

Bull. Soc. belge Géologie	T. 87	fasc. 3	pp. 153-162	3 tab.	Bruxelles	1978
Bull. Belg. Ver. Geologie	T. 87	deel. 3	blz. 153-162	3 taf.	Brussel	1978

GEOCHRONOLOGIE RUBIDIUM-STRONTIUM DE GLAUCONIES DU CRETACE DU NORD DE LA FRANCE ET DU BASSIN DE MONS, COMPARAISON AVEC LES DONNEES POTASSIUM-ARGON CORRESPONDANTES.

par E. KEPPENS* , E. ELEWAUT* , et P. PASTEELS*

SUMMARY. - The Rb-Sr method has been applied to a suite of glauconite samples extracted from stratigraphically well located levels of the Middle and Upper Cretaceous of the Boulonnais (N. France) and the Bassin de Mons (Belgium). The results are compared to the corresponding K-Ar dates yet published. An excellent agreement is observed. However, compared to the OBRADOVICH-COBBAN time scale established on high temperature minerals, the glauconite ages remain 0 to 5 % too low.

SAMENVATTING. - Absolute ouderdomsbepalingen werden met de Rb-Sr methode uitgevoerd op een reeks glaukonieten in wel bepaalde stratigrafische niveau's van het Midden- en Boven Krijt. De uitkomsten worden vergeleken met de reeds verschenen, overeenkomstige K-Ar gegevens. Een zeer goede overeenkomst wordt waargenomen. Ten opzichte van de hoge temperatuur mineralen tijdschaal van OBRADOVICH en COBBAN, zijn echter de absolute ouderdommen op glaukoniet 0 tot 5 % lager.

RESUME. - Une série d'échantillons de glauconie provenant de niveaux bien repérés stratigraphiquement du Crétacé Moyen et Supérieur du Boulonnais et du Bassin de Mons ont fait l'objet de datations par la méthode du strontium. Les résultats sont comparés aux données à l'argon correspondantes, publiées précédemment. L'accord entre les deux méthodes est excellent. Toutefois, par rapport à l'échelle de OBRADOVICH et COBBAN, obtenue sur minéraux de haute température, les âges sur glauconie sont de 0 à 5 % trop bas.

I. INTRODUCTION

La méthode au strontium, contrairement à la méthode à l'argon, n'a été qu'assez rarement appliquée aux glauconies. Ceci peut paraître étonnant si l'on considère que la première étude de ce type date d'il y a plus de vingt ans (CORMIER 1956). Il semble que les conclusions pessimistes de ces premiers travaux aient contribué à décourager les géochronologues, peu habitués aux minéraux de basse température et dont l'évolution diagénétique peut être

(*) Werkeenheid Geochronologie, Vrije Universiteit Brussel

compliquée (HURLEY et al. 1960). En cas de diagénèse d'enfouissement, la condition de système fermé ne sera pas remplie en général, ni pour le géochronomètre K-Ar, ni pour le géochronomètre Rb-Sr. Ce dernier est également susceptible d'être influencé par une diagénèse du type agradant (BONHOMME et al. 1969) et par l'altération superficielle (ODIN et al. 1974). Cette liste des facteurs pouvant influencer les âges apparents K-Ar et Rb-Sr n'est pas exhaustive : bien d'autres ont été invoqués, souvent à titre de simple hypothèse. Cependant, divers travaux relativement récents, portant sur des glauconies tertiaires et crétacées d'Europe occidentale et d'Amérique du Nord, paraissent établir que la glauconie, dans certains cas, fournit des âges utilisables par la méthode au strontium (BONHOMME, ODIN et POMEROL 1968, HARRIS et BOTTINO 1974, HARRIS 1976, HARRIS et BAUM 1977). La démonstration rigoureuse de ceci est loin d'être aisée. Il n'est pas toujours possible en effet de confronter les données sur glauconie, a priori incertaines, avec des données sur minéraux de haute température, lesquelles sont considérées a priori comme plus dignes de confiance (encore que des possibilités d'erreur puissent exister dans ce cas également). Il reste encore à démontrer que des échantillons de glauconie sélectionnés suivant certains critères fournissent des âges radiométriques concordants par les méthodes au strontium et à l'argon, en bon accord avec une échelle absolue établie indépendamment sur minéraux de haute température. Le Crétacé du Boulonnais et du Bassin de Mons paraît représenter un cas favorable, à première vue en tous cas, pour l'entreprise d'une telle démonstration.

2. SITUATION GEOLOGIQUE ET SELECTION DES ECHANTILLONS

La portion de l'échelle stratigraphique considérée va de l'Aptien supérieur à la base du Santonien. Les glauconies qui ont fait l'objet des mesures Rb-Sr reportées ici ont été récoltées, sélectionnées et ont fait l'objet de datations par la méthode K-Ar par ELEWAUT et ROBASZYNSKI (1977). Nous renvoyons donc à ce travail et à ROBASZYNSKI (1975 a,b) pour toute information complémentaire sur la situation géologique. Les données essentielles figurent en annexe au présent travail.

L'importance de la sélection des échantillons de sédiments glauconieux et, au sein d'un tel échantillon, des grains les moins oxydés ou à la teneur la plus faible en interstratifiées smectitiques, a été soulignée par ODIN (1975). Nos échantillons ont été prélevés en sondage ou en affleurements fréquemment rafraîchis. Les grains glauconieux soumis aux datations sont exempts de traces d'oxydation en goëthite. Les sédiments considérés, argile, sable argileux, craie glauconifère, témoignent d'un faible degré d'évolution diagénétique et il est permis d'envisager une origine authigène pour la glauconie qu'ils contiennent.

Sauf pour l'Aptien, les glauconies extraites ont une teneur en potassium dépassant 6 %, ce qui correspond à une proportion relativement faible en interstratifiées smectitiques.

3. METHODE D'ANALYSE ET TRAITEMENT DE L'ECHANTILLON

La méthode d'analyse utilisée a été décrite précédemment (KEPPENS, ELEWAUT et PASTEELS, sous presse). Il s'agit de la méthode habituelle par dilution isotopique.

Le spectromètre de masse utilisé pour le strontium a fourni le résultat suivant pour le standard Eimer et Ammend : 0.70804 ± 0.00014 (2σ). Les résultats obtenus sur le standard de glauconie G1-0 sont consignés au tableau I.

TABLEAU I : Résultats analytiques sur le standard de glauconie G1-0 (grains)

	Rb ppm	Sr tot ppm	$^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$	t m. a. (constantes IUGS 1976)
I	233.3	75.92	0.7536 \pm 0.0007	87.3
II	235.0	76.50	0.7518 \pm 0.0013	87.0

Nous avons utilisé dans ce travail les constantes recommandées par la sous-commission de géochronologie de l'IUGS (STEIGER et JAEGER 1977) et le cas échéant recalculé au moyen de ces constantes les résultats d'autres auteurs. Il n'y a plus lieu en principe de considérer la possibilité d'un écart systématique entre résultats Rb-Sr et K-Ar, qui serait dû aux constantes de désintégration (comme c'était le cas il y a quelques années encore et rendait incertaine toute comparaison entre ces deux méthodes).

Les âges apparents Rb-Sr ont été calculés en attribuant un rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.7073 au strontium commun présent, correspondant à celui de l'eau de mer ouverte au Crétacé Supérieur (BRASS 1976). On admet donc implicitement que les glauconies considérées sont authigènes, qu'elles ne renferment pas d'éléments détritiques et qu'il n'y a pas eu d'échange avec un strontium d'autre composition isotopique. Si ces conditions n'étaient pas réalisées, l'application de la méthode de datation au strontium aurait peu de sens en effet et c'est l'examen des résultats qui permettra de confirmer ou d'infirmer ce dernier point. Il est à remarquer cependant que la "radiogénicité" du strontium étant relativement élevée dans le cas présent (rapport strontium radiogénique - strontium commun), la valeur exacte de ce rapport $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ n'a que peu d'influence sur l'âge radiométrique calculé.

Un traitement à l'acide dilué permet encore d'augmenter cette "radiogénicité". Des études précédentes ont démontré que les teneurs en rubidium et en strontium radiogénique n'étaient pas affectées par un court traitement aux ultrasons en milieu chlorhydrique 1N, qui élimine une bonne part du strontium commun (PASTEELS, LAGA et KEPPENS 1976, KEPPENS, ELEWAT et PASTEELS, sous presse). Ce traitement a donc été appliqué systématiquement. A titre de contrôle cependant, une aliquote non traitée à l'acide a été analysée dans quelques cas. La plupart des mesures sur échantillons traités à l'acide ont été faites en double, les deux aliquotes utilisées étant soumises séparément à ce traitement.

On a aussi analysé des fractions de glauconie de granulométries différentes, provenant du même échantillon de sédiment.

L'erreur analytique sur l'âge radiométrique, au niveau de 2σ , est de l'ordre de $\pm 3\%$, mais dépend du degré de radiogénicité du strontium. Cette erreur a donc été calculée dans chaque cas.

4. DISCUSSIONS ET RESULTATS

Les résultats analytiques sont présentés aux tableau II.

Des différences importantes sont observées, entre mesures répétées sur échantillons traités à l'acide, principalement en ce qui concerne la teneur en strontium commun et, par conséquent, la composition isotopique du strontium total. Il semble donc que la quantité de strontium commun éliminée par ce traitement dépende de façon très critique des conditions dans lesquelles il s'opère. Une hétérogénéité, au départ, de certains échantillons est peut-être aussi à mettre en cause. Quoiqu'il en soit, les âges apparents sont très reproductibles pour les mesures répétées et pour les mesures

sur fractions de granulométries différentes, traitées ou non à l'acide, se rapportant à un même prélèvement. La seule exception est le résultat marqué d'une astérisque, résultant peut-être d'une erreur de manipulation, à moins qu'un traitement trop prolongé ou à température trop élevée (l'agitation sonnique provoquant une élévation de température du bain) ait provoqué une perte de strontium radiogénique. Pour le prélèvement R17-18 on a donc retenu la moyenne des quatre autres résultats.

Afin de rendre plus facile la comparaison avec les données potassium-argon (ELEWAUT et ROBASZYNSKI 1977) on a calculé une moyenne pondérée pour chaque prélèvement. De même, lorsque deux fractions granulométriques ont été analysées par potassium-argon, on n'a pris en considération que la moyenne de ces deux résultats (qui concordent toujours dans les limites d'erreur). Sous cette forme abrégée (un âge Rb-Sr et K-Ar par prélèvement), la comparaison est fournie au tableau III. La troisième colonne de ce tableau correspond à l'échelle absolue pour le Crétacé Supérieur établie par OBRADOVICH et COBBAN 1975, sur la base d'âges à l'argon de paires sanidine-biotite de bentonites du centre-ouest des États-Unis. Cette échelle n'est certes pas la seule qui ait été proposée (VAN HINTE 1976, en cite une vingtaine) ni la plus récente. Son intérêt réside dans le fait qu'elle repose sur un ensemble très cohérent de données qui, sur le plan géochronologique, paraissent très sûres. Elle est incontestablement plus fiable, à ce point de vue, que d'autres qui se basent sur un ensemble inhomogène de résultats de valeurs diverses et mutuellement incompatibles pour une large part. Un tout autre problème est celui de la corrélation entre Boulonnais et Bassin de Mons, d'une part, et centre-ouest des États-Unis, d'autre part. Cette question a été évoquée par ELEWAUT et ROBASZYNSKI et nous n'y reviendrons pas. Les incertitudes qui peuvent subsister sur le plan stratigraphique sont probablement négligeables au regard des erreurs sur les mesures d'âge (à elle seule, l'erreur expérimentale sur une détermination Rb-Sr englobe toute la durée d'un étage). Pour la limite Aptien-Albien, on ne dispose pas, à l'heure actuelle, de données géochronologiques très sûres (VAN HINTE 1976).

L'examen du tableau III révèle un bon accord entre les données Rb-Sr et K-Ar, et une bonne concordance également avec l'échelle sur minéraux de haute température de OBRADOVICH et COBBAN (1975). Ce dernier point est assez remarquable, au vu des résultats très dispersés fournis par la glauconie dans d'autres cas, qui ont fait dire par les auteurs précités qu'elle compte parmi les plus mauvais des géochronomètres. On note cependant une certaine dispersion dans les données se rapportant à un même niveau stratigraphique : base du Coniacien, base du Cénomaniens. Aussi, par rapport à l'échelle sur minéraux de haute température, les âges sur glauconies par Rb-Sr et K-Ar paraissent un peu bas. On est loin cependant des dix ou quinze pour cent d'écart dont il est parfois fait mention dans la littérature.

Une seule glauconie, celle de l'Aptien de Wissant, a fourni un âge Rb-Sr sensiblement plus élevé que l'âge K-Ar correspondant. Il s'agit d'un échantillon à 5,2 % K, donc a priori défavorable suivant ODIN (1975) et, sur cette base, on peut ne pas en tenir compte. On ne sait trop en pareil cas si l'âge apparent Rb-Sr est à préférer à l'âge apparent K-Ar ou le contraire (l'un et l'autre pouvant être inexacts, d'ailleurs).

Divers auteurs ont montré que les glauconies du Tertiaire Inférieur et du Crétacé Supérieur pouvaient fournir de "bons âges" en accord avec l'échelle absolue établie sur minéraux de haute température (FITCH et al. 1978, PRIEM et al. 1975, ODIN 1975). Mais il y a aussi, dans la littérature récente, des exemples flagrants de données sur glauconie qui ne s'accordent pas avec cette échelle (âges apparents trop bas) (ODIN 1975, OWENS et SOHL 1972). Les critères de sélection recommandés par l'un ou l'autre auteur varient assez peu. Quelques divergences d'opinion apparaissent quant à leur

importance relative. On peut dire que, dans le cas présent, le très faible degré d'évolution diagénétique des sédiments, l'absence d'oxydation, l'absence de glauconie désordonnée, constituent autant d'éléments favorables.

5. CONCLUSIONS

La bonne concordance entre données radiométriques à l'argon et au strontium observée dans le cas des glauconies du Boulonnais et du Bassin de Mons, et l'accord assez bon entre ces données et une échelle absolue obtenue indépendamment sur minéraux de haute température, confirment que la glauconie peut se révéler un géochronomètre fiable, dans certaines conditions. Ces conditions ne sont pas connues cependant avec suffisamment de sûreté que pour pouvoir établir a priori et sans risque d'erreur la fiabilité d'un résultat isolé sur glauconie. Apparemment, on peut attribuer plus de confiance à une série cohérente de données se rapportant à des échantillons latéraux ou couvrant une partie assez réduite de l'échelle stratigraphique. Toutefois, le fait que les âges apparents s'ordonnent en fonction de la stratigraphie n'est pas une démonstration de leur validité (cf. OWENS et SOHL 1973). Une bonne concordance entre les données au strontium et à l'argon pourrait constituer un meilleur critère. Les éléments radiogéniques argon et strontium, ont des comportements géochimiques très différents et on conçoit difficilement un mécanisme susceptible de rajeunir ou de vieillir dans la même proportion les âges correspondants, d'une manière systématique, sur une série d'échantillons.

Remerciements :

L'un de nous (E. ELEWAUT) a bénéficié d'une bourse de l'I.R.S.I.A. qui a rendu possible l'exécution des mesures au potassium. Ces dernières ont été exécutées à l'Université de Berne (Laboratoire de Minéralogie - Pétrologie) sous la supervision de J. HUNZIKER. La partie Rb-Sr de ce travail fait partie du programme du Centre belge de Géochronologie. L'unité de Géochronologie de la "Vrije Universiteit Brussel" a bénéficié d'un subside du Fonds National de la Recherche Scientifique pour l'exécution du présent travail.

Communication présentée
le 19 décembre 1978.

TABLEAU II Résultats analytiques

Niveau stratigraphique	Prélèvement	Fraction granulométrique (en microns)	Traitement	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} (\pm 2\sigma)$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$t \text{ Rb} - \text{Sr}$ ($\lambda = 1.42 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$) ($R_i = 0.7073$)	
CONIACIEN	R 10	100 - 250	HCl	292	9.27	0.8201 ± 0.0013	92.0	85.8 ± 2.5	85.3
				291	9.29	0.8176 ± 0.0027	91.5	84.4 ± 3.2	
BASAL	R 8	100 - 250	HCl	267	9.11	0.8158 ± 0.0015	85.5	88.8 ± 2.4	89.0
				253	13.21	0.7783 ± 0.0027	55.8	89.9 ± 4.0	
	R 9	100 - 250	HCl	272	7.24	0.8394 ± 0.0010	110.0	84.3 ± 1.9	
TURONIEN SUP.	T 30	150 - 500	HCl	283	1.663	1.358 ± 0.0018	523.1	87.0 ± 2.3	
CENOMANIEN SUP.	R 11	100 - 250	HCl	263	3.75	0.9740 ± 0.0003	207.5	89.9 ± 2.3	91.2
				257	3.67	0.9819 ± 0.0014	207.9	92.4 ± 2.2	
CENOMANIEN	R 2	150 - 500	HCl	273	3.65	0.9973 ± 0.0014	221.9	91.2 ± 2.5	96.9
				258	3.58	1.0046 ± 0.0008	214.1	97.1 ± 2.7	
INFÉRIEUR	R 6	150 - 500	HCl	269	3.41	1.0262 ± 0.0019	235.0	96.6 ± 3.3	94.8
				274	3.55	1.0236 ± 0.0025	230.4	96.0 ± 3.0	
	R 4	150 - 500	HCl	272	3.48	1.0212 ± 0.0007	233.2	93.7 ± 2.9	
ALBIEN	R 17-18	250 - 500	Brut HCl	255	19.46	0.7597 ± 0.0002	38.02	96.4 ± 2.4	99.8
				254	4.69	0.9376 ± 0.0018	160.4	100.5 ± 2.5	
MOYEN		100 - 250	Brut HCl	248	11.80	0.7952 ± 0.0003	61.2	100.4 ± 2.8	99.8
				253	9.66	0.8718 ± 0.0010	122.8	$93.7 \pm 2.5^*$	
				252	5.05	0.9222 ± 0.0004	147.6	101.7 ± 2.3	
ALBIEN	R 13-14	250 - 500	Brut HCl	249	23.8	0.7538 ± 0.0014	30.42	107.3 ± 4.1	104.6
				246	8.31	0.8405 ± 0.0004	86.7	107.4 ± 2.8	
INFÉRIEUR		100 - 250	Brut HCl	256	9.49	0.8231 ± 0.0019	78.8	102.7 ± 3.4	104.6
				248	17.92	0.7666 ± 0.0006	40.12	103.5 ± 3.2	
				254	6.56	0.8752 ± 0.0003	113.6	103.2 ± 2.5	
APTIEN	R 23-24	250 - 500	HCl	222	10.18	0.8125 ± 0.0010	63.8	114.0 ± 2.8	114.7
				209	26.5	0.7464 ± 0.0007	22.88	115.9 ± 3.6	

* Non inclus dans la moyenne

Tableau III - Comparaison Rb-Sr ; K-Ar

Etages	t Rb - Sr	t K - Ar (ELEWAUT et ROBASZYNSKI 1978)	Echelle OBRADOVICH - COBBAN
SANTONIEN			87.0
CONIACIEN	85.3 - 89.0 - 84.3	84.3 - 86.2 - 87.1	88.2
	sup. 87.0	88.1	
TURONIEN	moy.		
	inf.		
	sup. 91.2	89.5	91.2 à 92.3
CENOMANIEN	moy.		
	inf.		
	sup. 94.8 - 91.0 - 96.9	90.1 - 94.6 - 94.0	96.4
	moy.		
ALBIEN	sup. 99.8	98.9	
	inf. 104.6	99.7	
	sup.		
APTIEN	sup. 114.7	105.8	
	inf.		

ANNEXE. Localisation et position stratigraphique des échantillons

N° éch.	Localité	Nature du sédiment	Position stratigraphique	Principaux fossiles
R 8 R 9	Sainghin (F)	craille glauconieuse	Coniacien	<u>Inoceramus mantelli</u> (Mercey) <u>Micraster cor testudinarium</u> (Gold.) <u>Micraster leskei</u> (Desm.) <u>Reussella kelleri</u> (Vassil.) <u>Globotruncana aff. paraconcovata</u> (Porth.) <u>Cavelinella vombensis</u> (Brotz.)
R10	Maisières (B)	craille glauconieuse	Coniacien	<u>Inoceramus mantelli</u> (Mercey) <u>Globotruncana aff. paraconcovata</u> (Porth.) <u>Reussella kelleri</u> (Vassil.) <u>Cavelinella vombensis</u> (Brotz.) <u>Stensiona exsculpta</u>
T30	Thieu (B)	glauconitite	Turonien supérieur basal	Azoïque. Considéré comme facies latéral des craies glauconieuses à <u>Micraster leskei</u> (Desm.). Surmonté par Craie à <u>Micraster leskei</u> (Desm.), <u>Holaster planus</u> (Agass.), <u>Inoceramus carpathicus</u> (Heinz)
R11	Betrechies (F)	marnes vertes	Cénomarien terminal	<u>Actinocamax plenus</u> (Blainv.) <u>Rotalipora cushmani</u> (Morrow)
R2 R6 R4	Wissant	craille glauconieuse	Base du Cénomarien inférieur	<u>Mantelliceras mantelli</u> (J. Sow.) <u>M. cantianum</u> (Spath) <u>Hypoturritites carcitanensis</u> (Matheron) <u>Schloenbachia gr. varians</u> <u>Sharpeiceras laticlavum</u> (Sharpe) <u>Inoceramus crippi</u> (Mant.) <u>Rotalipora appenninica</u> (Renz.) <u>Marssonella ozawai</u> (Cush) <u>Lingulogavellina formosa</u> (Brotz) <u>Lithoraphidites alatus</u> <u>Eiffelithus turrissefeili</u>
R17-18	Wissant	argiles bleues	Albien moyen	Zone à <u>Hoplites dentatus</u> (Sow.), sous-zone à <u>spathi</u>
R13-14	Wissant	sables verts glauconieux	Sommet de l'Albien inférieur	Zone à <u>Sonneratia dutempleana</u> , sous-zone à <u>Cleoniceras floridum</u>
R23-24	Wissant	sable argileux glauconifère	Partie moyenne de l'Aptien supérieur	<u>Ostrea leymeriei</u> (Desh.) <u>Ostra aquila</u> (Lam.) facies rattaché régionalement à la zone à <u>Parahoplites nutfieldensis</u>

REFERENCES.

- BONHOMME, M., ODIN, G. S. et POMEROL, C. (1968) - Ages des formations glauconieuses de l'Albien et de l'Eocène du Bassin de Paris - *Mém. BRGM 58*, pp. 339-346.
- BONHOMME, M., CLAUER, N., COTILLON, P. et LUCAS, J. (1969) - Datation rubidium-strontium des niveaux glauconieux du Crétacé inférieur de haute-Provence : mise en évidence d'un diagénèse - *Bull. Serv. carte géol. Als. Lorr.* 4, pp. 235-247.
- BRASS, G. W. (1976) - The variation of the marine $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio during Phanerozoic time : interpretation using a flux model - *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40, pp. 721-730.
- CORMIER, R. F. (1956) - Rb-Sr ages of glauconites and their application to the construction of a post-cambrian time-scale - *Ph. D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge Mass.*
- ELEWAUT, E. et ROBASZYNSKI, F. (1977) - Datation par la méthode K/Ar de glauconies crétacées du Nord de la France et de Belgique - *Ann. Soc. géol. du Nord*, 97, pp. 179-189.
- FITCH, F.J., HOOKER, P. et MILLER, J.A. (1978) - Age of the Thanet Beds (Paleocene) of East Kent, England - *IVth.Int. Conf. Geochronology, Cosmochronol., Isotope Geology, Snowmass, Co. 1978, USGS Open-File Report 78-701*, pp. 111-114.
- HARRIS, W.B. (1976) - Rb-Sr glauconite isochron., Maestrichtian unit of Peedee Formation (Upper Cretaceous), North Carolina - *Geology* 4, pp. 761-762.
- HARRIS, W. B. and BOTTINO, M.L. (1974) - Rb-Sr study of Cretaceous lobate glauconite pellets, North Carolina - *Geol. Soc. Am. Bull.*, 85, pp. 1475-1478.
- HARRIS, W.B. and BAUM, G.R. (1977) - Foraminifera and Rb-Sr glauconite ages of a Paleocene Beaufort Formation outcrop in North Carolina - *Geol. Soc. Am. Bull.* 88, pp. 869-872.
- HURLEY, P.M., CORMIER, R.F., HOWER, J., FAIRBAIRN, H.W. and PINSON, H., Jr. (1960) - Reliability of glauconite for age measurements by K-Ar and Rb-Sr methods - *Bull. Am. Ass. Petrol. Geologists*, 44, pp. 1793-1808.
- KEPPENS, E., ELEWAUT, E. and PASTEELS, P. (197.) - Rubidium-Strontium and Potassium-Argon radiometric datations on glauconites from the "Bande Noire" (Base of the Asse Clay) from the Belgian Eocene - à paraître dans : *Annales Soc. Géol. de Belgique*.
- OBRADOVICH, J.D. and COBBAN, W.C. (1975) - A time-scale for the late Cretaceous of the Western interior of the United States - *Geol. Ass. Canada Spec. Paper 13*, pp. 31-54.
- ODIN, G.S. (1975) - Les glauconies. Constitution, formation, âge - *Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences naturelles, Université Pierre et Marie Curie, Paris.*
- ODIN, G.S., CLAUER, N., HUNZIKER, J.C., KEPPENS, E. and PASTEELS P. (1974) - Influence of natural and artificial weathering on glauconite K-Ar and Rb-Sr apparent ages - *Int. meeting for Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology, Paris.*
- OWENS, J.P. and SOHL, N.F. (1973) - Glauconites from the New Jersey-Maryland Coastal Plain; their K/Ar ages and application in stratigraphic studies - *Geol. Soc. Am. Bull.* 84, pp. 2811-2838.

- PASTEELS, P., LAGA P. et KEPPENS, E. (1976) - Essai d'application de la méthode radiométrique au strontium aux glauconies du Néogène : le problème du traitement de l'échantillon avant l'analyse - *C. R. Acad. Sc. Paris, t. 282 S.D.*, pp. 2029-2032.
- PRIEM, H.N.A., BOELRIJK, N.A.I.M., HEBEDA, E.H., ROMEIN, B.J., VERDURMEN, E.A.th. and VERSCHURE, R.H. (1975) - Isotopic dating of glauconites from the Upper Cretaceous in Netherlands and Belgium Limburg, I. - *Geologie en Mijnbouw*, 54, pp. 205-207.
- ROBASZYNSKI, F. (1975 a) - Le Turonien de la limite des temps turono-coniaciens dans le Nord de la France et le Hainaut belge - *3e Réunion Ann. Sc. de la Terre, Montpellier*.
- ROBASZYNSKI, F. (1975b) - Approche biostratigraphique du Cénomano-Turonien dans le Hainaut franco-belge et le Nord de la France - *Ann. Mus. Hist. Nat. Nice (à l'impression)*.
- STEIGER, R.H. and JAEGER, E. (1977) - Subcommittee on geochronology : Convention on the use of the decay constants in geo- and cosmochemistry - *Earth Planet Sc. Lett.*, 36, pp. 359-362.
- VAN HINTE, J. E. (1976) - A Cretaceous Time Scale - *The Amer. Ass. Petrologists Bull.* 60, pp. 498-516.