LA QUALITÉ CHIMIQUE DES EAUX PROVENANT DES NAPPES CAPTIVES DU GRÈS DE LUXEMBOURG

PAR

J. BARTHEL

Les eaux des sources naturelles issues des nappes souterraines libres du grès de Luxembourg sont en général caractérisées par leur température assez constante durant toute l'année variant entre 8 et 9 degrés et par leur taux moyen de minéralisation se situant entre 20 et 25 degrés français de dureté totale. Elles sont bien oxygénées et à côté de leur limpidité parfaite, elles présentent des qualités physiques et organoleptiques très agréables pour le consommateur.

Leur degré de minéralisation, constitué essentiellement par la dureté carbonatée sous forme de bicarbonate de calcium $(CO_3H)_2Ca$, dépend avant tout de la nature lithologique des terrains géologiques traversés, du pouvoir de rétention et du degré de porosité des roches.

En moyenne, selon les épaisseurs des couches filtrantes, l'âge de l'eau peut être estimé entre 6 à 12 mois. Il en résulte un renouvellement constant de ces nappes libres, renouvellement qui en fin de compte dépend des conditions hydrologiques c. à d. des précipitations annuelles.

A côté de la dureté qui en général se maintient dans des limites assez étroites, on constate de larges variations d'une source à l'autre pour certains éléments étrangers à la composition chimique des roches, comme les nitrates et les chlorures. La présence de ces éléments s'explique par la nature des terrains superficiels des aires d'alimentation des sources respectives. Ainsi p. ex. l'influence des terres cultivées sur la qualité de l'eau se manifeste par une augmentation sensible des nitrates et des chlorures, tandis que les eaux de sources provenant de régions boisées sont presque exemptes de ces éléments ou n'en contiennent que des traces.

Quant aux propriétés bactériologiques des sources du grès de Luxembourg qui étaient jadis d'une pureté parfaite, on constate depuis des années avec l'emprise grandissante des activités de l'homme sur la nature les indices d'une détérioration lente, progressive et parfois inquiétante de la qualité hygiénique des eaux de certains groupes de sources dont les zones d'alimentation se trouvent tout particulièrement exposées.

Pour les eaux des nappes captives la situation est toute différente comme nous allons le voir par la suite.

En effet elles ne disposent pas d'exutoire naturel et un renouvellement n'existe pratiquement pas. Ceci veut dire que nous sommes en présence d'eaux très anciennes, emmagasinées probablement depuis des millénaires dans les roches.

Leur exploitation ne peut se faire que par forage de puits profonds, qui à la longue entraînera automatiquement suivant le degré de soutirage un certain renouvellement des eaux de la nappe captive.

Il est donc tout à fait naturel que la composition chimique de ces eaux porte l'empreinte de ce long séjour dans les roches. Le tableau d'analyses ci-joint donne un aperçu sur la configuration chimique de quelques nappes captives du grès de Luxembourg exploitées actuellement par des forages profonds. Ces résultats donnent lieu aux commentaires suivants.

Du point de vue taux de minéralisation, les mesures de dureté enregistrées restent légèrement supérieures à la moyenne de celles des sources naturelles issues des mêmes formations géologiques. Le rapport entre la dureté carbonatée et la dureté totale se maintient au même niveau, ce sont donc des eaux essentiellement bicarbonatées et calciques, typiques du grès de Luxembourg. Elles montrent cependant un déficit très élevé en oxygène dissous et parallèlement la présence assez considérable de fer. De plus, les nitrates ont complètement disparu.

Comment expliquer cette altération de la composition chimique?

Il est probable que l'oxygène ait servi à la longue à l'oxydation des matières organiques toujours présentes en faible

partie certes, dans les roches profondes. Le CO_2 qui en est résulté a servi à augmenter la dureté carbonatée et partant la dureté totale de ces eaux. En effet, il ne faut pas oublier que la concentration en bicarbonate de calcium dans les eaux est régie par la réaction d'équilibre.

$$H_2O + CO_2 + CO_3Ca \rightleftarrows (CO_3H)_2Ca$$

Le calcaire est à côté de la silice un des composants principaux des roches du grès de Luxembourg, dont il constitue d'ailleurs le ciment. La réaction d'équilibre citée ci-dessus explique aussi pourquoi les eaux du grès de Luxembourg, provenant aussi bien des nappes libres que des nappes captives, ne peuvent avoir des propriétés agressives.

La consommation de l'oxygène a créé un milieu réducteur qui a fait disparaître les nitrates. L'oxygène combiné de ces derniers a concouru à la dégradation des matières organiques. De plus le milieu réducteur a contribué à la mise en solution de fer, qui se retrouve dans des concentrations allant de 0,2 à 1,8 mg/l dans les eaux. Les roches du grès de Luxembourg en contiennent sous forme d'oxydes qui leur confèrent d'ailleurs exposées à l'air leur couleur pouvant aller du jaune pâle au brun foncé.

La question se pose maintenant si l'on peut utiliser l'eau de ces nappes captives telle quelle pour l'alimentation en eau potable ou si les propriétés organoleptiques et chimiques sont telles, qu'elle doit subir un traitement avant son utilisation.

Nous avons vu que ces eaux sont principalement caractérisées par l'absence complète de nitrates, un déficit relativement élevé en oxygène dissous et la présence de fer en solution.

Or il est généralement admis qu'il faut au moins 5 à 6 mg/l d'oxygène dissous pour inhiber la corrosion des conduites et pour favoriser la formation d'une couche protectrice composée de calcaire et de rouille. Considéré de ce point de vue une certaine tendance à l'agressivité de ces eaux résultant essentiellement du manque en oxygène est donc à craindre.

De plus si du point de vue hygiénique la présence de fer dans l'eau n'est pas une contre-indication à son utilisation, sa présence dans les concentrations enregistrées pose d'autres

problèmes sur le plan technique, économique et organoleptique. En effet on aura beau dire au consommateur que ce fer n'est pas nocif, il se méfiera d'une eau qui après exposition à l'air peut provoquer des taches de rouille sur le linge ou sur la vaisselle, et qui possède une saveur légèrement métallique astringeante la rendant désagréable à boire. La concentration admise pour de bonnes eaux potables se situe à 0,2—0,3 mg/l de fer.

Sur la base de ce qui précède, et si l'on veut exploiter par forage profond les nappes captives, il faudra procéder à un traitement de l'eau par déferrisation pour la rendre vraiment potable et utilisable dans le ménage et l'industrie. En principe ce traitement comprendra:

1) une aération permettant d'oxyder le fer en solution pour le faire précipiter sous forme d'hydroxydes insolubles,
2) une filtration ouverte ou fermée sur gravier pour éliminer les flocs d'hydroxydes formés.

L'aération faisant partie intégrante du traitement de déferrisation permettra en même temps l'enrichissement de l'eau en oxygène et sa tendance à l'agressivité se trouvera donc automatiquement écartée.

CONCLUSIONS

La configuration chimique, du point de vue minéralisation des eaux des nappes captives du grès de Luxembourg reste fondamentalement la même que celle des sources des nappes libres. Elle s'en distingue néanmoins par un déficit prononcé en oxygène et par la présence de fer en solution.

Ces changements sont dus au séjour prolongé des eaux emmagasinées dans les roches et aux phénomènes chimiques et biologiques qui en sont résultés.

Il s'agit d'eaux pratiquement stériles qui nécessitent cependant un traitement complet de déferrisation pour pouvoir être utilisées pour l'alimentation en eau potable de nos villes et industries.

Lors de l'exploitation future éventuelle de ces nappes il faudra tenir compte du caractère ferrugineux de ces eaux et prévoir des installations adéquates de traitement.

TABLEAU D'ANALYSES

Composition chimique moyenne des eaux potables provenant de sources de nappes libres du grès de Luxembourg et distribuées par les Syndicats.

			Ville de Luxembourg	Syndicat des **Eaux du Sud** source de la vallée de l'Eisch	Distribution des Eaux des **Ardennes** source de la vallée du Schwebach
Caractères organoleptiques et physiques					
Couleur			incolore	incolore	incolore
Odeur			inodore	inodore	inodore
Turbidité			limpide	limpide	limpide
Saveur			insipide	insipide	insipide
Température		° C	8°5	8°5	8°5
pH			7,3	7,3	7,3
Conductibilité électrique en		uS	400	410	340
Caractères chimiques					
Chlorures	Cl^-	mg/l	14	10	10
Sulfates	$SO_4^=$	mg/l	34	25	18
Nitrates	NO_3^-	mg/l	20	15	7
Nitrites	NO_2^-	mg/l	0	0	0
Ammoniaque	NH_4^+	mg/l	0	0	0
Fer	Fe^{++}	mg/l	0	0	0
Manganèse	Mn^{++}	mg/l	0	0	0
Oxydabilité à chaud	O_2	mg/l	1,0	1,0	1,0
Oxygène dissous	O_2	mg/l	9	9	9
CO_2 libre	CO_2	mg/l	13	16	10
CO_2 agressif (vis-à-vis $CaCO_3$)	CO_2	mg/l	0	0	0
Dureté totale		d° fr.	23°	24°	19°
Dureté carbonatée		d° fr.	18°5	20°	17°
Caractères bactériologiques					
B. colif. ds 100 ml			0	0	0
E. coli ds 100 ml			0	0	0
Germes banaux par ml	à	37°	< 10	< 10	< 10
	à	20°	< 10	< 10	< 10

TABLEAU D'ANALYSES

d'eaux de forage de nappes captives du Grès de Luxembourg

			Forages LUXLAIT I	Forages LUXLAIT II	Forage «Merlerwisen» Ville de Luxembourg	Forage Usine Chaux de Contern à Bertrange	Forage ITZIG	
			18. 3. 65	18. 3. 65	18. 3. 65	22. 11. 65	28. 12. 65	8. 1. 66.
Caractères organoleptiques et physiques								
Couleur			incolore	incolore	incolore	incolore	incolore	incolore
Odeur			inodore	inodore	inodore	inodore	inodore	inodore
Turbidité			limpide	limpide	limpide	limpide	limpide	limpide
Saveur			insipide	insipide	insipide	insipide	insipide	insipide
Température		° C	9°0	9°0	9°0	9°5	14°3	14°7
pH			7,12	7,15	7,35	7,0	7,3	7,3
Conductibilité électrique en		uS	635	625	505	478	360	359
Caractères chimiques								
Chlorures	Cl^-	mg/l	12	10	10	8	7	8,5
Sulfates	$SO_4^=$	mg/l	64	62	31	21	20	18
Nitrates	NO_3^-	mg/l	0	0	0	0	0	0
Nitrites	NO_2^-	mg/l	0	0	tr.	0	0	0
Ammoniaque	NH_4^+	mg/l	0	0	0	0	0	0

Fer	Fe++	mg/l	0,85	0,75	0,46	1,75	0,32	0,25
Manganèse	Mn++	mg/l	0,04	0,03	0,02	0,2	0	0
Oxydabilité à chaud	O_2	mg/l	1,4	1,6	2,3	1,2	1,2	0,8
Oxygène dissous	O_2	mg/l	1,2	1,2	2,0	1,0	0,2	2,2
CO_2 libre	CO_2	mg/l	49,5	49,5	33,0	38,0	22,0	19,5
CO_2 agressif (vis-à-vis $CaCO_3$)	CO_2	mg/l	0	0	0	0	0	0
Dureté totale		d° fr.	39°8	39°5	29°2	29°2	21°5	21°5
Dureté carbonatée		d° fr.	30°0	29°5	24°5	28°0	19°0	18°5
Caractères bactériologiques								
B. colif. ds 100 ml			0	0	3	0	0	0
E. coli ds 100 ml			0	0	0	0	0	0
Germes banaux par ml	à	37°	1	2	6	4	0	0
	à	20°	0	3	3	4	0	0