

Archeologia e Calcolatori
17, 2006, 95-106

ANALYSE DE RÉGRESSION SIMPLE POUR L'ÉTUDE DES MASSES TUMULAIRES DES MONUMENTS MÉGALITHIQUES

1. INTRODUCTION

Depuis quelques décennies l'informatique, la statistique ou la numérisation des images se sont intégrées dans les études qui font partie de l'Archéométrie, dans le cadre d'une redéfinition large de cette Discipline qui semble inclure maintenant l'étude généralisée des restes organiques – archéozoologie, paléobotanique, ADN, etc. (LÓPEZ-ROMERO, MONTERO 2003). Cependant, les études statistiques ont perdu, quant à elles, l'autonomie dont elles disposaient lors des Colloques Internationaux d'Archéométrie; cette perte est, malgré tout, tout à fait logique, puisque la statistique s'est désormais intégrée d'une façon plus cohérente dans les recherches archéologiques et ses problématiques spécifiques. C'est dans ce contexte – dans le cadre d'une recherche archéologique plus large – qu'il faut situer l'étude à suivre.

La connaissance d'une partie significative du mégalithisme de l'Europe Atlantique est conditionnée par les problèmes de conservation des monuments étudiés. Dans le cas de monuments plus ou moins simples – chambre, couloir, tumulus – une approximation mathématique peut parfois être réalisée sur l'hypothèse de la relation linéaire¹ entre les dimensions de la chambre et celles du tumulus; cette relation doit, nonobstant, être vérifiée pour chaque ensemble étudié.

Parmi les outils qui pourraient éventuellement nous permettre une telle approximation, l'Analyse de Régression nous semble la plus appropriée par sa lecture relativement simple, par sa clarté graphique et par la facilité de classification de nouvelles observations.

2. LA RÉGION D'ÉTUDE ET SON CONTEXTE ARCHÉOLOGIQUE

Le bassin hydrographique du Sever (Fig. 1) est situé dans la région occidentale de la Péninsule Ibérique, et présente l'une des concentrations les plus importantes de monuments mégalithiques de la Façade Atlantique européenne. Le fleuve sert actuellement à signaler la frontière politique entre l'Espagne et le Portugal, tandis que les ensembles archéologiques montrent une totale

¹ On part donc du *Modèle Linéaire Générale* comme modèle théorique et méthodologique de référence, ce qui implique l'assomption d'une série d'outils analytiques spécifiques et d'une série de conditionnants – tels les hypothèses de *normalité*, *homocedasticité*, etc. – pour les données.

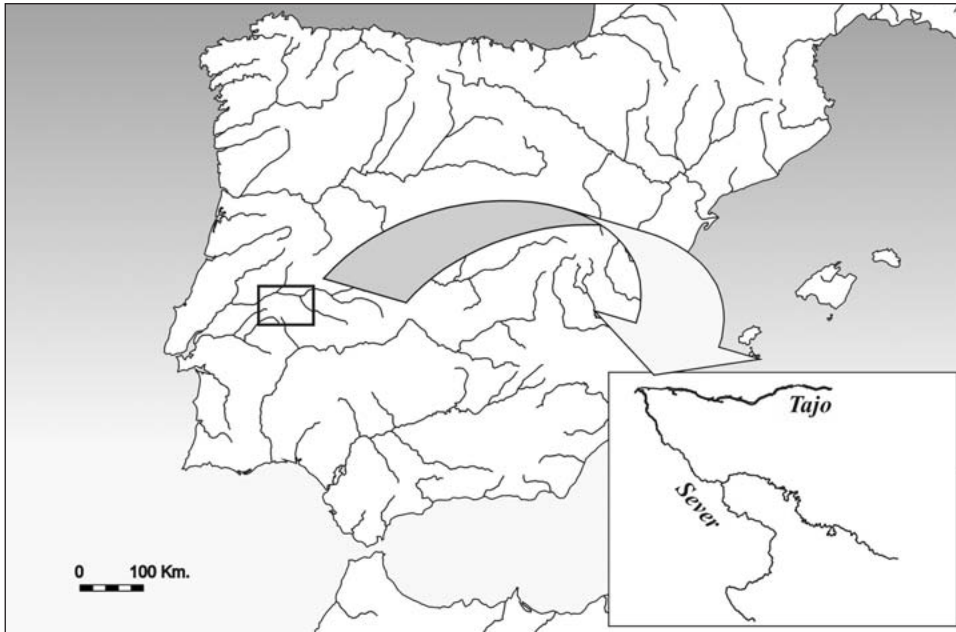


Fig. 1 – Situation du bassin du Sever dans la Péninsule Ibérique.

cohérence de part et d'autre du fleuve, au moins jusqu'à la période romaine. L'état de conservation des monuments est, en général, mauvais (BUENO RAMÍREZ 1988, 164-165).

La chronologie de l'ensemble n'est pas bien établie, à cause principalement du manque de séries de datations de ^{14}C , mais on accepte un contexte général du Néolithique Final – début du Chalcolithique (OLIVEIRA 1997; BUENO RAMÍREZ 1988, 179-183).

On isole traditionnellement quatre typologies principales:

1. Chambres simples: monuments à structure orthostatique intérieur sans connexion avec l'extérieur.
2. Monuments à couloir court: monuments à chambre orthostatique avec couloir court.
3. Monuments à couloir long: monuments à chambre orthostatique avec couloir long.
4. Petites galeries/monuments avec couloir non différencié de la chambre.

La séparation entre monuments à couloir court et monuments à couloir long varie parfois selon les auteurs et selon que les critères employés sont quantitatifs (OLIVEIRA 1998) ou qualitatifs (BUENO RAMÍREZ 1988).

La connaissance des masses tumulaires de l'ensemble dolmenique est l'une des variables les plus difficiles à cerner; il y a peu de monuments qui puissent offrir de façon fiable une dimension même approximative du tumulus, ceci est pourtant un des aspects fondamentaux pour l'évaluation des critères d'implantation dans le paysage. Dans les cas les mieux connus, les chambres occupent généralement une position centrale au sein des tumulus qui très souvent adoptent une tendance circulaire.

Soit donc pour l'étude des structures elles-mêmes, soit pour les analyses plus générales des monuments dans le cadre, par exemple, de l'Archéologie du Paysage, nous sommes face à une problématique archéologique qui demande notre attention.

3. ANALYSE DE RÉGRESSION SIMPLE POUR L'ESTIMATION DES MASSES TUMULAIRES

Nous partirons de l'hypothèse de la relation entre la dimension de la chambre mégalithique et la dimension du tumulus, en tenant toujours compte de la tendance circulaire de ces derniers et de la position centrale des premières. Pour tester cette hypothèse, et pour savoir s'il était possible d'effectuer des opérations prédictives sur l'ensemble des monuments, on utilise l'Analyse de Régression. Ce type d'analyse permet l'étude de la relation entre deux ou plus variables; ces relations peuvent être classifiées en deux grands blocs:

- Variables déterministes: étant donné une (ou plusieurs) valeur connue "x" on peut immédiatement connaître une valeur "y" inconnue. Elles n'apparaissent que dans certains domaines, tels les Sciences Physiques.
- Variables non déterministes: sont les variables les plus courantes; étant donné une (ou plusieurs) valeur connue "x" on essaie de connaître une variable "y" inconnue.

L'Analyse de Régression s'occupe des relations entre variables non déterministes, en appliquant une équation linéaire aux données de l'analyse (SHENNAN 1992, chap. 9).

Puisqu'il s'agit ici d'obtenir la valeur d'une variable "y" inconnue (dimension du tumulus) en fonction d'une variable "x" connue (dimension de la chambre) on utilisera la Régression Simple.

3.1 Phase I: échantillonnage et relation entre les variables

On dispose d'un échantillon initial de 12 monuments dont au moins une des dimensions internes de la chambre et un des diamètres du tumulus sont connues (Tab. 1). Si la relation linéaire est valide, les chambres de grandes dimensions devraient correspondre à de grands tumulus, tandis que les chambres de dimensions plus modestes correspondraient à des tumulus plus

MONUMENT	DIAMÈTRE CHAMBRE (cm)	DIAMÈTRE TUMULUS (cm)
HUERTA DE LAS MONJAS	390	2100
EL PALANCAR	450	2000
ERA DE LA LAGUNA II	350	1670
TRABOIA	350	1400
DATAS II	400	1360
LANCHAS II	270	1300
HUERTA DEL LATIGO	270	1300
TAPADA DEL ANTA I	350	1250
BALDIO GITANO I	170	700
BALDIO GITANO II	120	600
BALDIO MORCHON	180	600
GORRON BLANCO	150	400

Tab. 1 – Monuments à chambre et tumulus connus. Echantillon initial.

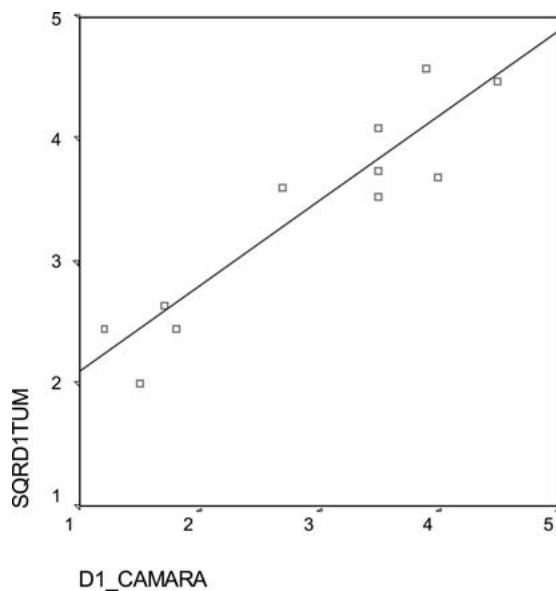


Fig. 2 – Graphique montrant la relation entre les dimensions de la chambre et les dimension des tumulus des monuments mégalithiques sélectionnés comme échantillon.

petits. Cette perspective qui peut apparaître comme extrêmement simple se démontre essentielle pour le déroulement de l'analyse.

On prendra alors la dimension en centimètres de la chambre comme variable indépendante "x" et celle du tumulus comme variable dépendante "y". On expliquera "y" en fonction des valeurs de "x", c'est à dire, comment les dimensions de la chambre déterminent les dimensions du tumulus dans l'échantillon sélectionné. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées avec le logiciel SPSS v.11 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

La représentation du graphique de dispersion des données (Fig. 2) montre comment la relation est, dans le visuel, approximativement linéaire; pour éliminer certains problèmes d'hétérocedasticité (absence d'homogénéité dans la dispersion des observations) on a préalablement transformé à travers l'application de la racine carrée (*SQRT*) les données relatives aux dimensions des tumulus. D'après le graphique, il semble exister une absence de chambres mégalithiques entre 2 et 3,5 m et tumulus entre 25 et 35 m. Bien qu'il puisse s'agir d'une absence due au faible nombre de sites disponibles pour l'échantillon initial, il faudra postérieurement voir si les valeurs estimées contribuent à remplir ledit creux ou bien si nous sommes face à deux populations statistiques différentes qu'il conviendrait alors analyser séparément.

3.2 Phase II: coefficients de régression et fonction de régression

L'observation des coefficients de régression (Tab. 2) nous offre la clé de la relation cherchée entre les deux variables. Tout d'abord, le statistique "T" dépasse suffisamment (7.5) le minimum nécessaire pour corroborer la signification de la relation ($T=2$); la relation chambre-tumulus et aussi confirmée par l'intervalle de confiance obtenu pour le coefficient "B" et l'erreur standard, intervalle qui n'inclue pas le "0" – ce qui démontrerait la non relation entre les variables.

Une fois vérifiée mathématiquement la relation entre les dimensions des chambres des monuments mégalithiques et les dimensions des tumulus, deux questions fondamentales se posent:

1. Quelle est l'intensité de la relation? Ou, autrement dit, dans quelle mesure la variable "x" explique-t-elle la variable "y"?

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95% Confidence Interval for B	
	B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1 (Constant)	14,006	2,813		4,979	,001	7,738	20,274
D1_CAMARA	6,972E-02	,009	,923	7,592	,000	,049	,090

a. Dependent Variable: SQRD1TUM

Tab. 2 – Coefficients de régression.

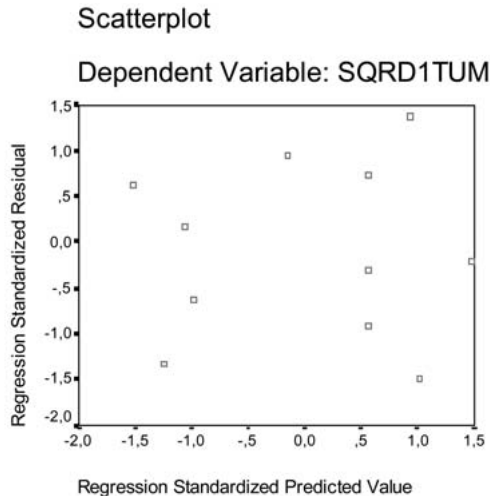


Fig. 3 – Graphique montrant les résidus de l’Analyse de Régression, sans structure identifiable.

2. Si la relation est significative, quelle est l’équation de régression sous-jacente?

Celle-ci permettra faire des estimations sur les dimensions des tumulus de nouvelles observations hors l’échantillon initial.

Comme réponse à la première des questions nous nous centrerons sur le coefficient de détermination R^2 (0.852), ce qui indique que la variable indépendante “diamètre de la chambre” explique le 85% de la variable “diamètre du tumulus”; il faut souligner que cette relation est unidirectionnelle, n’étant du tout valide la lecture inverse directe – “diamètre du tumulus” n’explique donc pas le 85% de “diamètre de la chambre”, étant pour ceci nécessaire de procéder à une nouvelle régression en changeant l’ordre des variables.

L’équation de régression ainsi obtenue est définie de la façon suivante:

$$y_i = B_0 + B_1x_i + u_i$$

où “y” représente la variable réponse pour “i” observations, “x” la variable explicative pour “i” observations, “B” les paramètres à estimer en fonction des données, et “u” l’erreur résultat de l’estimation. En tenant tout ça en compte – et sans oublier les transformations initiales (racine carrée) auxquelles les données ont été soumises – nous pouvons maintenant lire notre équation de régression par substitution des valeurs résultant du Tab. 2 et pour obtenir, à la fin, l’expression suivante:

$$\text{SQRT}(D1_tumulus) = 14 + 0,069*(D1_chambre) + 0,009$$

3.3 Phase III: diagnose du modèle

L'étape suivante est constituée par la diagnose du modèle obtenu et sert principalement à vérifier deux des réquisitions initiales: linéarité et homoscedasticité; l'obtention d'un graphique sans structure identifiable – résultat de la disposition des valeurs estimées et des résidus – confirme la validité de notre modèle (Fig. 3).

Ce modèle de régression serait évidemment améliorable si, par exemple, l'on pouvait ajouter quelques individus à l'échantillon de base. Pareillement, il serait possible d'ajouter d'autres variables telles une deuxième dimension des chambres (v.g. hauteur des orthostates, etc.). Dans l'état actuel des recherches, et sur la base archéologique disponible pour la région étudiée, ces données n'ont pas été accessibles.

4. ESTIMATION DES MASSES TUMULAIRES

Le but de l'analyse étant de prédire les dimensions des tumulus, nous sommes maintenant en disposition de calculer ces mesures en appliquant la fonction de régression obtenue. Il faut toujours rappeler que ces mesures ne sont que des estimations dont la base initiale conditionne de façon très importante les résultats. Le Tab. 3 montre les résultats de l'application de la fonction pour 46 monuments.

Ce n'est qu'en cet instant que nous pouvons représenter les données estimées et les données initiales (Fig. 4); le vide soupçonné de monuments à chambre entre les 2 et les 3,5 m n'existe pas et nous sommes, alors, face à un ensemble homogène.

Il est maintenant possible d'étudier la distribution spatiale des monuments en fonction de leurs dimensions tumulaires, en prenant compte des valeurs connues et des valeurs estimées (Fig. 5).

La plupart des monuments analysés se concentrent dans le secteur central et méridional de la région d'étude, ainsi qu'un ensemble adjacent aux élévations de la Sierra de Santiago située à l'Est. Aucun des monuments du secteur nord-occidental n'est disponible; le monument à chambre simple de Solana (Herrera de Alcántara, Cáceres, Espagne) se montre alors comme le plus proche à l'embouchure du Sever.

Avec les sites disponibles, on peut vérifier la présence d'un groupe assez compact autour de la Ribeira do Cabril (Fig. 5) dont les valeurs tumulaires se concentrent entre les 12 et 16 m de diamètre; les maximums sont déterminés par le monument à couloir court de Granja (c. 18 m) et le monument de Meirinha (c. 19,5 m) à typologie indéterminée. Le monument le plus modeste d'après la fonction de régression serait celui de Enxeira dos Vidais (c. 9 m), ce qui paraît confirmé tant par les dimensions de la chambre conservée comment

MONUMENT	DIAMÈTRE CHAMBRE (cm)	DIAMÈTRE TUMULUS (cm)
BARBON I	500	2353
MEIRINHA	440	1968
GRANJA	410	1789
LANCHAS I	390	1674
DATAS I	390	1674
CASTELHANAS	380	1618
EL CORCHERO	380	1618
LA BARCA	370	1563
ZAFRA II	365	1536
BOLA DA CERA	360	1509
ZAFRA IV	360	1509
ANTA DE LA MARQUESA/DOLMEN DEL MELLIZO	360	1509
TAPADA DO CASTELO O VALE DA CERA	350	1456
CAVALINHA	350	1456
SAPATEIRA GRANDE	350	1456
CURRAL DA ATALAIA	350	1456
BORDALO	350	1456
SAN ANTON	350	1456
JARDIM (OU MURO)	340	1403
CURRAL DO MATINHO	340	1403
VEREDA	330	1352
CABEÇUDA	320	1302
TAPIAS I	305	1228
LAJE DOS FRADES	300	1204
VALE DA FIGUEIRA	300	1204
SAPATEIRA PEQUENA	300	1204
ANTA DOS POMBAIS	300	1204
CAJIRON I	300	1204
SALON DE LOS CANCHALES	300	1204
TIRACALZAS	280	1110
CUADRILLAS DE LA DUQUESA	270	1065
CAJIRON II	270	1065
ZAFRA III	260	1020
TAPIAS II	260	1020
LA COTADILLA I	250	977
LA COTADILLA II	250	977
LA COTADILLA III	250	977
LA COTADILLA IV	250	977
ENXEIRA DOS VIDAIS	240	934
RIBEIRO DO LOBO	220	851
PALOMARES	220	851
SOLANA	200	773
VALLE PEPINO I	160	627

Tab. 3 – Monuments à chambre connue et tumulus estimé à partir de la fonction de régression.

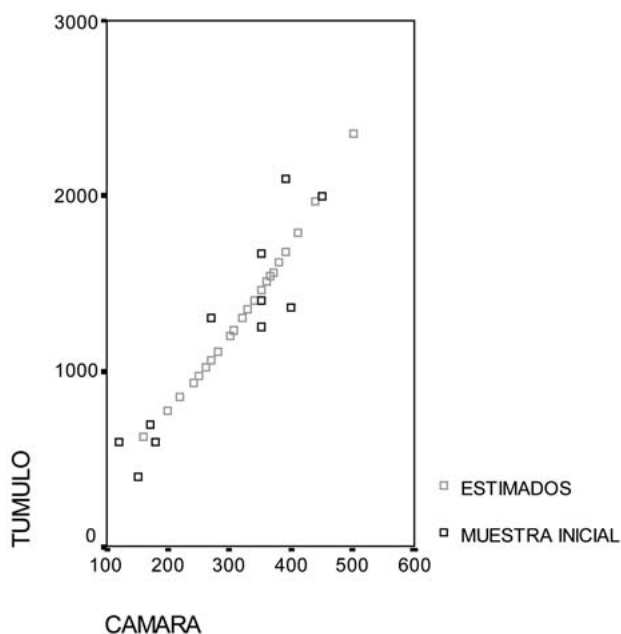


Fig. 4 – Graphique montrant les valeurs connues et les valeurs estimées de 58 monuments de la région d'étude.

par une situation topographique qui ne permettrait pas la construction d'une grande structure tumulaire.

Un deuxième ensemble est signalée par la situation du Sever à l'Est et la Rivera Avid/Arroyo Alpotrel à l'Ouest; ici les monuments semblent avoir une majeure dimension tumulaire en se situant – à l'exception de Anta do Ribeiro do Lobo (c. 8,5 m) et Tapada del Anta I (c. 12 m) – supérieure à 15 m (Tav. III, b).

Dans l'extrême sud de la région d'étude, l'ensemble défini par les monuments de Datas I et Datas II, Anta de la Marquesa, Cajirón I et Cajirón II constitue un groupe d'intérêt exceptionnel tant pour les éléments archéologiques disponibles (BUENO RAMÍREZ 1988) que pour son implantation dans une aire topographique et paysagère remarquable. Les dimensions des tumulus de Cajirón I et, surtout, Cajirón II sont les plus réduites; dans ces deux monuments, ainsi que dans le cas de Datas I et Datas II on documente bien la présence d'un monument principal à proximité d'autres plus modestes. Ce type de relation – déjà signalé par d'autres chercheurs (v.g. OLIVEIRA 1998, 414) – apparaît de nouveau pour les sites étudiés ici dans le secteur sud-est. Le monument de Zafra II (c. 15 m) est en position dominante sur Zafra III (c. 10 m.) et Zafra I (indéterminé par son état de conservation). On retrouve la même disposition

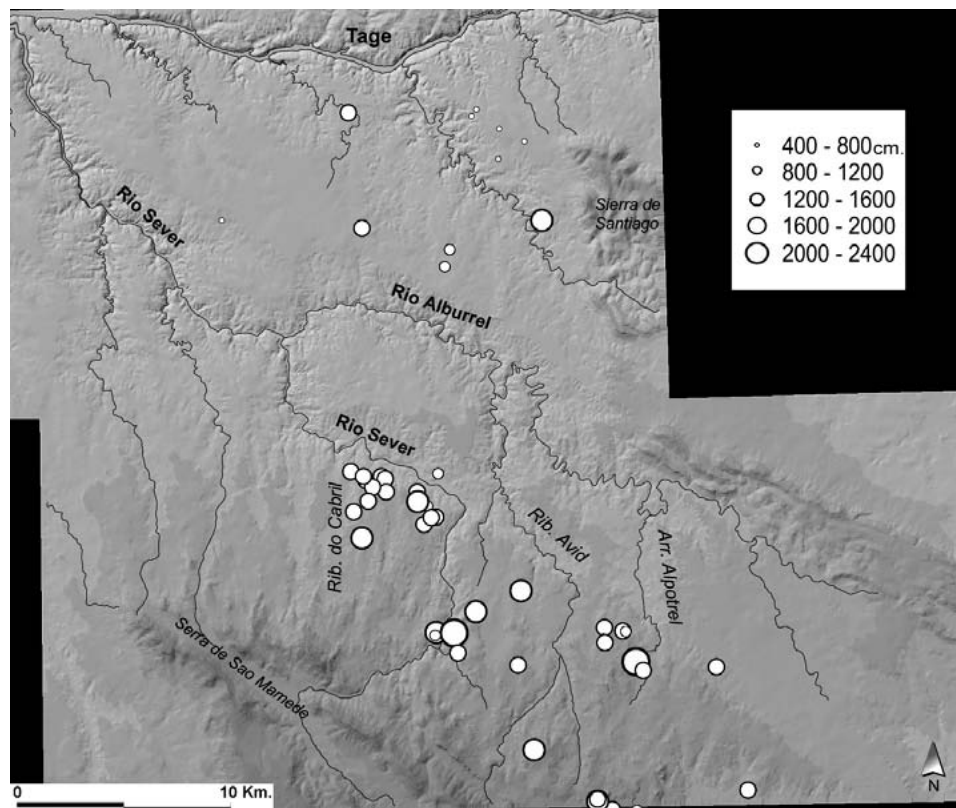


Fig. 5 – Répartition spatiale des dimensions tumulaires.

au secteur sud-ouest dans la nécropole mégalithique de Coureleiros, entre les monuments de Coureleiros II par rapport à Coureleiros I et III.

Le type de matière première employé pour la construction des monuments ne semble pas conditionner – comme l’ont aussi signalé BUENO RAMÍREZ (1988 et 1994) et OLIVEIRA (1998) – ses dimensions; monuments en schiste, a priori moins appropriés pour bâtir des structures massives, en concurrence avec les grands monuments en granite. C’est le cas de Era de la Laguna II (c. 16,5 m), Bordalo (c. 14,5 m), ou Vereda (c. 13,5 m).

En somme, avec l’introduction des valeurs connues et des valeurs estimées des masses tumulaires au niveau régional, on réaffirme l’existence d’ensembles de monuments ordonnés par ses dimensions, ainsi qu’une concentration de monuments à grands tumulus dans le secteur délimité par le Sever et la Rivera Avid.

5. CONCLUSION

La perspective analytique ici proposée a été programmée pour aider à la résolution d'un problème archéologique spécifique – la valorisation de l'implantation tumulaire dans le cadre régional – au sein d'un programme de recherche plus large sur l'étude des modes d'occupation de l'espace des communautés néolithiques d'un secteur de la Péninsule Ibérique. Son application à d'autres régions avec présence de monuments mégalithiques devrait offrir aussi des résultats intéressants, mais elle passe nécessairement par la vérification des hypothèses liées au Modèle Linéaire Général et aux problèmes archéologiques particuliers de chaque ensemble.

Nous croyons que cette proposition méthodologique est davantage à tenir en compte puisque l'estimation des masses tumulaires sert quand même à la compréhension des dynamiques internes des nécropoles et des dynamiques internes des monuments, se montrant comme un outil potentiel pour la planification des travaux archéologiques, pour les études de conservation et pour les critères d'exposition au grand public, avant intervention directe.

D'ailleurs, l'application de l'Analyse de Régression au mégalithisme pourrait prendre, comme l'on a signalé, d'autres chemins; il serait ainsi possible de modéliser d'autres variables comme les dimensions de la chambre à partir des dimensions du tumulus, la hauteur de chambres en mauvais état de préservation, etc.

Remerciements

Nous voudrions remercier les membres du Departamento de Prehistoria du C.S.I.C. à Madrid, où ces travaux se sont développés, et plus spécialement les conseils de J. Vicent García qui dirige le *Laboratorio de Proceso Digital de Imagen y Teledetección*. I. Montero Ruiz nous a donné des idées et conseils complémentaires sur l'analyse. S. Rovira Llorens (M.A.N. Madrid) et Yolanda Barcia ont participé au projet et ont collaboré dans les travaux de documentation sur le terrain.

ELÍAS LÓPEZ-ROMERO GONZÁLEZ DE LA ALEJA
Departamento de Prehistoria, Instituto de Historia
CSIC – Madrid

BIBLIOGRAPHIE

- BUENO RAMÍREZ P. 1988, *Los dólmenes de Valencia de Alcántara*, Madrid, Subdirección General de Arqueología y Etnografía.
- BUENO RAMÍREZ P. 1994, *La necrópolis de Santiago de Alcántara (Cáceres). Una hipótesis de interpretación para los sepulcros de pequeño tamaño del megalitismo occidental*, «Boletín del Seminario de Estudios de Arte Arqueología», 60, 25-100.
- LÓPEZ-ROMERO E. (à paraître), *Arqueología espacial en la frontera hispano-portuguesa: una propuesta para el estudio integral del fenómeno megalítico*, in *II Jornadas de Arqueología en Extremadura (Mérida 2001)*.

- LÓPEZ-ROMERO E., MONTERO I. 2003, *Arqueometría: tendencias y cambios en la investigación internacional (1975-2000)*, in AA.VV., *Resúmenes de Actas del V Congreso Ibérico de Arqueometría (Cádiz 2003)*, 173-174.
- LÓPEZ-ROMERO E., WALID S. 2005, *Estrategias de ocultación en el megalitismo tumular del centro-oeste peninsular*, in CABAL P. et al. (eds.), *Actas del III Congreso del Neolítico Peninsular (Santander 2003)*, Santander, Universidad de Cantabria, 697-704.
- OLIVEIRA J. DE 1997, *Datas absolutas de monumentos megalíticos da bacia hidrográfica do rio Sever*, in *Actas del II Congreso Peninsular de Arqueología (Zamora 1996)*, Zamora, Fundación Rei Afonso Henriques, 229-241.
- OLIVEIRA J. DE 1998, *Monumentos megalíticos da bacia hidrográfica do rio Sever*, Lisboa, Colibrí.
- SHENNAN S. 1992, *Arqueología Cuantitativa*, Barcelona, Crítica.

ABSTRACT

A methodology for the statistical estimation of the tumular dimension of simple megalithic monuments is developed through Simple Regression Analysis. Such a perspective may contribute to the global comprehension of badly preserved megalithic monuments and to establishing their role in the landscape; at the same time, and under certain circumstances, the statistical estimation can help in the planning of archaeological activities involving the monuments.