Bull. Soc. Nat. luxemb. 103 (2003) p. 121-129

Géologie et hydrogéologie de la solution de rechange pour l'alimentation en eau potable du pays lors de la vidange du lac d'Esch-sur-Sûre

par

Jacques Bintz [1])

Résumé: Afin d'assurer l'alimentation en eau potable du pays pendant le vidange de la retenue d'Esch-sur-Sûre en 1991, on a dû créer une solution de rechange. La solution basée sur des eaux souterraines fut retenue. Dix-neuf forages-captage ont été réalisés. Ils exploitent les eaux de l'aquifère du Trias en faciès de bordure et de l'aquifère du Grès de Luxembourg.

Avant 1969 l'alimentation en eau du grand-duché de Luxembourg était basée uniquement sur des eaux souterraines. Après cette date elle est couverte à raison d'environ 70 % par des eaux souterraines et de 30 % par des eaux de surface. Ces eaux de surface proviennent exclusivement de la retenue de la Haute-Sûre. La fourniture moyenne journalière en provenance de cette retenue se situe entre 35.000 m^3 et 40.000 m^3 avec des pointes pouvant atteindre 70.000 m^3. La consommation totale pour l'ensemble du pays est de l'ordre de 125.000 m^3/jour. Ces eaux de surface sont traitées et ensuite distribuées par le Syndicat des Eaux du Barrage d'Esch/Sûre (SEBES) jusqu'au niveau des réservoirs de syndicats de communes ou de communes. Environ 80 % de la population peuvent être alimentés par le biais du SEBES.

En 1991 la retenue a dû être vidangée pour des travaux de réparation et d'entretien au barrage. Avant de pouvoir procéder à cette opération il fallait trouver une solution de rechange pour garantir l'alimentation en eau du pays durant la période de vidange.

Dès 1985 le Comité technique du SEBES s'est penché sur ce problème et a examiné neuf solutions susceptibles de répondre à la demande en eau durant l'année 1991 (tabl. 1).

De ces neufs solutions huit étaient basées sur des eaux de surface et se référaient soit à des retenues existantes, soit à des retenues à créer. La solution qui visait l'exploitation d'eaux souterraines fut finalement retenue du fait qu'elle était considérée comme étant la plus fiable. Les avantages de cette solution par rapport aux autres examinées sont:

1. Les sites de captage projetés permettent de profiter à faibles frais de l'infrastructure de transport existante.
2. Les eaux souterraines sont en général de bonne qualité, vu leur faible vulnérabilité. Ceci est notamment vrai pour les nappes profondes et encore plus vrai pour les nappes captives. Il en résulte que leur exploitation peut être assurée avec une grande fiabilité.
3. Le traitement de ces eaux, s'il doit se faire, est relativement simple et peu onéreux. Il se limite à une oxygénation et une filtration du fer précipité.

[1]) 9 rue Jean Schneider, L-8272 Mamer, Luxembourg.

4. Elle n'a pratiquement pas d'impact sur l'environnement naturel.
5. Après remise en service de la retenue d'Esch-sur-Sûre pour l'alimentation en eau, elle peut fonctionner comme approvisionnement de secours et cela en cas de pollution des eaux du lac et en cas de panne aux installations de traitement du SEBES et partiellement même en cas de rupture de la conduite SEBES, ainsi qu'à l'écrêtement des pointes pendant les périodes de forte consommation sans que la station de traitement du SEBES doive être agrandie.

De ce dernier avantage se dégage la conclusion qu'après la remise en service, l'exploitation des sites d'eau souterraine ne sera pas complètement arrêtée, mais continuera en stand-by avec un débit d'environ 10 % du débit total. Cette mesure permettra en cas d'urgence une reprise de l'exploitation dans un laps de temps très court.

L'idée d'un renforcement de l'alimentation en eau de notre pays germait depuis longtemps, précisément depuis 1965. En cette année la retenue de la Haute-Sûre fut vidangée pour la première fois, mais à ce moment le problème d'une solution de rechange pour l'approvisionnement en eau ne se posait pas du fait que le SEBES ne commençait la production et la fourniture en eau partant de la retenue qu'en 1969. Toutefois il était légitime de poser la question: *Qu'adviendra-t-il de notre approvisionnement en eau lors d'une prochaine vidange de la retenue ?*

Dès 1965 le Service géologique avait fait la proposition d'exécuter un certain nombre de forages de reconnaissance hydrogéologique qui traversaient les couches mésozoïques de perméabilités variables du Gutland, pour s'arrêter sur le socle dévonien de faible perméabilité et formant de ce fait la couche barrage. Ces forages visaient la reconnaissance de la nature lithologique de ces formations dans différentes régions du pays, leurs perméabilités et la composition chimique des eaux contenues dans les différents aquifères. Le but final était de faire l'inventaire des aquifères susceptibles d'être exploités pour renforcer l'alimentation en eau en cas de défaillance au système existant.

Un premier forage de reconnaissance fut réalisé à Mersch en 1968. Il débutait dans le Keuper à pseudomorphoses de sel, il traversait toute la série du Trias pour atteindre le socle dévonien à la profondeur de 315 m. Plusieurs étages du Trias, dont notamment le Muschelkalk supérieur et le Grès bigarré accusaient une nature lithologique favorable à la formation d'aquifères. Toutefois, la présence massive de gypse, colmatant pores et diaclases avait fortement réduit la perméabilité de ces formations et l'eau y contenue accusait une dureté totale de 170 d° français la rendant impropre à la consommation humaine. D'une façon générale, on note la présence de

Tabl. 1. Comparaison des diverses solutions de rechange examinées. * barrages à construire.

Solutions de rechange examinées	aspect qualitatif	aspect quantitatif	aspect de fiabilité	aspect économique	aspect du délai
Captages eaux souterraines	excellent	suffisant	excellent	bon	bon
Barrage Bavigne	suffisant	insuffisant	mauvais	très bon	suffisant
Barrage Misère	mauvais	insuffisant	mauvais	mauvais	suffisant
*Barrage Buurgfried	suffisant	suffisant	suffisant	mauvais	mauvais
Barrage auxiliaire en aval d'Esch/Sûre	suffisant	suffisant	mauvais	excellent	excellent
*Barrage Dasbourg	bon	excellent	suffisant ou bon	mauvais	inadmissible
Bassin sup. Centrale de Vianden	mauvais	bon	suffisant ou bon	mauvais	mauvais
*Barrage "Kirel"	excellent	insuffisant	suffisant ou bon	mauvais	mauvais
*Barrage Winseler	mauvais	suffisant	mauvais	suffisant	mauvais

gypse primaire dans les formations riches en évaporites comme le Keuper moyen et le Muschelkalk moyen. Dans ce forage, le gypse, transformé en grande partie en anhydrite, était présent sur l'ensemble de la coupe remplissant même les diaclases du Dévonien. Macroscopiquement il se présentait sous trois formes différentes à savoir: gypse fibreux, gypse compact, cristallin et gypse finement réparti dans la matrix. En ce qui concerne la présence de gypse dans les formations normalement dépourvues de ce minéral, il faut admettre que le gypse primaire, mise en solution par la circulation des eaux souterraines avait migré sur l'ensemble de la coupe pour recristalliser dans ces formations.

En 1972 un deuxième forage carotté fut réalisé près de Hivange, à coté du réservoir d'eau du Syndicat des Eaux du Sud (SES) situé au Reberg. Il débutait dans le Domérien, atteignait le Rhétien à la profondeur de 343,50 m et le socle dévonien à 694 m. L'essai de pompage réalisé dans l'aquifère du Grès de Luxembourg (de 219,50 m à 309,80 m) fut satisfaisant quant au débit et à la composition chimique de l'eau. Le niveau repos de la nappe se situait à –46 m, et pour un rabattement de 174 m on pompait un débit de 50 m^3/heure, la dureté totale de l'eau se situait à 17,8 d° français. Dans les aquifères du Trias traversés dans ce forage on était de nouveau confronté au problème du gypse qui colmatait pores et diaclases jusque dans le toit du socle dévonien.

Un troisième forage de reconnaissance fut réalisé près de Bettborn en 1979. Il débutait dans le Muschelkalk moyen et atteignait le socle dévonien à la profondeur de 100 m. Dans ce forage les couches aquifères développées essentiellement dans un faciès conglomératique et gréseux et dépourvu de gypse se prêtait bien à une exploitation comme eau potable. On notait un débit artésien de 18 m^3/heure et l'eau accusait une dureté totale de 19,6 d° français.

De ces trois forages de reconnaissance on peut dégager la conclusion que la nappe captive contenue dans le Grès de Luxembourg est exploitable comme eau potable. Pour les aquifères du Trias il y a lieu de retenir en premier lieu qu'on est en présence d'un aquifère multicouches, les différentes couches perméables étant séparées par des couches de faible perméabilité. Etant donné que dans les régions étudiées ces couches sont dans une large mesure développées dans un faciès de bordure, conglomératique et gréseux, on espérait trouver une perméabilité très prononcée. Dans la région de Mersch et de Hivange la perméabilité était si réduite par la présence de gypse et la dureté totale de l'eau si élevée qu'une exploitation comme eau potable n'était pas envisageable.

L'absence de gypse dans la région de Bettborn permettait l'exploitation de cet aquifère dans cette région. Ici l'absence de gypse peut s'expliquer par une remise en solution de ce minéral due à la circulation des eaux souterraines à proximité de la zone d'affleurement. Il en résultait que la région de la vallée de l'Attert entre Useldange et Everlange pouvait être envisagée pour une exploitation des aquifères du Trias comme eau potable.

Au début des années 80, lorsqu'on s'apprêtait à planifier la vidange du lac de la Haute-Sûre pour des travaux d'entretien au mur du barrage, la réalisation d'une alimentation en eau de secours, basée sur des eaux souterraines, prenait une forme plus concrète. Dans un rapport rédigé par l'auteur pour le compte du Service géologique luxembourgeois en septembre 1983, rapport intitulé: « Réflexions relatives à l'aménagement d'une alimentation en eau de secours basée sur des eaux souterraines » sept régions furent proposées pour organiser cette alimentation, à savoir (fig. 1):

Koerich	aquifère du Grès de Luxembourg
Kleinbettingen	aquifère du Grès de Luxembourg
Rehberg (Hivange)	aquifère du Grès de Luxembourg
Bascharage	aquifère du Grès de Médioliasique
Cloche d'Or	aquifère du Grès de Luxembourg
Everlange	aquifère du Trias en faciès de bordure
Scheidhof	aquifère du Grès de Luxembourg

A l'exception de la région de Koerich, où on se trouve dans un aquifère libre, on visait des aquifères sous pression. Toutes les régions proposées se situaient à proximité

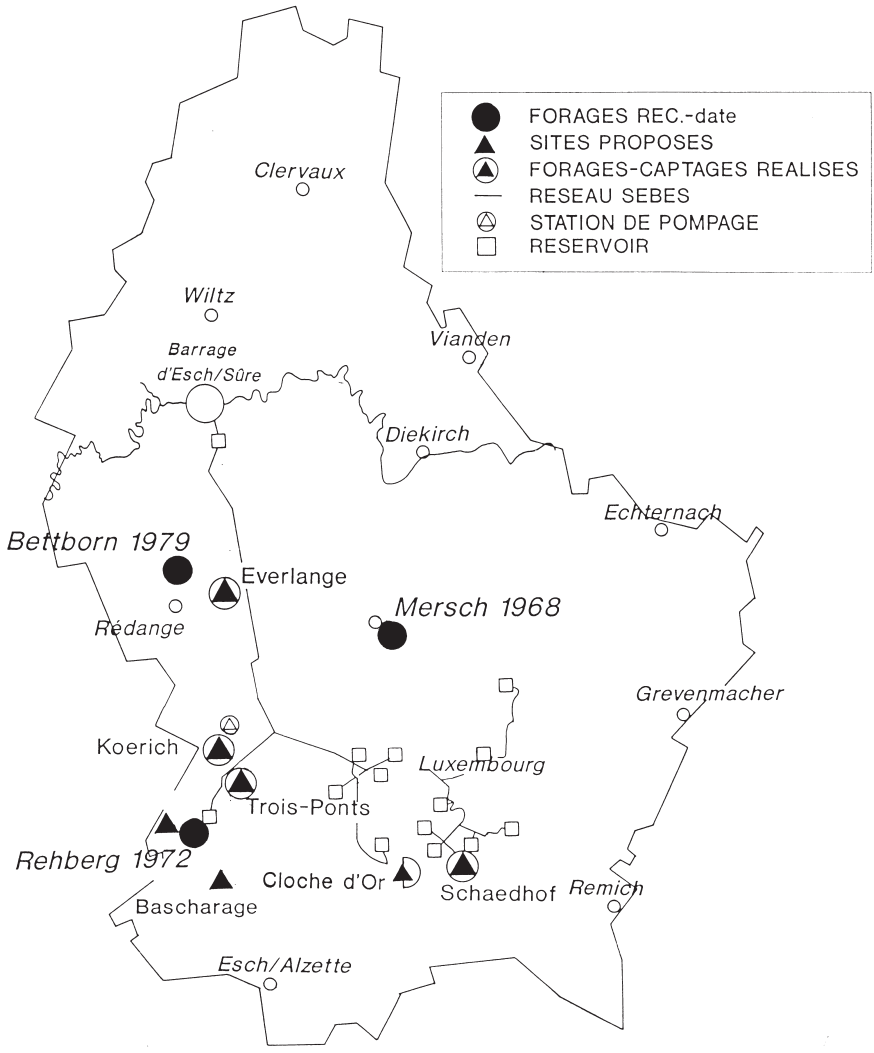


Fig. 1. Solution de rechange pour l'alimentation en eau potable. Carte schématique montrant la situation des différents ouvrages.

d'infrastructures de transport d'eau de premier ordre appartenant soit au syndicat du SEBES, du SES, de la DEA, soit à la ville de Luxembourg. Dans ce même rapport on avait déjà signalé que les eaux puisées dans une nappe captive accuseront très probablement un déficit en oxygène combiné à une teneur en fer dépassant la norme admise par le législateur et que de ce fait il y aura lieu de prévoir un traitement adéquat c.-à-d. oxygénation et filtration.

En date du 12 juillet 1985, le Conseil de Gouvernement suivait la proposition faite par le conseil technique du SEBES (Anonyme a, sans date de publication) et retenait des solutions analysées celle qui était basée sur les eaux souterraines avec les sites Everlange, Koerich, Hagen (Trois Ponts), Cloche d'Or et Schaedhaff, complétée de l'aménagement d'une prise d'eau dans la Sûre en aval du barrage. La combinaison de ces deux solutions était censée garantir l'approvisionnement en eau du pays pendant la période de vidange de la retenue.

Les travaux de forage débutaient sur le site d'Everlange le 16 décembre 1985. Ils se faisaient en plusieurs phases. On réalisait d'abord sur chaque site un forage carotté afin d'avoir un maximum d'informations sur la nature lithologique des différentes couches formant les aquifères à examiner. En deuxième phase on exécutait sur chaque site un forage-captage suivi d'un essai de pompage. Suite aux résultats obtenus le Gouvernement décida d'abandonner le site Cloche d'Or pour des raisons économiques, le coût spécifique étant trop élevé, et de ne retenir que les sites d'Everlange, Trois-Ponts, Schaedhaff et Koerich. La situation géologique de ces sites est représentée sur la fig. 2.

Le site d'Everlange

Sur ce site on a réalisé cinq forages-captage d'une profondeur moyenne de 150 m. On est en présence d'un aquifère multicouches constitué par le Trias développé dans un faciès de bordure, conglomératique et gréseux. Ces forages-captage débutent dans le Keuper moyen et s'arrêtent sur le socle dévonien après avoir traversé le Muschelkalk et le Grès bigarré supérieur qui repose en discordance sur ce socle.

Ces cinq forages-captage avaient au total un débit artésien de 70 m^3/heure, le niveau repos se situait en moyenne à 10 m au-dessus du niveau du sol. Les essais de pompage ont donné un débit de l'ordre de 800 m^3/heure pour un rabattement d'environ 60 m. L'équidistance entre les forages est en moyenne de 200 m.

Sur ce même site on a réalisé cinq forages d'observation piézométriques, équipés de sondes permettant l'observation et l'enregistrement des variations du niveau de la nappe souterraine lors de l'exploitation.

Le site de Trois-Ponts près de Hagen

Les 5 forages-captage réalisés sur ce site avaient une profondeur moyenne de 130 m. Ils ont traversé environ 60 m de marnes peu perméables, appartenant stratigraphiquement au Pliensbachien et Sinémurien, pour traverser ensuite le Grès de Luxembourg (Hettangien) sur une épaisseur de 70 m. La nappe était sous pression et les niveaux repos se situaient selon l'altitude des forages entre 2,50 m et 15 m en dessous du terrain naturel. Le débit total établi par essais de pompage était de 420 m^3/heure pour un rabattement moyen de 55 m.

Cinq forages piézométriques permettent l'observation des variations du niveau de la nappe lors de l'exploitation. L'équidistance entre les différents forages-captage est en moyenne de 300 m.

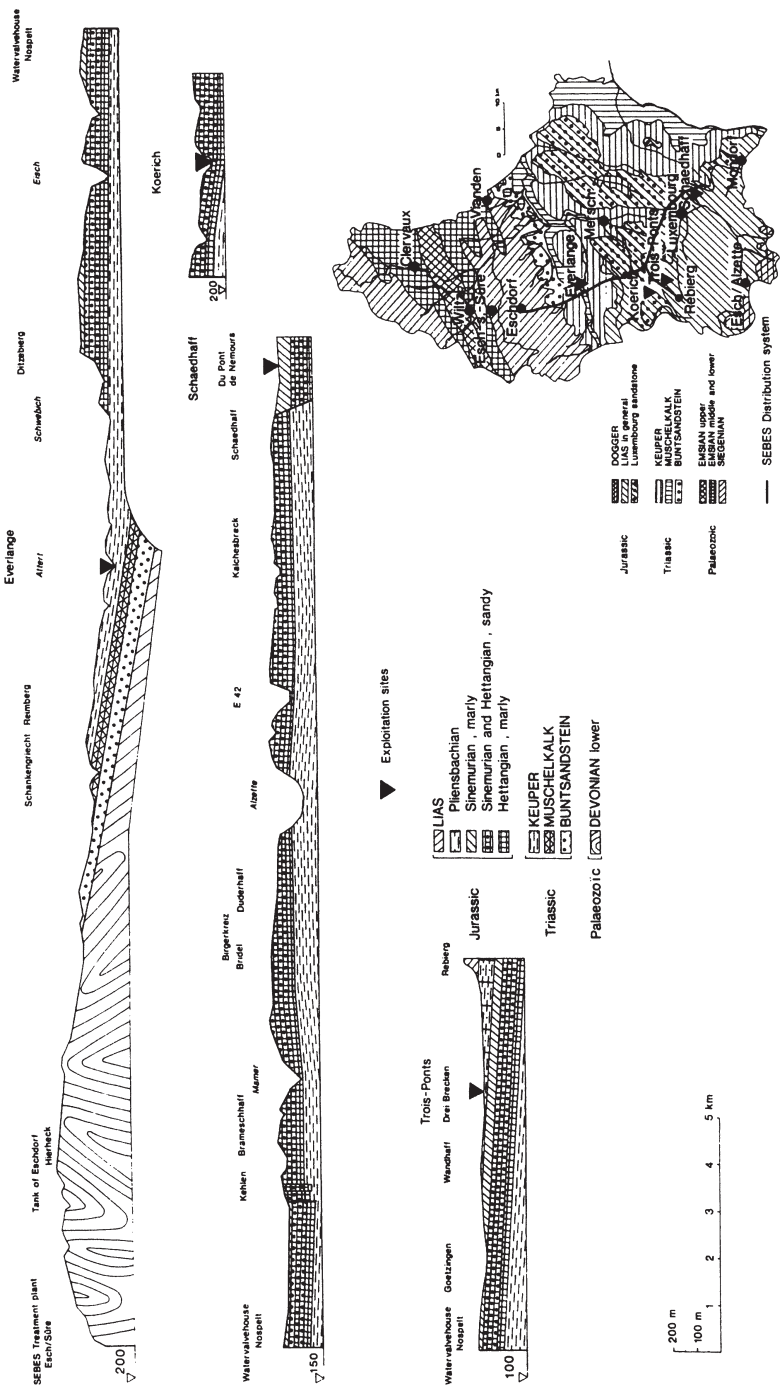


Fig. 2. Coupe géologique le long de la conduite SEBES et situation des forages-captage.

Le site Schaedhaff

Ce site comprend également cinq forages-captage d'une profondeur moyenne de 130 m. L'aquifère est celui du Grès de Luxembourg qui accuse ici une épaisseur de 65 m et est recouvert par 65 m de marnes peu perméables appartenant au Pliensbachien et au Sinémurien.

La nappe est captive et le niveau repos se situe selon les cotes des forages entre 4 m et 11,50 m en dessous du terrain naturel. D'après les essais de pompage, le débit total des cinq forages-captage se situe à 685 m^3/heure pour un rabattement moyen de 40 m.

Sur ce site, quatre forages piézométriques ont été réalisés et équipés de sondes pour permettre l'observation et l'enregistrement des variations de niveau de la nappe en continu. Les forages-captage sont équidistants d'environ 250 m.

Le site Koerich

Ce site est situé dans la région de la station de pompage du Syndicat des Eaux du Sud. Quatre forages-captage dont les profondeurs varient entre 34 m et 55 m exploitent la nappe libre du Grès de Luxembourg. Le niveau repos de la nappe se situe selon les cotes de départ des forages entre 2,56 m et 7,71 m. Le débit pompé lors des essais de pompage était de 190 m^3/heure pour un rabattement moyen de 11 m. Deux forages piézométriques permettent d'observer les variations du niveau de la nappe.

Le tabl. 2 donne un aperçu sur les compositions chimiques des eaux pompées sur les quatre sites, et à titre de comparaison des eaux fournies par le SEBES (Anonyme b, sans date de publication) à partir de la retenue d'Esch-sur-Sûre, ainsi que les valeurs limites admissibles fixées par le législateur.

Il résulte de ce tableau que les eaux en provenance des quatre sites sont conformes aux normes de la législation luxembourgeoise, sauf pour la teneur en oxygène dissous sur les sites d'Everlange, Schaedhaff et Trois-Ponts. Ce site accuse en plus une teneur en fer dépassant la norme fixée par le législateur. Ces phénomènes existent normalement pour des eaux en provenance de nappes captives et ils avaient déjà été

Tabl. 2. Analyses des eaux concernées par la solution de rechange. T. P.: Trois Ponts; E.: Everlange; S.: Schaedhaff; SES K.: SES Koerich; E. S.: Eaux de la Sûre amont barrage; L. L. Législation Luxembourg. Toutes les valeurs sont des valeurs moyennes représentatives.

Echantillons	T. P.	E.	S.	SES K.	E. S.	L. L.
Température °C	12	11.5	11	9		25
Conductibilité élec. à 20°C (µS/cm)	386	342	499	474	120-140	2000
Caractères chimiques						
pH	7.3	7.3	7.4	7.3	6.8-7.8	6.0-9.0
chlorures (Cl^- mg/l)	3.2	8.6	19	10.6	16-20	200
sulfates (SO_4^{2-} mg/l)	14.5	39	49	45	13-21	250
nitrates (NO_3^- mg/l)	<0.1	10.5	6.4	9.6	15-20	50
nitrites (NO_2^- mg/l)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		0.1
ammonium (NH_4^+ mg/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1		0.5
fer (Fe^{2+} mg/l)	0.72	0.1	<0.09	0.14	0.15-0.30	0.2
manganèse (Mn^{2+} mg/l)	<0.05	<0.05	<0.03	0.04	0.03-0.09	0.05
sodium (Na^+ mg/)	1.9	5.9	5.6	6.3	7.0-9.0	120
potassium (K^+ mg/l)	0.9	2.9	1.1	0.8	2.5-4.5	12
oxygène dissous (O_2 mg/l)	0.0	6.9	0.5	2.8	90-110% sat.	>75% sat.
dureté totale (d°f)	22.1	18.1	28.3	26.5	4.8-6.0	
dureté carbonatée (d°f)	21.2	13.2	20.1	20.1	3.0-3.6	
dureté permanente (d°f)	1.0	4.9	8.2			
calcium (Ca mg/l)	84	41.7	90.3	94.2		200
magnésium (Mg mg/l)	2.9	18.6	14.1	7.3		50

annoncés dans le rapport de 1983 précité. Ils entraînent un traitement des eaux brutes qui sur les sites d'Everlange, Schaedhaff et Trois-Ponts consiste en une oxygénation, suivie sur le dernier d'une élimination du fer précipité par filtration. Etant donné que dans la littérature on cite de nombreux cas où la teneur en fer a augmenté en cours d'exploitation, les stations de traitement d'Everlange et de Schaedhaff ont été conçues pour pouvoir être complétées d'un équipement de filtration, si un tel besoin se manifestait. Après huit mois d'exploitation on ne constatait pas une augmentation de la teneur en fer et sur le site d'Everlange la teneur en oxygène dissous a augmenté, de sorte que l'installation d'oxygénation a pu être arrêtée.

Dans un diagramme de PIPER, Struffert (1994) a représenté en pourcentages par groupes d'ions, différents types d'eaux potables du Luxembourg (fig. 3). Ce diagramme permet de comparer les eaux de la solution de rechange aux eaux provenant du Dévonien, du SEBES, de la Sûre en amont du barrage et aux eaux du Muschelkalk et du Grès bigarré dans des régions où ces eaux sont utilisées comme eau potable. Dans les trois diagrammes les eaux du site de Trois-Ponts se distinguent nettement des eaux des autres sites. Une différence très nette entre les quatre sites

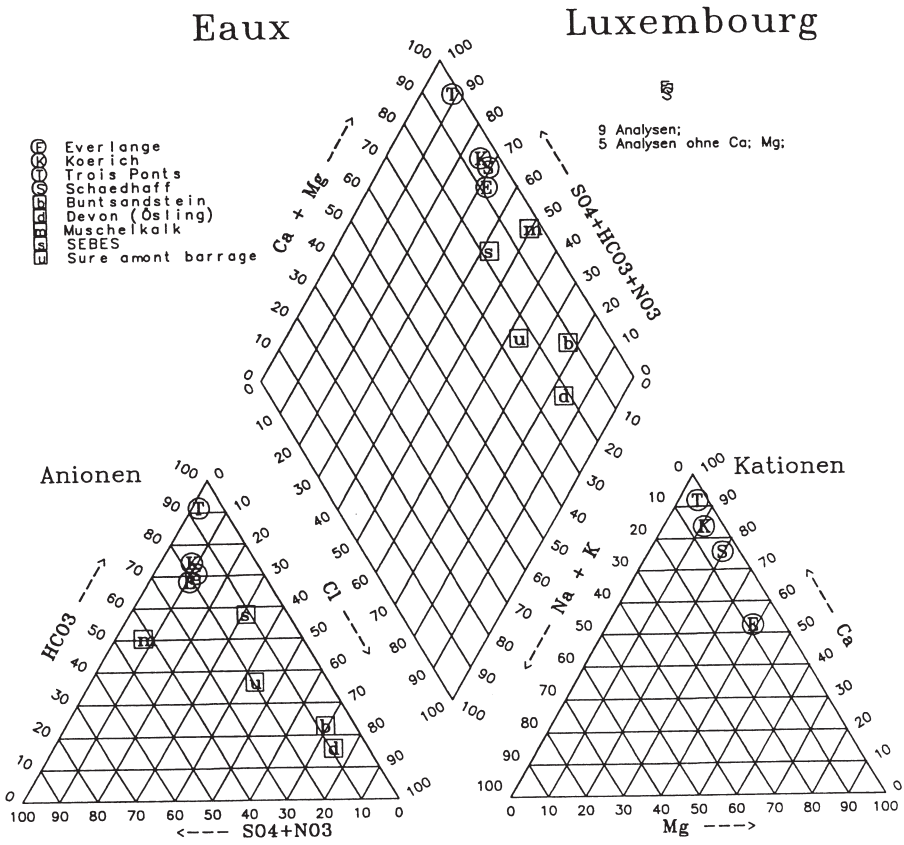


Fig. 3. Diagramme de PIPER montrant la composition chimique des eaux de la solution de rechange et d'autres types d'eau potables du Luxembourg. Source: Struffert (1994).

apparaît dans le diagramme des cations. Dans le graphique des anions on remarque une teneur extrêmement faible en chlorures pour ce site.

Le deuxième volet de la solution de rechange pour l'alimentation en eau du pays était constitué par une prise d'eau aménagée dans la Sûre en aval du barrage. Cette prise d'eau pouvait fournir environ 20.000 m^3/jour, mais pour des raisons écologiques on a du respecter un débit minimum dans la Sûre qui avait été fixé à 500 litres /sec.

Les deux installations ont pu satisfaire à la demande en eau pendant l'année de vidange 1991, et cela malgré un été chaud et sec. En raison du faible débit de la Sûre la quantité d'eau soutirée de ce cours d'eau a dû être fortement réduite et on a dû faire appel à la population pour réduire la consommation. Cet appel a été largement suivi. La production à partir des eaux souterraines qui au départ se situait vers 50.000 m^3/ jour a diminué pour se stabiliser aux environ de 42.000 m^3/jour. De nos jours le volet basé sur les eaux souterraines sert à l'écrêtement des pointes pendant les périodes de fortes consommations à l'exception du site de Koerich qui n'est plus en exploitation.

En tenant compte des conditions climatiques exceptionnelles de l'année 1991, on peut conclure que la solution de rechange telle qu'elle avait été conçue et exploitée était une pleine réussite.

Bibliographie

Anonyme a, sans date de publication. Ersatzlösung: Grundwasser Gewinnungsanlagen. SEBES, Luxembourg.

Anonyme b, sans date de publication. Die Trinkwasserversorgung in Luxemburg. SEBES, Luxembourg.

Struffert, F. J., 1994. - Hydrogeologische Detailuntersuchungen im Rahmen der „Solution de Rechange" (Ersatzlösung in Luxemburg). - Service géologique luxembourgeois, 28, 195 pp.