

Datation par la spectrométrie gamma non destructive et la résonance de spin électronique (ESR) du remplissage de la grotte Tournal à Bize

YUJI YOKOYAMA (*), HUU-VAN NGUYEN (*), JEAN-PIERRE QUAEGBEUR (**) et FRANÇOISE JEAN-PIERRE (*) (***)

RÉSUMÉ

Des ossements du remplissage de la grotte Tournal à Bize (Aude, France) ont été datés par la spectrométrie gamma non destructive et la résonance de spin électronique (ESR). Les âges obtenus par des mesures préliminaires sur deux niveaux moustériens ont été comparés et discutés. Pour le niveau H, un âge moyen de 35.000 ± 7.000 ans BP est proposé à partir de cette comparaison.

ASBTRACT

Bones taken from the Tournal cave at Bize (Aude, France) were dated by the non destructive gamma-ray spectrometry and the electron spin resonance (ESR). The ages obtained by preliminary measurements for two Mousterien levels are compared and discussed. For H level, an average age of 35.000 ± 7.000 years BP is proposed from this comparison.

1. INTRODUCTION

La grotte Tournal à Bize est située à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Narbonne (fig. 1). Cette grotte a un remplissage très important. Des fouilles dirigées par A. Tavoso ont permis de préciser l'interprétation de sa stratigraphie extrêmement complexe: en effet, des creusements des puits et fosses, dus au sous-tirage karstique, ont, à plusieurs reprises, entraîné une vidange partielle de ce gisement étendu de la fin du Würmien II au Post-glaciaire (fig. 2).

Actuellement, 6 grands ensembles sont reconnus de la base au sommet:

1) les couches à ours, pouvant être rattachées à la fin du Würm II, riches en vestiges archéologiques (sols d'habitats moustériens).

2) les couches inter-stadiales, livrant des outillages moustériens à leur base et aurignaciens à leur sommet. Le sommet de ce niveau a été daté par la

méthode C-14, à >34.200 BP (Lyon 1081), >29.000 BP (Lyon 1895) et >35.800 BP (Lyon 1898), tandis que sa base a donné un âge de 33.650 ± 1.250 BP (Lyon 1676).

3) les couches à coprolithes attribuées au Würm III.

4) les couches de l'industrie qui évoque le Magdalénien ancien, mais, l'âge C-14 paraît relativement récent: 14.250 ± 450 BP (Lyon 1675 et 1232).

5) les brèches du Würm IV.

6) les foyers noirs supérieurs à industrie typique du Magdalénien final, pour lesquels trois datations C-14 ont été effectuées: 13.710 ± 420 BP (Lyon 1897), 12.850 ± 320 BP (Lyon 1894) et 12.550 ± 210 BP (Lyon 1250).

2. EXPÉRIENCES

Une esquille de diaphyse de tibia de Bovinés (zone Q30, couche E, 48) et un fragment de diaphyse de tibia de Cervidés (zone J29, couche H, 247), prélevés dans deux différents niveaux moustériens, sont l'objet de la présente datation.

Les ossements sont souvent altérés par l'action de l'eau qui s'infiltre dans les sédiments, et, par conséquent, tous les ossements ne sont pas forcément data-

(*) Centre des Faibles Radioactivités, Laboratoire mixte CNRS-CEA, 91190 Gif-sur-Yvette, France.

(**) CEA-IRDI, DESICO, DPC, Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, Cedex, France.

(***) Institut de Paléontologie Humaine. 1, Rue René Panhard, 75013 Paris, France.

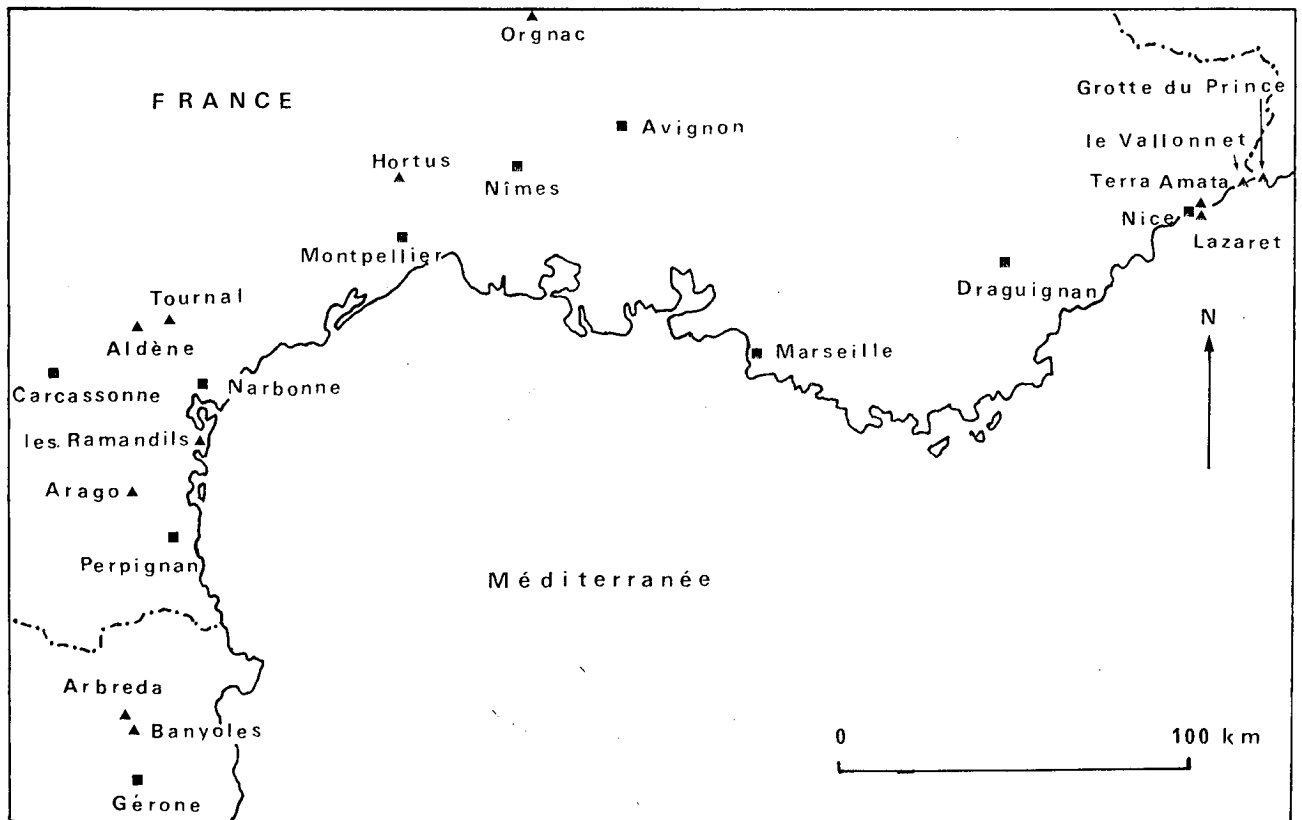


Fig. 1. - Situation géographique des sites préhistoriques dans le sud de la France et le nord-est de l'Espagne.

bles. C'est pour cette raison qu'une sélection des échantillons est nécessaire. Dans ce but, nous avons d'abord effectué des mesures préliminaires sur ces échantillons. Les échantillons ainsi sélectionnés feront l'objet d'analyses plus précises dans l'avenir. Dans le présent article, nous rapportons les résultats de ces mesures préliminaires.

Nous avons utilisé deux méthodes de datation:
 1) la spectrométrie gamma non destructive: on mesure directement les activités de U-238, U-234, Th-230 et Pa-231 par des rayonnements gamma émis par ces nucléides ou leurs descendants de courte période. L'âge de l'échantillon est obtenu soit par le rapport Th-230/U-234 (la méthode de l'uranium-tho-

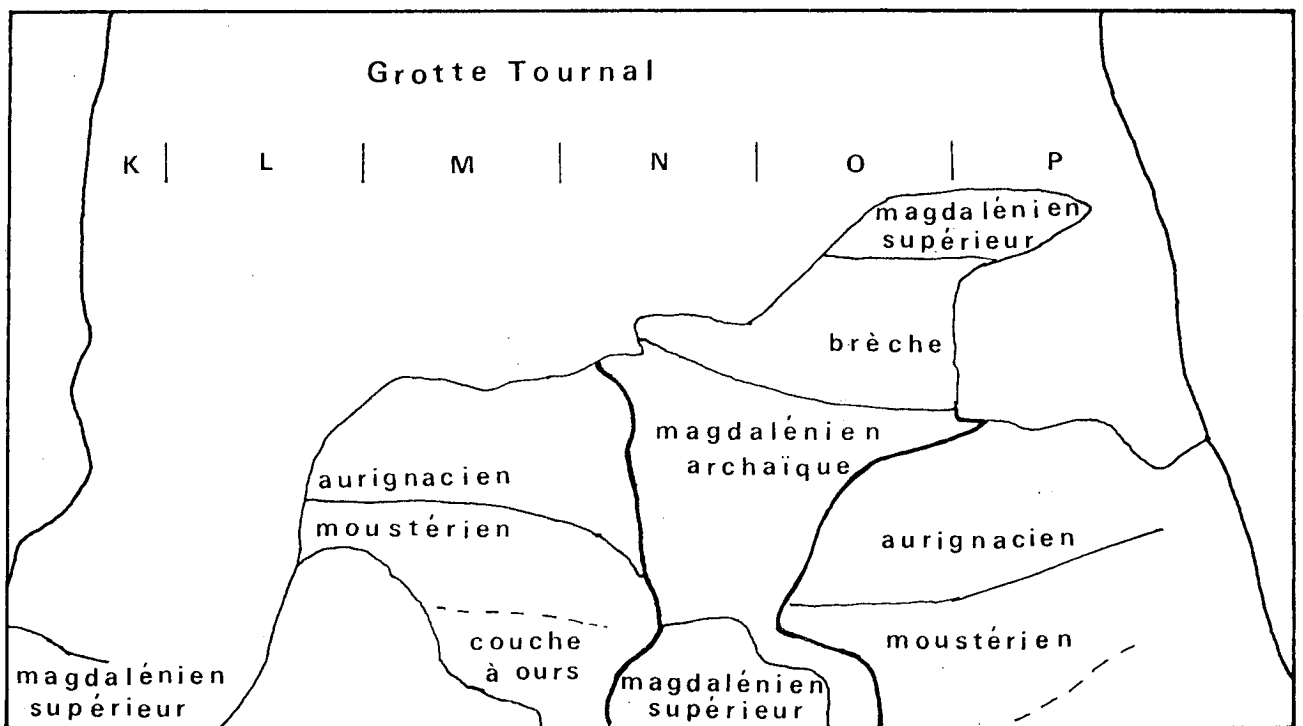


Fig. 2. - Coupe schématique entre zones 31 et 32 de la grotte Tournal à Bize, France.

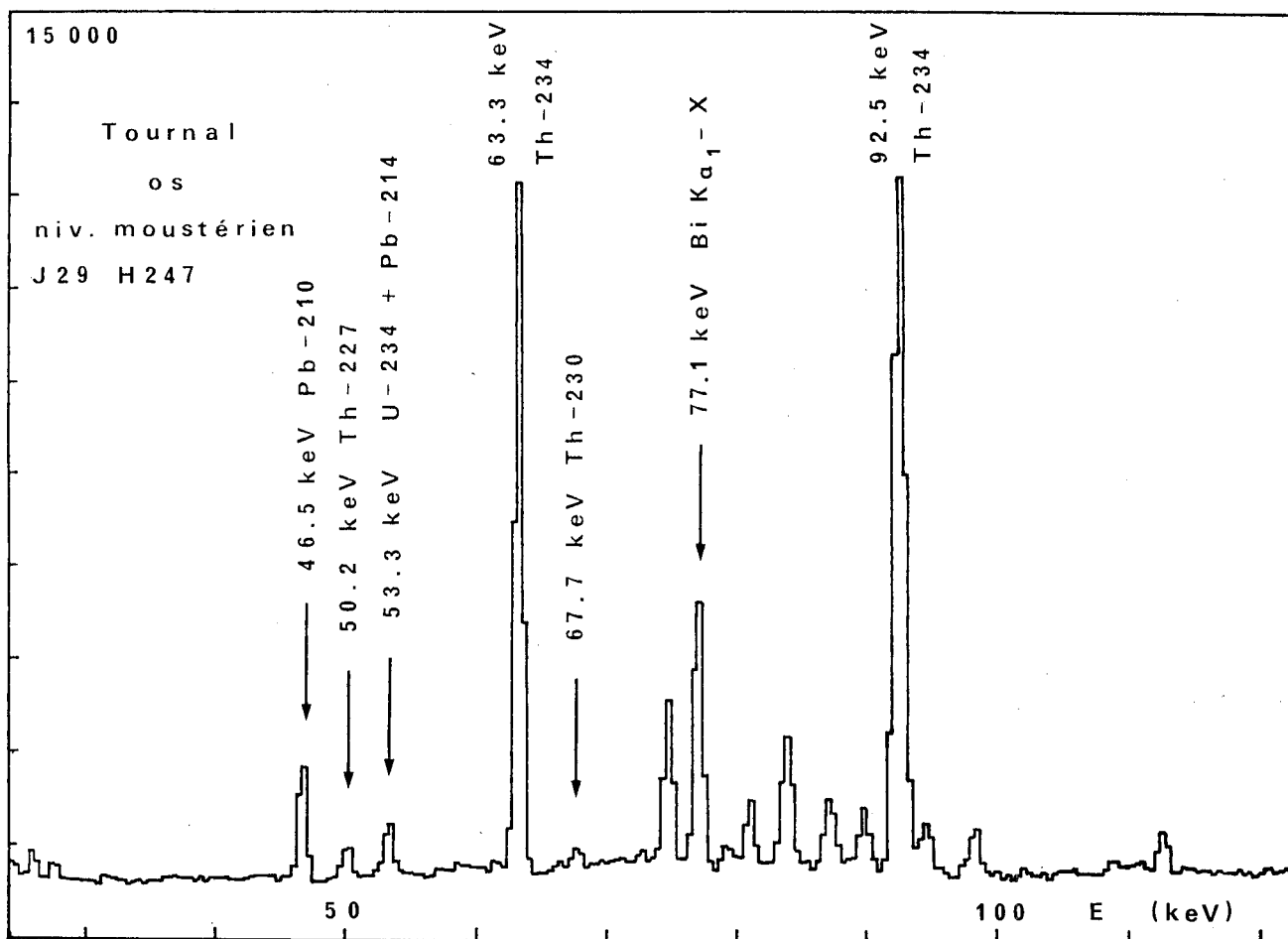


Fig. 3. - Spectre gamma d'un échantillon d'ossement prélevé dans un niveau moustérien, J29-H247, de la grotte Tournal à Bize, France (temps de comptage: 17.456 min.).

Dans cette figure, les rayonnements gamma émis par Th-230, U-234, Th-234 (descendant de U-238) et Th-227 (descendant de Pa-231) sont visibles. Pour la détermination de l'activité du Pa-231, les rayonnements gamma à plus haute énergie ont été aussi utilisés (Yokoyama et Nguyen, 1981).

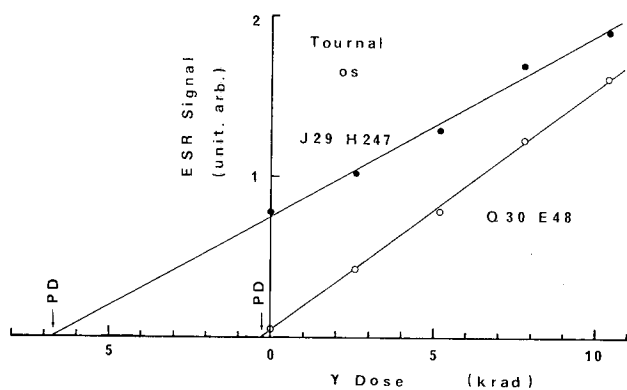


Fig. 5. - Détermination des paléodoses par la méthode de l'addition des ossements prélevés dans deux niveaux moustériens de la grotte Tournal à Bize, France.

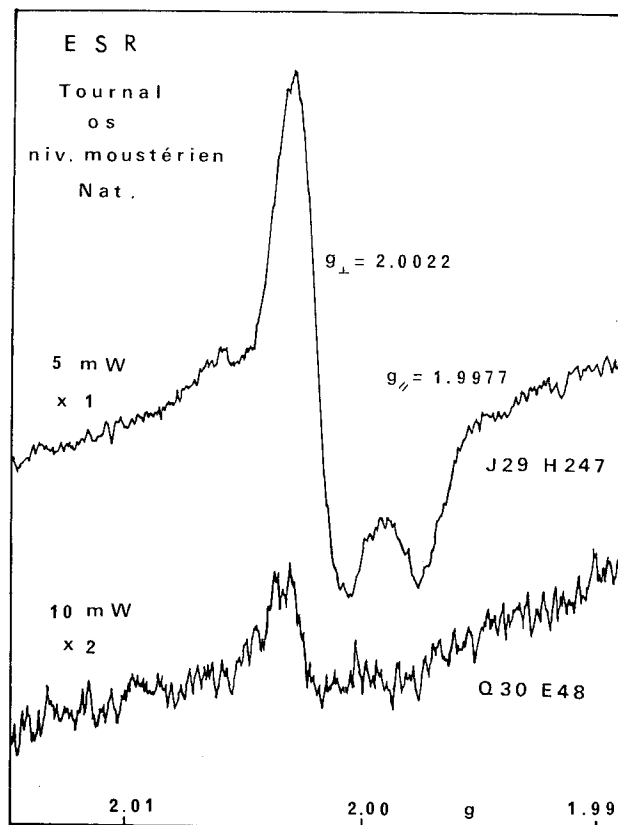


Fig. 4. - Spectres ESR des ossements prélevés dans deux niveaux moustériens de la grotte Tournal à Bize, France.

rium) soit par le rapport Pa-231/U-235 (celle de l'uranium-protactinium), (Yokoyama et Nguyen, 1980, 1981; Giacobini et al., 1984). Une analyse précise nécessite en général, 4 à 5 semaines de mesure. Les analyses préliminaires effectuées sur ces échantillons sont d'une durée de 3 à 7 jours. Par conséquent, la précision n'est pas très grande, mais suffisante pour reconnaître la qualité des échantillons.

2) la résonance de spin électronique (ESR): on mesure l'accumulation des électrons piégés dans le phosphate des ossements fossiles. Ces électrons piégés sont dus à l'action des rayonnements alpha, bêta et gamma des radioéléments contenus dans l'os et dans les sédiments environnants. L'âge est obtenu par la division de la paléodose par la dose annuelle. La paléodose est la dose accumulée des rayonnements, qui ont été absorbés par l'échantillon depuis sa formation. La hauteur du signal ESR est proportionnelle à cette paléodose. La dose annuelle est la dose des rayonnements, reçue annuellement par l'échantillon, et elle peut être calculée à partir des teneurs en radioéléments. Ces teneurs peuvent être également déterminées par la spectrométrie gamma (Yokoyama et al., 1982).

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

La figure 3 reproduit la région de basse énergie du spectre gamma d'un de ces échantillons. On peut y distinguer les pics dus aux Pb-210, Th-227, Th-230, U-234 et Th-234. Ce dernier nuclide a été utilisé pour la détermination de l'U-238. D'autre part, le Pa-231 a été déterminé par des rayonnements gamma de ses descendants, Th-227, Ra-223 et Rn-219. Le tableau I résume les résultats obtenus par la spectrométrie gamma non destructive.

Les figures 4 et 5 montrent les spectres ESR et la détermination des paléodoses par la méthode de l'addition. Les résultats de la méthode de l'ESR sont résumés dans le tableau II.

Le tableau III récapitule tous ces résultats. Pour le niveau supérieur, Q30 - E 48, les âges obtenus par les différentes méthodes sont dispersés et incohérents. Comme nous l'avons expliqué au début du chapitre précédent, les ossements fossiles sont souvent altérés par l'action de l'eau. Cette altération, par l'introduction de l'uranium dans le système, rajeunit l'âge de l'échantillon. Par conséquent, les âges de l'échantillon Q30 - E 48 ont pu être rajeunis par ce phénomène et doivent être rejetés.

Par contre, les âges obtenus sur l'échantillon du niveau H sont cohérents: 37.000 ± 8.000 BP (ESR), 33.000 ± 4.000 BP (U-Pa) et 33.000 ± 8.000 BP (U-Th). Ces âges semblent aussi compatibles avec l'âge C-14 d'un niveau moustérien, rapporté par J. Evin: 33.650 ± 1.250 ans BP (Lyon 1676).

En conclusion, nous avons obtenu un âge moyen de 35.000 ± 7.000 ans BP pour le niveau H moustérien de cette grotte.

Remerciement

Nous remercions H. de Lumley et A. Tavoso pour leur discussion fructueuse. Nous leur sommes aussi reconnaissants de nous avoir confié ces échantillons.

Échantillon	Q30 - E 48	J29 - H 247
Poids (g)	100,6	18,7
Activité (dpm/g)		
U-238	5,96 ± 0,09	17,10 ± 0,11
U-234	6,41 ± 2,27	17,22 ± 2,01
Th-230	0,79 ± 0,19	4,50 ± 0,63
Pa-231	0,035 ± 0,022	0,396 ± 0,034
Th-232	0,06 ± 0,01	0,04 ± 0,02
Rapport		
U-234/U-238	1,08 ± 0,38	1,01 ± 0,12
Th-230/U-234	0,12 ± 0,05	0,26 ± 0,05
Pa-231/U-235	0,13 ± 0,08	0,50 ± 0,04
Th-230/Th-232	13	110
Age (ans)		
Th-230/U-234	14.000 ± 7.000	33.000 ± 8.000
Pa-231/U-235	7.000 ± 4.500	33.000 ± 4.000

Tableau I. - Datation par la spectrométrie gamma non destructive des ossements prélevés dans deux niveaux moustériens de la grotte Tournal à Bize, France.

Échantillon	U	Paléodose (krad)	Dose annuelle (mrad/an)			Age (ans)
			int.	ext.	totale	
Zone Couche N.° (ppm)						
Q30 E 48	8,1	0,26 ± 0,13	41	40	81	3.000 ± 1.600
J29 H 247	23,0	6,7 ± 0,5	137	40	177	38.000 ± 8.000

Tableau II. - Datation par la méthode de la résonance de spin électronique (ESR) des ossements prélevés dans deux niveaux moustériens de la grotte Tournal à Bize, France.

Les âges ont été calculés par la méthode publiée précédemment (Yokoyama et al., 1982), en tenant compte des déséquilibres radioactifs des familles de l'uranium dans l'ossement. Per conséquent, les doses annuelles reportées dans ce tableau sont des doses moyennes dans le temps.

Nous avons adopté des paramètres empiriques suivants: la valeur $k = 0,1$; la dose externe = 40 mrad/an; le rapport $Rn-222/Ra-226 = 0,25$; la teneur en eau = 50 % et l'erreur de la dose annuelle = ± 20 %.

Échantillon	Zone	Couche	N.°	Age (ans)		
				ESR	Pa-231/U-235	Th-230/U-234
Q30	E	48	3.000 ± 1.600	7.000 ± 4.500	14.000 ± 7.000	
J29	H	247	38.000 ± 8.000	33.000 ± 4.000	33.000 ± 8.000	

Tableau III. - Comparaison des âges obtenus par trois méthodes indépendantes de deux niveaux moustériens de la grotte Tournal à Bize, France.

BIBLIOGRAPHIE

- GIACOBINI G., LUMLEY de M.A., YOKOYAMA Y. et NGUYEN H. V. (1984) - Neanderthal child and adult remains from a Mousterian deposit in Northern Italy (Caverna della Fate, Finale Ligure), *J. Human Evolution*, 13, pp. 687-707.
- YOKOYAMA Y. et NGUYEN H. V. (1980) - Direct and non-destructive dating of marine sediments, manganese nodules, and corals by high resolution gamma-ray spectrometry, *Isotope Marine Chemistry* (E. D. GOLDBERG, Y. HORIBE et K. SARUHASHI ed.), Uchida Rokakuho, Tokyo, Japon, pp. 259-289.
- YOKOYAMA Y. et NGUYEN H. V. (1981) - Datation directe de l'Homme de Tautavel par la spectrométrie gamma, non destructive, du crâne humain fossile Arago XXI, *Comptes rendus Acad. Sci. Paris*, 292, Série III, pp. 741-744.
- YOKOYAMA Y., NGUYEN H.V., QUAEGBEUR J. P. et POUPEAU G. (1982) - Some problems encountered in the evaluation of annual dose-rate in the electron spin resonance dating of fossil bones, *PACT*, 6, pp. 103-115.