A propos de la teneur des laits individuels et de mélange en matières minérales et urée

(suite)

par

H. MAHIEU*, F.M. LUQUET** et L. MOUILLET**

Collaboration Technique A. NORMAND

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

ECHANTILLONS ET MÉTHODES

Les échantillonnages

Les méthodes de dosage

RÉSULTATS ET COMMENTAIRES

Nitrites - Nitrates

Urée

Éléments plastiques : Calcium
Phosphore
Sodium
Magnésium

Oligoéléments : Fer
Cuivre
Manganèse
Zinc

Éléments de pollution : Arsenic
Cadmium
Mercure
Plomb
Fluor

Récapitulatif par région

OLIGOÉLÉMENTS ET NUTRITION

Résumé bibliographique

Résultats d'enquête

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

Travail effectué dans le cadre des études et enquêtes financées par l'I.T.E.B. (période 1973 - 1974 - 1975).

* I.T.E.B., 149, rue de Bercy - 75579 Paris cedex 12.

** Labcodral, 13, rue de l'Université - 59509 Douai.

III. Éléments plastiques

CALCIUM - PHOSPHORE - SODIUM - MAGNÉSIUM

3.1. Bibliographie sommaire

De très nombreuses données bibliographiques relatives à la composition des laits d'espèces animales et de femme, on peut tirer le tableau 18.

TABLEAU 18

Les principaux éléments plastiques de différents laits
(valeurs moyennes en mg/l)

	Cendres	Ca	P	Ca/P	Na	Mg	K	Cl	S
Vache	7200	1250	950	1,32	520	120	1500	1100	350
Chèvre	8000	1350	1000	1,35	400	180	1800	1300	—
Brebis	8700	1900	1500	1,27	450	160	1250	1200	—
Femme	2300	320	160	2,00	180	35	600	450	150

Les teneurs, déterminées à l'aide du plus grand nombre de données actuellement publiées, sont des teneurs moyennes de référence pour chaque élément minéral. Pour les éléments plastiques, les variations sont en général faibles, les données nombreuses et relativement sûres.

Les facteurs de variation des teneurs en éléments minéraux du lait de vache sont nombreux. Il est difficile d'influer sur certains, par exemple le stade de lactation ou la saison ; par contre on pourrait facilement agir sur la race et surtout l'alimentation.

3.1.1. Influence du stade de lactation

En règle générale, le colostrum de la vache est plus riche en éléments minéraux que le lait normal. Il contient en moyenne deux

fois plus de calcium et de phosphore et deux à trois fois plus de magnésium ; les teneurs en sodium et chlore sont également supérieures ; les teneurs en potassium et en soufre seraient sensiblement identiques.

Après la diminution brutale des teneurs, qui se produit durant les premiers jours après le vêlage, les variations sont beaucoup plus atténuées. Et sur une lactation il devient quasi impossible de dissocier l'incidence propre du stade de lactation de celle d'autres facteurs comme la saison ou l'alimentation.

Les variations des principaux éléments plastiques peuvent être illustrés par la figure 2. Les teneurs en calcium et en phosphore présentent un léger minimum à mi-lactation, tandis que les teneurs en potassium diminuent régulièrement et que les teneurs en sodium augmentent sensiblement à la fin de la lactation. Certains auteurs font remarquer que le rapport Ca/P, dont la valeur est proche de 1 dans le colostrum, s'élève ensuite progressivement jusqu'à atteindre la valeur de 1,5 à 1,7 en fin de lactation. Plusieurs travaux montrent les variations inverses des teneurs en potassium et en sodium, et discutent des relations existant entre potassium, sodium, chlore et lactose : à la fin de la lactation, les teneurs en potassium et en lactose diminuent tandis que les teneurs en sodium et en chlore augmentent.

3.1.2. Influence de l'âge et du nombre de lactations

Cette influence paraît faible et demanderait au besoin à être précisée. Une étude sur 2 400 lactations prouve que de la première à la douzième lactation, les teneurs en sodium augmentent de 340 à 480 mg/l, tandis que les teneurs moyennes en phosphore diminuent de 7 p.100 et que les teneurs en calcium demeurent inchangées ; cette constance de la teneur en calcium a été confirmée par de nombreux chercheurs.

3.1.3. Influence de la race

Cette influence est très nette chez les vaches. Le taux de calcium du lait est un caractère fortement transmissible, il en serait de même pour d'autres éléments comme le phosphore, le potassium, le sodium et même certains oligo-éléments.

Imamura et Sonobe font remarquer que ces variations des teneurs en éléments minéraux sont liées à celles de la matière sèche, des protéines, et des matières grasses du lait. Le calcium, le phosphore et le magnésium sont liés à la caséine, tandis que le potassium, le sodium et le chlore sont surtout en solution dans l'eau et que le fer, le cuivre, le zinc et le molybdène sont adsorbés à la surface des globules gras. Ainsi, le lait de la race Jersey est plus riche en calcium

et en phosphore (écart moyen de 25 p.100) mais plus pauvre en potassium et en sodium (écart moyen de 20 p.100 à 25 p.100) que le lait de la race Frisonne Pie Noire ; plus riche en Ca, P, Mg, Fe, Cu, Zn et Mo, et plus pauvre en K, Na et Cl que le lait de la race Holstein.

Guéguen et Journet ont constaté que le lait de la race Normande était plus riche en calcium et plus pauvre en potassium que le lait des races Frisonne Pie Noire et Pie Rouge de l'Est. En fait il existe une relation étroite entre la teneur en calcium et la teneur en matière grasse du lait ; la régression établie par « The Agricultural Research Council » fait varier le taux de calcium du lait de 1 110 à 1 450 mg/kg lorsque le taux de matière grasse varie de 2 p.100 à 6 p.100.

Les différences inter-régionales enregistrées par Madelmont et Michon, pour les teneurs en potassium de laits de provenances diverses en France, semblent également dues à l'influence de la race. Ainsi les teneurs moyennes en potassium des laits des départements français varieraient entre 1 360 mg/l en Charente-Maritime et 1 770 mg/l dans la Somme.

Il serait intéressant de rechercher s'il existe ou non une corrélation entre les teneurs des laits de vaches de races différentes et d'autres caractéristiques chimiques de ces laits.

3.1.4. Influence de la saison et du climat

La saison influe sur la composition minérale du lait par l'action combinée de la température et de l'éclairement, mais aussi du stade de lactation et du régime alimentaire. Il semble admis que les teneurs en calcium sont minimales en été.

Si l'on élimine l'influence du stade de lactation il semble que, chez la vache au pâturage, les teneurs du lait en calcium et phosphores soient plus élevées au printemps qu'en automne et même en été. Le lait aurait une teneur minimale en sodium au printemps, en potassium, sodium et chlore en hiver.

Certains auteurs attribuent cette influence saisonnière aux différences de température et montrent qu'une température élevée diminue les teneurs en phosphore, calcium et magnésium du lait ; mais que, pour le calcium, cette influence peut être inversée si les vaches se trouvent dans la seconde moitié de leur lactation.

En bref, l'accord entre les résultats des différents auteurs est loin d'être acquis. Les interprétations des observations sont difficiles, en raison de l'interférence de divers paramètres.

3.1.5. Influence du régime alimentaire

Les teneurs du lait en éléments plastiques sont largement déterminées par des facteurs génétiques ; elles varient très peu en fonction des conditions d'alimentation et d'environnement.

La nature du régime alimentaire en général et l'apport minéral en particulier, n'ont aucune influence sur les teneurs en calcium, phosphore et magnésium du lait. Ni l'insuffisance, ni l'excès de l'un de ces éléments dans la ration ne modifient leurs teneurs dans le lait. Si l'apport alimentaire de calcium et de phosphore est insuffisant, l'animal fait appel à ses réserves osseuses, la composition minérale du lait n'est pas affectée, seule l'est la quantité sécrétée par unité de temps.

Cependant des variations des teneurs en potassium, sodium et chlore sont probablement possibles sous l'influence des facteurs alimentaires ; il importe d'être prudent dans ce domaine.

3.2. Résultats

Une seule enquête a été effectuée, sur les laits de grand mélange. Les prélèvements ont eu lieu à date fixe (le 9 de chaque mois) en février, juin et octobre 1974, en février et juin 1975, dans un certain nombre de laiteries ou de centres, comme indiqué dans le tableau 28.

A partir des différentes séries de résultats sont calculées les moyennes arithmétiques et les moyennes pondérées, régionales et nationales. Les résultats sont exprimés en milligrammes par litre de lait : mg/l.

Tableau 19 : Calcium (moyennes).

Tableau 20 : Calcium : répartition des résultats.

Tableau 21 : Phosphore (moyennes).

Tableau 22 : Phosphore : répartition des résultats.

Tableau 23 : Rapport Ca/P.

Tableau 24 : Sodium (moyennes).

Tableau 25 : Sodium : répartition des résultats.

Tableau 26 : Magnésium (moyennes).

Tableau 27 : Magnésium : répartition des résultats.

3.3. Commentaires

3.3.1. Calcium

Les laits des régions Normandie et Ouest, sont les plus riches en calcium. Or d'après le tableau 1 et la constitution de l'échantillonnage, ce sont les régions où domine la race Normande : 85 p. 100 et 50 p. 100 des effectifs de laitières.

TABLEAU 19. — Calcium. Valeurs moyennes en mg/l

	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
Unité : mg/l (milligramme par litre)	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	1233	—	1171	—	1205	—	1185	—	1196	—
Est	1203	1177	1175	1169	1196	1194	1177	1175	1160	1165
Nord-Est	1232	1212	1195	1160	1222	1224	1192	1193	1183	1183
Normandie	1300	1297	1300	1303	1277	1284	1213	1205	1221	1207
Bretagne	1183	1182	1213	1217	1258	1257	1171	1185	1184	1186
Ouest	1240	1261	1259	1260	1247	1216	1219	1192	1203	1200
Centre - Massif Central	1148	1148	1207	1195	1225	1222	1224	1224	1195	1195
Sud-Ouest	1238	1212	1210	1136	1191	1185	1132	1131	1174	1175
France	1230	1231	1219	1218	1222	1224	1195	1190	1191	1184
Médiane 1974 : 1223 mg/ Moyenne 1974 : 1230 mg/l							Médiane 1975 : 1187 mg/l Moyenne 1975 : 1193 mg/l			

Les moyennes 1974 sont légèrement supérieures aux moyennes 1975 30 mg/l ; généralement les moyennes les plus basses sont en juin et les plus élevées en février ; mais les différences entre les prélèvements sont minimales (tab. 19).

Si l'on considère la teneur moyenne des laits donnée par la littérature (1 250 mg/l), l'on peut voir dans le tableau 20 que seuls les laits normands et ceux de l'Ouest se répartissent autour de cette norme en 1974, ou en sont les plus proches en 1975. 82 p. 100 des laits ont une teneur en calcium inférieure à 1 250 mg/l ; la majorité des résultats se situant entre 1 150 et 1 250 mg/l : 73 p. 100 ; 66 p. 100 en 1974 et 89 p. 100 en 1975.

TABLEAU 20. — Calcium. Répartition des résultats

Unité : mg/l		1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350
1974 : 153 éch.	Centre-Est	.	3	13	12	1	2	.
	Est	.	4	12	6	.	1	.
	Nord-Est	.	1	7	4	.	1	.
	Normandie	.	.	1	5	4	8	3
	Bretagne	.	.	3	5	2	.	.
	Ouest	.	2	5	11	6	4	2
	Sud-Ouest	.	2	7	2	1	1	1
	Centre M.C.	1	2	3	5	.	.	.
France		1	14	51	50	14	17	6
1975 : 75 éch.	Centre-Est	.	1	7	2	1	.	.
	Est	.	1	10	.	.	.	.
	Nord-Est	.	.	5	1	.	.	.
	Normandie	.	.	5	7	.	.	.
	Bretagne	.	1	5	1	.	.	.
	Ouest	.	1	5	10	1	.	.
	Sud-Ouest	.	2	5	.	.	.	.
	Centre M.C.	.	.	1	3	.	.	.
France		.	6	43	24	2	.	.
Total enquête		1	20	94	74	16	17	6

TABLEAU 21. — Phosphore. Valeurs moyennes en mg/l

Unité : mg/l (milligramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	870	—	920	—	944	—	898	—	943	—
Est	854	859	892	895	924	915	922	913	913	916
Nord-Est	889	877	908	939	902	945	883	885	923	927
Normandie	903	911	948	945	981	1003	923	928	947	948
Bretagne	894	892	942	950	955	952	963	979	943	947
Ouest	893	904	940	934	962	963	908	903	971	974
Centre - Massif Central	890	890	898	898	921	922	910	910	950	950
Sud-Ouest	845	834	888	890	903	911	860	857	910	914
France	878	885	919	928	965	951	911	903	939	942
Médiane 1974 : 922 mg/l							Médiane 1975 : 925 mg/l			
Moyenne 1974 : 921 mg/l							Moyenne 1975 : 925 mg/l			

3.3.2. Phosphore

Les laits des régions de l'Ouest sont les plus riches en phosphore (Normandie, Ouest, Bretagne) or ce sont les régions où la race Normande est plus ou moins prééminente.

D'une année sur l'autre, les moyennes générales sont semblables. Cependant les résultats des mois de février et de juin 1975 sont supérieurs à ceux des mois correspondants de 1974. C'est en octobre 1974 que les teneurs des laits en phosphore ont été les plus élevées (tab. 21).

Si l'on considère la teneur moyenne des laits donnée par la littérature : 950 mg/l, l'on peut voir dans le tableau 22 que les laits de l'Ouest de la France se répartissent de part et d'autre de cette norme. 80 p. 100 des laits ont une teneur en phosphore inférieure à 950 mg/l ; la majorité des résultats se situant entre 850 et 950 mg/l : 75 p. 100 ; 70 p. 100 en 1974 et 83 p. 100 en 1975.

TABLEAU 22. — Phosphore. Répartition des résultats

Unité : mg/l		800	850	900	950	1000	1050
1974 : 150 éch.	Centre-Est	3	11	11	6	.	
	Est	5	7	10	1	.	
	Nord-Est	.	5	5	2	.	
	Normandie	.	3	8	7	3	
	Bretagne	.	2	5	3	.	
	Ouest	2	4	14	8	1	
	Sud-Ouest	2	8	3	.	.	
	Centre M.C.	1	3	7	.	.	
France		13	43	63	27	4	
1975 : 75 éch.	Centre-Est	.	6	4	1	.	
	Est	.	2	9	.	.	
	Nord-Est	.	2	4	.	.	
	Normandie	.	2	7	3	.	
	Bretagne	.	.	5	2	.	
	Ouest	.	5	6	6	.	
	Sud-Ouest	1	3	3	.	.	
	Centre M.C.	.	.	4	.	.	
France		1	20	42	12	.	
Total enquête		14	63	105	39	4	

3.3.3. Rapport calcium/phosphore

Les teneurs en calcium des laits étant d'une année sur l'autre en légère diminution, et celle en phosphore en légère augmentation, la valeur du rapport Ca/P est donc en légère diminution, au cours de cette enquête. La valeur moyenne de ce rapport pour l'ensemble des échantillons est égale à celle trouvée dans la littérature : 1,32 (tab. 23).

TABLEAU 23. — Rapport Ca/P

	1974			1975	
	Février	Juin	Octobre	Février	Juin
Centre-Est	1,42	1,27	1,28	1,32	1,27
Est	1,41	1,32	1,29	1,28	1,27
Nord-Est	1,39	1,32	1,35	1,35	1,28
Normandie	1,44	1,37	1,30	1,31	1,29
Bretagne	1,32	1,29	1,32	1,22	1,26
Ouest	1,39	1,34	1,30	1,34	1,24
Sud-Ouest	1,29	1,34	1,33	1,35	1,26
Centre M.C.	1,47	1,36	1,32	1,32	1,29
France	1,40	1,33	1,31	1,31	1,27
	1,34			1,29	
	1,32				

A part quelques valeurs un peu faibles (1,22 en Bretagne en février 1975) ou un peu fortes (1,47 dans le Centre-Massif Central en février 1974), le rapport Ca/P semble stable autour de sa moyenne (1,26 à 1,39). Les prélèvements d'octobre 1974 et surtout de juin 1975 par exemple, ont montré une remarquable constance du rapport quelle que soit la région :

Octobre 1974 : 1,31 ; variation de 1,28 à 1,35.

Juin 1975 : 1,27 ; variation de 1,24 à 1,29.

TABLEAU 24. — Sodium. Valeurs moyennes en mg/l

Unité : mg/l (milligramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	436	—	444	—	474	—	458	—	438	—
Est	417	423	463	461	475	473	415	422	439	435
Nord-Est	426	432	486	470	514	500	418	420	471	470
Normandie	414	434	462	456	480	483	420	416	460	463
Bretagne	437	437	459	463	487	486	414	417	427	434
Ouest	447	450	492	489	507	505	459	448	479	466
Centre - Massif Central	440	440	456	447	476	476	411	411	431	431
Sud-Ouest	443	455	456	459	475	463	454	450	435	442
France	433	441	465	470	487	488	437	429	452	451
Médiane 1974 : 467 mg/l							Médiane 1975 : 442 mg/l			
Moyenne 1974 : 462 mg/l							Moyenne 1975 : 444 mg/l			

TABLEAU 25. — Sodium. Répartition des résultats

Unité : mg/l		350	375	400	425	450	475	500	520	550
1974 : 153 éch.	Centre-Est	2	2	6	4	7	8	2	.	.
	Est	.	2	3	4	8	5	1	.	.
	Nord-Est	.	1	.	2	4	2	3	.	1
	Normandie	.	2	3	2	7	6	1	.	.
	Bretagne	.	1	.	3	2	4	.	.	.
	Ouest	.	.	3	2	7	10	6	2	.
	Sud-Ouest	.	.	3	3	4	4	.	.	.
	Centre M.C.	.	.	.	6	2	3	.	.	.
France		2	8	18	26	41	42	13	2	1
1975 : 77 éch.	Centre-Est	.	.	1	4	5	2	.	.	.
	Est	.	1	5	4	1	1	.	.	.
	Nord-Est	.	.	2	1	1	2	.	.	.
	Normandie	.	2	3	1	5	.	1	.	.
	Bretagne	.	2	2	2	1	.	.	.	.
	Ouest	.	.	1	4	4	8	.	.	.
	Sud-Ouest	1	.	1	2	2	1	.	.	.
	Centre M.C.	.	1	1	2	.	.	.	.	.
France		1	6	16	20	19	14	1	.	.
Total enquête		3	14	34	46	60	56	14	2	1

TABLEAU 26. — Magnésium. Valeurs moyennes en mg/l

Unité : mg/l (milligramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	109	—	101	—	107	—	118	—	112	—
Est	105	105	105	106	111	112	99	99	100	101
Nord-Est	113	113	108	107	115	114	103	103	107	107
Normandie	114	116	111	110	119	120	105	102	105	105
Bretagne	107	107	110	112	117	117	103	104	105	106
Ouest	111	110	108	108	115	113	107	108	109	109
Centre - Massif Central	103	103	104	102	112	112	99	99	109	109
Sud-Ouest	108	105	102	104	112	110	101	100	104	105
France	109	109	106	107	113	114	106	104	106	106
Médiane 1974 : 110 mg/l							Médiane 1975 : 105 mg/l			
Moyenne 1974 : 109 mg/l							Moyenne 1975 : 106 mg/l			

3.3.4. Sodium

Les laits des régions Nord-Est et Ouest sont les plus riches en sodium ; la race F.F.P.N. y est représentée à 95 p. 100 et 50 p. 100.

Les résultats moyens des mois de février sont semblables, mais différents selon les régions (tab. 24). Cependant les résultats relevés en juin et octobre 1974 sont significativement plus élevés que ceux de février.

Si l'on considère la teneur moyenne des laits donnée par la littérature : 520 mg/l, l'on peut voir dans le tableau 25 que seuls des laits de l'Ouest et du Nord-Est dépassent cette norme. 99 p. 100 des laits ont une teneur en sodium inférieure à 520 mg/l ; la majorité des résultats étant entre 400 et 500 mg/l : 85 p. 100 ; 82 p. 100 en 1974 et 90 p. 100 en 1975.

3.3.5. Magnésium

Les laits de trois régions sont un peu moins riches que les autres : l'Est, le Sud-Ouest et le Centre-Massif Central ; le Centre-Est s'y joignant en 1974. Ce sont des régions où l'on peut trouver des vaches de la race Pie Rouge de l'Est et de beaucoup d'autres races.

Les résultats moyens des mois de février et de juin sont semblables d'une année sur l'autre, mais avec quelques variations régionales. C'est en octobre 1974 que les teneurs en magnésium se sont trouvées être les plus élevées (tab. 26).

Si l'on considère la teneur moyenne des laits donnée par la littérature (120 mg/l), on peut constater dans le tableau 27 que la majorité des laits ont des teneurs inférieures à cette norme (95 p. 100). L'essentiel des résultats se situant entre 100 et 115 mg/l : 68 p. 100.

3.3.6. Conclusion

Bien que les différences soient faibles, il semblerait que la race et la saison aient une certaine influence sur la composition en éléments plastiques des laits. D'une façon générale, les laits sont plus riches en 1974 qu'en 1975, exception faite du phosphore ; cependant la majorité des résultats est inférieure aux normes moyennes communément admises dans la littérature. L'amplitude des résultats est moins importante en 1975 qu'en 1974.

IV. Oligo-éléments

FER - CUIVRE - MANGANÈSE - ZINC

4.1. Les échantillons

4.1.1. Laits de producteurs

Une seule série d'analyses a été effectuée en septembre 1973 sur des laits provenant de 99 exploitations réparties comme indiqué dans le tableau 2.

TABLEAU 27. — Magnésium. Répartition des résultats

Unité : mg/l		90	95	100	105	110	115	120	125
1974 : 153 éch.	Centre-Est	2	8	7	7	3	2	2	2
	Est	.	4	7	5	4	2	2	1
	Nord-Est	.	.	.	6	3	4	.	.
	Normandie	.	.	3	2	7	5	4	4
	Bretagne	.	1	.	3	3	3	.	.
	Ouest	.	.	1	13	11	4	1	1
	Sud-Ouest	.	2	4	5	2	1	.	.
	Centre M.C.	.	3	3	2	3	.	.	.
	France	2	18	25	43	36	21	8	
1975 : 76 éch.	Centre-Est	.	.	1	2	2	3	3	3
	Est	1	7	3	1	.	.	.	.
	Nord-Est	.	.	3	3	.	.	.	.
	Normandie	.	2	5	4	1	.	.	.
	Bretagne	.	1	3	3	.	.	.	.
	Ouest	.	1	3	8	5	.	.	.
	Sud-Ouest	.	2	4	.	1	.	.	.
	Centre M.C.	.	2	.	1	1	.	.	.
	France	1	15	22	22	10	3	3	
Total enquête		3	33	47	65	46	24	11	

4.1.2. Laits de grand mélange

Cinq séries d'analyses ont été effectuées. Les prélèvements ont eu lieu à date fixe (le 9 de chaque mois) en février, juin et octobre 1974 ; en février et juin 1975, dans un certain nombre de laiteries ou de centres, comme indiqué dans le tableau 28.

4.1.3. Calculs effectués

A partir des différentes séries de résultats, sont calculées les moyennes arithmétiques et les moyennes pondérées, régionales et nationales. Les résultats sont exprimés en microgrammes par litre de lait ($\mu\text{g/l}$).

4.2. Le fer

4.2.1. Bibliographie sommaire

De nombreuses analyses de la teneur du lait en fer ont été effectuées. Le lait de vache au sortir de la mamelle ne contiendrait

TABLEAU 28. — Répartition des usines et litrages correspondants. Enquête 1974-1975

	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
	Nombre d'usines	Litrage (hl)	Nombre d'usines	Litrage (hl)	Nombre d'usines	Litrage (hl)	Nombre d'usines	Litrage (hl)	Nombre d'usines	Litrage (hl)
Centre-Est	8	1870	8	2800	8	1870	8	1870	8	2800
Est	7	4665	8	6613	8	4090	5	2597	6	5594
Nord-Est	3	4722	5	6420	5	3563	3	4817	3	6400
Normandie	6	4496	6	5639	7	4074	6	4134	6	5301
Bretagne	2	2637	5	9439	3	5902	4	5779	3	6500
Ouest	10	12862	10	18450	10	12877	9	14153	8	16959
Centre - Massif Central	4	1600	4	1450	3	1100	2	1600	2	1450
Sud-Ouest	5	4144	5	5532	4	4179	2	2710	5	5703
France	45	36996	51	56343	48	37655	39	37660	41	50707
144 centres pour 130 994 hl							80 centres pour 88 367 hl			

que 100 à 250 $\mu\text{g/l}$ de fer, tandis que le lait normalement contaminé en contiendrait environ 500 $\mu\text{g/l}$. En général, les résultats sont souvent très supérieurs et assez variables : 600 à 2 400 $\mu\text{g/l}$. Cela est dû à une contamination du lait par le matériel utilisé. Cette variabilité ne traduit donc pas la variabilité naturelle du fer.

La variabilité de la teneur en fer du lait en fonction du stade de lactation est importante : le colostrum de la vache est deux à quatre fois plus concentré en fer que le lait. D'autre part, il existe une certaine variabilité entre espèces et entre races.

Le fer se trouve en général en quantité insuffisante dans le lait ; mais il ne semble pas possible d'augmenter sa teneur en fournissant un supplément alimentaire de fer. Par contre, une carence alimentaire entraînerait une diminution de la teneur en fer du lait.

Le problème du fer se pose surtout lorsqu'il s'agit d'apprécier la qualité nutritionnelle ou technologique d'un lait. Le fer introduit dans le lait après la traite se répartit différemment du fer « naturel » entre les constituants physiques du lait ; ces « deux fers » peuvent suivre des voies différentes au cours des technologies. Alors que le fer stable naturel du lait est concentré particulièrement dans les membranes des globules gras et n'est pas dialysable, le fer introduit après la traite (suivi avec Fe 59) est surtout associé au lait écrémé et particulièrement à la caséine. La mobilité particulièrement grande du fer, produit de corrosion, peut avoir une incidence sur l'utilisation de produits laitiers pour des objectifs particuliers (lactosérums pour l'alimentation des jeunes animaux).

42.2. Résultats

4.2.2.1. Laits de producteurs

4.2.2.2. Laits de grand mélange

4.2.3. Commentaires

4.2.3.1. Laits de producteurs

Aucune analyse n'a montré une teneur en fer inférieure à 250 $\mu\text{g/l}$. Un seul lait est particulièrement riche en fer : 5 200 $\mu\text{g/l}$ chez un producteur de la Marne.

4.2.3.2. Laits de grand mélange

La grande majorité des résultats se situent entre 200 et 700 $\mu\text{g/l}$. Une seule analyse a montré une teneur supérieure à 1 500 $\mu\text{g/l}$: 2 173 $\mu\text{g/l}$ en octobre 1974 dans une laiterie du Pas-de-Calais.

4.2.3.3. Comparaison

Dans les deux enquêtes, nous n'avons pu que constater la plus ou moins grande importance de la contamination du lait après la traite, que cette contamination soit normale ($< 500 \mu\text{g/l}$) ou due au matériel utilisé ($< 2\,500 \mu\text{g/l}$) ; quelle que soit la région, l'usine ou le producteur, l'ensemble des résultats est compris entre 250 et 2 500 $\mu\text{g/l}$.

TABLEAU 29. — Fer 1973. Moyennes et répartition des résultats

Unité : $\mu\text{g/l}$	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Répartition des résultats							
			250	500	750	1000	1500	2000	2500	3000
Isère	820	810	3	1	6	2	1	.	.	.
Loire-Rhône	913	924	.	1	3	2	.	.	.	.
Jura	1370	1325	1	.	1	1	2	1	.	.
Haute-Marne - Haute-Saône	889	792	3	5	1	4	2	.	.	.
Yonne	742	716	1	2	1	1	.	.	.	.
Marne	1448	1497	.	1	4	2	1	.	.	1
Région Nord	584	583	6	7	.	.	1	.	.	.
Mayenne-Sarthe	1135	1181	1	1	4	.	1	1	.	.
Charentes	1732	1649	.	.	.	4	4	3	1	.
Aquitaine - Midi-Pyrénées	766	765	3	1	4	3	.	.	.	.
France	1019	1030	18	19	24	19	12	5	1	1
Teneur normale des laits	200 à 500 $\mu\text{g/l}$.		Valeurs extrêmes (Bibliographie)				200 à 2400 $\mu\text{g/l}$.			

TABLEAU 30. — Fer 1974-1975. Valeurs moyennes en µg/l

	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
Unité : µg/l (microgramme par litre)	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	387	—	370	—	576	—	830	—	715	—
Est	398	404	384	363	687	669	422	464	487	488
Nord-Est	342	357	304	368	1054	1643	460	468	524	522
Normandie	511	541	332	325	581	623	504	410	448	474
Bretagne	497	494	334	332	739	750	397	399	347	341
Ouest	372	400	323	381	559	595	523	541	445	461
Centre - Massif Central	685	685	423	431	472	474	465	465	553	553
Sud-Ouest	418	454	273	214	422	426	397	380	489	433
France	431	437	345	350	631	653	543	485	485	468
Médiane 1974 : 462 µg/l							Médiane 1975 : 475 µg/l			
Moyenne 1974 : 465 µg/l							Moyenne 1975 : 515 µg/l			

TABLEAU 31. — Fer 1974-1975. Répartition des résultats

Unité : µg/l		200	300	400	500	600	700	800	1000	1500	2500
1974 : 149	Centre-Est	1	2	13	7	3	3	1	.	.	.
	Est	.	1	8	4	3	2	2	.	1	.
	Nord-Est	1	4	1	3	1	1	.	.	1	1
	Normandie	.	2	6	1	6	5	.	1	.	.
	Bretagne	.	3	1	2	1	2	.	1	.	.
	Ouest	2	5	10	5	4	3	.	.	1	.
	Sud-Ouest	2	2	2	6	1	.	.	.	.	.
	Centre M.C.	.	1	1	4	2	2	.	.	1	.
France		6	20	42	32	21	18	3	2	4	1
1975 : 77	Centre-Est	.	.	1	1	2	1	2	2	3	.
	Est	.	.	4	6	1	.	1	.	.	.
	Nord-Est	.	.	.	2	4	.	.	.	.	.
	Normandie	.	.	6	4	.	.	1	.	1	.
	Bretagne	.	.	6	1	.	.	.	.	.	.
	Ouest	.	.	4	8	2	1	2	.	.	.
	Sud-Ouest	.	.	2	3	1	1	.	.	.	.
	Centre M.C.	.	.	.	1	3	.	.	.	.	.
France		.	.	23	26	13	3	6	2	4	.
Total enquête		6	20	65	58	34	21	9	4	8	1

4.3. *Le cuivre*

4.3.1. Bibliographie sommaire

Le lait à la mamelle contiendrait en moyenne 100 à 150 $\mu\text{g/l}$ de cuivre. Des valeurs plus faibles ont été avancées par certains auteurs estimant que la contamination du lait ajoute couramment 100 $\mu\text{g/l}$, d'où la fixation à partir de 70 références d'une teneur normale naturelle de 20 à 40 μg de cuivre par litre de lait de vache. Plus généralement l'on trouve dans les laits en cours de commercialisation des teneurs en cuivre plus importantes : 200 à 500 $\mu\text{g/l}$ pour des laits ayant subi les traitements classiques. Il importe donc de tenir compte d'une certaine contamination normale des laits ; ce qui conduit à adopter comme teneur normale : 20 à 150 μg par litre de lait.

Le colostrum est normalement plus riche que le lait (facteur 2 à 4), la teneur en cuivre diminue progressivement au cours de la lactation. Il existerait une certaine dépendance entre la teneur du lait en cuivre et la race.

Du fait que le cuivre est l'objet d'une forte régulation dans l'organisme, on ne peut pratiquement pas accroître la teneur du lait en cet élément en apportant un supplément dans l'alimentation de la vache. Par contre, un régime déficient en cuivre conduit à un appauvrissement très marqué du lait en cet élément.

Les teneurs en cuivre des fourrages varient dans de très larges limites (1 à 100 $\mu\text{g/kg}$ de matière sèche selon Bellanger) en fonction de paramètres pédologiques et de la composition floristique des fourrages. La plupart des valeurs sont cependant comprises entre 3 et 10 $\mu\text{g/kg}$ de M.S.

En ce qui concerne la qualité technologique du lait, il importe de tenir compte des phénomènes suivants : le fer naturel et le fer produit de corrosion passant dans le lait se lient différemment aux constituants du lait ; cela a une incidence sur les transferts ultérieurs de cuivre au cours des technologies.

La teneur limite en cuivre admise par la Société des experts chimistes est de 500 $\mu\text{g/l}$ pour le lait. Les besoins de l'homme s'élèvent à 2 000 $\mu\text{g/j}$.

4.3.2. Résultats

4.3.2.1. Laits de producteurs

4.3.2.2. Laits de grand mélange

4.3.3. Commentaires

4.3.3.1. Laits de producteurs

70 p. 100 des analyses ont montré des teneurs en cuivre inférieures à 150 $\mu\text{g/l}$; et seulement huit résultats sont supérieurs à 300 $\mu\text{g/l}$; aucun n'atteignant 500 $\mu\text{g/l}$.

TABLEAU 32. — Cuivre 1973. Moyennes et répartitions des résultats

Unité : $\mu\text{g/l}$	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Répartition des résultats							
			50	100	150	200	250	300	350	
Isère	90	107	4	6	1	1	.	1	.	.
Loire-Rhône	81	77	1	4	.	1	.	.	.	.
Jura	210	204	.	1	.	3	.	1	1	.
Haute-Marne - Haute-Saône	130	210	2	7	3	.	1	2	.	.
Yonne	97	97	.	2	3	.	.	.	.	.
Marne	330	317	.	.	.	1	1	1	2	4
Région Nord	49	44	8	6	.	.	.	.	.	.
Mayenne-Sarthe	78	77	1	6	1	.	.	.	.	.
Charentes	132	126	6	1	.	1	1	2	1	.
Aquitaine - Midi-Pyrénées	94	95	.	9	.	2	.	.	.	.
France	122	145	22	42	8	9	3	7	4	4
Valeurs extrêmes (Bibliographie)			20 à 500 $\mu\text{g/l}$				Teneur normale des laits			
							20 à 150 $\mu\text{g/l}$			

TABLEAU 33. — Cuivre 1974-1975. Valeurs moyennes en µg/l

Unité : µg/l (microgramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	189	—	174	—	227	—	232	—	315	—
Est	151	151	231	280	218	225	168	165	252	243
Nord-Est	159	154	296	331	205	238	163	169	131	124
Normandie	143	155	183	129	202	108	220	208	270	318
Bretagne	132	132	263	318	231	213	231	215	195	193
Ouest	222	173	203	171	190	178	193	189	179	192
Centre - Massif Central	200	200	174	187	224	231	165	165	208	208
Sud-Ouest	309	187	181	151	366	318	196	193	158	174
France	194	166	209	221	224	206	202	194	213	207
Médiane 1974 : 201 µg/l							Médiane 1975 : 201 µg/l			
Moyenne 1974 : 209 µg/l							Moyenne 1975 : 208 µg/l			

TABLEAU 34. — Cuivre 1974-1975. Répartition des résultats

Unité : µg/l		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1974 : 150	Centre-Est	6	11	5	1	.	1	3	1	1	1
	Est	3	3	8	4	1	1	3	.	.	.
	Nord-Est	1	3	6	.	.	.	1	.	1	1
	Normandie	5	9	1	.	1	.	.	2	.	1
	Bretagne	1	3	2	1	.	1	1	.	.	1
	Ouest	4	10	6	3	1	2	1	1	1	1
	Sud-Ouest	2	2	3	2	1	1	.	.	1	2
	Centre M.C.	1	4	.	1	4	1	.	.	.	.
France		23	45	31	12	8	7	9	4	4	7
1975 : 561	Centre-Est	1	1	3	4	1	1	1	.	1	.
	Est	.	4	2	.	6	.	.	.	.	.
	Nord-Est	.	3	3	.	.	.	.	.	.	.
	Normandie	.	1	5	2	2	1	.	.	.	1
	Bretagne	.	3	1	2	.	.	.	1	.	.
	Ouest	.	6	6	1	3	1	.	.	.	.
	Sud-Ouest	.	3	2	2	.	.	.	.	.	.
	Centre M.C.	.	1	2	1	.	.	.	.	.	.
France		1	22	24	12	12	3	1	1	1	1
Total enquête		24	67	55	24	20	10	10	5	5	8

En tenant compte de la contamination normale des laits après leur sortie de la mamelle, on peut constater que :

- les teneurs moyennes nationales sont inférieures à 150 $\mu\text{g/l}$;
- les échantillons les moins chargés en cuivre sont dans le Nord ; puis dans les zones Loire - Rhône et Mayenne - Sarthe d'une part et Isère, Yonne et Sud-Ouest d'autre part. Dans ces régions, les moyennes sont inférieures aux moyennes nationales ;
- les zones Haute-Marne - Haute-Saône et Charentes d'une part et Jura de l'autre ont des répartitions très larges et des résultats moyens plutôt supérieurs à 150 $\mu\text{g/l}$;
- les laits issus du département de la Marne semblent particulièrement riches en cuivre. Tous les résultats sont supérieurs à 150 $\mu\text{g/l}$; le plus fort étant de 410 $\mu\text{g/l}$.

4.3.3.2. Laits de grand mélange

46 p. 100 des analyses en 1974 et 41 p. 100 en 1975 ont des résultats inférieurs à 150 $\mu\text{g/l}$; sept résultats en 1974 et un seul en 1975 sont supérieurs à 500 $\mu\text{g/l}$.

En tenant compte de la contamination normale des laits après leur sortie de la mamelle, on peut cependant constater que :

- les teneurs moyennes nationales sont proches de 200 $\mu\text{g/l}$ quelle que soit l'année et le mois de prélèvement ;
- les régions où les laits sont les plus riches en cuivre sont : en février 1974 le Sud-Ouest (309 $\mu\text{g/l}$) ; en juin 1974 le Nord-Est (296 $\mu\text{g/l}$) et la Bretagne (263 $\mu\text{g/l}$) ; en octobre 1974 le Sud-Ouest (366 $\mu\text{g/l}$) ; et en juin 1975 le Centre-Est (315 $\mu\text{g/l}$), l'Est (252 $\mu\text{g/l}$) et la Normandie (270 $\mu\text{g/l}$) ;

— en 1974 les échantillons ont des résultats s'échelonnant entre 50 et 669 $\mu\text{g/l}$ avec un maximum de centres entre 50 et 200 $\mu\text{g/l}$;

— en 1975 les résultats s'échelonnant entre 50 et 561 $\mu\text{g/l}$ avec un maximum d'échantillons entre 100 et 300 $\mu\text{g/l}$.

4.3.3.3. Comparaison

Les laits de grand mélange sont en moyenne plus contaminés que les laits de producteurs. Cela traduirait plutôt une augmentation de la contamination du lait due aux différentes manipulations effectuées entre le tank de ferme et le tank de garde de l'usine.

4.4. Le manganèse

4.4.1. Bibliographie sommaire

Les teneurs moyennes en manganèse des laits sont de l'ordre de 30 à 50 $\mu\text{g/l}$. Le colostrum chez la vache est beaucoup plus riche que le lait.

Cette teneur ne peut être modifiée par des suppléments normaux ou assez élevés de manganèse ; seuls des apports massifs et prolongés

TABLEAU 35. — Manganèse 1973. Moyennes et répartition des résultats

Unité : $\mu\text{g/l}$	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Répartition des résultats							
			20	30	40	50	60	70	80	
Isère	35	34	1	4	6	2	.	.	.	.
Loire-Rhône	36	36	1	2	1	2	.	.	.	.
Jura	44	44	.	.	3	2	1	.	.	.
Haute-Marne - Haute-Saône	51	54	.	.	6	3	3	1	2	.
Yonne	56	57	.	1	.	.	2	2	.	.
Marne	52	51	.	.	1	4	3	1	.	.
Région Nord	31	30	3	5	6	.	.	.	.	.
Mayenne-Sarthe	63	61	.	.	.	2	1	2	3	.
Charentes	51	56	.	.	4	1	3	3	1	.
Aquitaine - Midi-Pyrénées	44	43	.	1	5	2	3	.	.	.
France	45	47	5	13	32	18	16	9	6	.
Teneur normale des laits	30 à 50 $\mu\text{g/l}$		Valeurs extrêmes (Bibliographie)				5 à 87 $\mu\text{g/l}$			

TABLEAU 36. — Manganèse 1974-1975. Valeurs moyennes en µg/l

Unité : µg/l (microgramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	61	—	61	—	67	—	64	—	70	—
Est	57	54	58	57	53	62	52	51	58	55
Nord-Est	77	80	60	63	70	83	55	54	57	56
Normandie	69	70	58	56	65	61	57	54	59	59
Bretagne	60	59	59	60	61	61	54	54	52	54
Ouest	61	61	51	50	54	54	58	61	53	54
Centre - Massif Central	65	65	56	54	55	55	58	58	54	54
Sud-Ouest	64	58	53	53	53	54	50	48	54	53
France	67	63	57	56	60	60	57	56	57	55
Médiane 1974 : 59 µg/l							Médiane 1975 : 56 µg/l			
Moyenne 1974 : 61 µg/l							Moyenne 1975 : 57 µg/l			

gés, correspondant à vingt fois les besoins alimentaires normaux (10 g/j) permettent de tripler cette teneur (Archibald et Lindquist en 1943).

Cependant des auteurs japonais en 1962 ont montré qu'une alimentation riche en Mn augmentait le taux du Mn du lait.

Les teneurs en manganèse des foins de prairies naturelles, première coupe varient en France de 18 à environ 600 mg/kg de matière sèche (Lamand).

4.4.2. Résultats

4.4.2.1. Laits de producteurs

4.4.2.2. Laits de grand mélange

TABLEAU 37. — Manganèse 1974-1975. Répartition des résultats

Unité : µg/l		30	40	50	60	70	80	90	
1974 : 153	Centre-Est	.	.	1	11	14	5	.	.
	Est	.	1	3	8	11	.	.	.
	Nord-Est	.	.	1	3	5	2	.	2
	Normandie	.	.	.	10	6	4	1	.
	Bretagne	.	.	2	3	3	1	1	.
	Ouest	.	.	7	18	4	.	.	1
	Sud-Ouest	.	.	5	5	3	.	1	.
	Centre M.C.	.	.	1	7	2	.	1	.
France		.	1	20	65	48	12	4	3
1975 : 77	Centre-Est	.	.	2	2	3	5	.	.
	Est	.	.	4	7	1	.	.	.
	Nord-Est	.	.	.	6	.	.	.	.
	Normandie	.	.	1	9	2	.	.	.
	Bretagne	.	.	3	3	1	.	.	.
	Ouest	.	.	3	11	3	.	.	.
	Sud-Ouest	.	.	1	6	.	.	.	.
	Centre M.C.	.	.	.	3	1	.	.	.
France		.	.	14	47	11	5	.	.
Total enquête		.	1	34	112	59	17	4	3

4.4.3. Commentaires

4.4.3.1. Laits de producteurs

50 p. 100 des échantillons ont des teneurs en manganèse comprises entre 30 et 50 $\mu\text{g/l}$. L'ensemble des résultats se situe entre 20 et 80 $\mu\text{g/l}$; les moyennes nationales étant légèrement inférieures à 50 $\mu\text{g/l}$.

L'ensemble des échantillons des départements du Nord, du Pas-de-Calais, de l'Isère de la Loire et du Rhône a une teneur en manganèse inférieure à 50 $\mu\text{g/l}$ avec une moyenne entre 30 et 35 $\mu\text{g/l}$.

Le département du Jura et des régions Aquitaine et Midi-Pyrénées se situent à la moyenne de notre échantillon : 44 $\mu\text{g/l}$.

Les autres départements présentent un pourcentage plus ou moins grand d'échantillons ayant une teneur en manganèse supérieure à 50 $\mu\text{g/l}$; la Mayenne et la Sarthe étant de ceux qui en ont le plus (6 sur 8 avec une moyenne de 63 $\mu\text{g/l}$).

4.4.3.2. Laits de grand mélange

14 p. 100 des échantillons en 1974 et 19 p. 100 en 1975, ont des teneurs en manganèse comprises entre 30 et 50 $\mu\text{g/l}$. Environ 90 p. 100 des résultats se situent entre 40 et 70 $\mu\text{g/l}$. Les moyennes nationales et régionales se situent entre 50 et 80 $\mu\text{g/l}$ et pour l'ensemble des analyses elles sont peu variables d'une année sur l'autre et d'un prélèvement à l'autre ; l'échantillon de février 1974 ayant des résultats légèrement supérieurs.

4.4.3.3. Comparaison

Si les résultats obtenus sur les laits de grand mélange sont légèrement supérieurs à ceux obtenus sur les laits de producteurs, on peut cependant remarquer que l'ensemble des résultats est peu dispersé ; ce qui est en accord avec les nombreuses références sur le manganèse.

En effet 95 p. 100 des résultats de laits de producteurs se situent entre 20 et 70 $\mu\text{g/l}$ et 90 p. 100 des laits de grand mélange entre 40 et 70 $\mu\text{g/l}$.

4.5. Le zinc

4.5.1. Bibliographie sommaire

Le zinc est de loin, avec le silicium, l'oligo-élément le plus abondant dans le lait. Les auteurs semblent s'accorder pour définir une teneur normale des laits : entre 2 000 et 5 000 $\mu\text{g/l}$. Quelques valeurs plus élevées seraient dues à des séjours prolongés dans des récipients mal galvanisés.

La teneur des laits en zinc dépend du stade de la lactation : le colostrum est beaucoup plus riche que le lait et les teneurs diminuent progressivement au cours de la lactation. Elle dépend également de la race. Elle semble plus variable en fonction des apports alimen-

TABLEAU 38. — Zinc 1973. Moyennes et répartition des résultats

Unité : µg/l	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Répartition des résultats											
			500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	
Isère	1772	1741	1	2	3	1	3	3	.	.	.	.	.	.
Loire-Rhône	1163	1095	1	2	2	.	1	.	.	.	.	.	.	.
Jura	3588	3585	.	.	.	.	.	2	.	3	1	.	.	.
Haute-Marne - Haute-Saône	3184	3311	.	.	.	2	1	4	3	3	1	.	1	.
Yonne	2640	2569	.	.	1	1	.	2	.	1	.	.	.	.
Marne	4362	4415	.	.	.	.	.	.	2	.	4	1	1	1
Région Nord	1217	1100	2	5	3	1	2	1	.	.	.	.	.	.
Mayenne-Sarthe	3225	3265	.	.	.	.	1	3	1	2	1	.	.	.
Charentes	3383	3408	.	.	.	.	2	2	2	5	.	.	1	.
Aquitaine - Midi-Pyrénées	2685	2526	.	.	2	1	2	2	1	3	.	.	.	.
France	2680	2807	4	9	11	6	12	19	9	17	7	1	3	1
Teneur normale des laits	2 000 à 5 000 µg/l		Valeurs extrêmes (Bibliographie)						400 à 5 000 µg/l					

TABLEAU 39. — Zinc 1974-1975. Valeurs moyennes en $\mu\text{g/l}$

Unité : $\mu\text{g/l}$ (microgramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974		Février 1975		Juin 1975	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	3838	—	3384	—	3965	—	3771	—	4145	—
Est	4144	4084	3958	4221	3970	4006	3968	3996	4042	3880
Nord-Est	4416	4473	3964	4049	3376	4602	4205	4337	4187	4224
Normandie	4757	4484	3909	3720	4030	4164	3973	3817	3967	3875
Bretagne	4607	4548	4233	4432	3853	3870	3891	3987	4023	4144
Ouest	4360	4611	4065	4066	3987	4059	3857	4024	3783	3726
Centre - Massif Central	3903	3903	3520	3457	3387	3389	3878	3878	3878	3878
Sud-Ouest	3980	4014	3168	3224	3309	3433	3445	3415	3335	3310
France	4195	4370	3776	3977	3830	3993	3882	3930	3884	3837
Médiane 1974 : 4093 $\mu\text{g/l}$							Médiane 1975 : 3876 $\mu\text{g/l}$			
Moyenne 1974 : 3928 $\mu\text{g/l}$							Moyenne 1975 : 3883 $\mu\text{g/l}$			

taires que les teneurs en fer et en cuivre ; mais cette variabilité reste toutefois faible.

Les besoins de l'homme s'élèvent à 6-10 mg par jour. La Société des experts chimistes a limité la teneur en zinc du lait à 5 000 µg/kg.

4.5.2. Résultats

4.5.2.1. Laits de producteurs

4.5.2.2. Laits de grand mélange

TABLEAU 40. — Zinc 1974-1975. Répartition des résultats

Unité : µg/l		2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	6000
1974 : 152	Centre-Est	.	.	12	12	6	1	.	.
	Est	.	.	3	9	9	2	.	.
	Nord-Est	.	.	1	3	5	2	1	.
	Normandie	.	1	1	7	6	3	2	1
	Bretagne	.	1	1	4	1	.	3	.
	Ouest	.	.	3	12	8	5	2	.
	Sud-Ouest	1	2	2	7	2	.	.	.
	Centre M.C.	.	2	3	4	1	1	.	.
France		1	6	26	58	38	14	8	1
1975 : 77	Centre-Est	.	.	1	8	3	.	.	.
	Est	.	.	1	5	5	.	1	.
	Nord-Est	.	.	.	3	2	.	1	.
	Normandie	.	.	.	7	5	.	.	.
	Bretagne	.	.	1	3	3	.	.	.
	Ouest	.	1	2	8	6	.	.	.
	Sud-Ouest	.	.	4	3	.	.	.	.
	Centre M.C.	.	.	.	4	.	.	.	.
France		.	1	9	41	24	.	2	.
Total enquête		1	7	35	99	62	14	10	1

4.5.3. Commentaires

4.5.3.1. Laits de producteurs

65 p. 100 des échantillons ont une teneur en zinc comprise entre 2 000 et 5 000 $\mu\text{g/l}$.

Dans cinq départements, la majorité des résultats est inférieure à 2 000 $\mu\text{g/l}$, l'Isère, le Nord et le Pas-de-Calais, et à un moindre degré la Loire et le Rhône.

Dans l'Yonne et les régions Aquitaine et Midi-Pyrénées, les résultats sont compris entre 1 000 et 4 000 $\mu\text{g/l}$ et les moyennes sont semblables (2 600 $\mu\text{g/l}$).

Les laits des départements du Jura, de la Haute-Marne, de la Haute-Saône, de la Mayenne, de la Sarthe et des Charentes, ont la majorité de leurs résultats entre 2 000 et 5 000 $\mu\text{g/l}$ et des moyennes à peu près identiques (3 200 à 3 500 $\mu\text{g/l}$).

Les laits de la Marne sont de loin ceux qui ont la plus forte teneur en zinc : 4 400 $\mu\text{g/l}$.

4.5.3.2. Laits de grand mélange

95 p. 100 des échantillons ont une teneur en zinc comprise entre 2 000 et 5 000 $\mu\text{g/l}$; et 86 p. 100 entre 3 000 et 4 500 $\mu\text{g/l}$.

La teneur moyenne en zinc des laits de l'ensemble des échantillons de l'enquête est d'environ 3 900 $\mu\text{g/l}$. On peut remarquer que la majorité des moyennes calculées pour chaque prélèvement, dans chaque région, sont peu différentes de cette valeur. Une région semble cependant relativement pauvre en zinc : le Sud-Ouest (3 300 $\mu\text{g/l}$).

4.5.3.3. Comparaison

Les laits de producteurs semblent indiquer une variabilité plus grande de la teneur en zinc que les laits de grand mélange.

En effet, les variations sont plus marquées sur les laits de micro-régions que sur ceux de macrorégions pour lesquels joue le mélange des origines.

V. Éléments de pollution

ARSENIC - MERCURE - PLOMB - FLUOR - CADMIUM

5.1. Les échantillons

5.1.1. Laits de producteurs

Les déterminations portèrent sur l'arsenic, le mercure, le plomb, le fluor et le cadmium. Une seule série d'analyses a été effectuée en septembre 1973 chez un certain nombre de producteurs. La répartition des 99 producteurs a été transcrite dans le tableau 2 en ce qui concerne le mercure, le plomb et le fluor, et l'est ci-après pour les 51 analyses de l'arsenic (tab. 41) et les 71 du cadmium (tab. 42).

TABLEAU 41. — Arsenic 1973. Nombre de producteurs

		Nombre de producteurs	Nombre de litres
Centre-Est	Isère	6	4 505
	Loire-Rhône	6	4 585
	Jura	6	5 890
Est	Hte-Marne - Hte Saône	9	9 355
	Yonne	3	3 900
Nord-Est	Marne	4	3 950
	Région-Nord	4	2 670
Ouest	Mayenne-Sarthe	5	4 010
Sud-Ouest	Charentes	2	1 515
	Aquitaine - Midi-Pyrénées	6	4 500
		51	44 880

TABLEAU 42. — Cadmium 1973. Nombre de producteurs

		Nombre de producteurs	Nombre de litres
Centre-Est	Isère	13	10 050
	Loire-Rhône	6	4 585
	Jura	3	3 090
Est	Hte-Marne - Hte-Saône	15	15 550
	Yonne	5	5 875
Nord-Est	Région Nord	14	9 880
Sud-Ouest	Charentes	7	7 425
	Aquitaine - Midi-Pyrénées	8	7 135
		71	63 590

TABLEAU 43

Eléments de pollution 1974-1975. Nombre d'usines ou centres. Nombre d'hectolitres correspondants

	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974	
	Usines — Moyenne centres	Litrage hectolitres (hl)	Usines — Moyenne centres	Litrage hectolitres (hl)	Usines — Moyenne centres	Litrage hectolitres (hl)
Centre-Est	8	1870	8	2800	8	1870
Est	7	4665	8	6613	8	4090
Nord-Est	3	4722	5	6420	5	3563
Normandie	6	4496	6	5639	7	4074
Bretagne	2	2637	5	9439	3	5902
Ouest	10	12862	10	18450	10	12877
Centre - Massif Central	4	1600	4	1450	3	1100
Sud-Ouest	5	4144	5	5532	4	4179
France	45	36996	51	56343	48	37655
	144 centres pour 130 994 hl					

TABLEAU 44. — Arsenic 1973. Moyennes et répartition des résultats

Unité : µg/l	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Répartition des résultats						
			< 25	30	50	75	100	>200	
Isère	43	43	.	1	4	1	.	.	.
Loire-Rhône	58	61	2	.	3	.	.	.	1
Jura	42	29	2	2	.	.	2	.	.
Haute-Marne - Haute-Saône	50	44	4	2	1	.	1	.	1
Yonne	100	117	.	2	.	.	.	.	1
Marne	57	50	.	1	2	.	1	.	.
Région Nord	88	94	1	.	2	.	.	.	1
Mayenne-Sarthe	120	122	.	2	.	.	2	.	1
Charentes	50	47	.	1	.	1	.	.	.
Aquitaine - Midi-Pyrénées	51	39	.	3	1	1	1	.	.
France	59	56	9	14	13	3	7	.	5

Valeurs relevées dans la littérature : 30 à 50 $\mu\text{g/l}$.

TABLEAU 45. — Arsenic 1974. Valeurs moyennes en $\mu\text{g/l}$

Unité : $\mu\text{g/l}$ (microgramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	—	—	6	—	6	—
Est	+	+	27	32	+	+
Nord-Est	—	—	20	25	+	+
Normandie	5	3	5	6	18	11
Bretagne	98	94	15	11	13	15
Ouest	126	61	7	8	+	+
Centre - Massif Central	—	—	125	145	167	173
Sud-Ouest	+	+	15	25	+	+
France	59	41	22	18	17	9
	Médiane 1974 : 21 $\mu\text{g/l}$					
	Moyenne 1974 : 27 $\mu\text{g/l}$					

5.1.2. Laits de grand mélange

Trois séries d'analyses ont été effectuées durant l'année 1974 : en février, juin et octobre (tab. 43). Les différents prélèvements ont été faits simultanément dans chaque usine le 9 de chaque mois. Les analyses ont porté sur l'arsenic, le mercure, le plomb et le fluor.

5.2. L'arsenic

5.2.1. Bibliographie sommaire

La teneur moyenne des laits en arsenic serait de 30 à 50 $\mu\text{g/l}$. Les besoins quotidiens de l'homme sont de 10 à 20 μg . L'arsenic introduit à l'état minéral dans l'aliment n'a pas d'influence sur la concentration de cet élément dans le lait.

L'arsenic est un produit très toxique : 70 mg d'As III provoquent la mort ; As V est trois à quatre fois moins toxique que As III en intoxication aiguë. L'arsenic organique est cent à deux-cent-cinquante fois moins toxique que l'arsenic minéral. La teneur limite en arsenic de l'eau de boisson a été fixée par l'O.M.S. à 0,2 mg/l (200 $\mu\text{g/l}$).

5.2.2. Résultats

Les résultats sont exprimés en microgrammes par litre de lait ($\mu\text{g/l}$).

5.2.2.1. Laits de producteurs

Les moyennes arithmétiques et les moyennes pondérées calculées pour chaque région et pour la France sont reportées dans la partie gauche du tableau 44. Une répartition des résultats est présentée dans la partie droite de ce même tableau.

5.2.2.2. Laits de grand mélange

Dans le tableau 45 sont rassemblées les moyennes arithmétiques et les moyennes pondérées calculées pour les trois moments de l'année choisis. Une répartition de l'ensemble des résultats accumulés en 1974 est présentée dans le tableau 46.

5.2.3. Commentaires

5.2.3.1. Laits de producteurs

Environ 45 p. 100 des analyses ont montré des teneurs en arsenic inférieures à 30 $\mu\text{g/l}$ et 25 p. 100 entre 30 et 50 $\mu\text{g/l}$. Cinq laits sont nettement démarqués ; leur contamination se situe entre 200 et 350 $\mu\text{g/l}$. Il s'agit de producteurs des départements suivants :

Rhône	200 $\mu\text{g/l}$	Somme	250 $\mu\text{g/l}$
Haute-Saône	250 $\mu\text{g/l}$	Mayenne	350 $\mu\text{g/l}$
Yonne	250 $\mu\text{g/l}$		

5.2.3.2. Laits de grand mélange

Sur les 144 analyses effectuées, 24 n'ont décelé aucune trace et 79 des traces non quantifiables, soit 75 p. 100 des résultats. 6 p. 100

TABLEAU 46. — Arsenic 1974. Répartition des résultats

Unité : $\mu\text{g/l}$	Traces	15	30	50	75	100	≥ 200
Centre-Est	11	2	3	1	.	.	1
Est	9	.	.	4	.	1	.
Nord-Est	6	.	5	.	.	.	.
Normandie	14	.	3	.	.	1	.
Bretagne	5	.	2	2	.	1	.
Ouest	23	1	2	2	.	1	1
Sud-Ouest	8	.	1	1	.	.	.
Centre - Massif Central	3	.	.	3	.	1	2
France	79	3	16	13	.	2	4

des laits ont montré des teneurs en arsenic supérieures à 50 $\mu\text{g/l}$; parmi lesquels 7 sont nettement démarqués : leur contamination se situe entre 170 et 836 $\mu\text{g/l}$. Il s'agit :

En Février 1974	Meuse	170 $\mu\text{g/l}$
	Côtes-du-Nord	170 $\mu\text{g/l}$
	Deux-Sèvres	200 $\mu\text{g/l}$
	Ardèche	425 $\mu\text{g/l}$
	Loire-Atlantique	836 $\mu\text{g/l}$
En juin 1974	Indre	400 $\mu\text{g/l}$
En octobre 1974	Cher	350 $\mu\text{g/l}$

Il faut cependant noter qu'une contamination dans ces laiteries ne s'est jamais produite lors de deux prélèvements consécutifs.

5.2.3.3. Comparaison

Dans nos échantillonnages, les laits de producteurs semblent en moyenne plus contaminés que ceux de grand mélange. On peut constater chez ces derniers une baisse de la teneur en arsenic tout au long de l'année, les quantités décelées en octobre 1974 étant négligeables.

On retrouve la même moyenne chez les laits de producteurs de septembre 1973 et les laits de grands mélanges de février 1974 et dans les deux cas, l'Ouest se distingue.

5.3. *Le cadmium*

Le cadmium n'a été analysé que lors de la première enquête sur 71 laits de producteurs.

5.3.1. Bibliographie sommaire

Les teneurs du lait en cadmium sont très faibles ; d'après Friberg elles s'échelonnaient de 1 à 10 $\mu\text{g/l}$. Mais les limites supérieures ingérables par l'homme sont elles-mêmes très faibles, quelques dizaines de $\mu\text{g/j}$.

Des expérimentations récentes ont été menées en collaboration par le C.E.A., l'Association Euratom-C.E.A. et le C.N.R.Z. sur les vaches d'une ferme de l'I.N.R.A. à Bressonvillers. Ces vaches recevaient une alimentation à base de maïs déshydraté, complétée par de forts apports de concentré minéral contenant des sels de zinc souillés par des impuretés cadmiques. Les teneurs trouvées sont en général supérieures à celles de Friberg : environ 20 $\mu\text{g/l}$; ce qui représente un taux de sécrétion lactée de l'ordre de 6 p. 100, très voisin de celui du zinc (8 p. 100).

Il semble donc que le niveau de cadmium dans le lait puisse varier en fonction des apports alimentaires. D'autre part il serait intéressant de préciser :

- les incidences d'apport alimentaire de sélénium et de zinc ;
- si le cadmium apporté dans le régime alimentaire de l'animal à l'état de composés organiques se comporte identiquement au cadmium apporté à l'animal chaque fois que l'on utilise des sels de zinc dans les concentrés salins (cadmium impureté naturelle des sels de zinc).

La Société des experts chimistes a fixé la limite suivante pour le cadmium dans le lait : 500 $\mu\text{g/l}$.

5.3.2. Résultats 1973 ; laits de producteurs

Les résultats sont exprimés en microgrammes par litre de lait : $\mu\text{g/l}$ (tab. 47) ; les teneurs du lait en cadmium proposées dans la littérature s'échelonnent entre 1 et 20 $\mu\text{g/l}$.

5.3.3. Commentaires

Les moyennes se situent aux environs de 35 $\mu\text{g/l}$. Un seul échantillon a présenté une teneur en cadmium inférieure à 20 $\mu\text{g/l}$; le plus grand nombre de résultats se situant entre 20 et 40 $\mu\text{g/l}$.

Dans deux des départements de l'enquête, les quantités de cadmium déterminées dans les laits ont été relativement plus élevées : le Jura et l'Yonne ; le résultat le plus élevé étant dans l'Yonne : 58 $\mu\text{g/l}$.

5.4. *Le mercure*

5.4.1. Bibliographie sommaire

Le mercure est un oligo-élément toxique à haute concentration ; il existe en concentration non négligeable dans certains sols et cer-

TABLEAU 47. — Cadmium 1973. Moyennes répartition des résultats

	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Répartition des résultats					
			1	10	20	30	40	50
Isère	28	29	.	.	7	6	.	.
Loire-Rhône	29	28	.	1	4	.	1	.
Jura	44	43	.	.	.	1	1	1
Haute-Marne - Haute Saône	36	37	.	.	3	11	1	.
Yonne	51	51	.	.	.	.	2	3
Région Nord	33	31	.	.	4	8	2	.
Charentes	37	39	.	.	2	3	2	.
Aquitaine - Midi-Pyrénées	33	29	.	.	5	3	.	.
France	34	35	.	1	25	32	9	4

Valeurs relevées dans la littérature : 1 à 20 µg/l.

taines eaux des régions volcaniques. Hors des régions polluées, l'homme absorbe environ 10 μg de mercure par jour ; c'est un élément qui semble franchir assez intensément la barrière intestinale, notamment si le mercure est à l'état d'alkylmercure.

Rares sont les déterminations du mercure dans le lait (6 à 10 $\mu\text{g/l}$). L'Association Euratom-C.E.A., le C.N.R.Z. et le C.E.A. ont réalisé des études à la ferme de Bressonvillers (I.N.R.A.). Ces études ont montré que chez des vaches recevant à l'étable une alimentation à base de maïs déshydraté et de tourteaux, la teneur du lait à la récolte était de l'ordre de quelques microgrammes par litre ($\mu\text{g/l}$) ; 20 p. 100 du mercure ingéré journellement se retrouvait dans le lait.

Aux U.S.A. la teneur limite en mercure de l'eau potable a été fixée à 5 $\mu\text{g/l}$.

5.4.2. Résultats

5.4.2.1. Laits de producteurs

Une seule analyse sur les 99 effectuées a décelé des traces de mercure : 25 $\mu\text{g/l}$ chez un producteur des Charentes proche d'Angoulême. A noter que ses voisins, et lui-même lors du contre-prélèvement, ont montré des résultats négatifs.

5.4.2.2. Laits de grand mélange

Une seule analyse sur les 144 effectuées a décelé une présence de mercure : 50 $\mu\text{g/l}$, dans une laiterie de la Saône-et-Loire en février 1974. En juin de la même année, aucune trace de cet élément n'était identifiable dans cette même laiterie.

5.4.3. Commentaires

D'après les résultats des deux enquêtes, la présence de mercure dans le lait semblerait accidentelle.

5.5. Le plomb

5.5.1. Bibliographie sommaire

Dans les laits de vache, en zone peu contaminée, on trouve normalement du plomb, 40 à 100 $\mu\text{g/l}$.

La limite de l'O.M.S. et de la Société des experts chimistes est de 100 $\mu\text{g/l}$ dans l'eau de boisson.

Il a été donné à des vaches pendant 126 j des quantités de plomb (sous forme d'arséniate de plomb) allant jusqu'à environ 0,15 $\mu\text{g/kg}$ de poids corporel (Marshall). Aucun effet n'a été détecté sur la teneur du lait aussi bien en ce qui concerne le plomb que pour l'arsenic.

Des essais plus récents (Blang) montrent un effet positif sur la teneur en plomb du lait de l'apport alimentaire par des fourrages contaminés ; l'exemple le plus frappant étant la contamination des champs en bordure des grands axes routiers par le plomb tétraéthyl des gaz d'échappement des voitures. Dans ces cas, il pourrait y avoir incorporation au substrat organique.

L'état physico-chimique du plomb ne serait donc pas indifférent : plomb en partie incorporé à la matière organique des fourrages, et plomb minéral des mélanges salins.

5.5.2. Résultats

5.5.2.1. Laits de producteurs

Deux analyses sur les 99 effectuées ont décelé des traces de plomb. L'une dans le Barrois (Haute-Marne) 160 $\mu\text{g/l}$ et l'autre dans l'Yonne, 60 $\mu\text{g/l}$. A la contre-analyse, et pour tous les autres échantillons, aucune trace analysable par la méthode utilisée n'a été décelée : limite de sensibilité, 25 $\mu\text{g/l}$.

5.5.2.2. Laits de grand mélange

Aucune analyse sur les 144 effectuées n'a révélé de traces de plomb.

5.5.3. Commentaires

D'après les résultats des deux enquêtes, il semblerait que si l'on peut déceler une contamination locale ou accidentelle de plomb dans un lait de producteur, sur un lait de grand mélange, la présence de telles traces paraît tout à fait improbable, sauf accident.

5.6. Le fluor

5.6.1. Bibliographie sommaire

Il semble que les teneurs en fluor du lait soient relativement peu dépendantes des apports alimentaires, eau de boisson comprise. Pour des rations alimentaires apportant 10 mg et 110 mg par kg de fluor, des chercheurs américains ont retrouvé dans le lait respectivement 60 et 200 $\mu\text{g/l}$. Cette teneur de 200 $\mu\text{g/l}$ semble difficile à dépasser ; même en cas de fluorose assez prononcée chez la vache, la teneur en fluor du lait ne peut atteindre des niveaux toxiques (Underwood).

Les végétaux n'assimilent que faiblement le fluor par leurs racines ; les plantes à la base de l'alimentation du bétail sont en général peu riches en fluor : 1 à 15 mg par kg de matière sèche.

La pollution en fluor et produits fluorés est d'origine atmosphérique, si l'on excepte les apports de produits naturels phosphates et

TABLEAU 48. — Fluor 1973. Moyennes et répartition des résultats

	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Répartition des résultats									
			>5	10	15	20	25	30	40	50	100	
Isère	23	22	1	.	2	4	3	.	1	1	1	.
Loire-Rhône	22	22	.	.	.	3	1	2	.	.	.	.
Jura	9	9	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.
Haute-Marne - Haute-Saône	15	15	.	5	4	3	2	.	1	.	.	.
Yonne	12	12	.	2	2	1	.	.	.	.	.	.
Marne	1	1	8	1	.	.	.	.	.	.	.	.
Région Nord	24	27	1	1	4	5	.	.	1	1	.	1
Mayenne-Sarthe	—	—	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Charentes	12	12	4	1	3	2	1	1	.	.	.	.
Aquitaine - Midi-Pyrénées	11	13	4	.	3	3	.	1	.	.	.	.
France	14	13	28	10	19	22	7	4	3	2	1	1

de scories riches en fluor. En Europe Occidentale, et en France en particulier, il paraît exclu que des conditions pédochimiques particulières entraînent un enrichissement important du lait en fluor.

Il est admis que 1 mg de fluor par jour est nécessaire pour la constitution de l'émail dentaire et pour l'ossification. Mais dès 10 mg/j, le fluor est toxique et trouble l'ossification ; $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ est un antidote efficace.

5.6.2. Résultats

Les résultats sont exprimés en microgrammes par litre de lait ($\mu\text{g/l}$). Underwood (U.S.A., 1949) propose des teneurs de 100 à 200 $\mu\text{g/l}$ et Guffroy (France, 1954) signale des valeurs beaucoup plus faibles : 5 à 25 $\mu\text{g/l}$.

5.6.2.1. Laits de producteurs

Les moyennes arithmétiques et pondérées pour chaque région et pour la France sont portées dans la partie gauche du tableau 48 ; et dans la partie droite une répartition des résultats.

5.6.2.2. Laits de grand mélange

Dans le tableau 49 sont rassemblées les moyennes arithmétiques et pondérées calculées pour les trois moments de l'année choisis ; dans le tableau 50 est transcrite une répartition de l'ensemble des résultats accumulés en 1974.

5.6.3. Commentaires

5.6.3.1. Laits de producteurs

Pour 90 p. 100 des échantillons, les quantités de fluor décelées dans le lait ont été inférieures ou égales à 25 $\mu\text{g/l}$. Dans deux départements cependant, certains échantillons ont montré des traces plus importantes :

Un dans le Pas-de-Calais proche de Bapaume	112 $\mu\text{g/l}$
Deux dans l'Isère (région de Grenoble)	50 et 52 $\mu\text{g/l}$

5.6.3.2. Laits de grand mélange

68 p. 100 des échantillons ont montré des teneurs en fluor dans le lait inférieures ou égales à 25 $\mu\text{g/l}$. Cependant aucun résultat n'excède 100 $\mu\text{g/l}$.

C'est dans la région Centre-Est que la proportion des échantillons ayant montré des résultats supérieurs à 25 $\mu\text{g/l}$ est la plus forte. Si en juin excepté pour les échantillons du Jura les résultats s'échelonnent entre 39 et 60 $\mu\text{g/l}$, pour trois centres cet élément est présent toute l'année à une teneur d'environ 45 $\mu\text{g/l}$: Saint-Etienne, Mâcon et Grenoble.

Dans les autres régions, les laits de certaines laiteries ont montré des contaminations légères, une ou plus rarement deux fois dans l'année. Ainsi si l'on considère les résultats supérieurs à 50 $\mu\text{g/l}$:

TABLEAU 49. — Fluor 1974. Moyennes

Unité : $\mu\text{g/l}$ (microgramme par litre)	Février 1974		Juin 1974		Octobre 1974	
	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane	Moyenne	Médiane
Centre-Est	19	—	36	—	19	—
Est	17	19	13	9	8	+
Nord-Est	3	2	2	1	25	4
Normandie	4	9	23	33	24	7
Bretagne	+	+	20	19	19	23
Ouest	8	5	7	10	26	22
Centre - Massif Central	10	10	18	23	21	23
Sud-Ouest	26	46	18	13	27	27
France	12	14	18	15	21	17
	Médiane 1974 : 15 $\mu\text{g/l}$					
	Moyenne 1974 : 17 $\mu\text{g/l}$					

TABLEAU 50. — Fluor 1974. Répartition des résultats

	>5	10	15	20	25	30	40	50	100
Centre-Est	10	1	1	.	.	1	4	6	5
Est	11	.	.	.	2	1	3	1	.
Nord-Est	7	4	.	.	.	.	.	1	1
Normandie	11	.	.	.	2	2	1	2	1
Bretagne	7	.	.	.	1	.	.	.	2
Ouest	18	1	1	3	1	1	1	3	2
Sud-Ouest	6	.	.	.	1	2	.	.	3
Centre - Massif Central	7	1	.	.	.	.	1	.	2
France	77	7	2	3	7	7	10	13	16

- Février 1974, deux dans le Sud-Ouest :
Toulouse (75,2 $\mu\text{g/l}$) et Pau (54 $\mu\text{g/l}$).
- Juin 1974, trois dont :

une dans le Morbihan	77,5 $\mu\text{g/l}$
une dans l'Indre	71,1 $\mu\text{g/l}$
une dans la Dordogne	68,4 $\mu\text{g/l}$
- Octobre 1974, six dont :

une dans la Marne	68,4 $\mu\text{g/l}$
une dans le Calvados	94,2 $\mu\text{g/l}$
une dans le Nord-Finistère	57,7 $\mu\text{g/l}$
une dans le Sud des Deux-Sèvres	73,7 $\mu\text{g/l}$
une dans le Loir-et-Cher	53,2 $\mu\text{g/l}$
une dans le Puy-de-Dôme	56,5 $\mu\text{g/l}$

5.6.3.3. Comparaison

La contamination des laits français par le fluor reste faible ; les moyennes sont largement inférieures à 25 $\mu\text{g/l}$ dans les deux enquêtes ; cela est vrai aussi bien pour la France que pour l'ensemble des régions, malgré les quelques échantillons qui ont montré des teneurs en fluor supérieures ou égales à 50 $\mu\text{g/l}$. La région Centre-Est et seulement en juin 1974 fait exception : moyenne de 36 $\mu\text{g/l}$.

5.7. Discussion générale

Ce travail a permis de montrer que ces éléments de pollution ne se retrouvaient dans le lait qu'à des doses largement inférieures aux doses indiquées comme toxiques ; et lorsqu'on a pu en déceler des traces.

Un seul échantillon, d'un producteur de l'Yonne, a montré à la fois des résidus d'arsenic 250 $\mu\text{g/l}$, de plomb 60 $\mu\text{g/l}$ et de cadmium 52 $\mu\text{g/l}$. Teneurs qui n'ont plus été retrouvées par la suite.

VI. Annexe

RÉCAPITULATIF PAR RÉGION MOYENNES

Tableau 51 : France.

Tableau 52 : Centre-Est.

Tableau 53 : Est.

Tableau 54 : Nord-Est.

Tableau 55 : Normandie.

Tableau 56 : Bretagne.

Tableau 57 : Ouest.

Tableau 58 : Sud-Ouest.

Tableau 59 : Centre - Massif Central.

TABLEAU 51. — Moyennes France

Lait de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	0,35	.	0,38	0,46	0,40	0,42	0,58	0,70	0,77	0,75	0,75	0,74
	Urée	230	.	208	.	234	.	285	.	196	.	186	.
	Calcium	.	.	1230	1231	1219	1218	1222	1224	1195	1190	1191	1184
	Phosphore	.	.	878	885	919	928	965	951	911	903	939	942
	Sodium	.	.	433	441	465	470	487	488	437	429	452	451
	Magnésium	.	.	109	109	106	107	113	114	106	104	106	106
Oligo-éléments : µg/l	Fer	1019	1030	431	437	345	350	631	653	543	485	485	468
	Cuivre	122	145	194	166	209	221	224	206	202	194	213	207
	Manganèse	45	47	67	63	57	56	60	60	57	56	57	55
	Zinc	2680	2807	4195	4370	3776	3977	3830	3993	3882	3930	3884	3837
	Fluor	14	13	12	14	18	15	21	17	.	.	.	.
	Arsenic	32	27	59	41	22	18	17	9	.	.	.	.
	Mercure	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 52. — Moyennes Centre-Est

Lait de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	0,21	.	0,26	0,27	0,29	0,34	0,35	0,32	0,64	0,63	0,49	0,47
	Urée	120	.	190	.	250	.	250	.	170	.	230	.
	Calcium	.	.	1233	.	1191	.	1205	.	1185	.	1196	.
	Phosphore	.	.	870	.	920	.	944	.	898	.	943	.
Oligo-éléments : µg/l	Sodium	.	.	436	.	444	.	474	.	458	.	438	.
	Magnésium	.	.	109	.	101	.	107	.	118	.	112	.
	Fer	975	984	387	.	370	.	576	.	830	.	715	.
	Cuivre	116	128	189	.	174	.	227	.	232	.	315	.
	Manganèse	37	37	61	.	61	.	67	.	64	.	70	.
	Zinc	2086	2126	3838	.	3384	.	3965	.	3771	.	4145	.
	Fluor	18	17	19	.	36	.	19	.	.	.	.	.
	Arsenic	34	29	—	.	6	.	6	.	.	.	.	.
	Mercur	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 53. — Moyennes Est

Laits de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	0,30	.	0,39	0,45	0,21	0,22	0,37	0,37	0,86	0,85	0,69	0,78
	Urée	240	.	190	.	220	.	250	.	190	.	190	.
	Calcium	.	.	1203	1177	1175	1169	1196	1194	1177	1175	1160	1165
	Phosphore	.	.	854	859	892	895	924	915	922	913	913	916
Oligo-éléments : µg/l	Sodium	.	.	417	423	463	461	475	473	415	422	439	435
	Magnésium	.	.	105	105	105	106	111	112	99	99	100	101
	Fer	852	771	398	404	384	363	687	669	422	464	487	488
	Cuivre	114	179	151	151	231	280	218	225	168	165	252	243
	Manganèse	52	54	57	54	58	57	53	62	52	51	58	55
	Zinc	3048	3107	4144	4084	3958	4221	3970	4006	3968	3996	4042	3880
	Fluor	14	11	17	19	13	9	8	—	.	.	.	.
	Arsenic	38	41	—	—	27	32	—	—	.	.	.	.
	Mercure	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 54. — Moyennes Nord-Est

Laits de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	0,58	.	0,73	0,81	0,28	0,11	0,79	1,01	0,61	0,62	—	—
	Urée	330	.	230	.	220	.	270	.	180	.	250	.
	Calcium	.	.	1232	1212	1195	1160	1222	1224	1192	1193	1183	1183
	Phosphore	.	.	889	877	908	939	902	945	883	885	923	927
Oligo-éléments : µg/l	Sodium	.	.	426	432	486	470	514	500	418	420	471	470
	Magnésium	.	.	113	113	108	107	115	114	103	103	107	107
	Fer	923	1048	342	357	304	368	1054	1643	460	468	524	522
	Cuivre	159	183	159	154	296	331	205	238	163	169	131	124
	Manganèse	39	41	77	80	60	63	70	83	55	54	57	56
	Zinc	2448	2784	4416	4473	3964	4049	3376	4602	4205	4337	4187	4224
	Fluor	15	13	3	2	2	1	25	4	.	.	.	.
	Arsenic	25	12	—	—	20	25	5	—	.	.	.	.
	Mercure	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 55. — Moyennes Normandie

Laits de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	.	.	0,32	0,32	0,42	0,42	0,99	1,85	0,90	0,91	1,09	1,13
	Urée	.	.	220	.	240	.	320	.	190	.	150	.
	Calcium	.	.	1300	1297	1300	1303	1277	1284	1213	1205	1221	1207
	Phosphore	.	.	903	911	948	945	981	1003	923	928	947	948
Oligo-éléments : µg/l	Sodium	.	.	414	434	462	456	480	483	420	416	460	463
	Magnésium	.	.	114	116	111	110	119	120	105	102	105	105
	Fer	.	.	511	541	332	325	581	623	504	410	448	474
	Cuivre	.	.	143	155	183	129	202	108	220	208	270	318
	Manganèse	.	.	69	70	58	56	65	61	57	54	59	59
Oligo-éléments : µg/l	Zinc	.	.	4757	4484	3909	3720	4030	4164	3973	3817	3967	3875
	Fluor	.	.	4	9	23	33	24	7	.	.	.	.
	Arsenic	.	.	5	3	5	6	18	11	.	.	.	.
	Mercur	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 56. — Moyennes Bretagne

Laits de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	.	.	0,40	0,40	0,40	0,48	0,75	0,71	1,14	0,98	0,57	0,63
	Urée	.	.	220	.	170	.	280	.	250	.	170	.
	Calcium	.	.	1183	1182	1213	1217	1258	1257	1171	1185	1184	1186
	Phosphore	.	.	894	892	942	950	955	952	963	979	943	947
Oligo-éléments : µg/l	Sodium	.	.	437	437	459	463	487	486	414	417	427	434
	Magnésium	.	.	107	107	110	112	117	117	103	104	105	106
	Fer	.	.	497	494	334	332	739	750	397	399	347	341
	Cuivre	.	.	132	132	263	318	231	213	231	215	195	193
	Manganèse	.	.	60	59	59	60	61	61	54	54	52	54
	Zinc	.	.	4607	4548	4233	4432	3853	3870	3891	3987	4023	4144
	Fluor	.	.	—	—	20	19	19	23	.	.	.	.
	Arsenic	.	.	98	94	15	11	13	15	.	.	.	.
	Mercure	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 57. — Moyennes Ouest

Laits de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	0,53	.	0,51	0,54	0,84	0,66	0,54	0,47	0,71	0,77	0,77	0,60
	Urée	280	.	240	.	270	.	320	.	200	.	160	.
	Calcium	.	.	1240	1261	1259	1260	1247	1216	1219	1192	1203	1200
	Phosphore	.	.	893	904	940	934	962	963	908	903	971	974
Oligo-éléments : µg/l	Sodium	.	.	447	450	492	489	507	505	459	448	479	466
	Magnésium	.	.	111	110	108	108	115	113	107	108	109	109
	Fer	1138	1181	372	400	323	381	559	595	523	541	445	461
	Cuivre	78	77	222	173	203	171	190	178	193	189	179	192
	Manganèse	63	61	61	61	51	50	54	54	58	61	53	54
	Zinc	3225	3265	4360	4611	4065	4066	3987	4059	3857	4024	3783	3726
	Fluor	—	—	8	5	7	10	26	22	.	.	.	.
	Arsenic	75	67	126	61	7	8	—	—	.	.	.	.
	Mercure	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 58. — Moyennes Sud-Ouest

Laits de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	0,22	.	0,28	0,24	0,27	0,21	0,52	0,57	0,61	0,61	0,76	0,95
	Urée	230	.	220	.	230	.	290	.	180	.	180	.
	Calcium	.	.	1238	1212	1210	1136	1191	1185	1132	1131	1174	1175
	Phosphore	.	.	845	834	888	890	903	911	860	857	910	914
Oligo-éléments : µg/l	Sodium	.	.	443	455	456	459	475	463	454	450	435	442
	Magnésium	.	.	108	105	102	104	112	110	101	100	104	105
	Fer	1270	1272	418	454	273	214	422	426	397	380	489	433
	Cuivre	113	113	309	187	181	151	366	318	196	193	158	174
	Manganèse	49	50	64	58	53	53	53	54	50	48	54	53
	Zinc	3050	3031	3980	4014	3168	3224	3309	3433	3445	3415	3335	3310
	Fluor	11	12	26	46	18	13	27	27	.	.	.	.
	Arsenic	18	10	—	—	15	25	—	—	.	.	.	.
	Mercure	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

TABLEAU 59. — Moyennes Centre - Massif Central

Laits de : — Producteurs : 1973 — Grands mélanges : 1974-1975		1973		1974						1975			
		Septembre		Février		Juin		Octobre		Février		Juin	
		Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée	Moyenne arithmétique	Moyenne pondérée
Macro-éléments : mg/l	Nitrites	—	.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Nitrates	0,37	.	0,40	0,40	.	.	0,38	0,38	0,70	0,70	0,67	0,67
	Urée	210	.	190	.	240	.	280	.	220	.	210	.
	Calcium	.	.	1148	1148	1207	1195	1225	1222	1224	1224	1195	1195
	Phosphore	.	.	890	890	898	898	921	922	910	910	950	950
	Sodium	.	.	440	440	456	447	476	476	411	411	431	431
	Magnésium	.	.	103	103	104	102	112	112	99	99	109	109
Oligo-éléments : µg/l	Fer	.	.	685	685	423	431	472	474	465	465	553	553
	Cuivre	.	.	200	200	174	187	224	231	165	165	208	208
	Manganèse	.	.	65	65	56	54	55	55	58	58	54	54
	Zinc	.	.	3903	3903	3520	3457	3387	3389	3878	3878	3878	3878
	Fluor	.	.	10	10	18	23	21	23	.	.	.	.
	Arsenic	.	.	—	—	125	145	167	173	.	.	.	.
	Mercure	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.
	Plomb	—	—	—	—	—	—	—	—	.	.	.	.

(à suivre)