SALURE PROGRESSIVE

D'EAUX ARTÉSIENNES

par J. TOUBEAU (1)

Docteur en sciences,

Suppléant du cours de chimie analytique et chef des travaux chimiques à l'Université de Bruxelles.

Considérations préliminaires. — Le système crétacé (étage Senonien), dans une zone de 7 kilomètres de rayon, se recoupe, aux endroits d'où proviennent mes échantillons d'eau, à des profondeurs variant de 35 à 120 mètres sous le niveau de la mer. Une distance de 80 kilomètres sépare, dans la direction Nord-Ouest, cette zone du littoral de la mer du Nord.

Les forages officiellement relevés dans une ligne voisine des divers puits dont j'ai examiné l'eau, établissent que la puissance du système crétacé n'est pas très considérable dans cette zone. C'est ce que montre, entre autres coupes, la figure 1, décalquée de la « coupe géologique Sud-Nord de la Belgique », passant par Bruxelles, telle qu'elle était représentée à la section des sciences de l'Exposition internationale de Bruxelles en 1897, dans le profil annexé à la carte géologique dressée par ordre du Gouvernement.

Le système crétacé s'y trouve intercalé entre le système éocène inférieur et les phyllades et quartzites primaires, et vient s'y éteindre au Midi en forme de coin plus ou moins ondulé.

Ce biseau forme ici la lisière méridionale du bassin crétacé de forme elliptique dont l'axe principal aboutit, d'une part, au Dorset au Sud-Sud-Ouest et, d'autre part, au Hanovre au Nord-Nord-Est.

L'inclinaison dominante de cette bordure plonge au Nord vers l'embouchure du Rhin.

(1) Extrait de la *Revue de l'Université de Bruxelles*, t. III, décembre 1898.

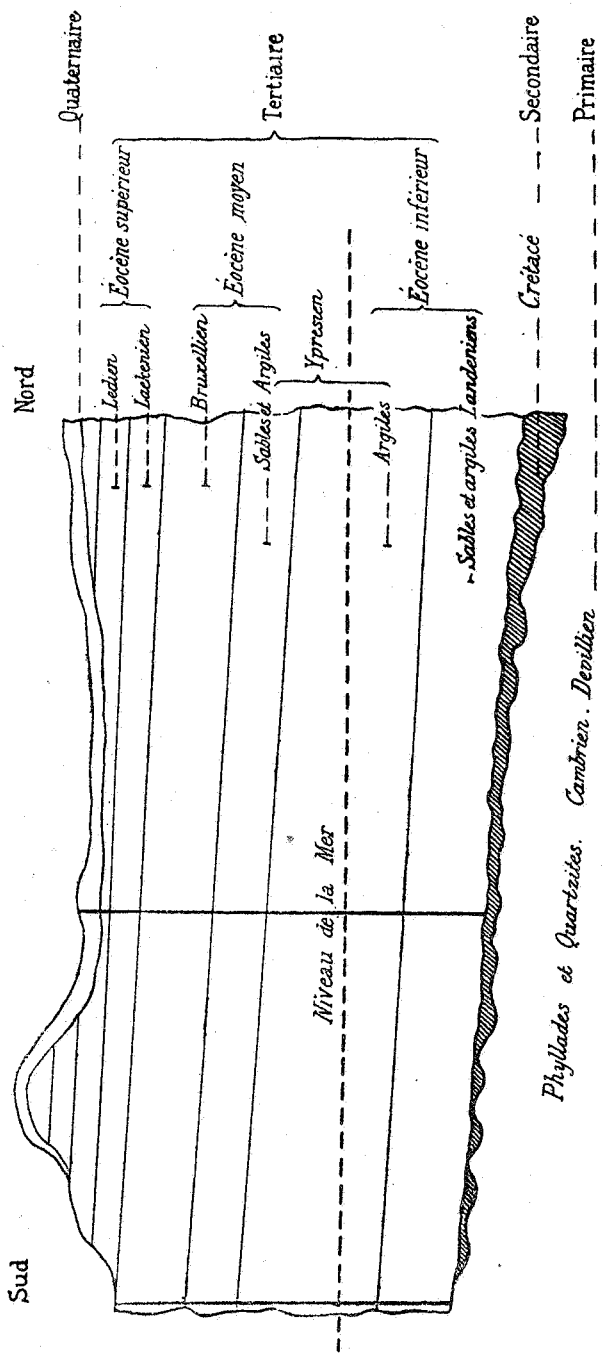


Figure 1, à l'échelle de 0m,01 = 25 mètres soit $\frac{1}{2500}$ pour la hauteur.

La superposition suivante y compose généralement le système crétacé :

Au contact de la roche primaire { sables marneux gris,
sables grisâtres,
cailloutis de roches primaires ;

ensuite
craie marneuse,
craie sableuse grisâtre (1),
silex diversement teintés,

enfin, sous le contact de l'Éocène inférieur, la craie blanche.

Cependant, au puits indiqué sous la lettre A à la figure schématique 2, et sur lequel portent mes observations, poursuivies pendant la plus longue durée, qui avaient principalement pour objet l'étude du degré de salure, le système n'offre plus du tout cette constitution.

Je dois à la grande obligeance de M. Rutot, conservateur au Musée royal d'histoire naturelle à Bruxelles, de m'avoir appris que le système n'est, entre autres dépôts fluviaux, représenté à cet endroit que par un gravier grossier associé à un limon rougeâtre, à l'exclusion de craie proprement dite.

Le puits E de la figure 2, lui, n'arrive même pas au contact de ce système, et le puits D touche, comme j'ai pu m'en convaincre moi-même par l'examen des roches rencontrées dans son forage, directement une crête primaire.

A la séance du 14 novembre 1896 de la Société royale de malacologie de Belgique, M. van Ertborn « parle de la forte proportion de NaCl qui se rencontre en ce moment dans les eaux de certains puits artésiens situés à l'Ouest de Bruxelles ».

Le procès-verbal de cette séance, ne faisant mention d'aucune autre circonstance relative à cette proportion de chlorure de sodium, me suggéra l'idée de reprendre mes observations antérieures remontant à sept ans environ et de les compléter par des observations nouvelles, surtout qu'après avoir relu de nombreux documents relatifs aux puits artésiens de cette région et des territoires voisins, je n'y découvris aucun fait analogue.

L'existence du chlorure de sodium est certes constatée dans maintes nappes aquifères continentales, par exemple :

Dans la nappe carbonifère (voy. le cours de M. Gosselet sur les nappes aquifères du Nord de la France) ;

Dans presque tous les puits artésiens voisins de la côte ;

(1) M. le prof^r G. Lambert mentionnait, en 1894, l'existence dans la craie sableuse de grains d'apatite titrant près de douze unités d'anhydride phosphorique découverts, dans le forage du Gouvernement, au puits de l'hôtel des chemins de fer à Bruxelles.

Dans les puits dépendant pour notre pays de la nappe Lédienne, qui accuse, elle, jusqu'à 3 grammes de chlorure de sodium par litre.

D'autre part, des faits de variabilité dans la composition quantitative d'eaux thermales, par exemple, de l'eau iodurée de Saxon-les-Bains (Valais, Suisse), sont parfaitement connus.

Mais, jusqu'à présent, je n'ai relevé aucune mention se rattachant à l'*augmentation progressive de la quantité de chlorure de sodium dissous dans une eau artésienne.*

Je réunis donc, dans le but d'étendre mes observations, plusieurs échantillons d'eau artésienne provenant d'une dizaine de puits différents forés dans cette zone.

Pour le côté rétrospectif de cette étude comparative, je me rapportai aux renseignements que certains services communaux avaient bien voulu me donner, aux analyses rappelées surtout par M. Rutot et Van den Broeck dans leurs remarquables études hydrologiques, aux bulletins de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie (années 1887-1897), et enfin aux indications antérieures que j'avais moi-même recueillies.

Observations. — Le puits A de la figure 2 est un puits privé qu'il ne m'est donc pas permis de désigner autrement. Sa profondeur est inférieure à 100 mètres sous le niveau de la mer.

Les premières observations analytiques auxquelles j'ai procédé ont actuellement, comme je l'ai rappelé plus haut, plus de sept ans de date.

Après avoir débarrassé l'eau d'un léger limon calcaire qu'elle tenait à cette époque en suspension, je trouvais par litre 0gr,710 de résidu salin, et dans ce résidu, de réaction alcaline, une quantité d'éléments suffisants à composer 0gr,57 de chlorure de sodium. Le degré hydrotimétrique français correspondait alors à la réputation de faible dureté des eaux d'origine crétacée proprement dite : il n'était que de 11°.

L'année suivante, je constatais dans la proportion de matières fixes une majoration de plus de 1 gramme sur le premier chiffre trouvé, et la proportion du chlorure de sodium seul atteignait même 1gr,503. En même temps s'observait une légère hausse du degré hydrotimétrique allant jusqu'à 13°,5.

Passant ensuite par des richesses salines successives, le litre de cette eau contenait l'an dernier 2gr,225 de substances minérales, dont 2gr,055 uniquement constitués de chlorure de sodium avec accentuation du degré hydrotimétrique à 17°.

Il y a fort peu de temps, j'examinais donc à nouveau cette eau et j'y découvrais 2gr,647 de résidu par litre, dont 2gr,169 de chlorure de sodium et un degré hydrotimétrique de 20°,5.

Il résulte des constatations qui précèdent qu'en même temps que le degré hydrotimétrique est presque double de celui que nous avions au début, la proportion du chlorure de sodium est presque quadruplée.

Cependant, mon but présent consiste simplement à faire ressortir l'augmentation progressive de la teneur de NaCl, sans vouloir établir aucune corrélation entre cette augmentation et l'accentuation simultanée du degré hydrotimétrique; car, comme nous le verrons à l'observation B, un phénomène diamétralement opposé a pu se constater là.

J'ajouterai que l'eau de puits A contient encore des quantités connues et variables également de chaux, de magnésie et de soude associées aux acides carbonique, sulfurique, phosphorique même, mais qu'il ne m'a point paru utile de coter ici, la proportion de chlorure de sodium seule étant tellement accentuée, que j'ai vu dans des générateurs des incrustations volumineuses de sel gemme développées au bout de fort peu de temps en cristaux de plus de 1 centimètre de côté.

Du reste, la quantité d'anhydride sulfurique, si souvent concomitant au sel gemme sous forme de sulfate de calcium, n'a jamais dépassé ici $0^{gr},0078$ par litre.

Continuant mes recherches sur les échantillons d'eau fournis par les autres puits artésiens de la même zone, je constatais que, pour plusieurs d'entre eux, mes dosages récents de chlorure de sodium ne correspondaient pas aux chiffres précédemment découverts, sans toutefois qu'ils atteignissent déjà les écarts considérables relevés au puits A. Cependant, là où il y a écart sensible, au puits B par exemple, cet écart se traduit toujours par une majoration en faveur des chiffres récents.

B. En effet, au puits artésien de 100 mètres environ de profondeur sous le niveau de la mer, que la ville de Bruxelles vient de faire forer à son usine à gaz de Laeken et qui est marqué B à la figure 2, nous voyons, à un intervalle d'une couple de mois, la teneur en chlorure de sodium s'élever de $0^{gr},208$ à $0^{gr},230$, tandis que, par contre, son résidu salin, d'une richesse de $0^{gr},7$ par litre d'eau, s'abaisse à $0^{gr},570$ et que son degré hydrotimétrique rétrograde de 21° à 10°,5.

C. Plus au Nord, toujours en aval de A, le puits C, qui appartient à la commune de Vilvorde, atteint une profondeur de $158^{m},35$ sous le niveau de la mer. Il pénètre de 40 mètres le système crétacé proprement dit. Or, contrairement à ce qui a été observé dans les cas précédents, son eau a conservé presque le même degré hydrotimétrique. Celui-ci est actuellement de 7°, alors que, d'après l'analyse de M. le professeur Puttemans faite en 1889, il ne dépassait pas 6°. Quant à la quantité de chlore trouvée à cette même époque, soit $0^{gr},1897$, elle se confond sensiblement avec celle de $0^{gr},185$ que je viens d'y déceler.

D'autre part, dans cette eau, la présence du sodium est évidente.

D. Au Sud maintenant, en amont du puits A, au puits D, à 80 mètres, paraît-il, sous le niveau de la mer, le forage actuel de la commune de Cureghem-Anderlecht (rue Paepsem) atteint directement, sous l'Éocène, le terrain primaire.

En juillet dernier, après avoir débarrassé son eau d'un léger trouble d'argile blanche, je lui trouvais un degré hydrotimétrique de 11° et j'obtenais par litre 0gr,572 de résidu fixé fortement sodé et alcalin contenant 0gr,114 de chlore.

E. Ce point d'observation porte sur l'eau d'un puits artésien privé, alimenté par la nappe de la partie inférieure du Landenien, par conséquent supérieure à la nappe crétacée. Ce puits n'atteint que 45 mètres sous le niveau de la mer. Le résidu salin neutre, qui n'y est que de 0gr,424 au litre, est presque exclusivement dû à des sels calcaires avec seulement 0gr,0111 de chlore à rattacher au magnésium. C'est à peine si l'on y décèle quelques traces spectrales de sodium. Son degré hydrotimétrique total est en effet élevé : il atteint 31°,5. Cette dureté s'abaisse à 9°,5 après ébullition.

F. F enfin est, comme E, un point d'observation à l'Est de A, qui, tout en touchant la surface supérieure du Crétacé, plus élevée ici, n'atteint que 36 mètres sous le niveau de la mer.

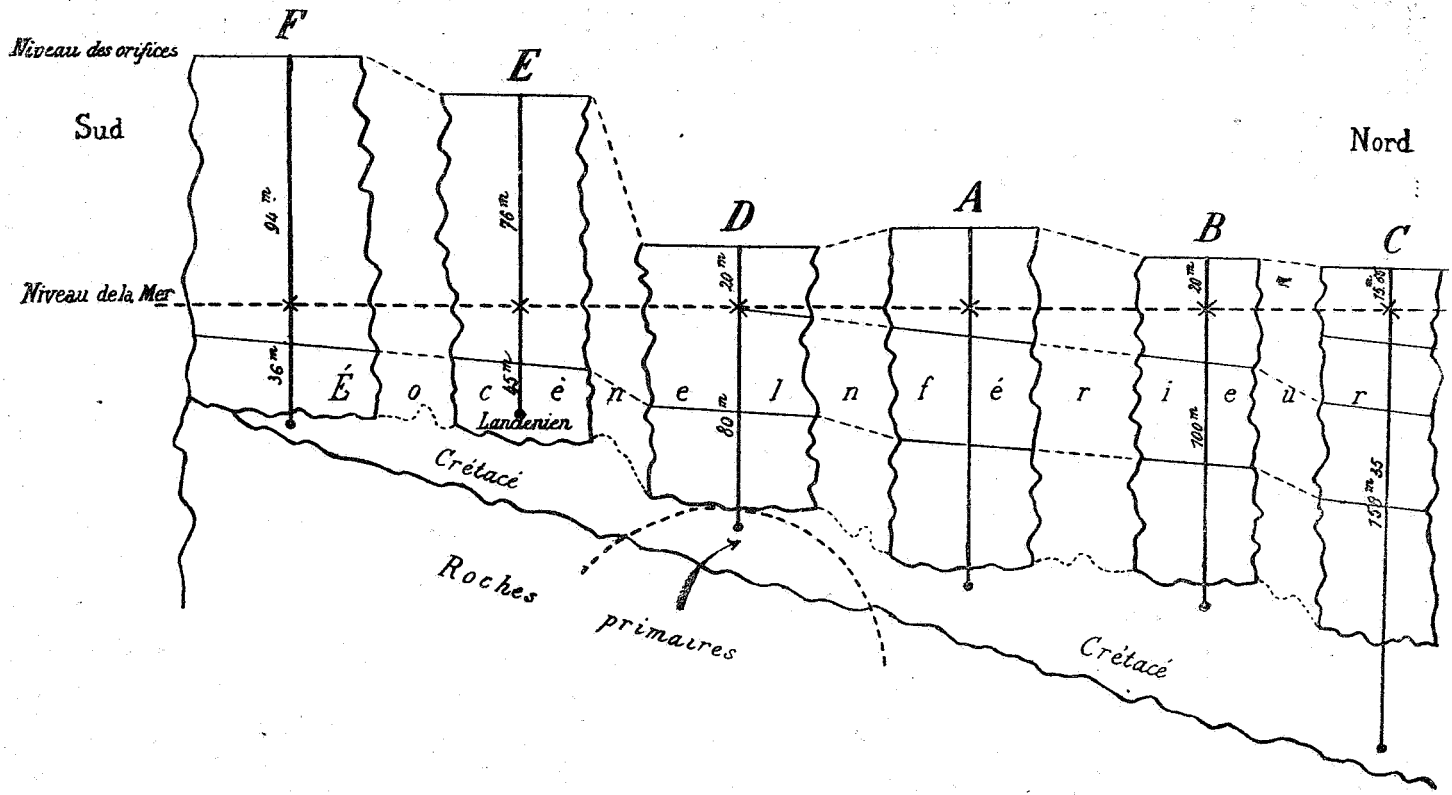
Le résidu salin est pour son eau de 0gr,470, surtout formé de sels calcaires, ainsi que le confirme le degré hydrotimétrique total = 30°,4; la proportion du chlore est un peu plus faible que dans le cas précédent; mais, par contre, le chlore peut de nouveau se rapporter ici à une petite quantité de sodium.

J'omets la relation de résultats analogues aux cas B, C, D et F, qui m'ont été fournis par l'eau d'autres puits de la même zone.

Toutes mes analyses ont été faites alors que le débit des puits observés était normal. De plus, l'absence de nitrites, de nitrates ou de quantités d'ammoniaque qui pourraient faire supposer dans ces puits l'influence d'infiltrations superficielles, écarte complètement cette hypothèse.

L'exactitude de plusieurs de mes essais a été corroborée par les résultats relatifs à certaines de ces eaux que mon excellent maître, M. A. Joly, professeur à l'Université de Bruxelles, a obtenus dans des analyses auxquelles il s'était appliqué lui-même et dont il a bien voulu me communiquer les résultats.

Afin de mieux éclairer mes déductions, je crois utile, tout en négligeant leur orientation relative et les distances horizontales séparant les puits en question, de dresser un schéma (fig. 2) dans lequel tous ces


Niveau des orifices
Sud
Nord
F
E
D
A
B
C
94 m
76 m
20 m
20 m
15.20 m
Niveau de la Mer
36 m
45 m
80 m
700 m
759 m 55
É o c è n e l n f é r i e u r
Landenien
Crétacé
Roches primaires
Crétacé

puits ont été reportés dans un même plan aux profondeurs respectives qu'ils atteignent dans le profil général de la région, tel que celui-ci a été représenté par la figure 1.

Dans les recueils cités plus haut, il existe bien des coupes détaillées pour plusieurs de ces puits, mais, comme mon étude a principalement pour objet un point relatif à la composition de leur eau, et non pas la coordination des assises recoupées, je suis autorisé à dresser un pareil schéma, car de plus :

1° La circulation générale de la nappe aquifère intéressée a lieu dans la direction Sud-Nord parallèle au profil fig. 1 ;

2° Et, en somme, les puits A, B, C et F dépendent tous d'une même nappe aquifère siluro-crétacée qui circule ici au-dessus du Primaire dans cette même direction Sud-Nord.

Le puits E seul est alimenté par la nappe landenienne ; mais, comme nous l'avons remarqué à son propos, l'eau ne contenait ici que $0^{gr},0111$ de chlore par litre, ainsi que des traces purement spectrales de sodium; cette nappe devient négligeable au point de vue des infiltrations possibles, car elle n'est point capable, vu sa composition, d'occasionner aux eaux plus profondes une surcharge en chlorure de sodium.

Conclusions. — I. Faisant même par la pensée abstraction des données stratigraphiques et hydrologiques générales de la région, mes observations écartent aussi *a priori* l'hypothèse d'une influence marine actuelle sur la teneur en chlorure de sodium des puits A, B, C, D et F, car s'il en était autrement, le puits C, en aval de tous les autres, accuserait une teneur en sel marin tout au moins aussi élevée que celle de A.

Cette conclusion confirme du reste l'opinion que l'on s'est faite jusqu'à présent sur l'origine du chlorure de sodium dans les eaux artésiennes de cette zone, c'est-à-dire que cette origine est étrangère à toute influence marine actuelle.

Il faut ensuite déduire de mes observations :

II. Que la cause de cette salure locale a son foyer principal en relation directe avec le puits A ;

III. Que l'origine de cette salure ne réside point dans la craie blanche ni dans d'autres couches du Crétacé proprement dit, mais bien dans les sédiments fluviaux (gravier à limon rougeâtre, etc.) de la lisière du Crétacé, voire même dans la tête du Silurien, formant ainsi une nappe siluro-crétacée, préparatoire à celle du Crétacé proprement dit et chargée de chlorure de sodium, étant à certain endroit presque une saumure;

IV. Que cette saumure, quoique ayant actuellement trouvé un émonctoire dans le puits A, pénètre aussi quelque peu les roches voisines, surtout celles du même niveau, telles que les couches atteintes par les puits B et D, ou celles d'un niveau inférieur, telle que la craie blanche recoupée par C, qui se trouve du reste en aval de tous les autres puits examinés.

V. Que le sel gemme n'imprègne cependant pas uniformément les abords du Crétacé. Il se trouve vraisemblablement accumulé dans le gravier à limon rougeâtre fluvial, où il existe peut-être même en gîtes formés par des abandons dus à des infiltrations de mers anciennes;

VI. Quant à l'augmentation progressive de la quantité de chlorure de sodium dissous dans l'eau des puits A et B, elle s'expliquerait par la naissance de courants secondaires étrangers à la circulation générale de la nappe, mais sans doute provoqués par les forages successifs de nouveaux puits dans la même région.

Comme *enseignements généraux* à dégager de mes observations, il résulte :

a. Que, à l'encontre de ce qui est généralement reçu, les données fournies par la stratigraphie, le niveau, le débit, la température et une seule analyse chimique de l'eau d'un puits artésien, faite même alors que le débit de ce puits demeure constant, ne sont pas toujours suffisantes;

b. Qu'il est donc nécessaire, pour compléter ces données, de répéter, à des intervalles à convenir, les prises d'échantillons d'eau à analyser et de consigner soigneusement les résulsats de leurs analyses chimiques, surtout en cas d'aggravation ou de variabilité constatée dans leur composition.

On arriverait ainsi à reconstituer ce que l'on pourrait appeler le « régime chimique » du puits, et l'on mettrait les industriels et les particuliers à l'abri de mécomptes parfois à craindre quand le contrôle périodique des eaux artésiennes fait défaut;

c. Que, dans le cas de variation de la composition chimique des eaux artésiennes, il serait intéressant de grouper les « indications parallèles » recueillies pour les divers puits alimentés par une même nappe aquifère.

Cette coordination contribuerait sans aucun doute à fournir aux géologues, aux hydrologues et aux sondeurs des documents utiles à la connaissance de la circulation des eaux profondes.

Laboratoire de chimie analytique de l'Université de Bruxelles. Août 1897

LISTE GÉNÉRALE

Arrêtée au 1er Janvier 1901

DES MEMBRES

DE LA

SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE

DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

FONDÉE A BRUXELLES, LE 17 FÉVRIER 1887 (1)

Membre Protecteur.

M. Em. DE MOT, Bourgmestre de la Ville de Bruxelles.

Membres Honoraires.

1 * BARROIS, Ch., Professeur adjoint à la Faculté des sciences (Université de Lille), 37, rue Pascal, à Lille, et rue Chomel, 9, à Paris (VII).

2 BERTRAND, C.-Eg., Professeur de botanique à la Faculté des sciences de l'Université de Lille, 6, rue d'Alger, à Amiens.

3 BERTRAND, Marcel, Membre de l'Institut de France, Ingénieur en chef des mines, Professeur de géologie à l'École supérieure des Mines, 75, rue de Vaugirard, à Paris (VI).

4 BLEICHER, G., Professeur d'histoire naturelle à l'École supérieure de pharmacie, 9, cours Léopold, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).

5 BONNEY, Rév. Thomas George, Professeur de géologie et de minéralogie à University College, 23, Denning Road, Hampstead. London N. W.

6 BRÖGGER, W. C., Professeur à l'Université de Christiania.

7 * CAPELLINI, Giovanni (le Commandeur), Professeur de géologie à l'Université, via Zamboni, à Bologne (Italie).

8 CHOFFAT, Paul, Attaché au Service géologique du Portugal, 113, rue do Arco a Jesus, à Lisbonne (Portugal).

(1) Les noms des **fondateurs** se trouvent, dans la liste ci-dessous, précédés d'un astérisque *. Les noms des *membres à vie* sont précédés de deux astérisques **.