. En effet, les dérivés et résidus des fertilisants et/ou pesticides appliqués sur les champs, ont tendances à s'infiltrer dans le sol, et à être lessivés par les eaux. Ainsi ils sont présents dans les nappes phréatiques et dans les cours d'eau. Rivières et fleuves peuvent être alors contaminés par ces dérivés.

La mise en place de la culture de coton est également à l'origine de l'assèchement de la mer d'Aral. En effet, les fleuves qui s'y jettent sont utilisés pour irriguer les nouveaux champs de cotons, diminuant ainsi l'approvisionnement de la mer en eau. En résulte, la diminution de la biodiversité, la dernière espèce de poisson endémique a disparu vers 1985 car elle ne pouvait plus ni s'alimenter, ni frayer. De plus, l'augmentation du taux de salinité (figure 1 et tableau 1) et les résidus de pesticides, d'engrais et de désherbants utilisés pour la culture du coton n'ont pas été sans conséquences sur la réduction de cette biodiversité.

Autour de la mer d'Aral, des changements climatiques importants ont été observés. L'air est devenu plus sec, les hivers sont plus froids et plus longs d'un mois et les étés plus chauds. Le nombre de jours sans pluies a augmenté (de 30 à 35 en 1950 ils sont aujourd'hui de 120 à 150). Les zones où autrefois la mer était présente, sont désormais asséchées et le sel, le sable et les poussières présents se déplacent à des centaines de kilomètres transportant avec eux les résidus chimiques des terres cultivées (figure 1 et tableau 1). Les conséquences sanitaires les plus importantes se situent à l'est de la mer d'Aral et au sud (jusqu'au nord du Turkménistan). En effet, le sel et la poussière provoquent des maladies respiratoires et des cancers de la gorge et de l'œsophage. L'eau potable étant de mauvaise qualité, les populations sont victimes de typhoïde, de paratyphoïde, d'hépatite et de dysenterie.

I.A.5 Surpâturage

La majeure partie de la steppe, anciennement zones de pâturages, a été transformée en terres agricoles lors de la « campagne des terres vierges », réduisant alors considérablement l'espace pastoral. Ceci a pour conséquence la surexploitation des parcours. De plus pendant l'époque d'occupation soviétique, la création des grandes fermes collectives a provoqué le surpâturage et la surexploitation des zones pastorales situées autour de ces structures agricoles (les kazakhes étant forcés de se sédentariser et ne pouvaient pas faire autrement). Au Nord, l'usure du sol a été accélérée par des vents importants (figure 1 et tableau 1). La rotation des cultures n'étant pas pratiquée de façon efficace, l'utilisation massive de fertilisants et de pesticides pour compenser la mauvaise fertilité de ces sols surexploités et la mauvaise gestion de l'irrigation augmente les conséquences du surpâturage. Ainsi, 40% des prairies semblent être surexploitées et 10 à 50 ans seraient nécessaires pour qu'elles puissent retrouver leur fertilité initiale.

I.B - L'élevage au Kazakhstan

L'élevage au Kazakhstan est diversifié (camelins, bovins, ovins, caprins, équins, suidés, volailles, mais aussi cervidés). La population bovine est composée de 8 races locales et 4 races importées. Le Kazakhstan compte également 17 races différentes de petits ruminants, 12 races de chevaux, 3 espèces de truies. Concernant la population caméline, 2 espèces sont

présentes : le chameau de Bactriane de race « Kazakhs Bactriane », qui présente 3 types : Oralbokeïlik, Kyzylorda, Ongtüstik Kazakhstan ; et le dromadaire de race « Arvana ».

Après l'indépendance, les effectifs des cheptels kazakhes ont subi une diminution. Même si la tendance s'inverse depuis 2001, ils ne sont toujours pas revenus au niveau de 1990 (figure 2, tableau 2).

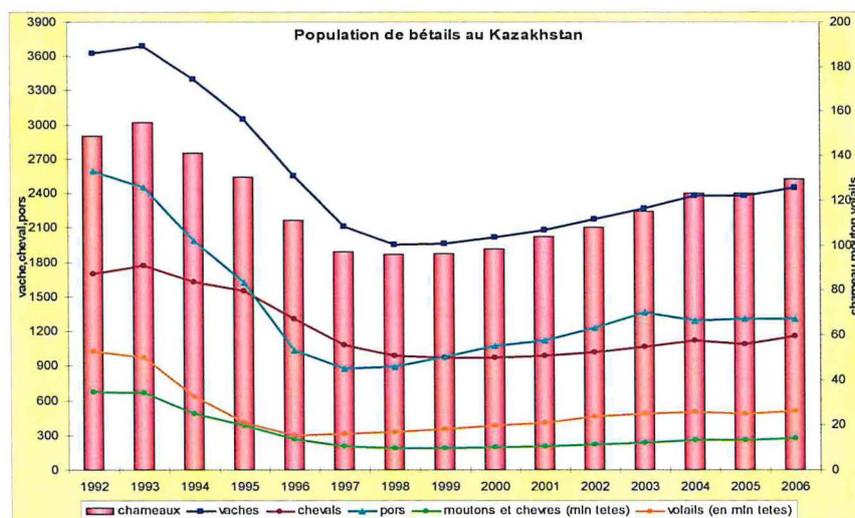


Figure 2: Evolution du cheptel du Kazakhstan entre 1992 et 2006 (d'après Konuspayeva, 2007)

Tableau 2: Population de chameaux, de chevaux et de bovins dans les 14 régions du Kazakhstan au 1er juillet 2006 (source : Agence des Statistiques du Kazakhstan).

	Chameaux		Chevaux		Bovins	
	Milliers de têtes	*	Milliers de têtes	*	Milliers de têtes	*
Akmola	0,1	100,0	100,7	100,5	489,0	100,7
Aktobe	16,3	105,8	76,5	106,4	481,1	106,0
Almaty	5,3	103,9	229,8	104,4	844,6	109,2
Atyrau	31,0	103,3	45,3	102,3	169,4	105,9
Shygyz-Kazakhstan	0,4	80,0	181,4	107,1	926,8	104,1
Jambyl	4,7	104,4	82,5	103,9	329,0	105,0
Batys-Kazakhstan	3,7	100,0	57,5	102,9	494,3	101,9
Karagandy	1,4	107,7	144,8	102,2	498,4	103,5
Kostanaï	0,2	100,0	75,2	103,0	583,4	106,8
Kyzylorda	25,1	102,9	56,5	103,1	230,8	106,7
Manggystaou	39,9	105,6	35,2	100,6	10,0	117,6
Pavlodar			78,8	105,9	431,3	103,4
Soltüstik-Kazakhstan			99,6	104,0	458,7	101,5
Ongtüstik-Kazakhstan	17,1	111,0	143,7	108,6	769,2	109,1
Ville Astana			0,3	100,0	1,8	47,4
Total Kazakhstan	145,2	104,9	1408,2	104,4	6722,6	105,1

(* = en % par rapport l'année précédente)

I.C - L'élevage camelin au Kazakhstan

I.C.1 Caractéristiques des camélidés

Les camélidés sont des mammifères artiodactyles, ils sont divisés en 3 genres (Camelus, Lama, Vicugna) et différenciés en 7 espèces (Figure 3).

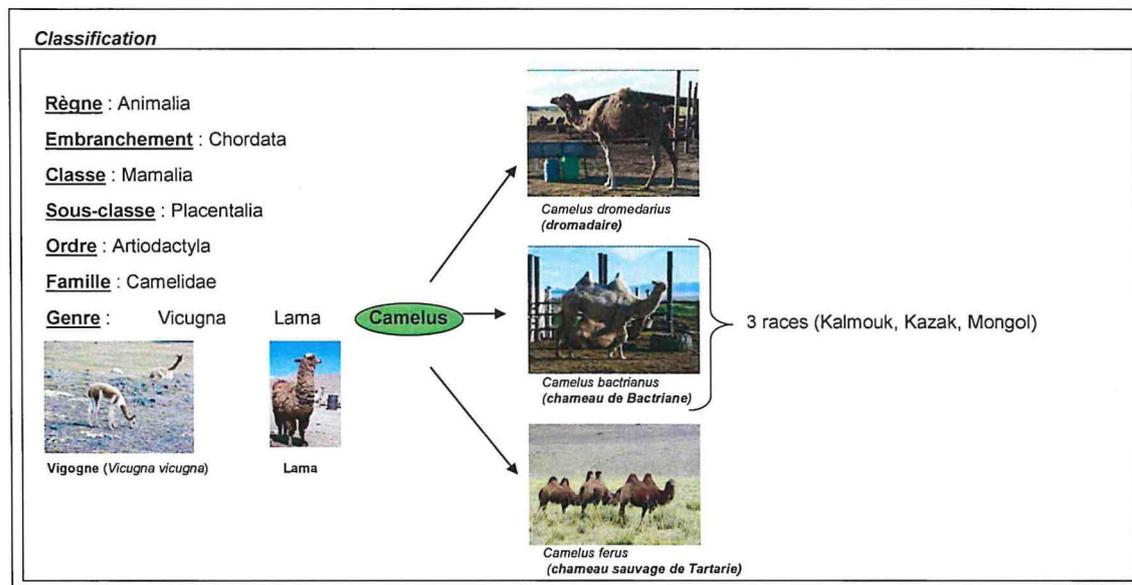


Figure 3 : Classification des Camélidés

* *Camelus bactrianus* : au Kazakhstan, 3 types sont différenciés selon la taille, la corpulence et leur productivité (Anonyme n°1). (Tableau 3).

* *Camelus dromedarius* : de race Arvana originaire du Turkménistan. D'un point de vue morphologique, ces animaux possèdent une seule bosse compacte et placée un peu en arrière. Au niveau des omoplates, la laine est plus longue (« les épaulettes »). La hauteur moyenne est de 189-195 cm pour le mâle et de 181-187 cm pour la femelle. La longueur du corps varie en moyenne de 160 à 165 cm chez le mâle et de 157 à 163 cm chez la femelle. Le tour de poitrine est en moyenne de 218-225 cm chez le mâle et de 213-220 cm chez la femelle. Le poids vif du mâle est de 610-650 kg en moyenne et de 560-600 kg pour la femelle.

Les hybrides : Au Kazakhstan, des animaux hybrides Bactriane - Arvana sont présents. Il est même fréquent dans le Sud du pays, au sein de la même exploitation, chameaux de Bactriane et dromadaires étant élevés ensemble. L'hybridation est pratiquée depuis longtemps, ce qui a pour conséquence qu'une grande diversité d'hybrides existe et possèdent des signes phénotypiques caractéristiques du type d'hybridation dont ils sont issus. En effet, il existe plusieurs méthode d'hybridation (méthode Kazakhe ou Turkmène), et plusieurs générations d'hybrides.



I.C.2 Localisation et effectif

Ce type d'élevage est principalement localisé dans la moitié Sud du pays, dans les zones steppiques. Les effectifs du cheptel camelin, en 2006, dans les 14 régions du Kazakhstan sont regroupés dans le tableau 2. Nous pouvons constater qu'en 2006 le Kazakhstan comptait 145200 chameaux. Cependant, dans certaines régions la population caméline a diminué (Shygys-Kazakhstan) ou est restée stable (Akmola, Batys-Kazakhstan, Kostanaï) par rapport à l'année 2005, alors que dans les régions les plus arides du pays où les camelins sont le plus présents, leur effectif a légèrement augmenté (Atyrau, Kyzylorda, Manggystaou, Aktobe, Ongüstik-Kazakhstan).

De façon générale, chameaux de Bactriane et dromadaires évoluent ensemble sur les parcours et également au sein des mêmes exploitations. Des fermes de « races pures » existent, mais en fonction des régions, le pourcentage d'animaux de « race pure » est variable. Le type « Oralbokeilik » est souvent élevé dans les fermes de « race pure » qui peuvent contenir jusqu'à 8% des effectifs de la région d'Atyrau. Pour le type « Kyzylorda », la région de Kyzylorda est la plus riche en « race pure » qui représente 8,4 % de la population caméline de la région (soit 2,1 milliers de têtes), alors que dans la région d'Aktobe ne contient que 0,7% d'animaux de « race pure ». Pour le type « Ongtüstik-Kazakhstan », la population de « race pure » dans la région de Mangystaou représente 2,2% de la population totale des chameaux de Bactriane. Quant aux dromadaires, ils sont répandus un peu partout au Kazakhstan, mais principalement dans le sud du pays. Il n'existe pas de fermes de « race pure » de dromadaire type Arvana.

I.C.3 Structures d'élevage

Les structures d'élevage camelin varient d'une région à l'autre, en réponse à des pratiques différentes et aux caractéristiques de l'environnement. Néanmoins, c'est un élevage majoritairement de type extensif sur parcours, même si quelques exploitations intensives et semi-intensives existent.

I.C.4 Production, utilisation des camélidés au Kazakhstan

Chameaux et dromadaires sont également utilisés par l'homme comme bête de somme mais également comme animal de production pour le lait et la viande.

Les kazakhes considèrent les chamelles et les juments comme des animaux laitiers à part entière. Ces laits sont principalement consommés sous forme fermentée. Le lait de vache est consommé principalement dans les villes alors que le shubat (lait de chamelle fermenté) et le koumis (lait de jument fermenté) sont des boissons traditionnelles et culturellement importantes consommées aussi bien par la population rurale que citadine.

Le Kazakhstan ne dispose pas de statistique de production de lait de chamelle et de jument (Konuspayeva, 2007). Néanmoins, des éleveurs effectuent de la sélection, sur les chameaux de Bactriane (tableau 3) afin d'augmenter la production de viande, de lait ou de laine, et sur les dromadaires pour augmenter la production laitière avec la production d'un lait plus riche en matières grasses.



II - Matériel et méthode

II.A - Zones d'échantillonnage

Ce travail a été réalisé dans 4 régions du sud Kazakhstan : la région d'Almaty, de Chymket, d'Atyrau et d'Aralsk (Figure 4).

Les sources polluantes (industries minières, pétrolières et zones radioactives) ont été identifiées et localisées sur la carte pour chacune de ces régions. Ensuite un gradient circulaire a été déterminé à partir de la ville principale de chaque région avec pour unité : 100 km de diamètre (Figure 4). Les échantillons ont donc été prélevés à différents endroits au sein de ces gradients : dans les fermes, et auprès de sources polluantes, sur la route à différentes distances de ces sources ou des fermes, quand cela a été possible.

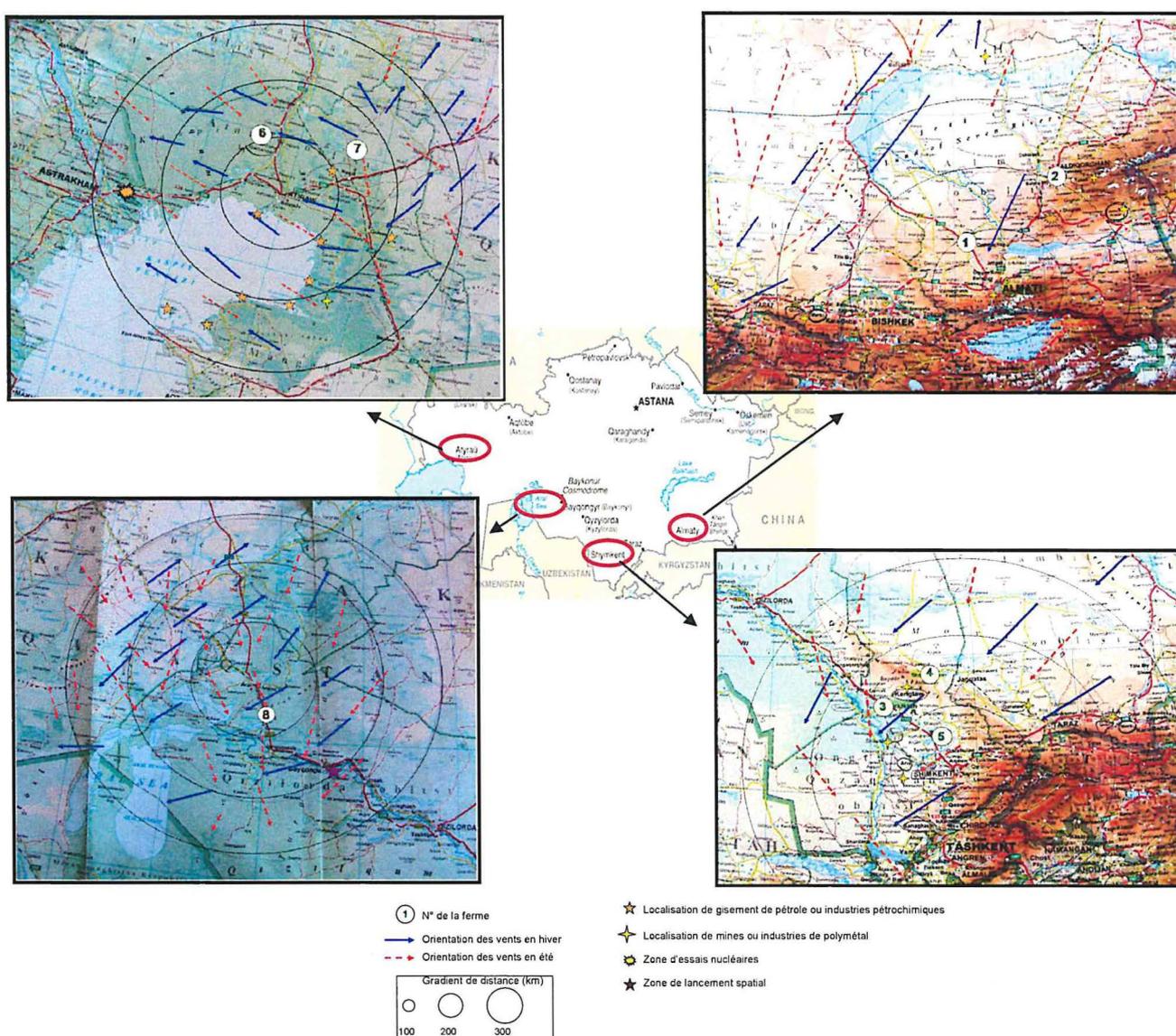


Figure 4 : Cartes des 4 zones d'études (localisation et caractéristiques) (échelle : 1cm=100km).

II.B - Echantillonnage

Pour chaque échantillon prélevé : lait et shubat dans les fermes, eau et fourrages, un point GPS a été enregistré, et la zone caractérisée selon d'éventuelles sources de contamination visibles ou suggérées (usines, proximité avec des routes...). (Annexes A)

Les points GPS ont servi à la réalisation d'une carte restituant précisément les lieux d'échantillonnages (figure 5), et permettra par la suite, si cette étude se poursuit, de pouvoir établir un suivi dans le temps de ces zones.

Le type et le nombre d'échantillons prélevés sont consignés dans le tableau 4. Au total, 41 échantillons ont été réalisés dont : 13 d'eau ; 12 de plantes ; 8 de lait de chamelle, 6 de shubat, 1 de Koumis et 1 de lait de vache (Tableau 4).

Remarque : Les laits de chamelle et les shubat sont prélevés quelque soit la race ou l'espèce (dromadaire, chameau de Bactriane et hybrides).

Tableau 4 : Nombres d'échantillons et leurs caractéristiques.

	Nom du lieu	N°, lettre	Oblast, région	Eau	Plantes	Lait de chamelle	Shubat	Koumis	Lait de vache
Ferme	TOO "Daulet-Beket"	1	Almaty	+	+	+			
	TOO "Daulet-Beket"	1	Almaty		+				
	Kch Aldabergenova	2	Almaty	+	+	+	+	+	+
	Turkestan P "Esenov Mahmoud"	3	Chymket	+	+	+	+		
	AO Sarky-Arka	4	Chymket	+	+	+	+		
	TOO Karakalpak	5	Chymket	+	+	+	+		
	AO "Birinshi mamyr"	6	Atyrau	+	+	+			
	Kch Tendik	7	Atyrau	+	+	+	+		
	Station d'Aralkoum, P "Beisenbayev Daouletbas"	8	Aral	+	+	+	+		
Sources Polluantes	Cary-Ozek	co	Almaty	+	+				
	Tekeli	t	Almaty	+					
	Kengtaw	k	Chymket	+	+				
Sur la route	Turkestan	1	Chymket	+					
	Quiziwalit	2	Chymket	+	+				

Total	13	12	8	6	1	1
Nombre total d'échantillons	41					

II.B.1 Echantillonnage dans les fermes

Au total, 8 fermes ont été échantillonnées : 2 fermes dans la région d'Almaty, 3 dans la région de Chymket, 2 dans la région d'Atyrau et 1 dans la région d'Aralsk (Figure 4 et 5).

Dans chaque ferme, 1,5L de lait de mélange de la dernière traite, et 1,5L de shubat (excepté pour les fermes 1 et 6) ont été prélevés. Ces échantillons sont immédiatement placés dans une glacière contenant des blocs réfrigérants.

De plus, 1 Kg de fourrages ont été prélevés, selon une méthode inspirée de la « collecte du berger », autour de la ferme ou sur la zone de parcours des animaux échantillonnés pour le lait.

2 litres d'eau sont prélevés dans le point d'abreuvement le plus proche de la ferme.

Le fourrage est placé dans un sac plastique et l'eau est stockée dans un bocal en verre fermé.

Afin de mener à bien l'échantillonnage des fourrages sur les parcours, l'éleveur ou un berger sont présents. Ils montrent les plantes consommées par les chamelles et donnent leurs noms kazakhs quand ils les connaissent. (Un herbier a pu être constitué, même si il est loin d'être exhaustif et que beaucoup de plantes restent encore non identifiées. Liste des plantes identifiées voire annexe B)

II.B.2 Echantillonnage auprès des sources polluantes

Quant les moyens techniques ont permis d'aller auprès des sources polluantes (comme des industries transformant le métal), 1 Kg de fourrage et 2 litres d'eau ont été prélevés au plus près de ces sources. Ainsi 3 sources polluantes ont pu être échantillonnées et caractérisées (Annexe C). Une des sources se situe dans la région de Chymket (à Kengtaw) non loin de la ferme n° 3. Les deux autres se situent dans la région d'Almaty, non loin de la ferme n°2.

II.B.3 Echantillonnage sur la route

Seulement deux échantillons de ce type ont pu être réalisés et ce dans la région de Chymket. (Annexe A et C)

Comme pour les autres zones d'échantillonnages, 1kg de fourrages et 2litres d'eau ont été prélevés.

II.C - Codage des échantillons

Chaque échantillon a été codé afin de faciliter la lecture des résultats.

La première lettre correspond au type d'échantillon : W. pour l'eau ; P. pour les plantes ; M. pour le lait de chamelle; S. pour le Shubat ; CM. pour lait le lait de vache ; HM. pour le lait de jument. La deuxième lettre fait référence à la région (Oblast) où a été prélevé l'échantillon : A. pour Almaty ; C. pour Chymket ; At. Pour Atyrau et Ar. pour Aral. La troisième lettre informe sur le lieu d'échantillonnage : Fx. pour ferme (x= numéro de la ferme) ; SPy. pour source polluante (y= première lettre du nom du lieu) ; Xz. pour échantillonnage sur la route (z= numéro de l'arrêt sur la route). Et enfin, le mois et l'année : 05/07 pour mai 2007 ; 06/07 pour juin 2007 ; 07/07 pour juillet 2007.

Exemple : W.A.F1-05/07= Eau échantillonnée dans la région d'Almaty, dans la ferme 1 en Avril 2007.

II.D - Analyse des échantillons

II.D.1 Dosage des métaux lourds et macro éléments

La préparation des échantillons de fourrages (séchage et broyage) a été réalisée à Almaty (Kazakhstan), au laboratoire de biotechnologie alimentaire de la faculté de biologie de l'université National Kazakhe Al-Farabi (KAZ-GU).

Le dosage des métaux lourds et des macro éléments a été réalisé à Montpellier (France), au laboratoire US49- Analyses du CIRAD/PERSYST. (Méthode de dosage en Annexe D)

Les éléments dosés sont :

- Pour les échantillons d'eau: cuivre (Cu), zinc (Zn), plomb (Pb), arsenic (As), phosphore (P), calcium (Ca), magnésium (Mg), fer (Fe), et manganèse (Mn).

- Pour les échantillons de lait, de shubat, et de fourrages : Cu, Zn, Pb, As, P, Ca, Mg, Fe, Mn et azote total (N)

Remarque : l'unité utilisée est le ppm. 1 ppm est égale à 1mg/kg de MS de fourrage, ou à 1mg/kg de lait et eau. Pour les teneurs en P, Ca, Mg dans les fourrages l'unité utilisée est le % (g/100g de MS)

II.D.2 Dosage des radionucléides

Les échantillons de lait et de shubat ont été lyophilisés. Cette manipulation a été effectuée à ANTIGENE (Kazakhstan).

Le dosage des radionucléides est réalisé à l'université de Nice par le laboratoire de Radiochimie, Sciences Analytiques et Environnement.

Remarque : Nous n'avons pas encore les résultats des dosages des radionucléides pour ce rapport.

II.E - Analyses des résultats

Etant donné le faible nombre d'échantillons, nous n'avons pas pu faire d'analyses statistiques. Néanmoins, j'ai effectué une analyse descriptive des résultats des dosages.

Une des méthodes utilisée ici consiste à centrer les variables sur un indice. L'indice a pour valeur 1 et correspond à la moyenne de chaque type d'échantillons. Ensuite un rapport de la valeur de chaque échantillon sur la moyenne qui correspond est effectué. Ainsi, pour chaque échantillon nous obtenons un indice qui lui est propre. Ces indices sont ensuite représentés sous forme de figure.

Cette méthode permet de représenter sur une même figure les teneurs en 1 élément dans l'eau, le fourrage, le lait et le shubat, dans une valeur relative, supprimant alors les différences de grandeurs d'unité et de comparer chaque variable à la moyenne lui correspondant.

III– Résultats

III.A- Carte de prélèvement (points GPS), distances et sources polluantes

Zone d'étude :
caractéristiques et localisation des prélèvements (eau, fourrage)

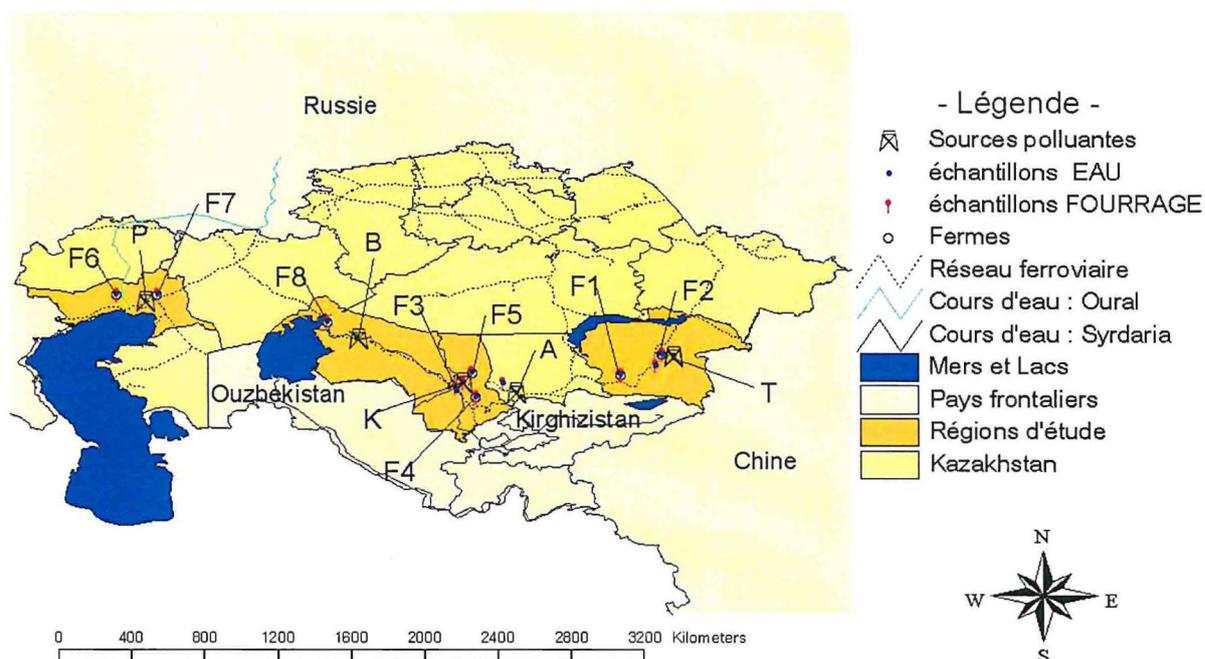


Figure 5 : Carte de la zone d'étude avec le points GPS des lieux d'échantillonnage (P= Pétrole ; K= usine Kengtaw ; B= Baïkanour ; A= usine Aca ; T= usine Tekeli ; Fx= Ferme n°x).

Chaque prélèvement de fourrage, d'eau et de lait dans les fermes a été localisé par un point GPS. L'ensemble de ces points a permis la réalisation de la figure 5, et le calcul des distances entre chaque ferme d'une même région, et des distances séparants les fermes des sources polluantes (Tableau 5).

Ainsi :

- Dans la région d'Almaty, la ferme 2 est plus proche des sources de pollutions SPt (Tekeli) et SPco (Cary-Ozek) que la ferme 1. A Tekeli est implanté une usine de polymétal et à Cary-Ozek se trouvent une ancienne base nucléaire militaire et une voie de chemin de fer.
- Dans la région de Chymket, deux sources polluantes ont été localisées : Usine de polymétal de Kengtaw (SPk) et l'usine de phosphate d'Aca. Les fermes et point de prélèvements des plus proches au moins proches de SPk sont : F3, X1, F5, F4, X2. Et pour Aca sont : X2, F4, F5 et F3.
- Dans la région d'Atyrau, un seul puisement de pétrole a été identifié. La ferme 7 est plus proche de forage que la ferme 6.
- Dans la région d'Aral, la ferme 8 est située le long de la voie de chemin de fer et la base de lancement de fusé de Baïkanour se situe à 148 km de cette ferme.

III.B – Teneurs en macroéléments dans les fourrages, les plantes, le lait et le shubat

III.B.1 Teneurs moyennes

Les tableaux 6 à 9 représentent les valeurs moyennes en macroéléments dans les échantillons de fourrages, d'eau, de lait et de shubat.

Ainsi, les fourrages analysés contiennent en moyenne $2,37 \pm 0,39$ % d'azote, $0,22 \pm 0,07$ % de phosphate, $1,15 \pm 0,50$ % de calcium et $0,46 \pm 0,23$ % de magnésium (tableau 6).

Concernant les échantillons d'eau, la teneur moyenne en phosphore est de $0,05 \pm 0,02$ ppm ; de $89,06 \pm 99,34$ ppm pour le calcium et $71,08 \pm 78,87$ ppm pour le magnésium (tableau 7).

Dans le lait de chamelle (tableau 8) et le shubat (tableau 9), les teneurs en azote sont en moyenne de $0,5 \pm 0,1$ ppm et de $0,54 \pm 0,11$ ppm respectivement. Alors que le lait de vache et de jument analysés contiennent 0,39 et 0,42 ppm. La teneur moyenne en phosphore dans le lait de chamelle est de $960,59 \pm 104,14$ ppm et de $988,07 \pm 158,78$ ppm dans le shubat, de 565,9 ppm dans le lait de jument et de 751,7 ppm dans le lait de vache. Les teneurs moyennes en calcium sont de $1235,42 \pm 233,54$ ppm dans le lait de chamelle, de $1379,77 \pm 217,95$ ppm dans le shubat. Dans le lait de jument et le lait de vache, les teneurs en calcium sont de 958,03 ppm et 623 ppm respectivement. Le lait de chamelle contient $88,51 \pm 11,95$ ppm de magnésium en moyenne, le shubat $96,12 \pm 13,61$ ppm. Le lait de jument a une teneur en magnésium de 93,21 ppm et le lait de vache de 82,91 ppm.

Nous pouvons alors constater que le lait de chamelle semble en moyenne plus riche en azote, en phosphore et en calcium que les laits de vache et de jument. Cependant si l'on compare les teneurs de ces éléments dans le lait de vache et de jument avec celles du lait de chamelle de la ferme 2, il apparaît que le lait le plus riche en P est le lait de chamelle, le plus riche en Ca et en Mg est celui de jument. Le lait de vache présente toujours les teneurs les plus faibles des trois laits, sauf pour le Mg, élément pour lequel le lait de chamelle est plus faible. Les différences dans les teneurs en macroéléments entre lait de chamelle frais et lait fermenté (shubat) semblent faibles.

III.B.2 Description des teneurs en macroéléments dans les fermes

III.B.2.1 - Azote

D'après la figure 6, il semblerait que la richesse en N des fourrages influence la teneur en N du lait et du shubat. Cependant la ferme 6 possède des fourrages dont l'indice en azote est le plus faible (0,62), néanmoins le lait de chamelle produit dans cette ferme n'est pas le plus pauvre en N. Il a un indice de 1,06 équivalent à celui du lait produit dans la ferme 4 dont l'indice du fourrage est de 1,12 (indice maximal pour l'azote dans les fourrages).

La ferme 3 a un fourrage avec un indice de 0,86 en azote, un lait et un shubat avec un indice en azote de 0,65 et 0,68 respectivement. Tandis que la ferme 1 dont l'indice est de 0,95 pour l'azote dans les fourrages, va produire un lait avec un indice de 1,19.

La ferme 5 et 8 ont des indices pour les fourrages similaires (1,05) ainsi que pour le shubat (1,04 et 1,1) pourtant leurs indices pour le lait différent (0,98 et 1,12).

Ce que nous pouvons constater, c'est que pour les fermes 1, 6, 7 et 8, il semblerait que plus le fourrage a un indice fort en azote dans les fourrages plus l'indice sera fort pour le lait. Dans le cas des fermes 2, 3 et 4, nous pouvons observer une diminution de l'indice entre le fourrage et le lait, mais avec néanmoins un indice en N du lait moins faible pour indice en N des fourrages plus fort. Les indices d'azote dans le shubat des fermes 4, 7 et 8 semblent diminuer par rapport à ceux du lait, alors qu'ils augmentent pour les fermes 2, 3 et 5.

III.B.2.2 – Phosphore

L'échantillon d'eau provenant de la ferme 2 est dépourvue de phosphore. Concernant les échantillons d'eaux des autres fermes, nous pouvons constater qu'ils sont majoritairement supérieurs à 1 excepté pour les fermes 4 et 6. Les fourrages qui présentent les indices les plus élevés sont ceux des fermes 2 et 4. (Figure 7)

Les indices pour le lait de chamelle et le shubat fluctuent autour de la moyenne, avec une tendance à augmenter pour le shubat par rapport au lait dans le cas des fermes 2, 5 et 8 ; et à diminuer dans le cas des fermes 3, 4 et 8.

Nous pouvons également constater que la tendance est à une diminution de l'indice en P des fourrages par rapport à ceux de l'eau, sauf dans le cas des fermes 2 et 4 pour lesquelles l'indice augmente. Cette tendance semble se prolonger pour les indices de P dans le lait eux aussi supérieurs à ceux des fourrages (sauf pour les fermes 2 et 4). Il semblerait que les fermes ayant un indice en phosphore dans l'eau supérieur ont également un indice en P dans les fourrages et dans le lait supérieurs.

III.B.2.3 – Calcium

D'après la figure 8, nous constatons la présence de deux groupes par rapport à l'indice de calcium dans l'eau. En effet, les fermes 2, 3, 4, 5 et 6 ont des indices en Ca dans l'eau inférieurs à 1 (0,27 ; 0,47 ; 0,33 ; 0,36 ; et 0,26 respectivement) tandis que les fermes 1, 7 et 8 ont des indices nettement supérieurs (2,54 ; 2,58 et 3,52 respectivement). Cependant, cette tendance ne se retrouve pas au niveau des fourrages. Les indices les plus élevés de Ca dans les fourrages étant présents dans les fermes 2 et 4 (1,06 et 1,14 respectivement).

Néanmoins, comme pour le phosphore, les indices de Ca dans le lait et dans le shubat sont assez homogènes et répartis autour de l'indice 1.

Deux tendances semblent exister. La première semble être caractérisée par une diminution des indices de Ca dans les fourrages par rapport à ceux de l'eau lorsque ces derniers sont élevés et supérieurs à l'indice 1 (cas des fermes 1, 7 et 8). Pour les autres fermes (fermes 2, 3, 4, 5 et 6) l'indice de Ca dans les fourrages augmentent par rapport à ceux de l'eau. La deuxième tendance est que les indices de Ca dans le lait augmentent ou reste stable par rapport à ceux des fourrages qui sont inférieurs à l'indice 1 (fermes 1, 3, 5, 6 et 7), alors qu'ils diminuent pour les fermes 2, 4 et 8 qui ont des indices en Ca dans les fourrages supérieurs à l'indice 1.

III.B.2.4 – Magnésium

D'après la figure 9, nous pouvons observer que les fermes 7 et 8 présentent des indices de magnésium dans l'eau supérieurs aux autres fermes qui ont quant à elle des indices inférieurs à 1.

Les indices en Mg dans les fourrages augmentent par rapport à ceux de l'eau pour toutes les fermes sauf pour les fermes 7 et 8.

Pour le lait et le shubat, les indices de Mg de chaque ferme sont autour de l'indice 1.

Ce que nous pouvons remarquer, c'est que de l'eau au fourrage et du fourrage au shubat les indices de Mg ont tendance à diminuer pour les fermes dont les indices d'eaux et de fourrages supérieurs à 1 (cas des fermes 7, 8, 3, 4 et 5). Alors que pour les fermes dont les indices de fourrages sont inférieurs à 1, les indices de lait et de shubat ont tendance à augmenter (cas des fermes 1, 2 et 6).

⇒ La teneur en macroéléments dans la chaîne **eau –fourrage -lait frais -lait fermenté**, semble variée au sein de chaque composante de la chaîne mais aussi en fonction des lieux de prélèvement (fermes). Des figures 6 à 9, nous avons pu constater quelques tendances, mais nous pouvons également constater que généralement, il semblerait qu'un indice plus fort en un macroélément dans l'eau, dans une ferme par rapport à une autre ferme, est associé également à un indice plus fort pour ce macroélément dans les fourrages, le lait et le shubat.

III.C - Teneurs en métaux lourds

III.C.1 Dans les fourrages

Les teneurs moyennes en métaux dans les plantes sont consignées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Teneurs moyennes de métaux lourds dans les fourrages (en ppm).

	ppm (mg/ Kg de mat. Sèche)					
	Cu	Fe	Mn	Zn	As	Pb
Moyenne	10,40	793,69	62,38	32,95	1,03	4,28
Max.	14,70	2533,00	112,00	94,30	1,80	34,90
Min.	6,70	291,00	37,80	11,10	0,40	0,70
er.std	2,93	630,48	20,67	27,15	0,49	9,60

Les graphiques 10 à 15, représentent les teneurs en métaux lourds présents dans chaque échantillon de fourrages et de plantes. Pour chaque métal, nous pouvons noter une variation de leur teneur dans les fourrages en fonction des lieux de prélèvements, des fermes.

- Le cuivre (figure 10): La teneur en cuivre est de $10,40 \pm 2,93$ ppm en moyenne sur l'ensemble de la zone d'étude. Les fourrages prélevés dans la ferme 5 présentent la teneur la plus faible en cuivre (6,7 ppm), tandis que ceux de la ferme 2 et 4 sont les plus riches en cuivre (14,7 et 14,2 ppm respectivement).

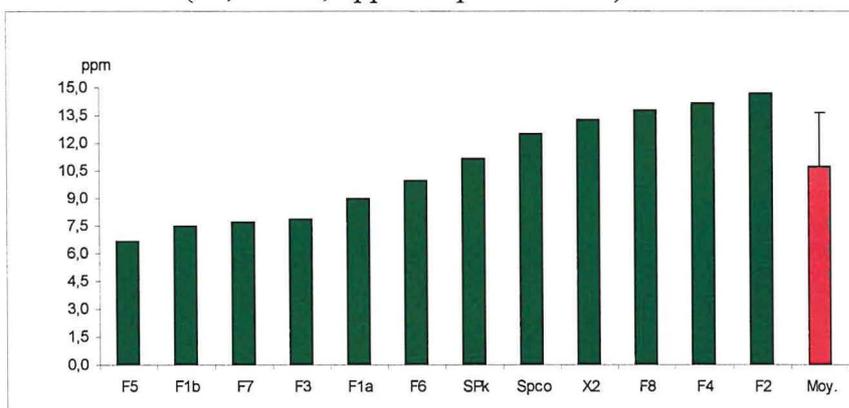


Figure 10 : Teneurs en cuivre dans chaque échantillons de plantes (en ppm).

- Le fer (figure 11): La teneur minimale est observée dans les fourrages de la ferme 3 (291 ppm) et maximale dans la ferme 4 (2533 ppm). En moyenne sur l'ensemble de notre zone d'étude, la teneur en fer des fourrages est de $793,69 \pm 630,48$ ppm.

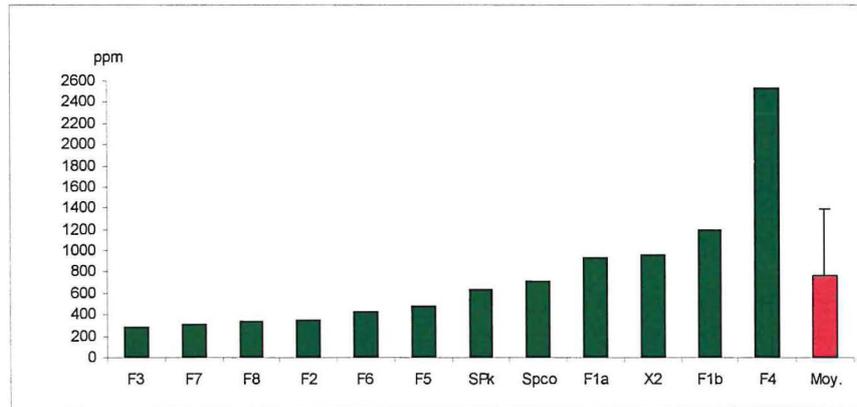


Figure 11 : Teneurs en fer dans chaque échantillons de plantes (en ppm).

- Le manganèse (figure 12): La teneur moyenne sur l'ensemble de nos échantillons est de $62,38 \pm 20,67$ ppm, avec pour teneur minimale 37,8 ppm dans les fourrages de la ferme 3 et pour valeur maximale 112 ppm dans les fourrages de la ferme 4.

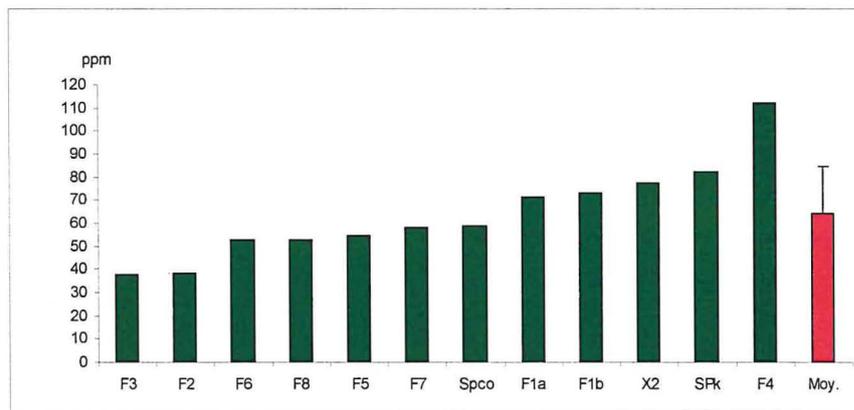


Figure 12 : Teneurs en manganèse dans chaque échantillons de plantes (en ppm).

- Le zinc (figure 13): En moyenne, la teneur en zinc dans les fourrages est de $32,95 \pm 27,15$ ppm. La ferme 6 possède les fourrages les moins riches en Zn avec 11,10 ppm tandis que la teneur la plus importante concerne les plantes prélevées auprès de la source polluante de Kengtaw (94,3ppm).

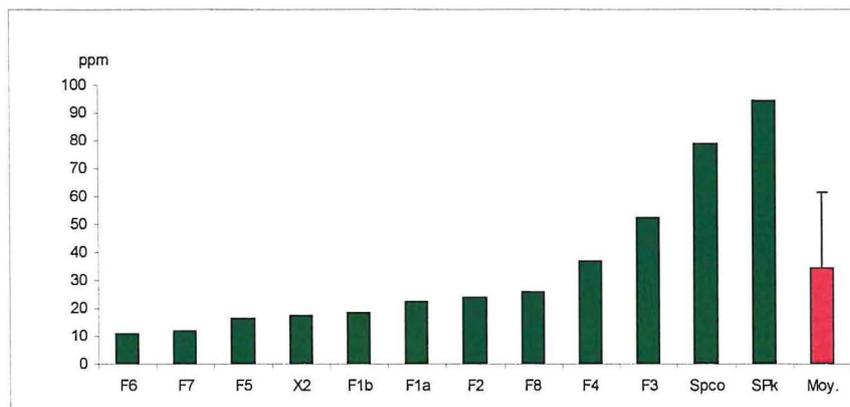


Figure 13 : Teneurs en zinc dans chaque échantillons de plantes (en ppm).

- L'arsenic (figure 14): Dans les fourrages la teneur en arsenic varie de 0,4 ppm (ferme 6) à 1,8 ppm (ferme 4). En moyenne, les fourrages prélevés contiennent $1,03 \pm 0,49$ ppm d'arsenic.

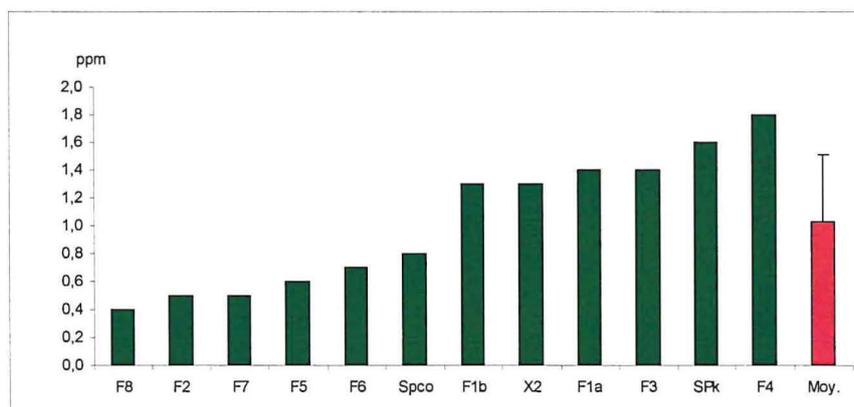


Figure 14 : Teneurs en arsenic dans chaque échantillons de plantes (en ppm).

- Le plomb (figure 15): Les fourrages prélevés dans les fermes semblent être pauvres en Pb par rapport à ceux prélevés auprès de la source polluante de Kengtaw. En moyenne la teneur en plomb des fourrages est de $4,28 \pm 9,60$ ppm. La teneur minimale de plomb est de 0,7 ppm dans les fourrages de la ferme 7 et la teneur maximale est de 34,9 ppm dans les plantes issues de la source polluante Kengtaw.

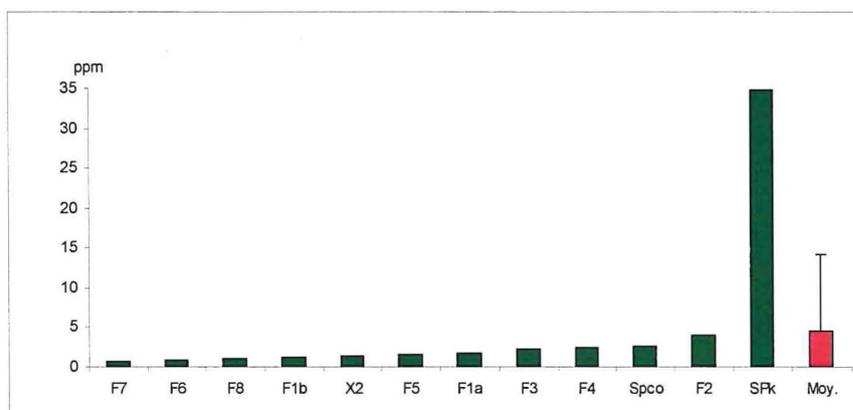


Figure 15 : Teneur en plomb dans chaque échantillons de plantes (en ppm).

⇒ Les échantillons de fourrages de la ferme 4 présentent les teneurs plus élevées pour le Cu, le Fe, le Mn et l'As. Tandis que les fourrages prélevés auprès de la source polluante de Kengtaw présentent les teneurs maximales en Zn et Pb.

III.C.2 Dans l'eau

Dans l'eau, le cuivre, le fer, le manganèse, le zinc, l'arsenic et le plomb n'ont pas été détectés avec les méthodes de dosage utilisées.

III.C.3 Dans le lait

Les teneurs moyennes en métaux lourds dans le lait sont regroupées dans le tableau 11.

Tableau 11 : Teneurs moyennes en métaux lourds (en ppm) dans le lait de chamelle et teneurs en métaux lourds dans le lait de vache, de jument et de chamelle de la ferme 2.

	Cu	Fe	Mn	Zn	As	Pb
Moyenne lait de chamelle	0,07	1,48	0,08	5,16	<0,1	0,025
Max.	0,15	2,56	0,14	10,40	-	0,06
Min.	0,02	0,83	0,04	3,70	-	0,01
er.std	0,04	0,53	0,03	2,17	-	0,02
Lait de jument F2						
Lait de jument F2	0,10	109,00	0,66	36,00	< 0.1	0,03
Lait de vache F2						
Lait de vache F2	0,49	0,89	0,05	2,30	< 0.1	0,02
Lait de chamelle F2						
Lait de chamelle F2	0,06	1,77	0,07	3,80	< 0.1	0,02

Les figures 16 à 20 représentent les teneurs en métaux dans chaque échantillon de lait. Comme pour les fourrages, ces teneurs semblent varier en fonction de la zone de prélèvement.

- Le cuivre (figure 16) : Le lait de chamelle que nous avons prélevé contient en moyenne $0,07 \pm 0,04$ ppm de cuivre, ce qui est inférieur à la teneur en cuivre observée dans le lait de vache (0,49 ppm) et dans le lait de jument (0,1 ppm). Le lait de la ferme 3 présente la teneur maximale (0,15 ppm), et le lait issu de la ferme 8 la teneur minimale (0,02 ppm).

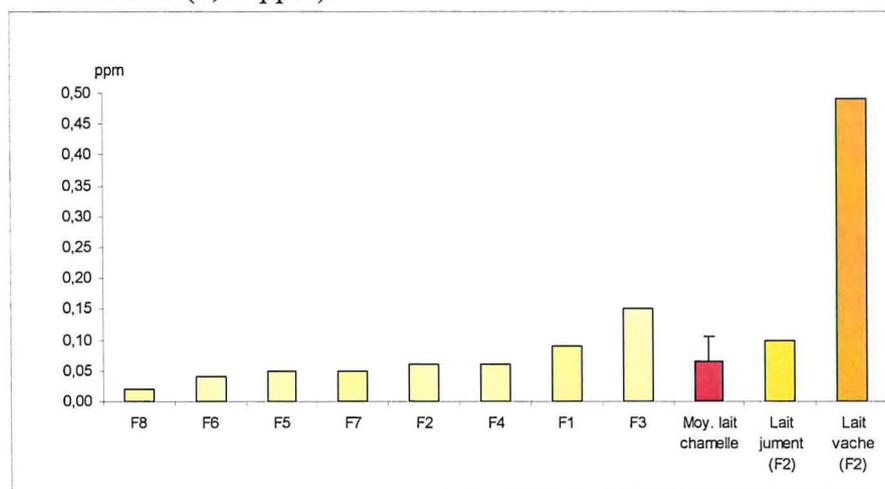


Figure 16 : Teneurs en cuivre dans chaque échantillons de lait (en ppm).

- Le fer (figure 17) : Nous pouvons constater que le lait de jument prélevé dans la ferme 2 est très riche en Fe (109 ppm), et que le lait de vache est plus pauvre (0,05 ppm) tandis que le lait de chamelle contient en moyenne $1,48 \pm 0,53$ ppm de Fe. Le lait produit par les chamelles de la ferme 6 présente la teneur maximale en Fe de tous nos échantillons de lait de chamelle (2,56 ppm), tandis que celui produit dans la ferme 3 est le moins riche (0,83 ppm).

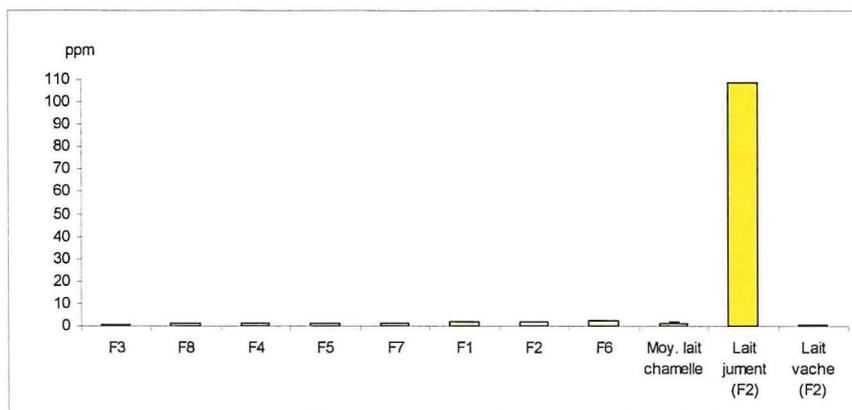


Figure 17 : Teneurs en fer dans chaque échantillons de lait (en ppm).

- Le manganèse (figure 18) : En moyenne le lait de chamelle contient $0,08 \pm 0,03$ ppm de Mn, le lait de jument contient 0,66 ppm et le lait de vache 0,05 ppm. La teneur minimale en Mn dans le lait de chamelle est observé dans le lait issu de la ferme 3 (0,04 ppm) et la teneur maximale dans le lait de la ferme 7 (0,14 ppm).

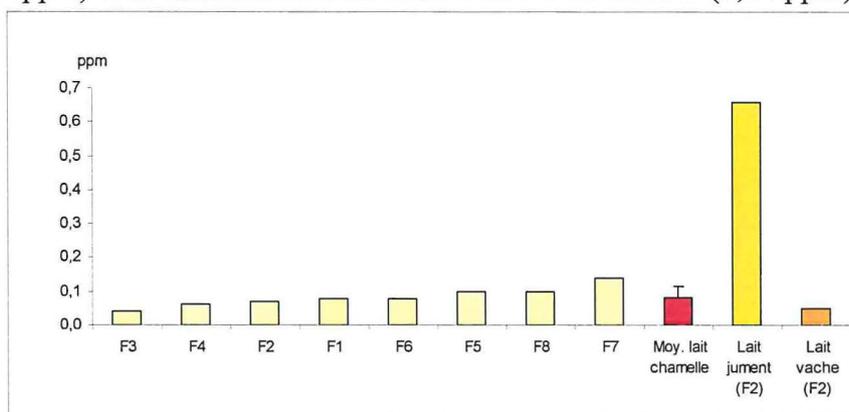


Figure 18 : Teneurs en manganèse dans chaque échantillons de lait (en ppm).

- Le zinc (figure 19) : La teneur en zinc dans le lait de chamelle varie entre 3,7 ppm (ferme 3) et 10,4 ppm (ferme 8) et est en moyenne de $5,16 \pm 2,17$ ppm. Le lait de jument semble plus riche en Zn que les autres laits (36 ppm).

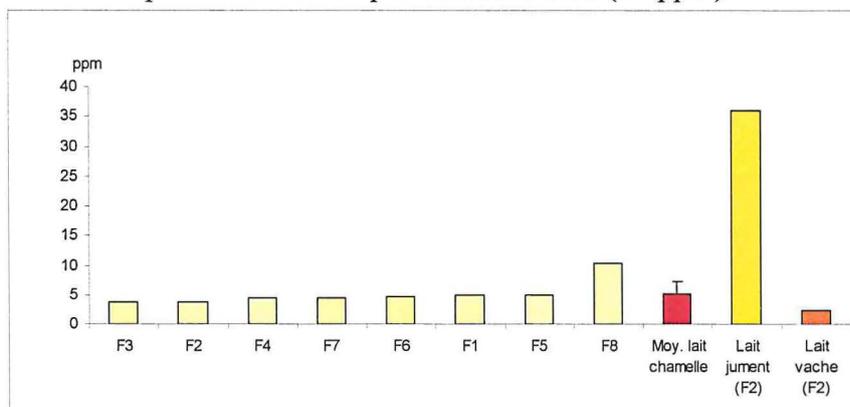


Figure 19 : Teneurs en zinc dans chaque échantillons de lait (en ppm).

- L'arsenic : La teneur de ce métal n'a pas été mesurée avec précision selon la méthode utilisée dans aucun des laits. Elle est inférieure à 0,1 ppm.

- Le plomb (figure 20) : La teneur en plomb dans le lait de chamelle varie entre 0,06 ppm (ferme 4) et 0,01 ppm (ferme 6, 7, 8) et est en moyenne de $0,025 \pm 0,02$ ppm. Dans le lait de jument la teneur en plomb est de 0,03 ppm et de 0,02 ppm dans le lait de vache.

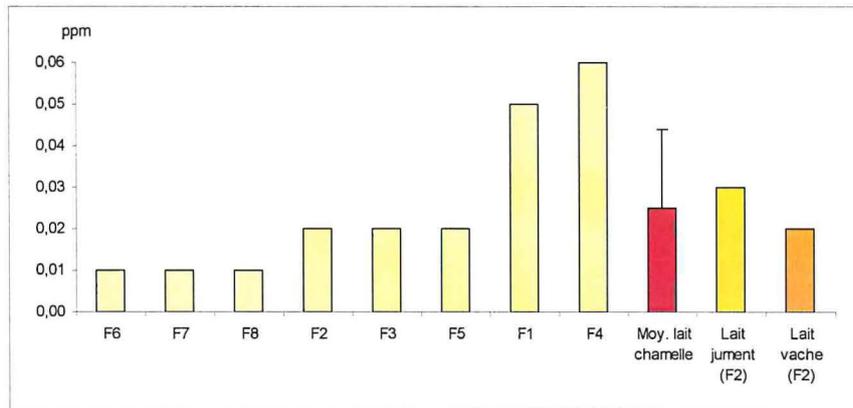


Figure 20 : Teneurs en plomb dans chaque échantillons de lait (en ppm).

Dans la ferme 2, nous pouvons noter que le lait de vache est plus riche en Cu (0,49 ppm) par rapport aux autres laits, le moins riche étant le lait de chamelle (0,06 ppm). La teneur en Fe est très élevée dans le lait de jument (109 ppm), le lait de vache étant le moins riche en Fe (0,89 ppm). Le lait de jument présente également une teneur plus élevée en Mn (0,66 ppm), en Zn (36 ppm) et en Pb (0,03 ppm). Le lait de chamelle présente des teneurs en Mn, Zn et Pb plus faibles que le lait de jument mais plus élevées que le lait de vache.

⇒ Dans le lait, les teneurs en métaux lourds semblent faibles et variables selon les fermes. Nous avons pu constater que des différences dans les teneurs en métaux lourds semblent exister entre le lait de chamelle et les laits de juments et de vache prélevés dans la ferme 2.

III.C.4 Dans le shubat

Les teneurs moyennes en métaux lourds dans le shubat sont regroupées dans le tableau 12.

Tableau 12 : Teneurs moyennes en métaux lourds (en ppm) dans le shubat.

	Cu	Fe	Mn	Zn	As	Pb
Moyenne	0,16	1,57	0,09	7,22	<0,1	0,007
Max.	0,47	2,48	0,10	11,80		0,01
Min.	0,02	1,16	0,06	4,90		0,00
er.std	0,16	0,46	0,02	2,55		0,01

Les figures 21 à 25 représentent les teneurs en métaux dans chaque échantillon de shubat.

- Le cuivre (figure 21) : Le shubat contient en moyenne $0,16 \pm 0,16$ ppm de cuivre. La teneur maximale est de 0,47 ppm (ferme 3) et minimale de 0,02 ppm (ferme 8).

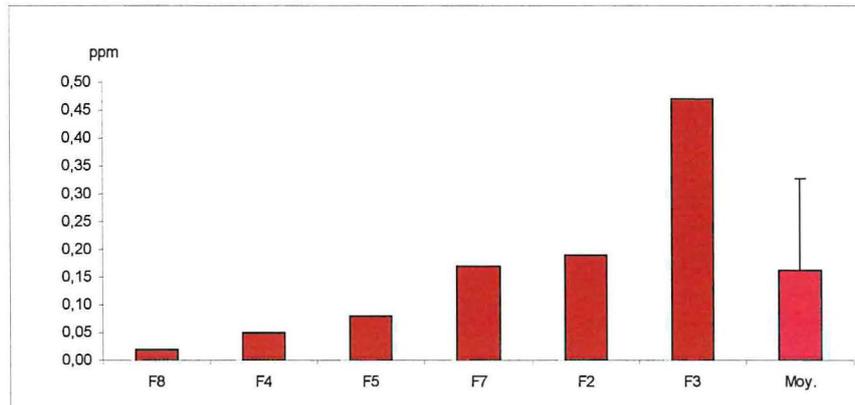


Figure 21 : Teneurs en cuivre dans chaque échantillons de shubat.

- Le fer (figure 22): La teneur en fer dans le shubat varie de 1,16 ppm (ferme 7) à 2,48 ppm (ferme 8). En moyenne le shubat contient $1,57 \pm 0,46$ ppm de Fe.

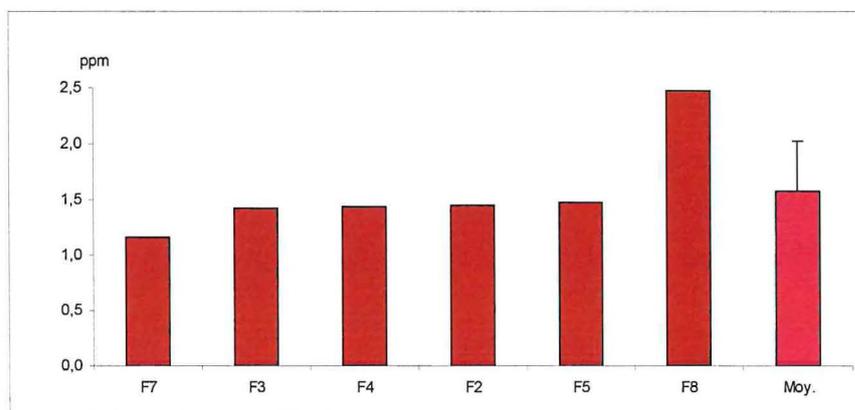


Figure 22 : Teneurs en fer dans chaque échantillons de shubat (en ppm).

- Le manganèse (figure 23): La teneur moyenne en Mn du shubat est de $0,09 \pm 0,02$ ppm. Elle varie de 0,06 ppm (ferme 3) à 0,10 ppm (ferme 8).

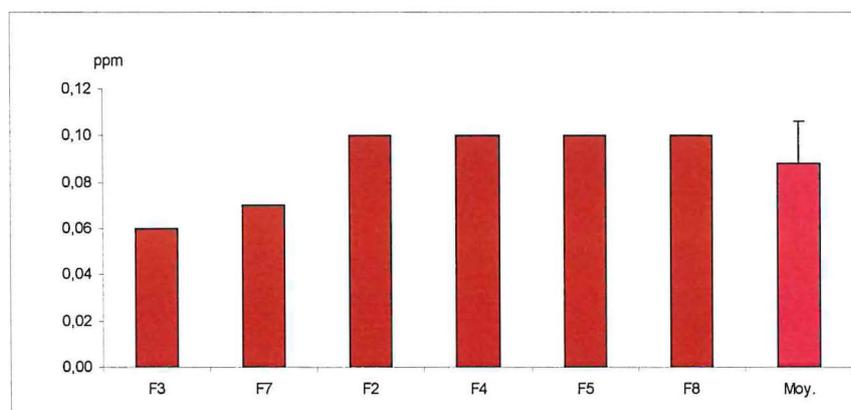


Figure 23 : Teneurs en manganèse dans chaque échantillons de shubat (en ppm).

- Le zinc (figure 24): La teneur maximale de Zn dans le shubat est de 11,8 ppm (ferme 3), et la teneur minimale est de 2,55 ppm (ferme 4). En moyenne, le shubat contient $7,22 \pm 2,55$ ppm de zinc.

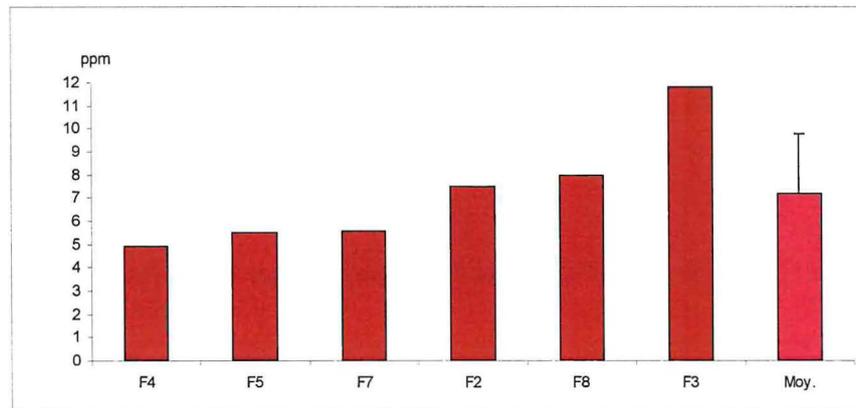


Figure 24 : Teneurs en zinc dans chaque échantillons de shubat (en ppm).

- L'arsenic : dans le shubat l'arsenic est en concentration inférieure à 0,1 ppm.
- Le plomb (figure 25): La teneur en plomb dans le shubat est en moyenne de $0,01 \pm 0,01$ ppm et varie de 0 ppm à 0,01 ppm.

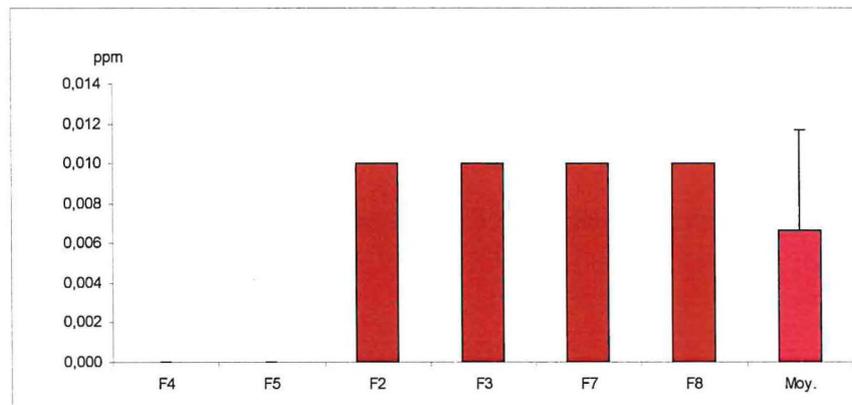


Figure 25 : Teneurs en plomb dans chaque échantillons de shubat (en ppm).

⇒ Les teneurs en métaux lourds dans le shubat semblent faibles et semblent rester de même ordre que celle présentes dans le lait frais de chamelle.

Conclusion partielle :

Dans cette partie nous avons pu examiner la distribution des teneurs en métaux lourds au sein des fourrages, du lait de chamelle et du shubat de façon indépendante. Nous avons pu noter une variation des teneurs en fonction des lieux de prélèvement, des fermes et des espèces, mais aussi en fonction du type d'échantillon. En effet, les teneurs dans les fourrages, dans le lait et le shubat sont différentes.

III.C.5 Description des teneurs en métaux lourds dans chaque ferme

III.C.5.1 – Cuivre

D'après la figure 26, il semble exister 3 tendances générales :

Les fermes 2, 4 et 8 qui ont un indice supérieur à 1 pour le fourrage (1,41 ; 1,37 ; 1,33 respectivement) et qui ont ensuite un indice inférieur à 1 pour le lait de chamelle (0,92 ; 0,92 et 0,31 respectivement). Leur indice devient encore plus faible pour le shubat (0,31 et 0,12 pour les fermes 4 et 8), excepté pour la ferme 2 dont l'indice pour le shubat est de 1,16.

Les fermes 1 et 3 présentent des indices inférieurs à 1 pour les fourrages (0,79 et 0,75), tandis que les indices de ces fermes augmentent dans le lait (1,38 et 2,30) et dans le shubat pour la ferme 3 (indice de Cu le plus élevé : 2,88).

Et enfin les fermes 5, 6 et 7 dont les indices de fourrages et de lait sont inférieurs à 1. Cependant, la ferme 7 montre une augmentation de l'indice de Cu du fourrage au shubat (0,74 ; 0,77 et 1,04), tandis que la ferme 5 présente un indice pour le shubat inférieur à celui du lait et du fourrage (0,49 ; 0,77 et 0,64 respectivement).

III.C.5.2 – Fer

D'après la figure 27 nous constatons que le fourrage de la ferme 4 montre un indice élevé (3,19), par rapport aux fourrages des autres fermes. Cependant l'indice de Fe dans le lait de chamelle issu de la ferme 4 est inférieur à l'indice 1. Le lait de chamelle issu de la ferme 6 présente le plus fort indice (1,73), alors que pour le shubat, c'est la ferme 8 qui a l'indice le plus fort (1,58).

Dans tous les cas (sauf pour les fermes 1 et 4) l'indice de Fe dans le lait de chamelle est supérieur à celui du fourrage. Et il semblerait dans ces cas que, plus le fourrage est riche en Fe, plus le lait de chamelle est riche en Fe.

De plus nous pouvons noter une augmentation de l'indice de fer dans le shubat par rapport à celui du lait de chamelle dans tous les cas, excepté pour les fermes 2 et 7.

Ainsi, la teneur en fer des fourrage, du lait et du shubat dans les fermes 2 et 7 semble suivre la même évolution, qui est différente de celle des échantillons des fermes 3, 5 et 8.

III.C.5.3 – Manganèse

D'après la figure 28, nous pouvons constater que la ferme 4, présente également l'indice le plus fort de Mn dans le fourrage (1,8). Les indices de Mn dans les fourrages des autres fermes sont majoritairement inférieurs à 1 et semblent assez proches les uns des autres. De plus, il semblerait que, plus l'indice en Mn des fourrages est élevé, plus l'indice en Mn du lait de chamelle est élevé (sauf dans le cas des fermes 1 et 4). Les fermes 5, 7 et 8 présentent des indices supérieurs à 1 pour le lait de chamelle (1,19 ; 1,67 ; 1,19 respectivement), alors que les indices de Mn dans les fourrages de ces mêmes fermes sont de : 0,87 ; 0,93 et 0,85 respectivement.

Les indices de shubat de toutes les fermes, excepté ceux des fermes 7 et 8, augmentent par rapport à ceux du lait et les fermes 2,4,5 et 8 présentent le même indice (1,13).

III.C.5.4 – Zinc

D'après la figure 29, la ferme 3 présente l'indice le plus élevé pour le zinc dans les fourrages (1,6) suivi par la ferme 4 (1,13), tandis que toutes les autres fermes présentent des indices pour les fourrages inférieurs à 1.

La ferme 8 est la seule ferme à avoir un indice supérieur à 1 concernant le Zn dans le lait de chamelle (2,01). Mais pour le shubat son indice diminue à 1,11. Les fermes 1 et 5 d'un

côté et les fermes 2 et 3 d'un autre côté, ont des indices en Zn dans le lait très proches (0,95 ; 0,97 et 0,74 et 0,72). Les fermes 4 et 7 ont le même indice (0,85).

Pour les fermes 4, 5, et 7 leurs indices diminuent pour le shubat, tandis qu'ils augmentent pour les fermes 2 et 3.

Alors que les fermes 3 et 7 semblent se comporter de façon opposée dans la distribution du Zn, nous pouvons constater que l'indice en Zn du lait a tendance à être plus élevé lorsque l'indice en Zn du fourrage est élevé. Cependant les fermes 3 et 4 semblent tendre à l'inverse. Néanmoins, il semblerait que la lorsque l'indice de Zn du lait est supérieur à 0,7 l'indice en Zn du shubat correspondant diminue. En effet, nous pouvons observer cela dans chaque cas, excepté pour les fermes 2 et 3 qui ont des indices de Zn du lait inférieur (0,74 et 0,72 respectivement) et dont l'indice de Zn du shubat tend à augmenter (1,04 et 1,64 respectivement).

III.C.5.5 – Arsenic

D'après la figure 30, nous pouvons constater que les fermes 1, 3 et 4 ont des indices supérieurs à 1 pour les fourrages (1,31 ; 1,36 et 1,75 respectivement).

Pour les autres fermes, leurs indices sont inférieurs à 1, les fermes 2 et 7 présentent le même indice (0,48).

Dans les échantillons d'eau, de lait et de shubat, l'arsenic n'a pas été détecté.

III.C.5.6 – Plomb

D'après la figure 31, pour les fourrages, toutes les fermes présentent un indice inférieur à 1.

Les indices du lait augmentent par rapport à ceux du fourrages. Seules les fermes 1 et 4 ont des indices pour le lait supérieurs à 1. Pour le plomb dans le lait, deux groupes apparaissent : les fermes 3 et 5 avec indice de 0,8 et les fermes 7, 8 et 9 avec un indice de 0,4. Le plomb n'est pas détecté dans le shubat des fermes 4 et 5. Tandis que les autres fermes ont le même indice pour le shubat (1,5).

Nous pouvons donc constater que dans chaque cas, plus l'indice en Pb dans les fourrages est élevé plus l'indice de Pb dans le lait de chamelle est élevé (sauf dans le cas de la ferme 2). Mais que l'indice de Pb dans le shubat augmente par rapport à celui du lait ou devient nul car le plomb n'est pas détecté.

Conclusion partielle :

D'après les figures 26 à 31, nous avons pu constater que les teneurs en métaux lourds semblent variables en fonction des fermes, et que le lien entre les teneurs dans chaque type d'échantillons au sein d'une même ferme n'est pas forcément évident.

III.D- Teneurs en radionucléides

Les analyses n'ont pu être réalisées dans les temps pour la réalisation de ce rapport. Nous sommes actuellement encore en attente des résultats.



Discussion

Lors de mon stage, j'ai donc pu échantillonner 8 fermes situées dans 4 régions différentes du Kazakhstan. Dans chacune des fermes j'ai prélevé le fourrage et l'eau consommée par les chamelles, ainsi que le lait frais de mélange et le shubat (excepté dans les fermes 1 et 6). Cependant, compte tenu du faible nombre d'échantillons prélevés, je n'ai pas pu établir si les teneurs en macroéléments et en métaux lourds étaient statistiquement différentes en fonction des régions et en fonction du type d'échantillon. Même si la problématique générale de ce travail était de faire un premier diagnostic de la présence d'éléments contaminants dans les fourrages, l'eau, le lait de chamelle et le shubat au Kazakhstan, le dosage des macroéléments tels que le phosphore, le calcium et le magnésium s'est avéré intéressant et complémentaire du dosage des métaux lourds, concernant l'étude de la relation pouvant exister entre teneurs en éléments minéraux dans l'alimentation et teneurs dans le lait et le shubat.

Nous avons pu constater des variations, des tendances par rapport aux zones de prélèvements sur les teneurs en métaux lourds dans les différents échantillons. Mais les liens entre teneurs en métaux (lourds et macroéléments) dans l'eau, les fourrages et le lait et le shubat ne sont pas si évidents. De plus, l'impact supposé des sources polluantes sur ces teneurs ne semble pas être avéré dans tous les cas.

Teneurs en macroéléments :

Les teneurs maximales en phosphore de l'eau (0,09 ppm et 0,08 ppm) ont été détectées dans les échantillons de X2 et de la ferme 5, tandis que l'eau prélevée dans la ferme 2 est en est dépourvue. La teneur maximale en phosphore dans l'eau tolérée pour la consommation humaine est de 50 ppm. Il semblerait donc que les échantillons d'eaux prélevés au sud du Kazakhstan ne présentent pas d'excès de phosphore. Cependant, les différences observées au sein de nos échantillons doivent être dues à une nature de sol différente, probablement plus riche en roches phosphatiques auprès de la ferme 5 et du prélèvement X2. En effet, le Kazakhstan possède des gisements de phosphate dans la région de Qarataw et Jangatas qui sont situés dans la même zone que la ferme 5 et du lieu d'échantillonnage X2. Une usine de phosphate a été identifiée : Usine Aca située à 204 km de la ferme 5 et à 71 km du point X2. Néanmoins, la teneur maximale en P dans les fourrages a été obtenue dans l'échantillon de la ferme 4 (0,247 % g/100g MS), qui présentait une teneur de 0,05 ppm de P dans l'échantillon d'eau associé. En effet, cette ferme est située à 164 km de l'usine Aca. Les valeurs de P des fourrages de la ferme 5 et de X2 sont respectivement de 0,173 et de 0,187 % g/100g MS.

Dans le lait et le shubat, les teneurs maximales en P ont été obtenues dans les échantillons de la ferme 7 pour le lait (1103,2 ppm) et de la ferme 2 pour le shubat (1193,6 ppm) alors que les échantillons de lait et de shubat de la ferme 5 ont des teneurs en P inférieures mais relativement importantes par rapport aux échantillons des autres fermes (958,6 ppm et de 1062,9 ppm respectivement). D'après les références bibliographiques, Sawaya *et al.* (1984) ont mesuré 630 ppm de phosphore dans le lait de chamelle en Arabie Saoudite. Et Zhang *et al.* (2005) ont montré que selon les études les teneurs en phosphore dans le lait de chamelle varient de 450 à 1380 ppm. Konuspayeva (2007) a dosé le phosphore dans le lait de chamelle au Kazakhstan. Elle a trouvé en moyenne 1003 ± 217 ppm de P, ce qui est dans le même ordre de teneur que nos résultats ($960,59 \pm 104,14$ ppm en moyenne). La teneur moyenne en phosphore obtenu lors de cette étude est en accord avec la bibliographie. Néanmoins, les différences observées au sein de nos échantillons pour l'eau et le fourrage semblent s'expliquer par la présence de gisements de phosphate, alors que pour le lait et le shubat les teneurs en P semblent être indépendante de celle des fourrages et de l'eau, car les fourrages et les eaux les plus riches en P ne sont pas issus des même zones de prélèvement que les échantillons de lait et de shubat avec des teneurs les plus riches en P.

Concernant les teneurs en Calcium, elles sont en moyennes de $89,06 \pm 99,34$ ppm dans l'eau, $1,15 \pm 0,50$ % dans les fourrages et de $1235,42 \pm 233,54$ ppm dans le lait de chamelle, et de $1379,77 \pm 217,95$ ppm dans le shubat. Ces résultats sont en accords avec ceux de Konuspayeva (2007) qui a obtenu des résultats similaires (1232 ± 292 ppm dans le lait et 1355 ± 224 ppm dans le shubat). En effet, les fermes échantillonnées sont en grande partie communes à ces deux études (même zone d'étude et même fermes). Cependant, les teneurs sont élevées ou basse dans l'eau, au niveau des fourrages les variations des teneurs semblent plus faibles, tandis que dans le lait et le shubat il semblerait que les variations sont moins importantes. Des variations liées aux espèces sont également observées. En effet, le lait de jument est légèrement plus riche en Ca que le lait de chamelle et plus riche que le lait de vache.

Comme pour le calcium, les variations de teneurs en Mg dans l'eau semblent importantes, cette tendance diminue au niveau des fourrages et s'atténue dans le lait et le shubat. Les teneurs moyennes en Mg dans les fourrages sont de $0,46 \pm 0,23$ %, de $71,08 \pm 78,87$ ppm dans l'eau. Dans le lait de chamelle la teneur moyenne en Mg est de $88,51 \pm 11,95$ ppm, de $96,12 \pm 13,61$ ppm dans le shubat.

Nos résultats sur les macroéléments sont en accords avec ceux obtenus par Konuspayeva (2007), qui a travaillé sur la même zone d'étude, et dans les mêmes fermes. Les liens entre teneurs en macroéléments dans les fourrages, dans l'eau et teneurs dans le lait ne sont pas vraiment déterminés. Nous pouvons remarquer que de façon générale, pour deux fermes ayant des indices (ou teneurs) proches pour un type d'échantillon, les indices dans les autres types d'échantillons ont tendance à être aussi proches, à condition que ces indices tendent à évoluer dans le même sens (augmentation ou diminution d'un type d'échantillon à l'autre). De plus, il semble que la variation, entre teneurs en macroéléments du lait frais et du lait fermenté, est faible. La fermentation ne paraît pas modifier la composition minérale du lait.

Il est important de noter, que parmi, ces macroéléments, le phosphore retient particulièrement notre attention, dans cette étude. Car la présence de phosphates naturels et d'industries de traitement associé, peut avoir des impacts non négligeables sur l'environnement et les individus, par le dégagement de particules de fluor. En effet, un excès de fluor dans l'organisme peut avoir des répercussions sanitaires (déformations osseuses, problèmes dentaires....) autant sur les hommes que sur les animaux.

Teneurs en métaux lourds :

Les métaux lourds sur lesquels a porté cette étude sont le cuivre, le fer, le manganèse, le zinc, l'arsenic et le plomb. Les teneurs de ces éléments ont été déterminées dans les fourrages, dans le lait de chamelle, le lait de vache et de jument, ainsi que dans le shubat (lait de chamelle fermenté). Une des préoccupations de ce travail était de voir si il existait un lien entre teneurs en métaux lourds dans l'alimentation (fourrage et eau) et dans le lait frais, mais aussi entre lait frais et lait fermenté. Associé à ces questions, le but était également d'établir un premier diagnostic du statut en métaux lourds au Kazakhstan, autant au niveau environnemental (dans l'eau et les fourrages) qu'au niveau sanitaire (dans le lait). Les résultats obtenus ne permettent pas de mettre en évidence de façon claire ces liens. De plus, les métaux lourds recherchés n'ont pas été détectés dans les échantillons d'eaux avec la méthode de dosage utilisée. Ce qui signifierait qu'ils ne sont pas en excès dans ces échantillons et que par conséquent, l'éventuelle contamination du lait par les métaux lourds a probablement pour facteur principal la consommation d'aliments eux mêmes contaminés.

D'après les données de la littérature, il semblerait que la contamination de l'environnement par des activités industrielles et routières a pour conséquence d'augmenter significativement les teneurs en Pb, en As, en Zn, en Cu et en Fe du lait (Simsek *et al.*, 2000). Ainsi, dans cette étude, les zones d'échantillonnages ont été caractérisées par rapport à d'éventuelles sources de pollution.

D'après les résultats obtenus, les fourrages contiennent en moyenne: $10,40 \pm 2,93$ ppm de Cu, $793,69 \pm 630,48$ ppm de Fe, $62,38 \pm 20,67$ ppm de Mn, $32,95 \pm 27,15$ ppm de Zn, $1,03 \pm 0,49$ ppm d'As, et $4,28 \pm 9,60$ ppm de Pb. Caggiano *et al.* (2005), en Italie, ont dosé le manganèse et le plomb dans les fourrages dans des régions soumises à des pollutions d'origines anthropiques. Les teneurs moyennes en Mn et en Pb qu'ils ont obtenu sont respectivement : 101 ± 89 ppm et $1,2 \pm 1,1$ ppm. En Ethiopie, les fourrages contiennent en moyenne $6,22$ ppm de Cu, $33,65$ ppm de Zn, $197,6$ ppm de Mn et $1619,2$ ppm de Fe (Faye *et al.*, 1986). D'après Lamand et Perigaud (1973) et Underwood (1977) cités par Faye *et al.* (1986), les fourrages sont considérés comme carencés en Cu si la teneur est inférieure à 5 ppm, en Zn si inférieure à 30 ppm, en Mn si inférieure à 45 ppm et en Fe si inférieure à 50 ppm. D'après ces informations, les fourrages prélevés au Kazakhstan ne sont pas carencés en ces éléments, mais ne semblent pas non plus présenter en moyenne des teneurs excessives. Mais nous n'avons pas de références ou d'éléments de comparaison qui nous permettent de parler d'excès ou de teneur normale en ces éléments dans les fourrages. Néanmoins la teneur moyenne en cuivre des fourrages au Kazakhstan semble un peu élevée par rapport à celle reportée par Faye *et al.* (1986), alors que la teneur en Pb qui est supérieure à celle obtenue par Caggiano *et al.* (2005) en Italie. Cependant, certains échantillons de fourrages prélevés lors de cette étude semblent contenir des teneurs élevées en métaux lourds par rapport à la moyenne. Ainsi, les fourrages de la ferme 4 sont les plus riches en Fe (2533 ppm), en Mn (112 ppm), et en As (1,8 ppm). Cette ferme est probablement située dans une zone exposée à teneurs en métaux lourds plus importantes que les autres fermes. Elle se situe à un peu près 93 Km de Kengtaw, ville où nous avons pu identifier une usine de polymétal, et effectuer des prélèvements de fourrage e d'eau à proximité. Les teneurs de ces échantillons sont supérieures aux teneurs moyennes, soit $11,20$ ppm de Cu, $82,1$ ppm de Mn, $94,3$ ppm de Zn, $1,6$ ppm d'As et $34,9$ ppm de Pb. La ferme 3 est plus proche de cette usine (42 Km) que la ferme 4, et les fourrages qui y ont été prélevés contiennent des valeurs supérieures à la moyenne également, en Zn et As ($52,6$ et $1,40$ ppm respectivement), mais inférieurs à ceux de la ferme 4. Le lait de chamelle et le shubat issus de ces 2 fermes ne semblent pourtant pas contenir de quantité excessives en métaux lourds puisque qu'il présente des teneurs supérieures à la moyenne seulement pour le Cu ($0,15$ ppm dans le lait de chamelle de la ferme 3), et pour le Pb ($0,06$ ppm dans le lait de chamelle de la ferme4) ; ainsi que pour le Cu, en Zn et en Pb

(0,47 ppm de Cu, 11,30 ppm de Zn et 0,01 ppm de Pb dans le shubat de la ferme 3), et le Mn (0,10 ppm dans le shubat de la ferme 4). Il semble difficile d'établir le lien entre teneurs en métaux lourds dans les fourrages et celle retrouvées dans le lait. Nous en avons ici un bon exemple, car à la vue des teneurs en métaux lourds plus importantes dans les fourrages de la ferme 4, on s'attendait à ce que les teneurs, de ces éléments dans le lait de chamelle et le shubat issus de cette ferme, soient également plus élevées. Or il s'avère que ce n'est pas le cas.

Les teneurs moyennes en métaux lourds dans le lait de chamelle prélevé au Kazakhstan sont : $0,07 \pm 0,04$ ppm de cuivre ; $1,48 \pm 0,53$ ppm de Fe ; $0,08 \pm 0,03$ ppm de Mn ; $5,16 \pm 2,17$ ppm de Zn ; inférieur à 0,1 ppm d'As et $0,025 \pm 0,02$ ppm de Pb. Parmi ces éléments, le Cu, le Fe, le Mn, et le Zn sont des éléments présents naturellement dans le lait, tandis que l'As et le Pb sont des éléments exogènes au lait. Quelques études ont été menées sur la composition minérale du lait de chamelle et les résultats obtenus sont variables. Ainsi, pour le Cu les teneurs reportées sont en moyenne : $0,36 \pm 0,02$ ppm (Al-Awadi et Srikumar, 2001) ; $0,363 \pm 0,2$ ppm (Meldebekova *et al.*, 2007) ; $1,6 \pm 0,2$ ppm (Sawaya *et al.*, 1984) et $6,5 \pm 2,8$ ppm (Abdel-Rahim, 1987). La teneur moyenne en Cu de nos échantillons de lait de chamelle est inférieure à ces références et paraissent même faibles. Cependant, les teneurs en Cu obtenues dans le lait de vache et de jument échantillonnées dans la ferme 2, présentent des teneurs de 0,49 et 0,1 ppm. D'après la FAO, les teneurs normales en Cu du lait de vache sont comprises entre 0,1 et 0,4 ppm. L'échantillon de lait de vache que nous avons prélevé, semble présenter un léger excès en Cu par rapport à cette norme, mais est en accord avec les résultats de Campilo *et al.* (1998) (0,462 ppm). Néanmoins, cette teneur reste bien inférieure à celles obtenues par Simsek *et al.* (2000) qui a échantillonné du lait de vache dans 3 zones différentes ayant des caractéristiques de pollution de l'environnement différentes : zones industrielle, routière et rurale. Les laits issus de ces 3 zones contiennent respectivement 0,96 ppm, 0,58 ppm et 0,39 ppm de Cu en moyenne, le lait de zone industrielle étant significativement plus riche en Cu que celui de zone routière ($p < 0,01$) lui-même significativement plus riche que celui de zone rurale ($p < 0,01$). D'après ces résultats, il semblerait donc que nos échantillons de lait de chamelle, de vache et de jument ne soient pas contaminés par des teneurs excessives en cuivre. Les échantillons de shubat prélevés au Kazakhstan, dans les mêmes fermes que les échantillons de lait de chamelle, contiennent apparemment plus de Cu que le lait frais ($0,16 \pm 0,16$ ppm de Cu), mais les teneurs ne semblent pas être en excès. Il est important de noter que parmi tous ces échantillons, celui de shubat de la ferme 3 contient 0,47 ppm de Cu, ce qui est une teneur importante par rapport à la valeur moyenne. L'origine de cette augmentation suite à la fermentation du lait, ne peut pas être déterminée ici. Des études complémentaires sont à réaliser pour identifier ce phénomène. Cependant plusieurs hypothèses sont possibles, comme la contamination du récipient de stockage ...

La teneur moyenne en Fe !! de nos échantillons de lait de chamelle ($1,48 \pm 0,53$ ppm) est inférieure à celles reportées dans la littérature, mais semble en adéquation avec celle obtenue par Konusapyeva (2007) dans la même zone d'étude (soit $2,02 \pm 1,24$ ppm de Fe). Les différents auteurs trouvent des teneurs allant de $0,469 \pm 0,09$ ppm (Meldebekova *et al.*, 2007) à $3,16 \pm 0,03$ ppm (Al-Awadi et Srikumar, 2001) de Fe dans le lait de chamelle. Dans le lait de vache, les teneurs normales en Fe sont comprises entre 0,2 et 0,5 ppm (FAO). Dans cette étude nous avons obtenu que le lait de vache de la ferme 2 contenait 0,89 ppm de Fe, ce qui supérieur par rapport à la norme et inférieur à la teneur moyenne en Fe du lait de chamelle issu de la même ferme (1,77 ppm). L'étude menée par Simsek *et al.* (2000), a montré qu'en zone industrielle le lait de vache pouvait contenir en moyenne 4,27 ppm de Fe, qu'en zone de trafic intensif il pouvait contenir 1,78 ppm de Fe en moyenne et qu'en zone rurale la teneur moyenne en Fe dans le lait était de 1,01 ppm. Ces résultats montrent un excès en fer dans le lait de vache significativement plus important en zone industrielle qu'en zone routière et

qu'en zone rurale ($p < 0,05$). Nos résultats laisse supposer un léger excès de Fe dans le lait de vache, mais qui est faible par rapport aux résultats de Simsek *et al.* (2000). Si l'on considère que le lait de chamelle est proche du lait vache concernant la teneur normale en fer du lait, il est alors probable que le lait de chamelle du Kazakhstan soit contaminé par le fer (valeur maximale, mesurée dans la ferme 3, avec 0,89 ppm). La teneur moyenne en Fe du shubat proche de celle du lait frais, laisse donc penser la même chose ($1,57 \pm 0,46$ ppm). Cette observation est en accord avec les résultats de Konuspayeva (2007) qui observa une teneur dans le shubat issu de la même zone d'étude, de $3,04 \pm 1,95$ ppm de fer. Contrairement au cuivre, il semblerait que la teneur en fer soit relativement constante entre lait frais et lait fermenté.

Sawaya *et al.* (1984) ont observé une teneur de 0,2 ppm de Mn dans le lait de chamelle, teneur supérieure à nos résultats ($0,08 \pm 0,03$ ppm en moyenne). Le shubat associé à nos échantillons de lait contiennent $0,09 \pm 0,02$ ppm de Mn, ce qui est du même ordre que la teneur moyenne du lait frais. Dans le lait de chèvre la teneur moyenne de Mn est de 0,13 ppm (Coni *et al.*, 1996, cité par Caggiano *et al.*, 2005) et de 0,13 ppm (Caggiano *et al.*, 2005) et 0,31 ppm (Coni *et al.*, 1996, cité par Caggiano *et al.*, 2005) dans le lait de brebis. Ces teneurs sont supérieures à nos résultats. Néanmoins, dans aucun cas nous pouvons savoir, si il y a ou pas excès en Mn dans le lait. D'autant plus, que la teneur en Mn du lait semble être variable en fonction des espèces. En effet, dans le lait de jument, issu de la ferme 2, la teneur en manganèse est de 0,66 ppm, contre 0,08 dans le lait de chamelle et 0,05 ppm dans le lait de vache issu de la même ferme.

Sawaya *et al.* (1984), reportent que la teneur moyenne en zinc du lait de chamelle est de $4,4 \pm 0,4$ ppm ce qui est en accord avec les résultats de Al-Awadi et Srikumar (2001) ($4,9 \pm 0,5$ ppm en moyenne). Nos résultats concordent avec ces derniers, même si la teneur moyenne de nos échantillons semble légèrement plus élevée ($5,16 \pm 2,17$ ppm). Meldebekova *et al.* (2007) reportent une teneur en zinc dans le lait de chamelle du Kazakhstan de $1,288 \pm 1,256$ ppm en moyenne ce qui est inférieur aux autres résultats cités ci-dessus. Dans le lait de vache les teneurs normales en Zn sont de 3 à 6 ppm (FAO), ainsi notre échantillon de lait de vache (ferme 2) semble pauvre en Zn car il présente une teneur inférieure à ces teneurs normales (2,30 ppm). Dans un environnement contaminé par des activités industrielles, Simsek *et al.* (2000) ont trouvé une teneur moyenne de 5,01 ppm dans le lait de vache. Cette teneur est significativement ($p < 0,05$) supérieure à celle du lait produit par des vaches dans une zone routière et rurale (respectivement : 4,49 et 3,77 ppm en moyenne). Ces teneurs restent dans la fourchette des teneurs normales en Zn du lait de vaches et sont proches de celles obtenues lors des différentes études sur le lait de chamelle. Il semblerait donc que la teneur en Zn du lait ne soit que peut influencée par la contamination de l'environnement. Dans notre étude, la ferme 8 produit le lait de chamelle avec la teneur maximale en Zn, soit un lait de chamelle avec 10,4 ppm de Zn. Cette teneur est élevée par rapport à la moyenne et aux autres résultats de la littérature. Pourtant, l'échantillon de fourrages associé contient 26 ppm de Zn, teneur inférieure à la moyenne ($32,95 \pm 27,15$ ppm). La teneur moyenne de Zn dans le shubat apparaît en moyenne légèrement supérieure à celle du lait de chamelle ($7,22 \pm 2,55$ ppm et $5,16 \pm 2,17$ ppm de Zn respectivement). Un phénomène probablement lié à la fermentation du lait, doit faire augmenter la teneur en Zn dans le shubat. Néanmoins, à la vue de ces résultats et d'après la bibliographie, l'exposition à un excès de Zn ne semble pas augmenter de façon importante et excessive la teneur en Zn du lait. De plus, la teneur en Zn du lait semble varier en fonction des espèces, le lait de jument issu de la ferme 2, contient 36 ppm de Zn, alors que le lait de chamelle prélevé dans la même ferme en contient environ 10 fois moins (3,8 ppm), alors que l'apport par les fourrages est identique (24 ppm).

Dans notre étude, l'As n'a pas été détecté avec précision dans aucun des laits, car la méthode utilisé pour doser cet élément à un seuil de 0,1 ppm. D'après les références

bibliographiques, la teneur en As du lait de vache peut varier en moyenne de 0,0379 ppm (Licata *et al.*, 2004) à 0,050 ppm (Simsek *et al.*, 2000), avec des échantillons pouvant atteindre jusqu'à 0,120 ppm (Simsek *et al.*, 2000) ou encore 0,684 ppm (Licata *et al.*, 2004). Meldebekova *et al.* (2007) ont obtenu des teneurs moyennes de $0,0218 \pm 0,057$ ppm dans le lait de chamelle au Kazakhstan. Il se peut que nos échantillons de lait et de shubat contiennent de l'As, mais nous ne connaissons pas avec exactitude sa teneur. Néanmoins ce métal est exogène à l'organisme, et sa présence laisse supposer une contamination de l'environnement, transférée au lait par l'ingestion de fourrages contaminés. En effet, les échantillons de fourrages que nous avons prélevés au Kazakhstan contiennent $1,03 \pm 0,49$ ppm d'As. Une méthode plus fine de dosage de l'As dans le lait nous aurait sûrement permis de mieux mesurer l'impact de la contamination du fourrage sur le lait et le shubat.

Concernant le plomb, les références sont nombreuses sur le lait de vache. Ces études montrent clairement l'effet de la contamination de l'environnement par les activités anthropiques telles que les industries ou les infrastructures routières, libérant du plomb dans le milieu environnement, contaminant alors plantes et le lait des animaux consommant ces plantes. Pourtant, aucun auteur ne donne les teneurs en Pb des aliments consommés par les animaux auxquels ils prélèvent le lait pour les analyses. Néanmoins, Bhatia et Choudhry (1996), Dey et Swarup (1996) et Simsek *et al.* (2000) s'accordent sur le fait que le lait produit par des animaux vivant auprès des usines, des routes, est significativement plus riche en Pb, que le lait produit en zone rurale ou en zone non polluée. Néanmoins, dans ces études les résultats sont extrêmement variables avec des teneurs maximales en Pb pouvant aller de 0,032 ppm (Simsek *et al.*, 2000) à 7,20 ppm (Bhatia et Choudhri, 1996). Pourtant ces deux teneurs reflètent la contamination du lait des animaux pâturant auprès des routes avec un trafic intensif (Simsek *et al.*, 2000), et un trafic correspondant à 15000 voitures par jour (Bhatia et Choudhri, 1996). Nos résultats ne semblent pas refléter un excès de Pb, autant dans le lait de chamelle, de vache, de jument que dans le shubat. En effet, en moyenne nos échantillons de lait de chamelle contiennent $0,025 \pm 0,02$ ppm de Pb, le shubat en contient en moyenne 0,01 ppm, le lait de vache (ferme 2) 0,02 ppm et 0,03 ppm dans le lait de jument. Meldebekova *et al.* (2007) ont obtenu une teneur en Pb dans le lait de chamelle provenant aussi du Kazakhstan supérieure à celle reportée ici ($0,0605 \pm 0,018$ ppm). Néanmoins, le lait de chamelle de la ferme 1 et de la ferme 4 présentent 0,05 et 0,06 ppm de Pb. Ces résultats laissent supposer que ces animaux doivent être exposés à une source de plomb via leur alimentation, liée à la présence d'une industrie ou d'une route sur leur zone de parcours. Mais les teneurs des fourrages associés à ces fermes ne présentent pas les teneurs les plus importantes en plomb (1 ppm et 2,40 ppm) de tous les fourrages échantillonnés lors de cette étude. Il se peut donc que les fourrages prélevés ne reflètent pas de façon optimale ce qui est consommé par ces animaux. La ferme 1 est située non loin d'une route avec un trafic non négligeable. Mais la zone de parcours des chammelles étant étendue, il se peut que ces animaux consomment des plantes sur le bord de cette route ou a des endroits plus exposés que celui où nous avons effectué notre prélèvement. Cette observation est également applicable à la ferme 4, qui est située non loin d'une route avec un trafic légèrement plus intenses que dans le cas de la ferme 1. Si nous supposons que les teneurs en Pb observées dans ces deux échantillons de lait de chamelle sont dues à la présence de la route, nos résultats se trouvent être en accord avec ceux de Dey et Swarup (1996) et de Simsek *et al.* (2000), mais bien inférieur à ceux de Bhatia et Choudhri (1996). Dans ce cas, le transfert du Pb par le biais des fourrages semble avoir le même impact sur le lait de vache que sur le lait de chamelle. La fermentation du lait en shubat semble diminuer en moyenne la teneur en Pb, mais nous avons constaté, que soit la teneur en Pb augmente, soit elle devient nulle dans le shubat par rapport au lait frais de chamelle. Ces deux tendances ne sont pas explicables ici, car nous n'avons pas les informations nécessaires. Néanmoins dans un cas, il doit y avoir un apport un apport extérieur en Pb par rapport à ce qui

était déjà présent dans le lait, ce qui augmente la teneur en Pb dans le shubat. Et dans l'autre cas il doit y avoir un phénomène de capture des molécules de Pb présent dans le lait, qui a pour conséquence que la teneur en Pb du shubat devient nulle ou plus faible.

Limites par rapport à la mise en évidence des liens entre teneurs en métaux lourds dans le fourrage, l'eau, le lait et le shubat :

En utilisant la représentation graphique avec les indices, il a été mis en avant l'existence probable d'un lien entre teneur en métaux lourds dans les fourrages et dans le lait, ainsi qu'entre lait et shubat. Mais ces liens ont des tendances variables en fonction des fermes et ne semblent pas être déterminé par rapport à l'indice utilisé (indice 1 qui correspond à la moyenne). Il aurait été plus intéressant d'étudier ce lien par rapport à des valeurs de références telles que la teneur maximale tolérée pour ces métaux dans les fourrages, et le lait. Car cela aurait permis de voir si une teneur excessive en métaux lourds dans les fourrages pouvaient être associée à une teneur excessive dans le lait et le shubat. Or, ces normes ou valeurs de références n'ont pu être trouvées dans la bibliographie. Ce qui a été constaté c'est que du fourrage au lait et du lait au shubat les teneurs en Cu, Fe, Mn, Zn et Pb pouvaient soient augmenter ou diminuer d'indice, excepté pour l'As qui est détecté seulement dans les fourrages et dont l'indice devient par conséquent nul dans le lait et le shubat. Cependant, pour des fermes qui présentent le même type de comportement pour un élément donné, « la hiérarchie » des teneurs entre chaque ferme qui présentent le même type de distribution, semble être conservée du fourrage au shubat. Par exemple, si la ferme 8 présente un indice supérieur à celui de la ferme 2, pour le Mn dans les fourrages, son indice sera également supérieur ou au égale à celui de la ferme 2 dans le lait et le shubat. Cette observation est valable quelque soit la tendance d'évolution des indices de ces deux fermes (tendance à diminuer ou à augmenter du fourrage au shubat). Cela suppose, que la contamination de l'alimentation peut jouer un rôle sur la contamination du lait et du shubat, mais il est impossible ici d'en déterminer l'impact réel. Car certaines fermes avec des indices inférieur à 1, pour un métal, dans les fourrages vont présenter des indices supérieurs à 1 dans le lait et/ou le shubat pour ce même métal; tandis que d'autre vont présenter des indices supérieurs à 1 pour les fourrages et inférieurs pour le lait et/ou le shubat. De plus, il ne semble pas que pour une ferme donnée, la tendance de l'évolution des teneurs en métaux lourds (avec les indices) entre les fourrages, le lait et le shubat, soit identique pour chaque métaux.

Toutes les tendances et variations observées ne peuvent être expliquées ici. Mais elles nous permettent de souligner la variabilité qui existe dans la teneur en métaux lourds dans les échantillons, et qu'en l'absence de valeurs de références, l'interprétation est difficile. La littérature scientifique portant sur les métaux lourds dans le lait ne traite pas du lait de chamelle, ni du lait fermenté. Il a été impossible de trouver des textes, ou des normes décrivant les teneurs maximales admissibles de métaux lourds dans les fourrages et dans le lait (frais et fermenté). Les seules normes disponibles sont celles de la teneur de plomb maximale tolérée dans l'eau de boisson (0,010 mg/l ou ppm) et dans le lait qui de plus est variable en fonction des pays (0,02 ppm en Turquie, 0,05 ppm en Allemagne et Hollande, 0,1 ppm au Kazakhstan). Ainsi, la comparaison des résultats obtenus dans cette étude avec ceux de la bibliographie est de type descriptif, sans pouvoir tirer de conclusion claire quant au niveau de contamination par les métaux lourds de l'environnement et du lait de chamelle au Kazakhstan, ni du niveau de transfert de ces contaminants entre l'alimentation et le lait.

Limites pour l'interprétation des résultats :

L'interprétation de certains résultats obtenus dans cette étude, comme les teneurs en Pb, et en P, sont facilitée par la présence plus ou moins proche d'une source de contamination d'origine humaine (les routes) ou naturelle (gisement de phosphate). Mais, les données sur les

sources polluantes (localisation, nature) sont ici insuffisantes pour tirer des liens précis entre les teneurs en métaux lourds et macroéléments dans l'environnement et celles du lait et du shubat. Il serait intéressant de poursuivre ce travail, avec un protocole ciblé autour des sources polluantes, qui doivent tout d'abord être localisées et décrites précisément (activité, gestion des déchets...). Puis, il faut mettre en place un gradient de distance pertinent par rapport à cette source de pollution et l'échantillonner plusieurs fermes au sein de ce gradient. Comme nous l'avons constaté, il existe des variations de la composition minérale du lait en fonction des espèces. Ainsi, il serait intéressant de mener cet échantillonnage sur plusieurs espèces d'animaux laitiers (vaches, moutons, chèvres) au sein du gradient de distance par rapport à la source de pollution. Il se peut, que le niveau de transfert des métaux lourds et/ou macroéléments vers le lait soit différent en fonction des espèces animales. Car les camélins, les bovins, les équins, les ovins et les caprins, n'utilisent pas les mêmes ressources fourragères. Par conséquent, il est possible que leur comportement alimentaire puisse influencer la teneur en contaminants ingérés par le biais des aliments (certaines plantes fixant plus ou moins les métaux lourds...).

Les limites et les perspectives :

Les limites de cette étude sont d'une part, le faible nombre d'échantillons. En effet, nous avons choisi d'échantillonner plusieurs régions, alors qu'il aurait peut-être fallu se focaliser sur une seule zone afin d'identifier précisément la source de contamination et son impact sur les fourrages et les produits laitiers. D'autant plus que les moyens de déplacement sur le terrain étant limités pour ce travail, il aurait été préférable de concentrer l'échantillonnage sur une zone plus petite, ce qui aurait facilité les déplacements et aurait permis de bien décrire une zone avec un nombre d'échantillons plus important.

De plus, le protocole de cette étude visait à échantillonner au sein de chaque ferme un échantillon de lait, de shubat, de fourrage et d'eau et ce le même jour dans un temps très court (environ 1 heure par ferme). Or à la vue des résultats, nous constatons que ce mode d'échantillonnage n'est pas adapté pour répondre à notre problématique. Nous avons opté pour un échantillonnage donnant l'image d'un point donné à un moment donné, mais qui ne permet pas de représenter l'hétérogénéité spatiale de la contamination de l'environnement recherchée à l'origine. En effet, les fourrages ont été prélevés à un endroit donné dans chaque ferme, or il se peut que ces échantillons ne soient pas représentatifs de l'alimentation des animaux échantillonnés pour le lait, car les chameaux et les dromadaires sont des animaux qui se déplacent beaucoup pour s'alimenter. Ainsi, les fourrages que nous avons prélevés ne sont pas forcément ceux qui ont été consommés et qui ont participé à la composition minérale du lait prélevé et analysé. Concernant le shubat, les méthodes de fabrication, sont très variables en fonction des fermes, et demande un certain temps de préparation. Par conséquent le shubat échantillonné et analysé n'est pas fait à partir du même lait que celui que nous avons analysé. Il faudrait donc procéder à un échantillonnage des fourrages par la méthode de « collecte du berger » en suivant le troupeau pendant 2 à 3 jours, et prendre le lait correspondant (lait produit par les animaux suite à l'assimilation des fourrages produits). Ensuite il faudrait obtenir du shubat à partir de ce lait seulement. Dans ce cas, l'hétérogénéité spatiale de la teneur des métaux lourds et macroéléments dans les fourrages est représentée, et les teneurs des échantillons de lait et de shubat seront alors représentatifs de ce que les animaux ont réellement ingérés. Par cette méthode, les liens entre teneurs ingérées et teneurs dans les produits laitiers pourront être établis de façon rigoureuse et reflétant la réalité. L'idéal, serait qu'en parallèle, une étude expérimentale soit menée, avec des lots d'animaux nourris avec des fourrages dont les teneurs en macroéléments et métaux lourds sont connus et maîtrisés (teneurs différentes allant de très concentrées à peu concentrées, avec pour référence un lot témoin alimenté avec des fourrages dépourvus de contaminants). Au préalable, il est

nécessaire d'identifier les contaminants qui sont réellement transférables de l'alimentation au lait.

Une autre limite, est celle des méthodes d'analyses. Il n'existe pas de méthode standard et universelle de dosage des métaux lourds. Nous avons pu le constater, par le biais des diverses études menées sur ce sujet, dont les résultats sont difficilement comparables étant donné que les méthodes de dosages ne sont quasiment jamais les mêmes. Il est nécessaire d'établir des méthodes standard afin de pouvoir avancer sur ce sujet.

De plus, l'absence de valeurs de références concernant les teneurs en métaux lourds, ne nous permet pas de diagnostiquer l'état de contamination de nos échantillons, excepté pour le plomb. En effet, quelles sont les teneurs représentatives d'une contamination ?

Dans cette étude, le lait échantillonné était issu aussi bien de chameaux de Bactriane, que de chameaux Arvana (dromadaire) et d'hybrides. Ce qui est ici un facteur de variation non négligeable quant à la composition chimique et minérale du lait, et donc limite la validité de nos comparaisons entre fermes. Cependant, le nombre d'échantillons dont nous disposions pour ce travail, ne permettait pas d'effectuer une analyse séparée des fermes en fonction du type d'animal. Il faudrait donc échantillonner un plus grand nombre de fermes et les comparer entre elles selon le critère de l'espèce utilisée pour la production du lait.

De plus, toutes les fermes échantillonnées ne présentent pas les mêmes systèmes d'élevage, certaines fonctionnent avec 2 zones de pâturage différentes selon les saisons (été et hiver), une était de type « intensif » (pas de pâturage)... Ce facteur est également une des limites de notre étude, car c'est un facteur de variation qui peut influencer fortement l'exposition des animaux aux contaminations de l'environnement.

Ce stage a permis le commencement d'étude sur les polluants dans le lait de chamelle. Il a permis de réaliser un premier diagnostic par rapport aux résultats mais aussi par rapport à la méthode utilisée pour réaliser ce travail. Les limites de cette étude sont nombreuses, mais les perspectives aussi.

Conclusion

Nous n'avons pas pu établir de lien évident entre la quantité de contaminants ingérés et la quantité de contaminants dans le lait. En effet, le protocole s'est avéré inadéquat pour pouvoir mettre en évidence ces liens éventuels.

Cette étude ne permet pas d'évaluer avec exactitude les différences de teneurs en métaux lourds entre le lait de chamelle et le shubat. Certaines variations ont été observées mais leur origine est à déterminer (activités microbiennes et/ou contamination des contenants, phénomènes physiques...).

Nous avons pu cependant commencer à décrire le niveau de contamination par les métaux lourds dans les fourrages, dans le lait de chamelle ainsi que dans le shubat au Kazakhstan. Ce travail est à poursuivre et à approfondir, en reconsidérant le protocole d'échantillonnage (méthode d'échantillonnage, nombres d'échantillons, caractérisation des sources polluantes...).



REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques

Abdel-Rahim, A.G., 1987. The chemical composition and nutritional value of camel (*Camelus dromedarius*) and goat (*Capra hircus*) milk. *World Review of Animal Production*. 23(1) : 9-12.

Al-Awadi, F.M., Srikumar, T.S., 2001. Trace elements and their distribution in protein fractions of camel milk in comparison to other commonly consumed milks. *Journal of Dairy Research*. 64 : 463-469.

Anonyme n°1. « <http://fr.wikipedia.org/wiki/Camelidae> »

Atta, MB., El-Sebaie, LA., Noaman, MA., Kassab, HE., 1997. The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). *Food Chem.* 58: 1-4.

Barbera, R., Farre, R., Mesado, D., 1993. Oral intake of Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Ni, Mn and Zn in the University student's diet. *Nahrung*. 3: 241-245.

Bhatia, I., Choudhri, GN., 1996. Lead poisoning of milk—The basic need for the foundation of human civilization. *Indian J. Public Health*. 40(1): 24-26.

Caggiano, R., Sabia, S., D'Emilio, M., Macchiato, M., Anastasio, A., Ragosta, M., Paino, S., 2005. Metal levels in fodder, milk, dairy products, and tissues sampled in ovine farms of southern Italy. *Environmental Research*. 99: 48-57.

Campilo, N., Vinas, P., Lòpez-García, L., Hemàndez-Còrdoba, M., 1998. Direct determination of copper and zinc in cow milk, human milk and infant formula samples using electrothermal atomization atomic absorption spectrometry. *Talanta*. 46: 615-622.

Chhabra, A., Singh, P., 2005. Antinutritional factors and contaminants in animal feeds and their detoxification: A review. *Indian Journal of Animal Sciences*. 75(1): 101-112.

Coni, E., Bocca, A., Coppolelli, P., Caroli, S., Cavalluci, C., Trabalza Marinucci, M., 1996. Minor and trace element content in sheep and goat milk and dairy products. *Food. Chem.* 57: 253-260.

Dey, S., et Swarup, D., 1996. Lead concentration in bovine milk in India. *Arch. Environ. Health*. 51(6): 478-479.

Ellen, G., Loon, JW., Tolsma, K., 1990. Heavy metals in vegetables grown in the Netherlands and in domestic and imported fruits. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 190: 34-39.

Faye, B., Grillet, C., Abebe Tessema, 1986. Teneur en oligo-éléments dans les fourrages et le plasma des ruminants domestiques en éthiopie. *Revue EMVT*. 2 : 227-237.

Ikeda, M., Zhang, ZW., Moon, CS., et al. 1996. Background exposure of general exposure to Cd and Pb in Tainan City. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 30: 121-126.

Konuspayeva, G. 2007. Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius* et hybrides) au Kazakhstan. Ph.D. Sciences des Aliments, Université de Montpellier 2. 255 p.

Konuspayeva, G., Faye, B., Serikbaeva, A., 2003. Les produits traditionnels à base de lait de chamelle en Asie Centrale. Atelier Int. sur le lait de chamelle en Afrique. FAO-CIRAD-KARKARA, Niamey (Niger), 5-8/11/03, 71-82.

Lamand, M., Perigaud, S., 1973. Carences en oligo-éléments chez les ruminants en France. Eléments d'enquêtes obtenus dans la pratique vétérinaire. Annl's Rech. Vét., 4(4) : 513-534.

Licata, P., Trombetta, D., Cristani, M., Giofrè, F., Martino, D., Calò, M., Naccari, F., 2003. Levels of "toxic" and "essentials" metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. Environment International. 30: 1-6.

Mc-Crea, RC., et Fischer, JD., 1986. Heavy metal and organochlorine contaminations in the five major Ontario rivers of the Hudson bay lowland. Water Poll. Res. J. Can.. 21: 225-234.

Meldebekova, A., Konuspayeva, G., Kaldibekova, N.,

Neathery, M.W., Miller, W.J., 1975. J.Dairy Sci. 58 : 1767-1781.

Ragunath, R., Tripathi, RM., Khandekar, RN., Nambi, KSV., 1997. Retention times of Pb, Cd, Cu and Zn in children's blood. Sci. Total Environ. 207: 133-139.

Saitmuratova, O.Kh., Sulaimanova, G.I., Sadykov, A.A., 2001. Camel's milk and shubat from the aral region. Chemistry of Natural Compounds. 37(6): 566-568.

Sawaya, W.N., Khalil, J.K., Al-Shalhat, A., Al-Mohammad, H., 1984. Chemical composition and nutritional quality of camel milk. Journal of Food Science. 49 : 744-747.

Schaposhnikov, A., et Prisyi, A., 2001. Dangerous heavy metals in the organs of pigs. Svinovodstvo (Mosk). 4: 20-21.

Schuhmacher, M., Domingo, JL., Llobet, JM., Coebella, J., 1993. Dietary intake of Cu, Cr and Zn in Tarragona province, Spain. Sci. Total Environ. 132: 3-10.

Simsek, O., Gültekin, R., Öksüz, O., Kurultay, S., 2000. The effect of environmental pollution on heavy metal content of raw milk. Nahrung. 44: 360-363.

Soldberg W., Steinnes, E., 1983 Heavy metal contamination of terrestrial ecosystems from long-distance atmospheric transport. In: Müller, G., (ed), International Conference on Heavy Metals in the Environment, September 1983, CEP Consultants, Heidelberg, Germany. 1: 170-173.

Steinnes, E., Allen, R.O., Petersen, H.M., Ranbaek, J.P., Varskog, P., 1997. Evidence of large scale heavy-metal contamination of natural surface soils in Norway from long-range atmospheric transport. Sci. Total Environ. 205: 255-266.

Swarup, D., Patra, RC., Naresh, R., Kumar, P., Shekhar, P., 2005. Blood lead levels in lactating cows reared around polluted localities; transfert of lead into milk. *The science of The Total Environment*. 349: 67-71.

Tripathi, RM., Raghunath, R., Sastry, VN., Krishnamoorthy, TM., 1999. Daily intake of heavy metals by infants through milk and milk products. *The science of The Total Environment*. 227: 229-235.

Underwood, EJ., 1977. *Trace-elements in human and animal nutrition*. 4th ed., New York, N.Y. Academic Press.

Vidovic, M., Sadibasic, A., Cupic, S., Lausevie, M., 2005. Cd and Zn in atmospheric deposit, soil, wheat, and milk. *Environmental Research*. 97: 26-31.

Voutsas, D., Grimanis, A., Samara, C., 1996. Trace elements in vegetables grown in an industrial area in relation to soil and air particule matter. *Environ. Pollut.* 94: 325-335.

Zhang, H., Yao, J., Zhao, D., Liu, H., Li, J., Guo, M., 2005. Changes in chemical composition of Alxa Bactrian camel milk during lactation. *J. Dairy Sci.* 88 : 3402-3410



ANNEXES



Annexes A
Points d'échantillonnage : localisations et caractéristiques

Annexe A1 : Les fermes

Région (Oblast)	Ferme n°	Nom de la ferme	Point GPS	Coordonnées GPS			Sources polluantes éventuelles			
				Altitude (mètres)		UTM	distance /route (km)	Intensité du trafic routier	Autres	Localisation
Almaty	1	TOO "Daulet-Beket" (ferme d'été)	DBK2	570	43T0600959	4862977	3	non négligeable	Mines (Plomb, Polymétal); zone d'essais nucléaires	Tekeli (250 km environ)
	2	Kch Aldabergenova	TALDIE	589	44T0286773	4975273			Usine Polymétal, Plomb; base militaire nucléaire de Cary-Ozek	Tekeli (20 km environ); Cary-Ozek (environ 90 km)
Shymket	3	Turkestan P "Esenov Mahmoud"	-	-	-	-	en ville	faible	Usine Polymétal	Kengtaw (30 km environ), Turkestan
	4	AO Sarky-Arka	SF2	280	42T0511134	4741877	0,500	non négligeable	Usine Polymétal, Phosphore; zones de culture	
	5	TOO Karakalpak	SF3	338	42T0497418	4871566	16	loin de la route	Eléments radioactifs	
Atyrau	6	AO "Birinshi mamyr"	ATY1	110	39T0538550	5299587	6	loin de la route	Forage et usine de transformation de pétrole	visible de la ferme
	7	Kch Tendik (ferme d'été)	ATY2	-7	39T0690049	5306885	37	très loin de la route	Forage et usine de transformation de pétrole	à 3 et 8 km
Aral	8	Station d'Aralkoum, P "Beisenbayev Daouletbas"	ARALF	127	41T0414752	5150610	à côté de chemin de fer	passage fréquent de train	Base de lancement de fusées	Baïkanour (environ 150 km)

Annexe A2 : Echantillons de fourrages et plantes

	Lieu	Point GPS	Coordonnées GPS			localisation	caractéristiques	Pâturage	autres	
			Altitude (mètres)		UTM					
Almaty	TOO"Daulet-Beket" (ferme d'été)	DBK2	570	43T0600959	4862977	autour de la maison	éloigné de la route mais voiture qui se garent devant maison	oui (Dromadaires, chevaux, vaches, moutons)		
	TOO"Daulet-Beket" (ferme d'été)	vg1	570	43T0600363	4862964	autour point d'eau	loin de la route , moins de voitures	oui (Dromadaires, chevaux, vaches, moutons)		
	Cary-Ozek	CAOZ	940	43T0737073	4915804	village	50-100 m chemin de fer, bord de route	oui	présence de beaucoup de déchets	
	Kch Aldabergenova	TALDIV	625	44T0285865	4976878	sortie village	fourrages cultivés, prelevement a la ferme, mais points gps du champ	oui (Chameaux, chevaux)	bord de route avec trafic non négligeable; fauchage et récolte avec tracteur	non loin ancienne caserne militaire nucléaire
Chymket	Turkestan P "Esenov Mahmoud"	VGT1	190	42T0429429	4788805	à côté de prélevement eau "rivière"	entre 1 et 10 mètres de la route, à 2 km de la ville	oui (Dromadaires, chevaux, vaches, moutons)		
	Kengtaw	VGT2	389	42T0457989	4817628	à côté de prélevement eau	proximité usine polymétal, bord de ville et bord de petite route	oui (Petits ruminants et chevaux)		30 km au nord de turkestan
	AO Sarky-Arka	SF2	280	42T0511134	4741877	autour de la maison et enclos de traite	Proximité route avec trafic; zone de pâturage	oui (Dromadaires, chameaux, chevaux)		
	TOO Karakalpak	SF3	338	42T0497418	4871566		loin de la route	oui (Dromadaires, chameaux)		16 km de la route
		YOURTA	400	42T0616403	4814433	entre SF3 et Arköl; à côté "rivière"	bord de route	oui		
Atyrau	AO "Birinshi mamyr"	VGA1	49	39T0539567	5300407	1km de la ferme	loin de la route; vu sur une usine (pétrole?) à distance de 5 km max	oui (Chameaux)		à 90 km d'Atyrau; 6km de pistes
	Kch Tendik (ferme d'été)	VGA2	-1	39T0691261	5307650	1km de la ferme; à côté point d'eau (pulsément)	2 usines de pétrole à 3 et 8 km (NE et E)	oui (Chameaux, chevaux, vaches, moutons)		140 km d'Atyrau; 37 km de pistes
Aral	Station d'Aralkoum, P"Beisenbayev Daouletbas"	ARALP	118	41T0414905	5151002	Long de la ligne de train	chemin de fer	oui (Chameaux, chèvres...)		150 km de base de lancement fusée

Annexe A3 : Echantillons d'eau

	Lieu	Point GPS	Coordonnées GPS			Caractéristiques de l'échantillon					
			Altitude (mètres)		UTM	Origine du point d'eau	Associé à échantillon de plantes	Pont GPS de l'échantillon de plante associé	Situation par rapport à source polluante	autres...	dans zone de pâturage= lieu d'abreuvement
Almaty	TOO"Daulet-Beket" (ferme d'été)	EAU0	559	43T0600345	4862925	Souterraine	oui	VG1			oui
	Kch Aldabergenova	TALDIE	589	44T0286773	4975273	Rivière TEKELI	non		30 km de Tekeli; 90 km de Cary-Ozek		oui
	Tekeli	TEKELI	1067	44T0327359	4968917	Rivière TEKELI	non		Sous l'usine polymétal	tas de résidus métalliques à l'air libre	non
	Cari-Ozek	CAOZ	940	43T0737073	4915804	Puisement	oui	CAOZ	Bord de chemin, lieu de décharge, 50-100m de voie de chemin de fer	à côté ancienne caserne militaire nucléaire	oui
Chymket	Shoshkakol	EAUT1	230	42T0433633	4773306	Canal Shoshkakol: prend sa source dans le Quarataw et se jette dans le fleuveSyrderia	non		Bord de route avec trafic non négligeable		oui
	Turkestan	EAUT2	191	42T0429378	4788666	Branche de la Syrderia, qui commence dans le quarataw: nom Karachik	oui	VGT1	Bord de route avec trafic non négligeable; 2 km de turkestan; usine visible au loin (fumée)		oui
	Kengtaw	VGT2	389	42T0457989	4817628	flaque d'eau	oui	VGT2	Proximité usine polymétal, bord de ville et bord de petite route	30 km au nord de turkestan	oui
	AO Sarky-Arka	SF2	280	42T0511134	4741877	Puisement et stockage dans tank	oui	SF2	Proximité route avec trafic; zone de pâturage		oui
	TOO Karakalpak	SF3	338	42T0497418	4871566	Puisement et stockage dans tank	oui	SF3	Loin de la route	16 km de la route	oui
		YOURTA	400	42T0616403	4814433	Rivière	oui	YOURTA	entre SF3 et Arköl	bord de route, sous un pont	oui
Atyrau	AO "Birinshi mamyr"	EA1	27	39T0538509	5299528	Canal artificiel: la VOLGA; ou JAYK	oui	VGA1	loin route	à 90 km d'Atyrau; 6km de pistes	oui
	Kch Tendik	VGA2	-1	39T0691261	5307650	Puisement eau souterraine	oui	VGA2	2 usines de pétrole à 3 et 8 km (NE et E)	140 km d'Atyrau; 37 km de pistes	oui
Aral	Station d'Aralkoum, P"Beisenbayev Daouletbas"	ARALF	127	41T0414752	5150610	Puits	oui	ARALP	à côté de chemin de fer	150 km de base de lancement fusée	oui

ANNEXE B

*Liste des plantes échantillonnées au Sud du Kazakhstan et qui ont été
identifiées*

(Liste non exhaustive)

Famille	Nom latin	Nom Kazakhe
Asteraceae	<i>Achillea nobilis</i>	Саp бас жусан
Asteraceae	<i>Artemisia sp.</i>	Жусан
Asteraceae	<i>Artemisia diffusa</i>	
Asteraceae	<i>Carelinia caspia</i>	Акбас шоп
Asteraceae	<i>Microcephala lamellata</i>	
Brassicaceae	<i>Berteroa sp.</i>	Шытыр
Brassicaceae	<i>Cryptospora</i>	Шытыр
Chenopodiaceae	<i>Anabasis Salsa</i>	Биургун
Chenopodiaceae	<i>Ceratocarpus arenarius</i>	Ебелек
Chenopodiaceae	<i>Climacoptera crassa</i>	Торгайот
Chenopodiaceae	<i>Haloxylon sp.</i>	Саксаул
Chenopodiaceae	<i>Salsola sp.</i>	
Chenopodiaceae	<i>Salsola sp.</i>	Соран
Fabaceae	<i>Alhagi pseudalhagi</i>	жантак
Fabaceae	<i>Astragalus sp.</i>	
Plumbaginacea	<i>Limonium sp.</i>	
Poaceae	<i>Aeluropus litoralis</i>	Азшрек
Poaceae	<i>Agropyron Deserticum</i>	Житияк
Poaceae	<i>Pholiurus incurvus</i>	Ажырык жабайы
Poaceae		
Rosaceae	<i>Amygdalus spinosissima</i>	

Annexe C

Sources polluantes : localisations, caractéristique, échantillonnages.

Région (Oblast)	Lieu	Type de sources polluantes	Point GPS	Coordonnées GPS			Autres informations	Echantillons		
				Altitude		UTM		Lait	Eau	Fourrages
Chymkent	Kengtaw	Usine Polymétal	USINE 1	398	42T0457932	4817668		non	oui	oui
	Aca	Phosphates?	USINE2	491	42T0673121	4767398		non	non	non
Atyrau		Puisement pétrole	PLA1	118	39T0648886	5266076		non	non	non
Almaty	Tekeli	Usine Polymétal	163	1098	44T0328413	4967200	début usine	non	non	non
	Tekeli	Usine Polymétal	164	1076	44T0327794	4968340	2ème partie usine avec dépôt à l'air de métaux	non	non	non
	Tekeli	Usine Polymétal	TEKELI	1067	44T0327359	4968917	après usine	non	oui	non
ARAL	Baykanour	Base de lancement de fusée	FUSEE	187	41T0528987	5058793		non	non	non
	Aralkoum	Chemin de fer	ARALP	118	41T0414905	5151002		oui	oui	oui

Annexe D

D'après Gisèle Heral-limous (cirad-AMIS/US 49)

Méthodes Unité Opérationnelle Matériel Végétal CIRAD-AMIS / US49 – ANALYSES

Mise en solution : minéralisation par voie sèche et destruction de silice par HF.

PROCEDURE INTERNE N° POPV04

DOCUMENT DE REFERENCE : Comité Inter institut d'étude des techniques analytiques : méthodes de référence pour la détermination des éléments minéraux dans les végétaux – Oléagineux, 1973, 28, 87-92

En éliminant la matière organique et la silice des échantillons, cette méthode permet de mettre en solution, en vue de leur dosage, des éléments minéraux tels que P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Zn, Mn, Al, Ni, Cr, Mo, Cd, Pb, Co. Elle s'applique à toutes matrices végétales et biologiques.

Mode opératoire:

Une prise d'essai d'environ 10 g d'échantillon laitier est introduite dans une capsule en platine. Après séchage sur plaque chauffante, la capsule est placée dans un four dont la température est augmentée progressivement jusqu'à 500°C et qui est ainsi maintenue pendant 2 heures. Un pallier est effectué aux alentours de 200°C jusqu'à la fin du dégagement de fumées.

Après refroidissement, les cendres sont humectées avec quelques gouttes d'eau puis on ajoute 2ml de HCl 6N . On évapore à sec sur plaque chauffante.

Après avoir ajouté 2ml de HCl 6N, on laisse en contact 10 minutes et on filtre dans des fioles jaugées de 50ml. Le filtre contenant le résidu est alors calciné à 500°C.

De l'acide fluorhydrique est ajouté sur les cendres puis évaporé sur plaque chauffante, la silice contenue dans les cendres est volatilisée sous forme de SiF₆ .

Le résidu est repris par 1ml de HCl 6N puis filtré dans la même fiole de 50ml.

Après avoir ajusté au trait de jauge puis homogénéisé par agitation manuelle, les solutions sont transvasées dans des godets préalablement rincés avec la solution et sur lequel le numéro de l'échantillon est inscrit.

Minéralisation par voie humide en système fermé Micro-ondes.

Le four micro-ondes en système fermé effectue la minéralisation par digestion acide (HNO₃ + HCl) d'une large gamme d'échantillons et permet la mise en solution d'éléments chimiques pour l'analyse par spectrométrie d'émission à plasma ou par absorption atomique.

Cette méthode permet notamment la mise en solution d'éléments volatils tels que S, Se, As et Hg qui sont en partie perdus au cours des minéralisations par voie sèche.

Dosages, par spectrométrie d'émission plasma I.C.P. VARIAN-VISTA

CODE INTERNE: IUT011

Lorsque les échantillons sont mis en solution selon la procédure de minéralisation par voie sèche, les solutions sont prêtes à analyser par spectrométrie d'émission plasma à couplage inductif (ICP).

Le spectromètre, de marque Varian Vista, est équipé du détecteur CCD (Coupled Charge Device) qui autorise la détermination simultanée, à plusieurs longueurs d'ondes, de tous les éléments de la classification périodique des éléments à l'exception des corps gazeux. Cet appareil permet l'analyse rétrospective des résultats.

Les dosages sont effectués en réalisant un étalonnage qui respecte les conditions du milieu analysé : matrice, acidité.

Les calculs sont effectués par interpolation par rapport à la gamme d'étalonnage.

La validation des résultats analytiques repose sur l'analyse d'échantillons de référence internes, dont la teneur en éléments minéraux est connue.

Détermination de la teneur en azote total après combustion sèche (analyse élémentaire).

CODE INTERNE: PROCÉDURE N° POPV15

Méthode Dumas (Edeling ME, 1968 The Dumas method for nitrogen in feeds. JAOAC 51, 766)

Principe:

Une prise d'essai de 50 à 150 mg d'échantillon végétal préalablement séché, broyé et homogénéisé est pesée dans une feuille d'étain (4-1) puis placée sur le passeur d'échantillon.

Pour les échantillons de lait, réaliser l'analyse sur du matériel sec après séchage en étuve et détermination du taux de matière sèche.

L'échantillon, placé dans une feuille d'étain, est introduit dans un four à environ 850°C dans un flux d'oxygène.

Les gaz de combustion subissent une série de piégeage pour éliminer les poussières, les halogènes, la vapeur d'eau et les oxydes de carbone.

Une réduction sur colonne de cuivre à 730°C dans un flux d'hélium permet de réduire les oxydes d'azote en gaz N₂.

La teneur en azote est déterminée par une cellule thermoélectrique (catharométrie) après une calibration avec des substances de compositions en N connue (EDTA, Glycine..).