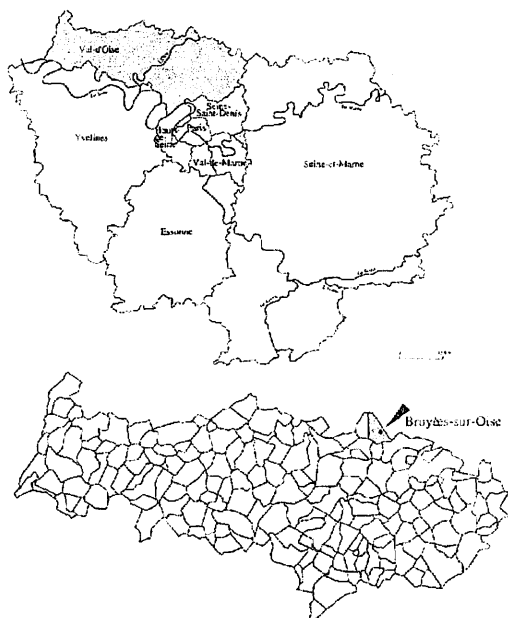


2004
PS-18VERS UNE GÉOMÉTRIE DES ENCLOS
QUADRANGULAIRES CELTIQUESà partir du cas des enclos de
Bruyères-sur-Oise (Val-d'Oise)

par Christophe TOUPET *,

avec la collaboration de P. LEMAÎTRE**

et C. KOHLMAYER***



RÉSUMÉ

Une fouille d'une quinzaine d'hectares a permis de mettre en évidence un réseau de fossés parcellaires et différents enclos quadrangulaires indigènes du deuxième Âge du Fer. L'examen attentif des mesures de longueur des fossés quadrangulaires de Bruyères-sur-Oise permet de déterminer un système de construction d'enclos par symétrie au cordeau autour de deux piquets. À partir de ce constat, il semble bien que les enclos funéraires, ceux de certains sanctuaires comme aussi les enclos à banquet, soient construits selon des lois géométriques précises.

MOTS CLEFS

Tène, traçage, cordeau, diagonale, Pythagore.

INTRODUCTION

Les enclos celtiques sont pour l'essentiel de l'Europe occidentale des enclos quadrangulaires dont les formes ne permettent pas a priori de les organiser dans des compositions géométriques connues. Seuls certains enclos funéraires ou sacrés sont organisés selon des critères précis : le carré ou le rectangle (Baray 1999). Sanctuaires, enclos à banquet ne paraissent pas suivre ces critères. Leurs formes étranges tiennent à la fois de formes rectilignes et curvilignes pour certains sans que l'on puisse déterminer les raisons de ces constructions.

Existe-t-il un lien géométrique qui lie l'ensemble des constructions d'enclos, du plus commun au plus sacré ? Y a-t-il une manière d'organiser l'ensemble des constructions d'enclos d'Europe occidentale ? Existe-t-il entre eux une loi géométrique qui permet de les construire ? Les formes apparemment aberrantes de certains enclos sacrés ou à banquet cachent-elles une géométrie complexe ?

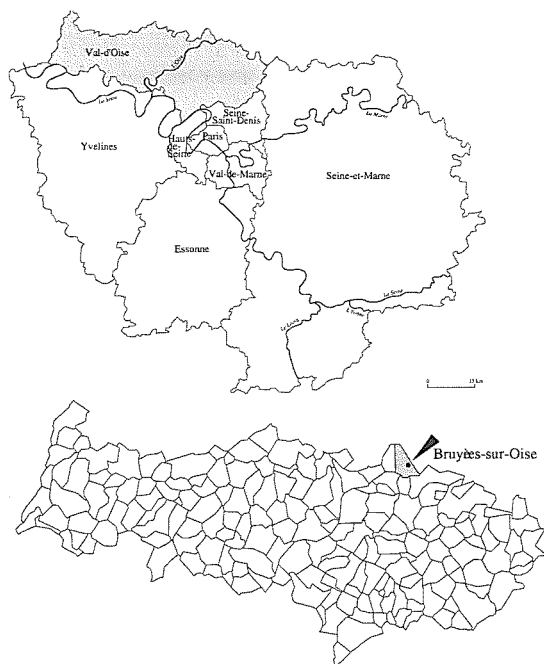
La fouille quasi-continue (1991-1995) d'une quinzaine d'hectares dans la vallée de l'Oise à Bruyères-sur-Oise (Toupet, Lemaître *et alii*, 2003a, et Toupet, Lemaître *et alii*, 2003b) a permis de mettre en évidence une série d'enclos de La Tène. Ce fut une occasion d'essayer d'analyser les formes de ces enclos et de tenter d'en trouver les raisons géométriques qui en régissaient la construction. Un premier constat des enclos, de leur chronologie et leur fonction a été tenté (Toupet *et alii* à paraître in R.A.C. 2004). Ce constat a précisé l'aspect singulier de l'ensemble des enclos.

Ainsi, les enclos quadrangulaires de Bruyères-sur-Oise présentent des dépôts d'objets insolites isolés dans des fosses destinées habituellement à l'usage domestique comme les puits et les fosses-silos. La fonction d'un tel site apparaît complexe. Si bien des éléments plaident en faveur d'un usage agricole,

* Archéologue départemental, conservateur territorial du Patrimoine
Service départemental d'archéologie du Val-d'Oise (SDAVO). Abbaye
de Maubuisson - 95310 SAINT-OUEN-L'AUMÔNE

** INRAP.

*** SDAVO.



VERS UNE GÉOMÉTRIE DES ENCLOS QUADRANGULAIRES CELTIQUES

à partir du cas des enclos de
Bruyères-sur-Oise (Val-d'Oise)

par Christophe TOUPET *,

avec la collaboration de P. LEMAÎTRE**

et C. KOHLMAYER***

RÉSUMÉ

Une fouille d'une quinzaine d'hectares a permis de mettre en évidence un réseau de fossés parcellaires et différents enclos quadrangulaires indigènes du deuxième Âge du Fer. L'examen attentif des mesures de longueur des fossés quadrangulaires de Bruyères-sur-Oise permet de déterminer un système de construction d'enclos par symétrie au cordeau autour de deux piquets. À partir de ce constat, il semble bien que les enclos funéraires, ceux de certains sanctuaires comme aussi les enclos à banquets, soient construits selon des lois géométriques précises.

MOTS CLEFS

Tène, traçage, cordeau, diagonale, Pythagore.

INTRODUCTION

Les enclos celtiques sont pour l'essentiel de l'Europe occidentale des enclos quadrangulaires dont les formes ne permettent pas a priori de les organiser dans des compositions géométriques connues. Seuls certains enclos funéraires ou sacrés sont organisés selon des critères précis : le carré ou le rectangle (Baray 1999). Sanctuaires, enclos à banquets ne paraissent pas suivre ces critères. Leurs formes étranges tiennent à la fois de formes rectilignes et curvilignes pour certains sans que l'on puisse déterminer les raisons de ces constructions.

Existe-t-il un lien géométrique qui lie l'ensemble des constructions d'enclos, du plus commun au plus sacré ? Y a-t-il une manière d'organiser l'ensemble des constructions d'enclos d'Europe occidentale ? Existe-t-il entre eux une loi géométrique qui permet de les construire ? Les formes apparemment aberrantes de certains enclos sacrés ou à banquets cachent-elles une géométrie complexe ?

La fouille quasi-continue (1991-1995) d'une quinzaine d'hectares¹ dans la vallée de l'Oise à Bruyères-sur-Oise (Toupet, Lemaître *et alii*, 2003a, et Toupet, Lemaître *et alii*, 2003b) a permis de mettre en évidence une série d'enclos de La Tène. Ce fut une occasion d'essayer d'analyser les formes de ces enclos et de tenter d'en trouver les raisons géométriques qui en régissaient la construction. Un premier constat des enclos, de leur chronologie et leur fonction a été tenté (Toupet *et alii* à paraître in R.A.C. 2004). Ce constat a précisé l'aspect singulier de l'ensemble des enclos.

Ainsi, les enclos quadrangulaires de Bruyères-sur-Oise présentent des dépôts d'objets insolites isolés dans des fosses destinées habituellement à l'usage domestique comme les puits et les fosses-silos. La fonction d'un tel site apparaît complexe. Si bien des éléments plaident en faveur d'un usage agricole,

* Archéologue départemental, conservateur territorial du Patrimoine
Service départemental d'archéologie du Val-d'Oise (SDAVO). Abbaye
de Maubuisson - 95310 SAINT-OUEN-L'AUMÔNE

** INRAP.

*** SDAVO.

l'indigence du matériel rejeté dans les nombreux fossés à l'opposé des dépôts singuliers dans les fosses ou puits plaident en faveur d'une fonction globale différente.

À un enclos nord-ouest semble succéder plus au sud un enclos rectangulaire lui-même transformé. Des puits sont élaborés présentant pour certains originellement la suspension possible de crânes d'animaux. À partir de l'un des côtés de l'enclos rectangulaire, un fossé quadrangulaire est tracé. Plus tard encore sur ce dernier enclos, quatre-vingts

poteaux sont calés dans le fossé reprenant exactement la même forme que celle de l'enclos quadrangulaire. Là aussi, semble-t-il, des puits à eau l'entourent.

Entre la fin du II^e siècle et le début du I^{er} siècle avant notre ère, au fond de l'un d'eux (structure 7250), les restes d'un repas probablement collectif y sont déposés, soigneusement mêlés aux cendres et pierres d'un foyer. Des objets ayant probablement servi à l'élaboration des mets du repas collectif y sont abandonnés, brisés (vase, amphore), ou

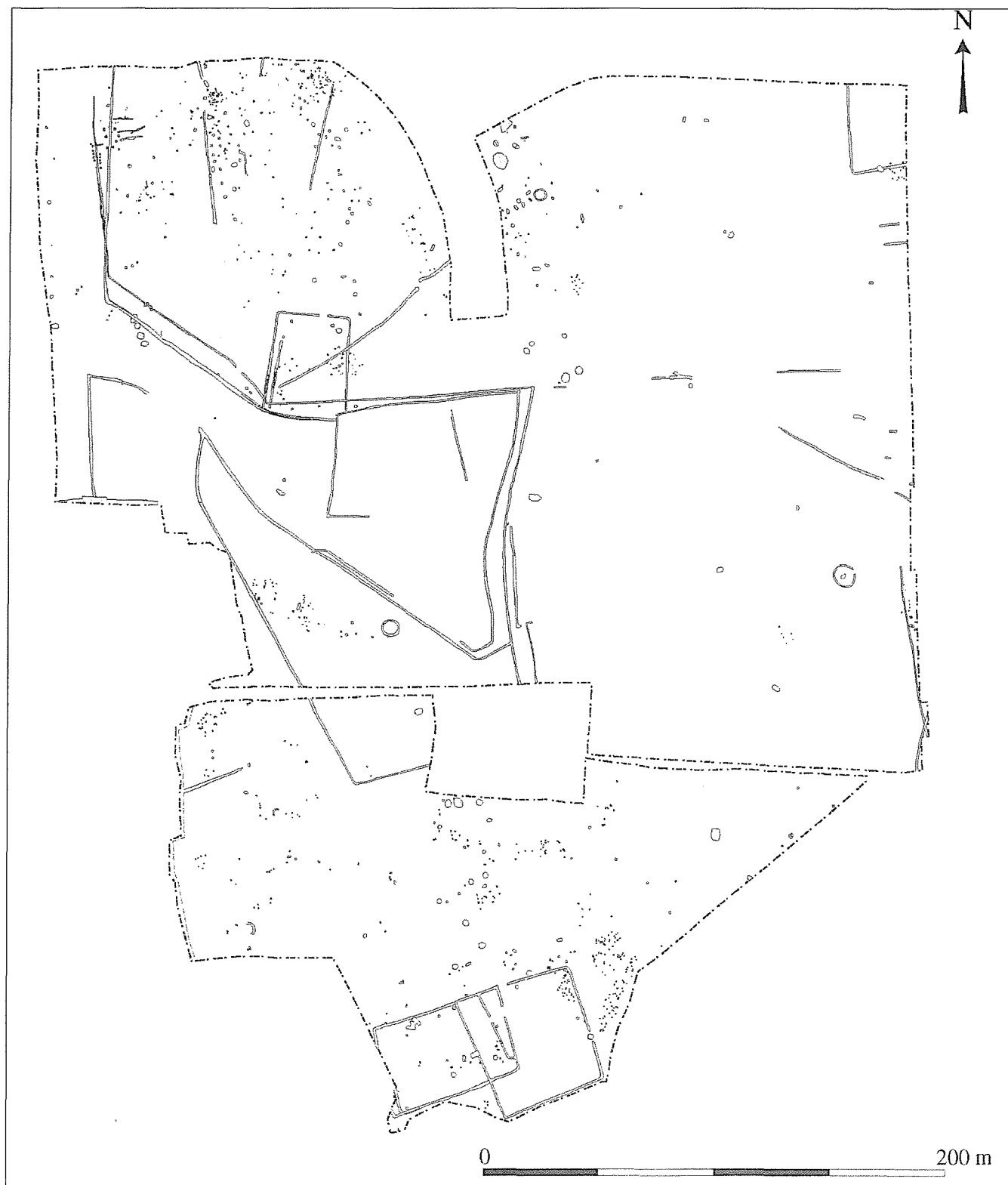


Fig. 2 : Bruyères-sur-Oise : plan des structures de l'Âge du fer et des fossés d'époque gallo-romaine.

dépareillés (meule, faux). L'analogie de ces dépôts avec les puits à offrandes de l'Aquitaine (Boudet, 1996) fait nuancer l'exclusivité de ce genre de rituels dans le sud-ouest et semble montrer une plus grande convergence dans ces rituels pour les Gaulois du nord au sud-ouest de la Gaule.

1 - LE PARCELLAIRE INDIGÈNE

Des fossés de drainage de la Tène finale ont été reconnus sur la terrasse au nord-ouest du site et semblent délimiter deux zones (fig. 2), l'une supérieure, sableuse, où l'habitat et l'enclos sont constitués, l'autre, en contrebas, beaucoup plus limoneuse, où l'on reconnaît des zones de prairies humides (Limondin, 1993).

Ce système initial semble structurer le territoire étudié en deux axes dominants sub-perpendiculaires. Ces deux axes de fossés parcellaires sont maintenus et entretenus (5 phases distinctes) jusqu'à la conquête. Puis, le fossé de la conquête est doublé plus haut sur la terrasse puis, plus tard encore, il est dédoublé intérieurement au milieu du I^{er} siècle (Toupet, Lemaître *et alii*, 2003 et Toupet, Lemaître *et alii*, à paraître). L'ensemble du parcellaire est abandonné à la fin du I^{er} siècle au profit d'un vignoble antique de près de 5 400 fosses de plantations.

Il ne semble y avoir aucune discontinuité dans les réseaux parcellaires du premier siècle avant notre ère à la fin du premier siècle de notre ère. La maintenance des fossés prouve que la conquête romaine ne transforme pas radicalement localement les formes parcellaires des structures agraires indigènes. Il y a continuité des formes, continuité de l'occupation du paysage.

Trois enclos quadrangulaires différents ont été retrouvés sur l'ensemble de ces quinze hectares. En fait, il s'agit au total de cinq phases différentes d'enclos.

2 - ENCLOS QUADRANGULAIRES

2.1 L'enclos du nord-ouest

Cet enclos se rattache au plus ancien réseau parcellaire et semble constituer avec celui-ci une unité fonctionnelle. L'enclos orienté nord-sud est légèrement trapézoïdal (fig. 3), le petit côté au nord présente une interruption franche formant une entrée de 3 mètres de large décalée à l'est. Les grands côtés presque symétriques s'articulent sur le réseau général bordant la terrasse alluviale. Une entrée, ménagée dans l'angle sud-est, a été occultée par la suite par d'autres fossés de parcellaires. Le grand fossé ouest présente un fossé parallèle interne dont l'utilisation reste problématique.

Cet enclos a livré un très rare matériel attribuable à la Tène finale (Tène D1) avec beaucoup de rejets de foyers (grès, charbons, terre rubéfiée). Les deux fosses-silos rencontrées (fig. 3) dans cet enclos sont situées de part et d'autre de l'entrée nord. Elles présentent des dépôts singuliers. Aucun objet n'a été remarqué dans leur comblement si ce n'est pour chacune un objet original. Dans la fosse-silo occidentale (structure 284) fut retrouvé un petit bracelet en fil de métal cuivreux ouvert à force, il présente une triple incision circulaire sur les deux extrémités. Dans l'autre fosse-silo orientale (structure 286) il a été retrouvé un petit vase constitué en fait de deux vases tubulaires jumelés latéralement.

Plus au sud, une accumulation d'enclos peut être remarquée. Il s'agit en fait d'un enclos quadrangulaire de forme sub-rectangulaire orienté nord-est / sud-ouest avec une entrée en pince de crabe interne et d'un enclos quadrangulaire postérieur de forme grossièrement carrée prenant forme à partir de l'enclos précédent. (fig. 4)

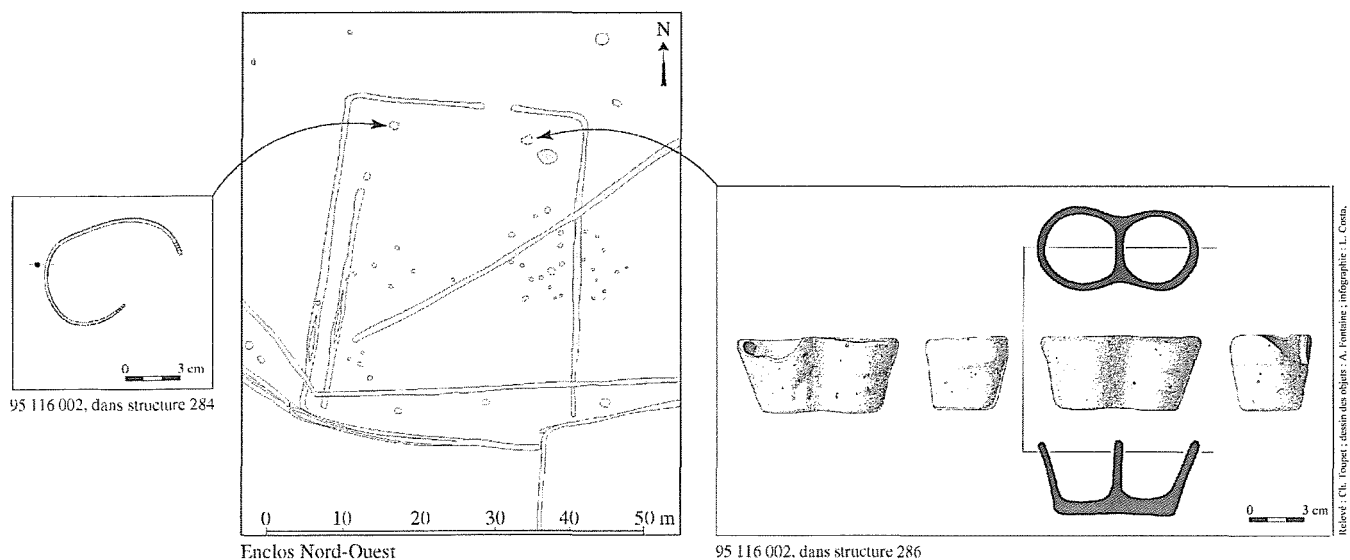


Fig. 3 : Bruyères-sur-Oise : enclos nord-ouest, présence d'objets isolés dans les fosses-silos.

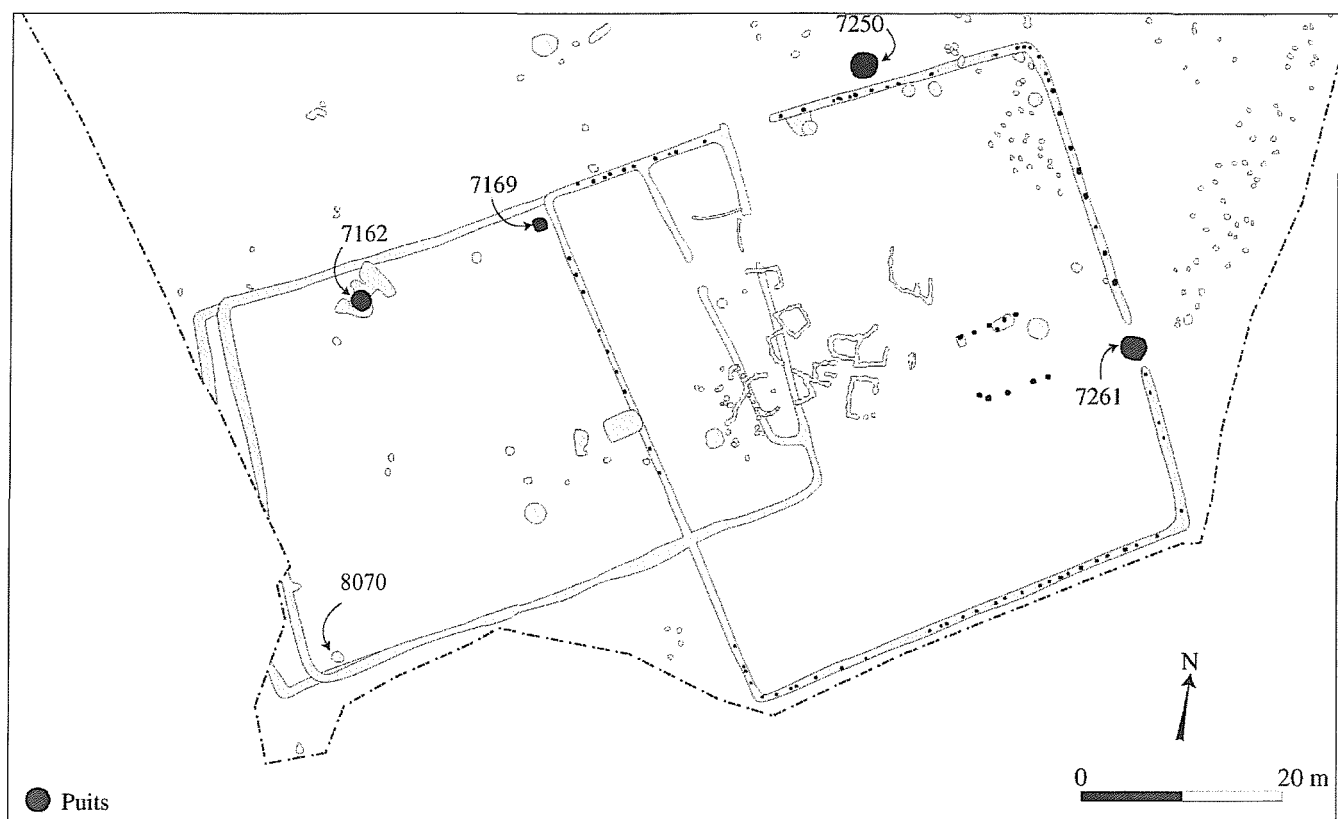


Fig. 4 : Bruyères-sur-Oise : "La Tourniole", plan partiel - secteur sud.

2.2 L'enclos "rectangulaire"

L'enclos sub-rectangulaire est un parallélogramme. Il présente deux phases différentes. La première phase (fig. 5) semble constituée d'un enclos à entrée simple au nord-est, désaxé au nord. Dans une deuxième phase, une réduction de l'emprise de l'enclos au sud-ouest est sensible tandis que semble être aménagé à l'intérieur un système de fossés internes dédoublant le petit côté et son interruption formant l'entrée au nord-est. Il en résulte une entrée en forme de pince de crabe. Une fosse interne (structure n° 8070) à cet enclos présente un objet isolé dans son comblement stérile. Un ciseau en fer à douille était déposé sur le fond plat de la fosse (fig. 4).

Deux puits ont été retrouvés à l'intérieur de cet enclos. Ils atteignent tous les deux la nappe alluviale de l'Oise à deux mètres de profondeur et ont fait l'objet d'une fouille minutieuse.

2.3 Enclos quadrangulaire fossoyé (1ère phase)

Le troisième enclos est constitué d'un fossé quadrangulaire dont l'un des côtés est le prolongement du grand côté nord de l'enclos rectangulaire (fig. 6-1). L'enclos grossièrement carré englobe le système d'entrée à pince de crabe de l'enclos rectangulaire précédent. Une distinction entre les remplissages du fossé de l'enclos carré et ceux de l'entrée à pince de crabe de l'enclos précédent est visible dans les différentes coupes réalisées.

Les dimensions des côtés nord-ouest et nord-est de l'enclos sont sensiblement égales, tandis que le côté sud-est est plus petit que celui sud-ouest. Deux entrées sont aménagées dans l'enclos, l'une au nord-ouest et l'autre au nord-est de taille sensiblement égales. L'entrée nord-ouest semble placée à proximité du système d'entrée à pince de crabe intégré dans cet enclos. L'autre entrée présente en son centre un puits (structure 7261). L'accès au puits et son utilisation devaient être possibles dans cette disposition à partir de l'intérieur de l'enclos comme de l'extérieur.

2.4 Enclos quadrangulaire palissadé (2ème phase)

Cet enclos a la particularité de présenter une série de trous de poteaux (fig. 6-2) repérée au fond du fossé. Les traces de poteaux en élévation ont été visibles dans l'angle nord de l'enclos dès le comblement sommital des fossés. Il s'agit donc bien d'une phase postérieure à l'enclos quadrangulaire fossoyé. Certaines traces paraissent être nettement des poteaux calés dans des trous à fond plat, tandis que certaines traces paraissent plus proches de pieux plantés. Les quatre-vingts traces de poteaux retrouvées dans les quatre côtés du fossé constituent elles aussi un enclos quadrangulaire de même forme que l'enclos quadrangulaire fossoyé.

Entre la fin du II^e siècle et le début du I^{er} siècle avant J.-C., au fond de l'un de ces puits, les restes d'un repas probablement collectif y sont déposés, soigneusement mêlés aux cendres et pierres d'un foyer. Des objets ayant probablement servi à l'élaboration du repas y sont abandonnés, brisés (vase, amphore) ou dépareillés (meule, faux).

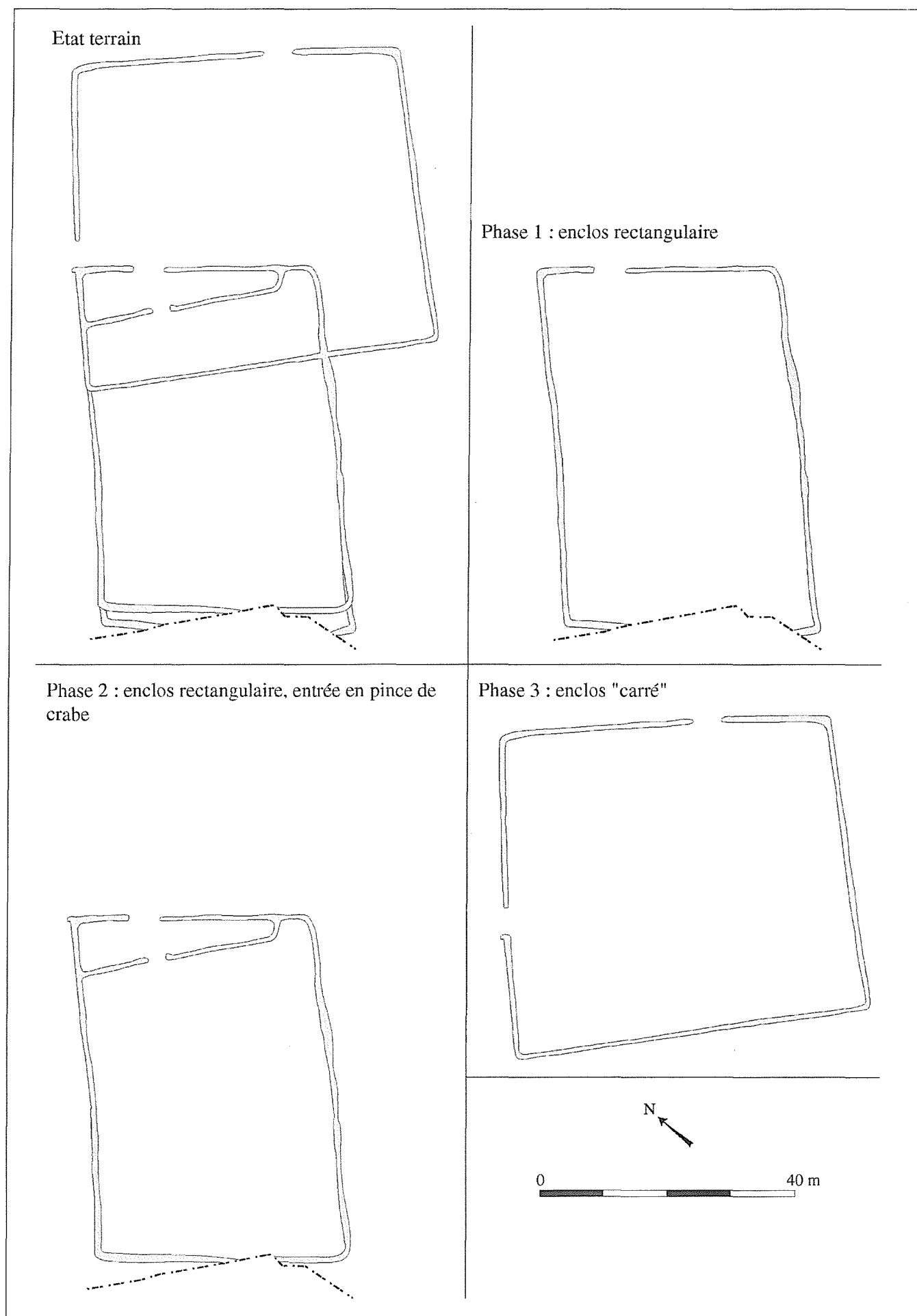


Fig. 5 : Bruyères-sur-Oise : "La Tourniole", 1995 - Evolution des enclos.

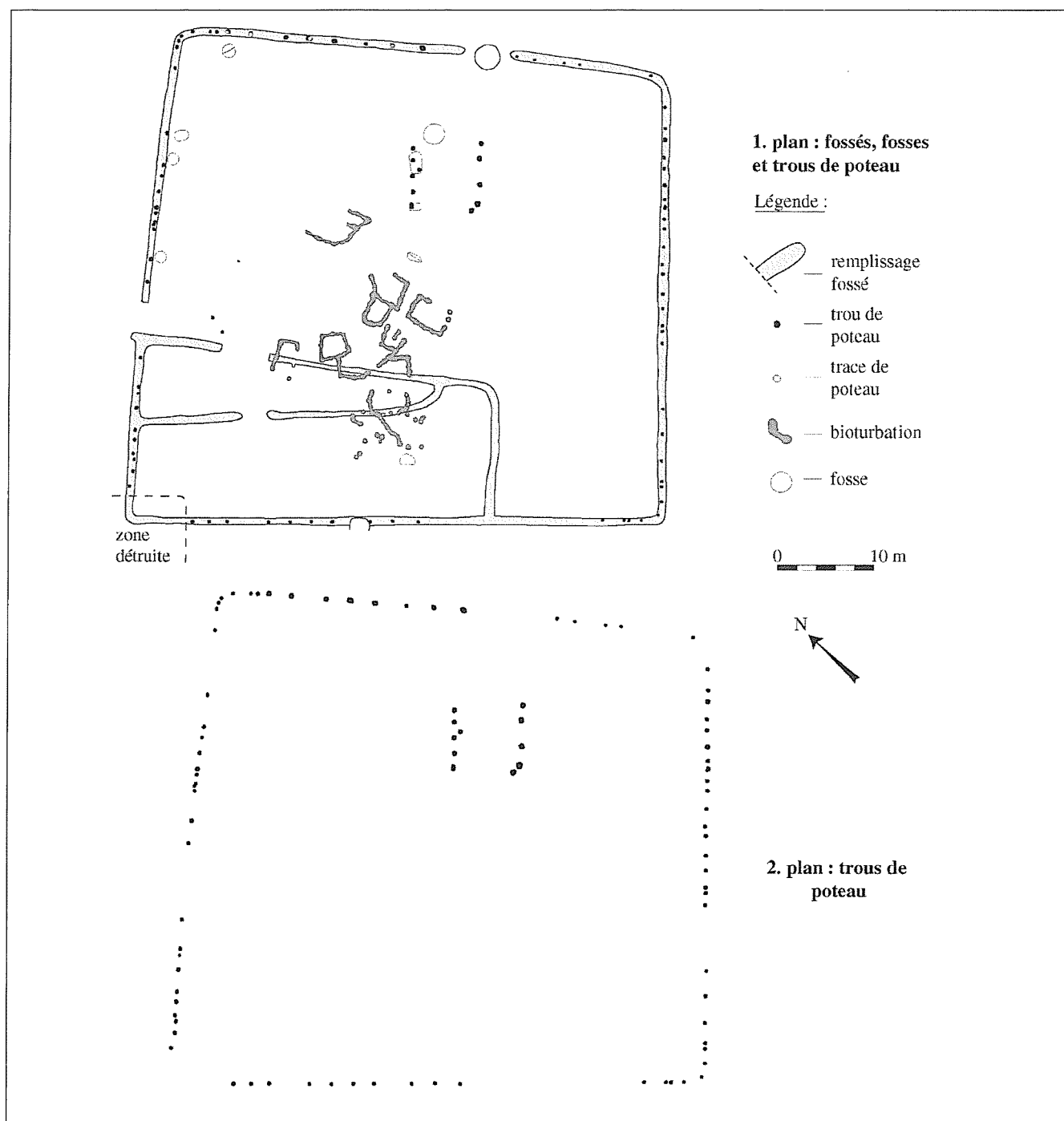


Fig. 6 : Bruyères-sur-Oise : "La Tourniole", 1995 - enclos quadrangulaire est.

3 - SYMÉTRIE DES MESURES DES FOSSÉS ADJACENTS

Au premier abord, les enclos de Bruyères-sur-Oise apparaissent non construits sur une géométrie régulière. Pourtant l'observation attentive des mesures des longueurs respectives des fossés adjacents des différents enclos quadrangulaires de Bruyères-sur-Oise permet de déduire un aspect original du mode de construction des enclos quadrangulaires. Ainsi, il apparaît que selon le choix des fossés, la somme des longueurs de deux fossés adjacents serait égale à la somme des longueurs des deux autres fossés opposés (voir tableau n° 1).

Cet effet de symétrie de mesure aurait très bien pu être obtenu lors du traçage initial de chaque enclos avec un cordeau : un cordeau fixé à deux piquets (fig. 7) formant la future diagonale de l'enclos quadrangulaire. L'implantation des deux premiers fossés adjacents d'enclos serait alors déterminée par un point choisi sur le cordeau. Quel que soit le report du même cordeau au-delà de l'axe de rotation que constitue l'axe formé par les deux piquets, la longueur du traçage des deux autres côtés opposés serait égale à la longueur totale des deux premiers côtés tracés.

**Tableau n° 1 : Comparaisons de la longueur totale des deux fossés adjacents
à la longueur totale des deux autres fossés opposés**

Enclos quadrangulaire de Bruyères-sur-Oise	Longueur totale fossés AC + fossé CB (en m.)	Longueur totale fossé CD + fossé DA (en m.)
Enclos Nord-Ouest	77,2	77
Enclos rectangulaire 1ère phase	93,1	92,6
Enclos rectangulaire 2ème phase	97	96,8
Enclos quadrangulaire Fossé : 1ère phase	101	102,1
Enclos quadrangulaire Palissade : 2ème phase	99,5	99,9

**Tableau n° 2 : Comparaison de la longueur totale de deux fossés adjacents
à la longueur totale des deux autres fossés opposés d'enclos quadrangulaires**

Exemples d'enclos quadrangulaires (ni carré, ni rectangle)	Longueur totale fossés AC + fossé CB (en m.)	Longueur totale fossé CD + fossé DA (en m.)
Hannut (Belgique) ?	245,2	245,2
Tournedos-sur-Seine (Eure) <i>Enclos funéraire</i>	87	87,4
Clémency (Luxembourg) <i>Enclos funéraire</i>	142,1	144,2
Ribemont-sur-Ancre (Somme) <i>Sanctuaire</i>	83,7	84,3
Braine (Aisne) <i>Phase 1 - Enclos à banquet</i>	131,6	130
Arnac-la-Poste (Haute-Vienne) <i>Enclos à banquet</i>	251,3	253,9

4 - GÉOMÉTRIE DES ENCLOS QUADRANGULAIRES

4.1 Symétrie de longueur des fossés

Ainsi, à partir de ce système très simple de traçage au cordeau, on peut tracer une multitude d'enclos quadrangulaires différents ayant dans tous les cas la somme des longueurs de deux côtés adjacents égale à la somme de deux autres côtés opposés (fig. 7). L'angle interne ainsi formé par le cordeau dépend de la longueur initiale choisie du cordeau, mais aussi du point choisi sur le cordeau comme de la distance entre les deux piquets initiaux.

Fort logiquement, l'ensemble des enclos funéraires d'Europe occidentale, carrés ou rectangulaires, suit cette règle. Mais beaucoup d'autres enclos quadrangulaires suivent aussi cette règle. Le tableau n° 2 montre quelques exemples d'enclos quadrangulaires, ni carrés, ni rectangles, dont la longueur totale de deux fossés adjacents d'enclos quadrangulaires est proche de la longueur totale des autres fossés opposés.

Les mesures présentées dans ces différents tableaux ont été réalisées respectivement d'après les relevés archéologiques (tableau n° 1) et les différentes publications (tableau n° 2). Elles sont par conséquent très

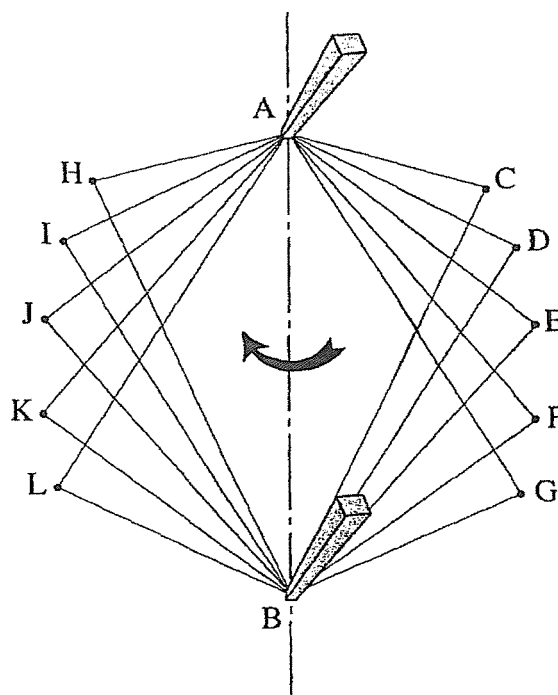


Fig. 7 : Hypothèse de construction géométrique des enclos quadrangulaires à partir de deux piquets et d'un cordeau de longueur constante. Le nombre de possibilités est multiple.

approximatives en fonction des échelles de publication comme de la variation de largeur des fossés ayant pour certains à l'évidence subi des recreusement. Dans ces conditions, les estimations des mesures peuvent être évaluées de l'ordre de un pour cent, soit pour des fossés de près de cent mètres à un mètre près².

4.2 Les enclos à symétrie axiale

L'ensemble des enclos du tableau n° 2 présentent des formes apparaissant issues d'une symétrie axiale construite sur la diagonale initiale (fig. 8).

Cette configuration géométrique à symétrie axiale semble être liée soit aux enclos funéraires comme celui de Tournedos dans l'Eure (Carré, 1993) ou celui de Clémency au Luxembourg (Metzler *et alii* 1991), soit à des enclos à banquets comme celui d'Arnac-la-Poste dans la Haute-Vienne (Toledo i Mur 1999 et Poux 2000) ou celui de Braine dans l'Aisne (Auxiette *et alii* 2000).

Cet état de fait confirmerait ainsi la technique de traçage au cordeau pour la construction initiale de la forme de certains enclos quadrangulaires. L'ensemble des enclos funéraires carrés ou losangiques

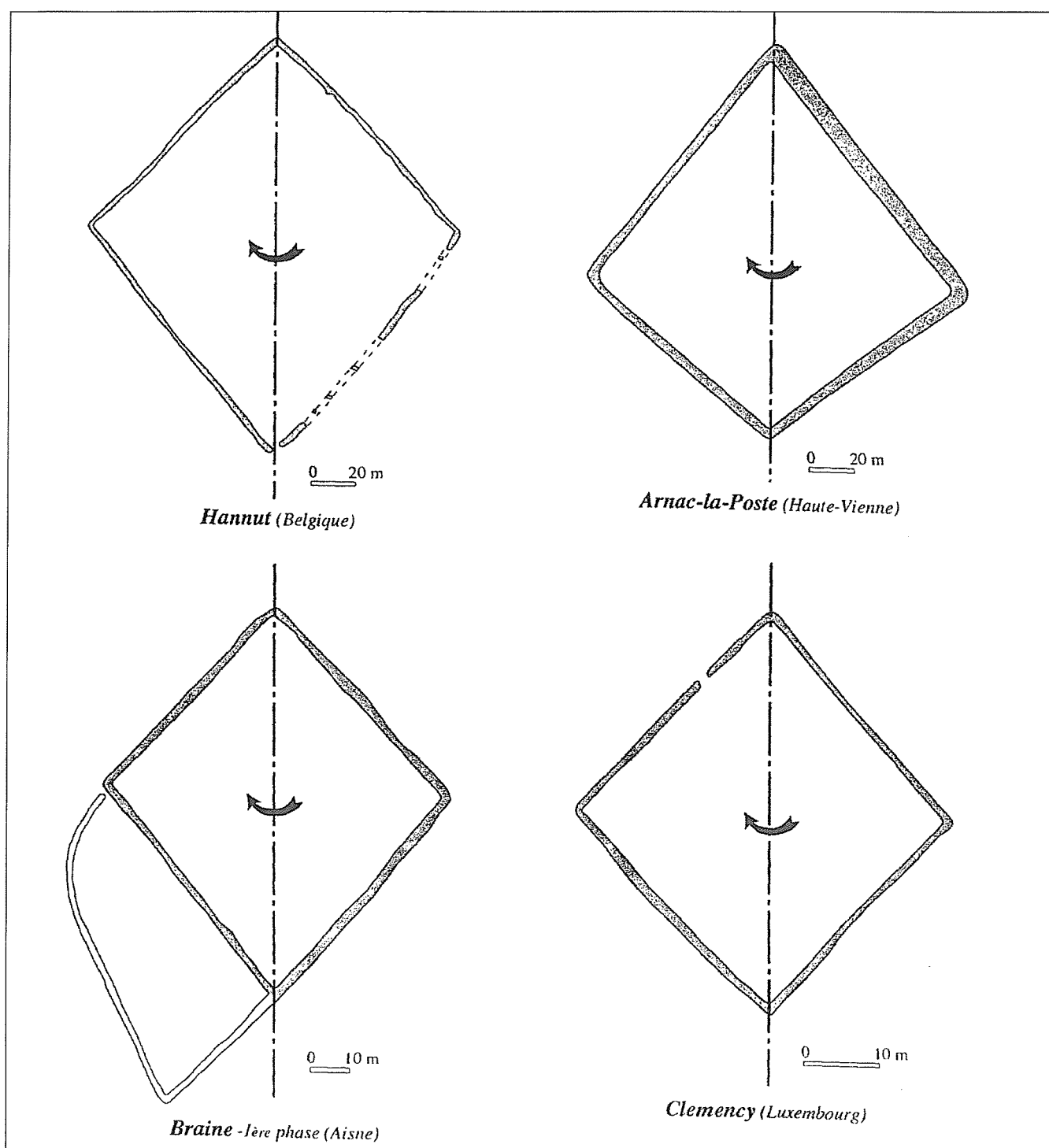


Fig. 8 : Exemples d'enclos quadrangulaires à symétrie axiale probablement tracés au cordeau.

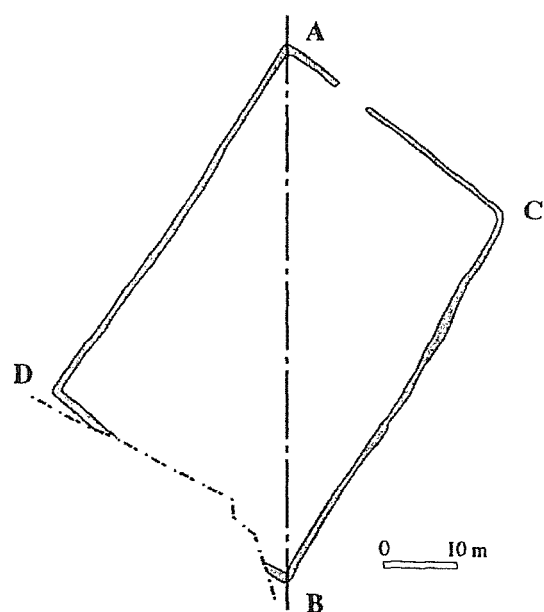
pourrait avoir été construit avec ce principe de symétrie axiale.

4.3 Les enclos à symétrie axiale alternée

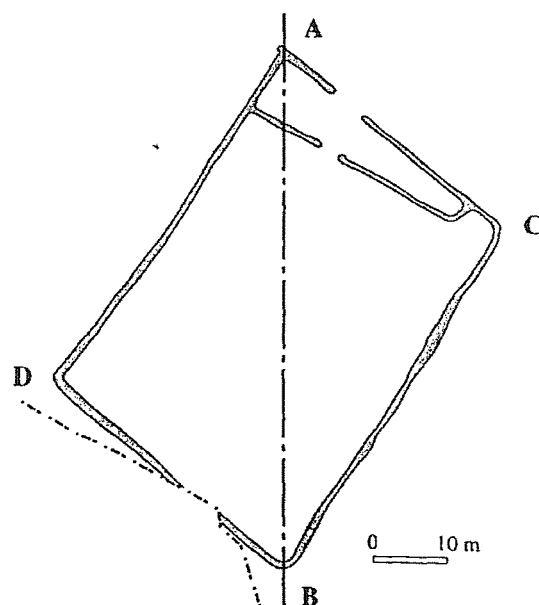
La construction d'enclos à symétrie axiale alternée semble légèrement plus complexe. Une fois l'angle désiré obtenu avec le cordeau et le traçage des deux premiers fossés, le cordeau aurait été inversé, puis par rotation sur l'axe (AB), appliqué sur le terrain³ (fig. 9).

Ainsi l'enclos pseudo-rectangulaire du sud-ouest de la fouille présente deux phases successives d'enclos à symétrie axiale alternée (fig. 9).

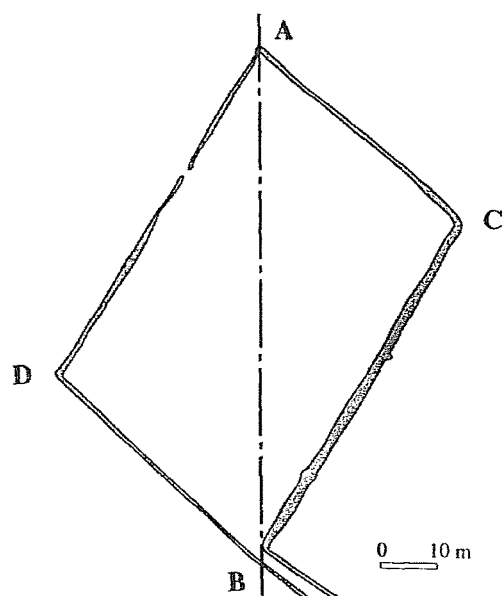
L'essentiel des enclos rectangulaires reconnus en Europe occidentale semble construit sur ce principe de symétrie axiale alternée. La plupart des enclos parallélogrammes sub-rectangulaires semble aussi suivre ce principe de construction. L'enclos à banquetts de Braine dans l'Aisne (Auxiette *et alii* 2000) semble pour sa deuxième phase construit sur ce principe de symétrie axiale alternée (fig. 9).



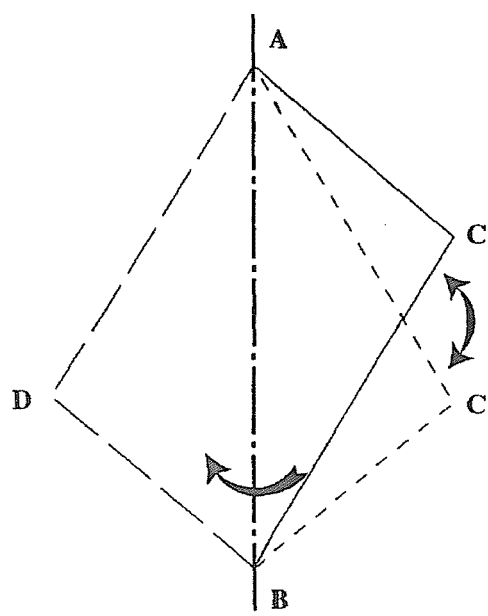
Bruyères-sur-Oise, enclos rectangulaire - 1ère phase



Bruyères-sur-Oise, enclos rectangulaire - 2ème phase



Braine - 2ème phase (Aisne)



Principe de construction géométrique au cordeau

Fig. 9 : Exemples d'enclos à symétrie axiale alternée.

4.4 Enclos inscrits dans deux demi-cercles accolés

À Bruyères-sur-Oise, deux enclos, ni carrés, ni rectangles, semblent avoir un tracé géométrique encore plus complexe. La représentation circulaire semble bien avoir été le moyen géométrique de tracer les enclos (fig. 10). En effet, pour chacun de ces enclos (l'enclos nord-ouest et l'enclos quadrangulaire) des angles pseudo-rectangles semblent être utilisés lors de la construction du tracé des enclos. Mais la construction n'apparaît pas pour autant à symétrie axiale.

Chaque enclos quadrangulaire paraît construit à partir de deux demi-cercles comprenant chacun une construction d'angle rectangle indépendant. Il en résulte pour chaque enclos quadrangulaire une apparence non

géométrique dont la construction initiale est pourtant régie par une forme géométrique stricte : le cercle (fig. 10).

4.5 Construction sur la diagonale

De toutes ces constructions géométriques, qu'elles soient élaborées par symétrie axiale, par symétrie axiale alternée ou par demi-cercles accolés, la diagonale formant axe de symétrie ou diamètre est l'élément structurant initial du tracé des enclos. Cette diagonale, bien que non tracée, permettrait selon nous, par ses deux points d'axes formés par deux piquets, la réalisation de l'ensemble des constructions géométriques décrites.

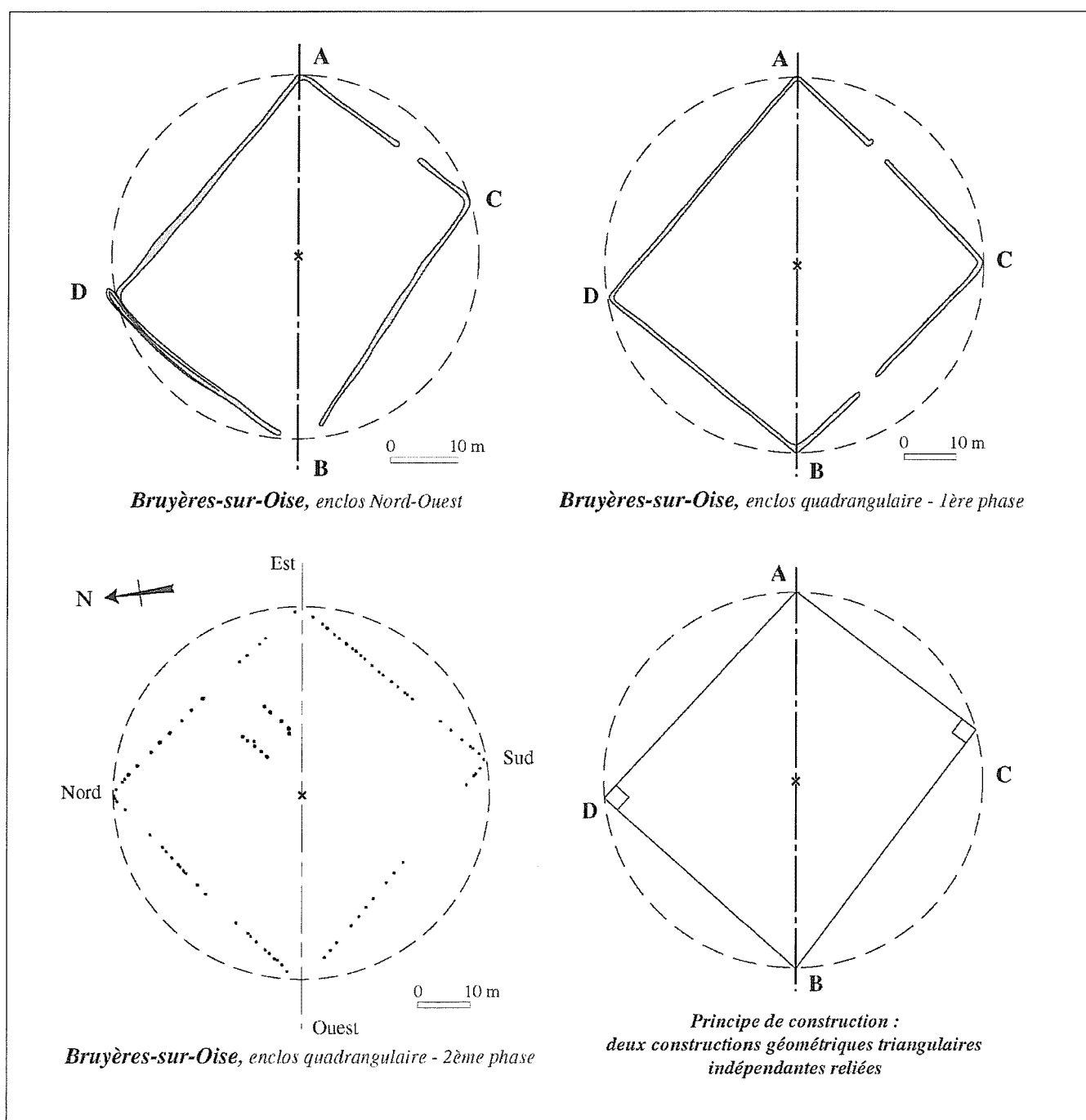


Fig. 10 : Enclos de Bruyères-sur-Oise, construction géométrique sur cercle complet.

Il est curieux de remarquer qu'à Bruyères-sur-Oise, à l'endroit où nous remarquons une suite d'enclos dont l'un semble avoir été destiné aux banquets, deux enclos différents auraient été construits sur des diagonales de longueurs strictement analogues. En effet, l'enclos quadrangulaire "rectangulaire" dans sa première phase présente une diagonale de construction de 71 mètres et celle de l'enclos quadrangulaire dans les phases 1 et 2 est aussi de 71 mètres.

Que doit-on conclure d'une telle coïncidence ?

Que les enclos semblent être construits selon la même main ? Pourtant les deux enclos, qui présentent tous deux des puits particuliers, ne sont pas construits selon les mêmes principes symétriques ni à la même époque (un enclos intermédiaire est construit entre les deux). L'un est construit selon une construction géométrique à symétrie axiale alternée, l'autre selon une technique de construction sur deux triangles rectangles inscrits différents accolés. Il s'agirait donc peut-être d'une constante géométrique locale nécessaire à la construction d'enclos particuliers.

5 - FONCTION DES ENCLOS GÉOMÉTRIQUES

Le traçage géométrique bien connu des enclos circulaires apparaît exclusivement réservé à la construction d'enclos tumulaires. Ce traçage est très vraisemblablement réalisé à l'aide d'un cordeau fixé à un point central. La rotation du cordeau autour de ce point permet de tracer le futur fossé d'enclos circulaire à égale distance d'un point central.

La géométrie des enclos carrés ou pseudo-carrés semble principalement utilisée dans les enclos de nécropoles par symétrie axiale. Par contre, les enclos des sanctuaires ne semblent pas privilégier seulement la forme géométrique harmonieuse du carré. Des formes approchantes semblent exister : losange rhomboïde, forme rhomboïdale comme celle du sanctuaire de Ribemont-sur-Ancre (Brunaux *et alii* 1999) dans la Somme ou celle de Gournay-sur-Aronde dans l'Oise (Brunaux, Marquis, Meniel 1978).

Les enclos à banquets (Agen, Vieil-Toulouse, Belloy, Génats) semblent suivre les formes géométriques carrées des enclos funéraires, mais certains prennent des formes détournées géométriques, ni carrées, ni rectangles. Ainsi l'enclos quadrangulaire de la première phase de Braine (Aisne) ou celui d'Arnac-la-Poste (Haute-Vienne) sont construits selon des formes géométriques quadrangulaires à symétrie axiale. D'autres enclos à banquets semblent encore plus complexes dans leurs constructions géométriques, comme celui de la phase II de Braine (Aisne) à symétrie axiale alternée tout comme les deux phases d'enclos rectangulaires de Bruyères-sur-Oise.

L'ultime complexité nous apparaît, semble-t-il, dans la construction d'enclos comme ceux quadrangulaires de Bruyères-sur-Oise inscrits dans un cercle. Rien en apparence ne permet d'y voir des enclos à construction géométrique mais, en fait, les constructions dénotent une construction complexe sur deux demi-cercles accolés. L'un des enclos (enclos quadrangulaire phase 2) apparaît nettement avoir abrité un rituel de banquets à travers un dépôt intentionnel dans un puits à proximité.

6 - L'UTILISATION DE L'ANGLE RECTANGLE DANS LES ENCLOS SACRÉS

Les enclos funéraires comme les enclos des sanctuaires semblent utiliser systématiquement l'angle rectangle. Cet angle droit précis semble obtenu, selon nous, à partir d'un demi-cercle : quel que soit le triangle inscrit à l'intérieur par rapport au diamètre, cet angle est droit (fig. 11).

Cette technique semble recherchée dans l'ensemble des enclos funéraires (carrés ou rectangulaires) mais aussi dans les enclos de sanctuaires ni carrés ni rectangles. À Bruyères-sur-Oise, plusieurs enclos semblent bénéficier de cette technique, l'hypothénuse faisant office de la future diagonale. Cette technique d'obtention d'angle rectangle à partir de triangles inscrits dans un demi-cercle est-elle issue d'une connaissance empirique du théorème de Pythagore ? Pour cela, éloignons-nous momentanément de notre propos et intéressons-nous à l'origine du théorème de Pythagore et de son utilisation.

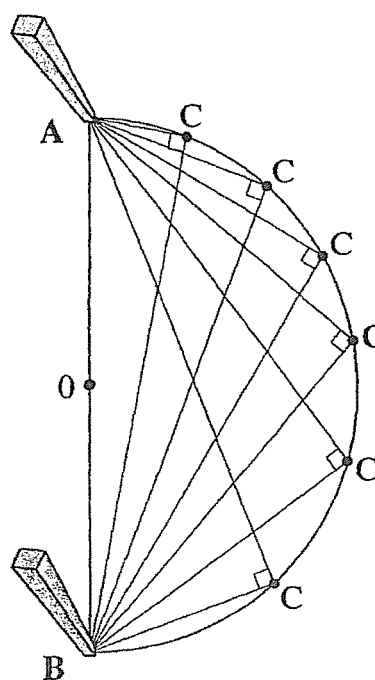


Fig. 11 : Construction d'angles droits au cordeau à partir d'un demi-cercle tracé.

6.1 L'utilisation du Théorème de Pythagore

Richard Mankiewicz, historien des mathématiques, nous précise "Pythagore (- 580, - 500 av. J.-C.) fut presque contemporain du Bouddha, de Confucius, Mahavira, Lao Tseu et probablement Zoroastre. Sa philosophie, mélange de mathématiques et de mysticisme, trouve encore aujourd'hui certaines résonances, essentiellement à travers la forme qu'elle prit au III^e siècle après J.C., à savoir le néoplatonisme. Le vrai Pythagore reste inconnu ; Aristote lui-même, à peine deux siècles plus tard, n'a pu nous en livrer un portrait précis"...

"Après avoir étudié en Egypte et en Chaldée, Pythagore s'installa à Croton, dans le sud de l'Italie actuelle, où il fonda une école. Celle-ci tenait davantage d'une société secrète, une part de son savoir n'étant transmise qu'à un groupe choisi d'initiés" (Mankiewicz, 2000).

Si l'on se reporte à l'histoire des mathématiques, on comprend mieux l'utilisation et l'origine de ce fameux théorème. Citons encore Richard Mankiewicz. "S'il porte aujourd'hui le nom de Pythagore, ce théorème était déjà très célèbre dans l'Antiquité, bien avant même la naissance de Pythagore". ... "Le théorème de Pythagore : la somme des carrés des deux petits côtés d'un triangle rectangle est égale au carré du plus grand côté. On peut obtenir un tel triangle à l'aide de côtés de longueurs entières, le plus célèbre étant celui de côtés 3-4-5. Il existe une infinité de ces "triplets pythagoriciens", par exemple, 5-12-13 et 7-24-25, également connus dès l'Antiquité"...

... "L'une des plus fascinantes créations des mathématiques babyloniennes est la tablette aujourd'hui baptisée *Plimpton 322* et conservée à l'université Columbia, à New York. Composée de quatre colonnes et quinze rangées de nombres, elle appartiendrait à une tablette plus grande qui aurait été brisée. On pense qu'elle donne une procédure de construction de triplets pythagoriciens fractionnaires. L'existence d'une telle procédure suggère que les Babyloniens connaissaient le théorème de Pythagore dès 1800 - 1650 avant J.-C., soit plus d'un millier d'années avant Pythagore lui-même"...

Mais poursuivons le discours de Richard Mankiewicz. "On situe généralement l'essor de la période védique de la civilisation indienne au début du premier millénaire avant notre ère. Cette période fut celle de l'établissement de la culture et la religion hindoues à travers des textes sacrés, tels les *Veda* et les *Upanishad*, et des règles de conduite sociale tel le *Code de Manu*. Les mathématiques de cette époque ont été consignées dans les *Sulbasultras*, eux-mêmes contenus dans les annexes aux *Veda*, et naturellement, ces textes sont largement consacrés aux mathématiques permettant de vérifier la conformité aux prescriptions des rituels".

"La *sulba* désigne la corde mesurant les dimensions des autels⁴. Trois versions de ces textes nous sont parvenues, la plus ancienne datant probablement de

800 - 600 avant notre ère. Baudhayana a donné cette formulation simplifiée du théorème de Pythagore : "La corde tendue sur la diagonale d'un carré engendre une aire double de celle du carré initial" ... (fig. 12). "Certaines règles imposant que les nouveaux autels aient des aires multiples de celles d'autels antérieurement construits, l'exigence de précision privilégiant les méthodes géométriques au détriment des méthodes numériques. Pour doubler l'aire d'un carré, par exemple, il est en effet plus simple de construire un carré sur la diagonale du carré initial que de calculer que le côté du nouveau carré est d'un facteur racine carrée de 2 plus grand. Les Indiens disposaient d'excellentes méthodes pour estimer la racine carrée de 2, mais la religion exigeait une précision absolue - une approximation n'était pas suffisante" (Mankiewicz, 2000)

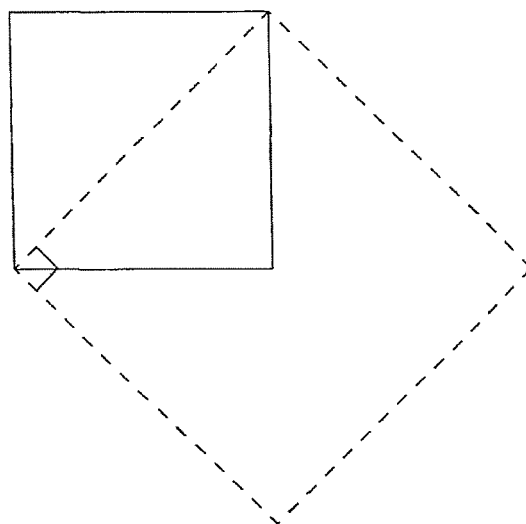


Fig. 12 : La corde sur la diagonale d'un carré engendre une aire double à celle du carré initial.

6.2 Géométrie et sacré

Ainsi à la période védique de la culture indienne, non seulement la géométrie semble liée intimement à la construction des sanctuaires mais le principe même de la mesure des dimensions des autels est régi par une corde (la *sulba*). Pour doubler rituellement la surface d'un sanctuaire carré, la corde est tendue sur la diagonale de celui-ci.

Corde et diagonale, nous ne sommes pas si éloignés du système que nous proposons pour la construction au cordeau des enclos quadrangulaires du 2^e Âge du Fer en Europe occidentale associés aux nécropoles, sanctuaires et banquets à partir d'une diagonale initiale⁵. Sommes-nous en face d'une origine commune beaucoup plus ancienne ou d'un phénomène de convergence empirique par la pratique ?

La correspondance constatée des trois classes principales de l'Inde védique dans l'organisation d'un sacerdoce romain (Dumezil, 1974), dominé par une structure à trois fonctions, permet une nouvelle approche de l'héritage culturel indo-européen au-delà de simples constats des parentés linguistiques. Des analogies dans le vocabulaire des institutions indo-européennes ont été remarquées (Benveniste, 1975), que ce soit dans les noms de parenté ou dans les termes des aspects religieux, juridico-politiques et idéologiques. On en déduit (Sergent 1996) que les Indo-européens connurent une institution royale disposant de prérogatives religieuses et ainsi qu'une catégorie de spécialistes des fonctions sacrées, pour lesquels le respect des procédures rituelles était de prime importance.

Ainsi la fonction symbolique de l'enclos celtique entre propriété divine et possessions humaines apparaît forte en Europe occidentale (Brunaux, 2000) et pourrait être régie selon des lois géométriques complexes.

7 - CONCLUSION

Les enclos quadrangulaires de Bruyères-sur-Oise, apparemment non réguliers dans leur géométrie révèlent, en fait des constructions géométriques initiales particulières. Cette découverte permet d'envisager un système de construction géométrique des enclos sacrés : des sanctuaires, des enclos funéraires mais surtout celui des enclos à banquets. Un traçage au cordeau à partir de deux piquets fixés permet, selon la technique utilisée, d'obtenir la plupart des formes d'enclos quadrangulaires connus en Europe.

Une constante s'impose dans la construction des enclos géométriques : la diagonale de construction initiale, véritable élément fondateur de l'enclos quadrangulaire. Pourtant, celle-ci n'apparaît pas dans la construction finale.

De même, l'angle rectangle si souvent recherché dans certains enclos de sanctuaires ou à banquets ne paraît plus remarquable une fois l'enclos fini. C'est comme si on avait voulu cacher les éléments géométriques qui préexistent dans la construction de l'enclos. La constante de mesure de diagonale remarquée à Bruyères-sur-Oise sur deux enclos de phases différentes doit nous interroger sur des valeurs locales qui permettent de construire ces enclos.

À Bruyères-sur-Oise, les enclos inscriptibles dans un cercle sont issus de la double inscription de triangles rectangles différents dans un demi-cercle. Ceci prouve l'emploi du théorème de Pythagore dans la construction de certains enclos quadrangulaires.

Tous ces éléments fondamentaux pour la construction géométrique initiale des enclos quadrangulaires deviennent non perceptibles après le creusement des fossés, comme si on cherchait à en masquer les principes de construction. On croit retrouver

les principes de la philosophie pythagoricienne, mélange de mathématiques et de mysticisme ; le savoir n'étant transmis qu'à un groupe d'initiés.

Ainsi, l'assimilation du théorème de Pythagore dans la conception géométrique des phalères de Champagne (Bacault, Flouest, 2004) montre bien combien ces données géométriques ont influencé la société celtique du deuxième Âge du Fer, et ceci dès le Ve siècle avant notre ère. Comment une influence pythagoricienne a pu être propagée aussi loin de Crotone ? Le personnage d'origine gète⁵ du nom de Zamolxis où Zalmoxis est souvent invoqué pour expliquer la diffusion par le Danube, à travers l'Europe celtique, des thèses de Pythagore, puisqu'il aurait été son esclave, puis un disciple, avant de rentrer chez lui comme roi-philosophe, législateur, quasi divinisé (Bacault, Flouest, 2004). L'actuelle chronologie des enclos quadrangulaires respectant apparemment cette géométrie pythagoricienne ne semble pas antérieure pour l'instant à la possible diffusion de cette théorie.

La complexité d'approche de la compréhension des formes des enclos des sanctuaires pourrait ainsi être mieux abordée à travers cet angle d'analyse de l'ensemble des enclos quadrangulaires d'Europe occidentale. Leurs géométries semblent apparemment confuses mais la présence répétée d'angles droit dans leurs configurations comme parfois l'égalité des mesures entre les fossés adjacents et ceux opposés doit nous orienter vers une construction géométrique complexe qui reste à déterminer pour chacun d'entre eux.

REMERCIEMENTS

Merci à tous ceux qui nous apporté leur aide et leurs critiques constructives pour ce travail, et plus particulièrement à Emile Toupet pour ses conseils judicieux en géométrie.

NOTES

1 - Cette fouille n'aurait pas pu exister avec autant d'obstination sans le soutien scientifique et logistique de mon collègue Philippe Soulier. Qu'il en soit vivement remercié.

2 - L'idéal serait de réaliser ces mesures lors de la fouille au fond du fossé en question, avec un cordeau non étirable ou mieux avec un pentahéctomètre.

3 - En fait nous aurions pu proposer une symétrie centrale qui permettrait d'obtenir le même résultat géométrique. Mais rien ne permet de le démontrer à nos yeux.

4 - Souligné par nous.

5 - Cette information a été intégrée à notre travail bien après la compréhension géométrique de la construction des enclos quadrangulaires.

6 - Peuple indo-européen entre Bas-Danube et Balkans, à l'est des Sigmènes.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson et alii 1999** : ANDERSON (T.), VILLET (D.), SERNEELS (V.) - La fabrication des meules en grès coquillier sur le site gallo-romain de Chables-les-Saux (France) : in : *Archéologie suisse*, 22, p. 182-189, 1999.
- Auxiette et alii 2000** : AUXIETTE (G.), DESENNE (S.), GRANSAR (F.) et POMMEPUY (C.) - Structuration générale du site de Braine "la Grange des Moines" (Aisne) à la Tène finale et particularités : présentation préliminaire. In : *Revue archéologique de Picardie*, n° 1/2, p. 97-103. Châlons-en-Champagne.
- Bacault, Flouest 2004** : BACAULT (M.), FLOUEST (J.L.) - Schémas de construction des décors au compas des phalères laténiennes de Champagne. In : *Décors, images et signes de l'Âge du Fer européen*, XXVe colloque de l'Association française pour l'étude de l'Âge du Fer. Paris et Saint-Denis, 2004. p. 145-170.
- Baray 1999** : BARAY (L.) - Les enclos de second Âge du Fer du nord Sénonais. In : *Les viererckschanzen et les enceintes quadrilatérales en Europe*. p. 123-136. Paris : Ed. Errance.
- Benveniste 1975** : BENVENISTE (E.) - Le vocabulaire des institutions indo-européennes. Tomes 1 et 2. Editions de Minuit.
- Bosquet, Preud'homme 2000** : BOSQUET (D.) et PREUD'HOMME (D.) - Découverte d'une enceinte laténienne à Hannut, au lieu-dit "Trommereld" (Belgique). In : *Revue archéologique de Picardie*, n° 1/2, p. 13-22. Châlons-en-Champagne.
- Boudet 1996** : BOUDET (R.) - *Rituels celtes d'Aquitaine*. 123 p. Ed. Errance, 1996.
- Brunaux et alii 1978** : BRUNAUX (J.L.), MARQUIS (Ph.) et MENIEL (P.) - Les recherches à Gournay-sur-Aronde : Bilan et perspectives. In : *Revue archéologique de l'Oise*, n° 13, p.
- Brunaux et alii 1985** : BRUNAUX (J.L.), MENIEL (P.) et POPLIN (F.) - Gournay I : les fouilles sur le sanctuaire et l'oppidum (1975-1984). *Revue Archéologique de Picardie*, numéro spécial, 268 p.
- Brunaux et alii 1999** : BRUNAUX (J.L.), AMANDRY (M.), BROUQUIER-REDDE (V.), DELESTREE (L.P.), DUDAY (H.), FERCOQ DU LESLAY (G.), LEJARS (Th.) MARCHAND (Ch.), MENIEL (P.), PETIT (B.) et ROGERE (B.) 1999. - Ribemont-sur-Ancre (somme) : bilan préliminaire et nouvelles hypothèses. In : *Gallia*, 56, p. 177-283.
- Brunaux 2000** : BRUNAUX (J.L.) - Propriétés divines, possessions humaines. La fonction symbolique de l'enclos. In : *Revue archéologique de Picardie*, n° 1/2, p. 271-278. Châlons-en-Champagne.
- Carre 1993** : CARRE (F.) - Deux habitats et une nécropole à Tournedos-sur-Seine : premiers résultats. In : *Revue archéologique de l'Ouest*, suppl. n° 6, 1993, p. 55-76.
- Chausserie-Lapree 1998** : CHAUSERIE-LAPREE (J.) - Les meules des habitats protohistoriques de Martigues. In : *Documents d'archéologie méridionale*, 21, p. 211-235. Ed. Epona et Adam 1998.
- Cunliffe, Poole 1993** : CUNLIFFE (B.), POOLE (C.) - Danebury, an Iron Age hillfort in Hampshire. Vol. 4. 1979-1988. The site.
- Cochet 1866** : COCHET Abbé - Notice sur une sépulture gauloise trouvée dans la basse forêt d'Eu en juin 1865, *Revue normande*, p. 281-296.
- Courtin et alii 1976** : COURTIN (J.), GUILAINE (J.), MOHEN (J.P.) - L'agriculture. Les débuts de l'agriculture en France : les documents archéologiques. In : *La Préhistoire française*, tome 2, p. 172-179.
- Ducos 1968** : DUCOS (P.) - *L'origine des animaux domestiques en Palestine*. Institut de Préhistoire de Bordeaux (Edit.), Bordeaux, 191 p.
- Dumezil 1974** : DUMEZIL (G.) - *La religion romaine archaïque*. 700 p. Ed. Payot.
- Fercoq du Leslay 2000** : FERCOQ DU LESLAY (G.) - L'apport des fossés de Ribemont-sur-Ancre (Somme) à la chronologie et à l'interprétation du site. In : *Revue archéologique de Picardie*, n° 1/2, p. 113-146. Châlons-en-Champagne.
- Guillaumet, Nillesse 2000** : GUILLAUMET (J.P.) et NILLESSE (O.) - "Les petits objets de quelques fermes gauloises : approche méthodologique". In : *Les installations agricoles de l'Âge du Fer en France septentrionale*. Ed. E.N.S., rue d'Ulm, p. 251-276.
- Gruat et alii 1991** : GRUAT (Ph.), MANISCOLCO (J.), MARTIN (H.) et CRUBEZY (E.) - "Aux origines de Rodez (Aveyron) "Les fouilles de la caserne Tauch". In : *Aquitania*, t. IX, 1991, p. 61-104.
- Krier et alii 1996** : KRIER (V.), LIMONDIN (N.), TOUPET (Ch.) - Environnement fluviaux et occupation anthropiques de la Tène ancien au haut Moyen Âge : Bruyères-sur-Oise (Val-d'Oise). In : *L'homme et la nature au Moyen Âge* : Actes du 5ème Congrès international d'archéologie médiévale (Grenoble). Paris : Errance. (Archéologie aujourd'hui). p. 197-201.
- Lemaire 2000** : LEMAIRE (P.) avec la collaboration de MALRAIN (F.) et MENIEL (P.) - Un grand établissement enclos de la Tène moyenne à Vermand (Aisne) : une première approche. In : *Revue archéologique de Picardie*, n° 1/2, p. 161-178. Châlons-en-Champagne.
- Leman-Delerive 2000** : LEMAN-DELERIVE (G.) - Enclos funéraires et cultuels dans la partie septentrionale de la Gaule Belgique. In : *Revue archéologique de Picardie*, n° 1/2, p. 67-76. Châlons-en-Champagne.
- Mankiewicz 2000** : MANKIEWICZ (R.) - *L'histoire des mathématiques*. Ed. Le Seuil.
- Marion 1997** : MARION (S.) - *La céramique protohistorique de Bruyères-sur-Oise "La Tourniole" éléments de chronologie*. 3p. 6 fig., 1 tab. Rapport informatique.
- Meniel 1989** : MENIEL (P.) - Les animaux dans les pratiques religieuses des Gaulois. L'animal dans les pratiques religieuses : les manifestations matérielles, *Anthropozoologica*, troisième numéro spécial, p. 87-97.
- Meniel 1994 a** : MENIEL (P.) - Les chevaux découpés du village d'Acy-Romance et l'hippophagie en Gaule septentrionale. *Anthropozoologica*, 20, p. 55-68.
- Meniel 1994 b** : MENIEL (P.) - Les restes d'animaux des établissements ruraux de l'Âge du Fer en Picardie : l'exemple de Chambly "La Marnière" (Oise). In : *Les installations agricoles de l'Âge du Fer en Île-de-France*. Presses de l'Ecole Normale Supérieure, Etudes d'Histoire et d'Archéologie, 4, p. 205-226.
- Metzler et alii 1991** : METZLER (J.), WARINGO (R.), BIS (R.) et METZLER (N.) - Clémency et les tombes de l'aristocratie en Gaule Belgique, Luxembourg. *Dossiers d'archéologie du Musée national d'Histoire et d'Art*, 1, Luxembourg.
- Moreau 1877-1881** : MOREAU (F.) - *Album Caranda*, Saint-Quentin.
- Peuchet 1993** : PEUCHET (C.) - Le Hillfort de la Courbe, Orne : la fortification sud du haut du château. In : *Revue Archéologique de l'Ouest*, suppl. n° 6, p. 35-43.
- Poux 2000** : POUX (M.) - Espaces votifs - espaces festifs, banquets et rites de libation en contexte de sanctuaires et d'enclos. In : *Revue archéologique de Picardie*, n° 1/2, p. 217-231. Châlons-en-Champagne.
- Poux 2002** : POUX (M.) - L'archéologie du festin en Gaule préromaine : acquis, méthodologie et perspectives. In : *Repas des vivants et nourriture pour les morts en Gaule* : Actes du XXVe colloque de l'AFEAF. Suppl. bull. n° 1 de la S.A.C., p. 345-374.