

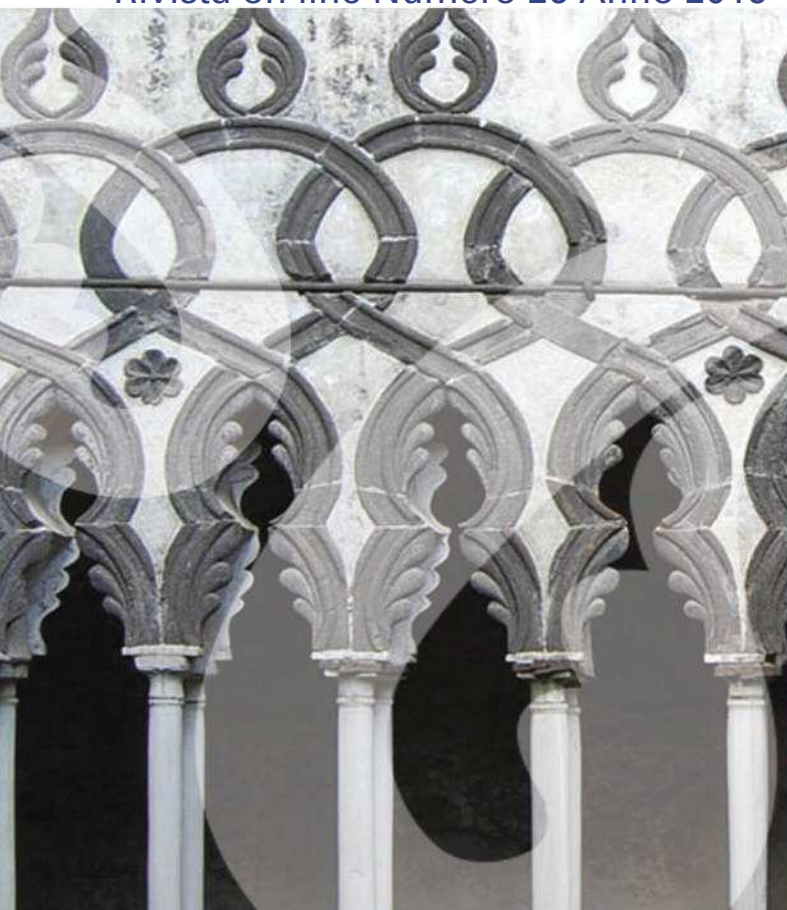


Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali  
Ravello

# Territori della Cultura

Rivista on line Numero 26 Anno 2016

Iscrizione al Tribunale della Stampa di Roma n. 344 del 05/08/2010



# Sommario



Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali  
Ravello

## Comitato di redazione

5

Ravello Lab 2016. Una prima sintesi.  
Alfonso Andria

8

Il turismo in Italia tra Stato e Regioni.  
Un tema antico ma attuale  
Pietro Graziani

10

## Conoscenza del patrimonio culturale

Jean-Noël Salomon L'importance de la connaissance  
des matériaux en archéologie : l'exemple du rôle des  
cuirasses ferrallitiques du site d'Angkor (Cambodge)

14

## Cultura come fattore di sviluppo

Gaetano Miarelli Mariani Formazione del personale  
adetto ai beni culturali  
(settore architettonico-ambientale)

26

Gianni Bulian Il museo dell'Aquila: un'occasione  
perduta?

40

## Metodi e strumenti del patrimonio culturale

Bruno Zanardi Ragioni della mancata tutela del  
patrimonio artistico italiano

74

Piero Pierotti Terremoti appenninici, patrimonio edilizio,  
resilienza. Il paradosso della "messa a norma"

100

Ferruccio Ferrigni L'edificato antico: insieme fragile o  
fonte di conoscenze?

126

## Appendice

Ravello Lab 2016: Cultura e sviluppo. Progetti e  
strumenti per la crescita dei territori.



# Comitato di Redazione



Centro Universitario Europeo  
per i Beni Culturali  
Ravello

Presidente: Alfonso Andria

[comunicazione@alfonsoandria.org](mailto:comunicazione@alfonsoandria.org)

Direttore responsabile: Pietro Graziani

[pietro.graziani@hotmail.it](mailto:pietro.graziani@hotmail.it)

Direttore editoriale: Roberto Vicerè

[rvicere@mpmirabilia.it](mailto:rvicere@mpmirabilia.it)

Responsabile delle relazioni esterne:

Salvatore Claudio La Rocca

[sclarocca@alice.it](mailto:sclarocca@alice.it)

## Comitato di redazione

Jean-Paul Morel Responsabile settore  
"Conoscenza del patrimonio culturale"

[jean-paul.morel3@libertysurf.fr](mailto:jean-paul.morel3@libertysurf.fr);

Claude Albore Livadie Archeologia, storia, cultura

[morel@msh.univ-aix.fr](mailto:morel@msh.univ-aix.fr)

Max Schvoerer Scienze e materiali del  
patrimonio culturale

[alborelivadie@libero.it](mailto:alborelivadie@libero.it)

Beni librari,

documentali, audiovisivi

[schvoerer@orange.fr](mailto:schvoerer@orange.fr)

Francesco Caruso Responsabile settore

[francescocaruso@hotmail.it](mailto:francescocaruso@hotmail.it)

"Cultura come fattore di sviluppo"

Piero Pierotti Territorio storico,  
ambiente, paesaggio

[pierotti@arte.unipi.it](mailto:pierotti@arte.unipi.it)

Ferruccio Ferrigni Rischi e patrimonio culturale

[ferrigni@unina.it](mailto:ferrigni@unina.it)

Dieter Richter Responsabile settore

[dieterrichter@uni-bremen.de](mailto:dieterrichter@uni-bremen.de)

"Metodi e strumenti del patrimonio culturale"

Informatica e beni culturali

Matilde Romito Studio, tutela e fruizione  
del patrimonio culturale

[matilde.romito@gmail.com](mailto:matilde.romito@gmail.com)

Adalgiso Amendola Osservatorio europeo  
sul turismo culturale

[adamendola@unisa.it](mailto:adamendola@unisa.it)

## Segreteria di redazione

Eugenia Apicella Segretario Generale

[apicella@univeur.org](mailto:apicella@univeur.org)

Monica Valiante

Velia Di Riso

Rosa Malangone

## Progetto grafico e impaginazione

Mp Mirabilia - [www.mpmirabilia.it](http://www.mpmirabilia.it)

*Per consultare i numeri  
precedenti e i titoli delle  
pubblicazioni del CUEBC:  
[www.univeur.org](http://www.univeur.org) - sezione  
pubblicazioni*

*Per commentare  
gli articoli:  
[univeur@univeur.org](mailto:univeur@univeur.org)*

## Info

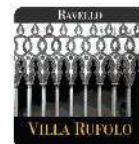
Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali

Villa Rufolo - 84010 Ravello (SA)

Tel. +39 089 857669 - 089 2148433 - Fax +39 089 857711

[univeur@univeur.org](mailto:univeur@univeur.org) - [www.univeur.org](http://www.univeur.org)

Main Sponsors:



ISSN 2280-9376



Jean-Noël Salomon

*Jean-Noël Salomon  
Professeur émérite,  
Université Michel de  
Montaigne-Bordeaux III*

## L'importance de la connaissance des matériaux en archéologie : l'exemple du rôle des cuirasses ferrallitiques du site d'Angkor (Cambodge)

**Résumé :** L'importance de la connaissance des matériaux quant à la constitution des vestiges archéologique ne doit pas être sous-estimée. En effet, par son biais l'archéologie moderne peut obtenir une meilleure connaissance des conditions environnementales, de mise en valeur des territoires, de techniques de constructions en vigueur lors de l'édification des monuments anciens. Mieux, parfois il est possible d'appréhender certains aspects socio-économiques prévalant à l'époque des bâtisseurs. L'exemple du recours aux cuirasses ferrallitiques sur le vaste site d'Angkor le montre.

**Abstract :** *The importance of the knowledge of materials as for the archaeological constitution of vestiges must not be underestimated. Indeed, by its way the modern archaeology can obtain a better knowledge of the environmental conditions, the development of territories, techniques of current constructions during the construction of the former monuments. Better, sometimes it is possible to understand certain socio-economic aspects prevailing at the time of the builders. The example of the resort to ferricretes on the vast site of Angkor shows it.*

**Mots-clés :** Archéologie – architecture – matériaux de construction - cuirasse ferrallitique – aménagement - Angkor – Cambodge.

**Key-words :** *Archeology – architecture – building materials – ferricrete – land settlement – Angkor – Cambodia.*



**Introduction :** L'archéologie moderne se préoccupe de plus en plus des conditions environnementales dans lesquelles évoluaient les bâtisseurs des monuments dont il ne reste souvent aujourd'hui que des ruines. Certes ces dernières constituent d'importants témoignages des civilisations passées et les archéologues ont souvent su en tirer un maximum de connaissances. Mais l'apport de sciences voisines (géomorphologie, pédologie, biogéographie, héritages sociologiques, voire linguistique, etc.) permet d'affiner considérablement les interprétations. Dans ce contexte l'étude des matériaux apparaît comme fondamentale. En effet, elle permet d'affirmer ou de proposer des hypothèses sur les conditions de l'élaboration des monuments dont il ne reste que des vestiges, mais aussi d'accéder parfois aux données environnementales et socio-économiques du passé. C'est sans doute le cas du célèbre site d'Angkor.

**Angkor** n'est plus à présenter tant ces temples sont connus dans le monde entier. La situation est idéale, au cœur du Cambodge dans la vaste plaine alluviale de Siem Reap, parcourue de routes commerciales reliant la Malaisie à la Chine. (Fig. 1). Le site, forestier actuellement, se situe au nord du



Fig. 1 Localisation d'Angkor au Cambodge.

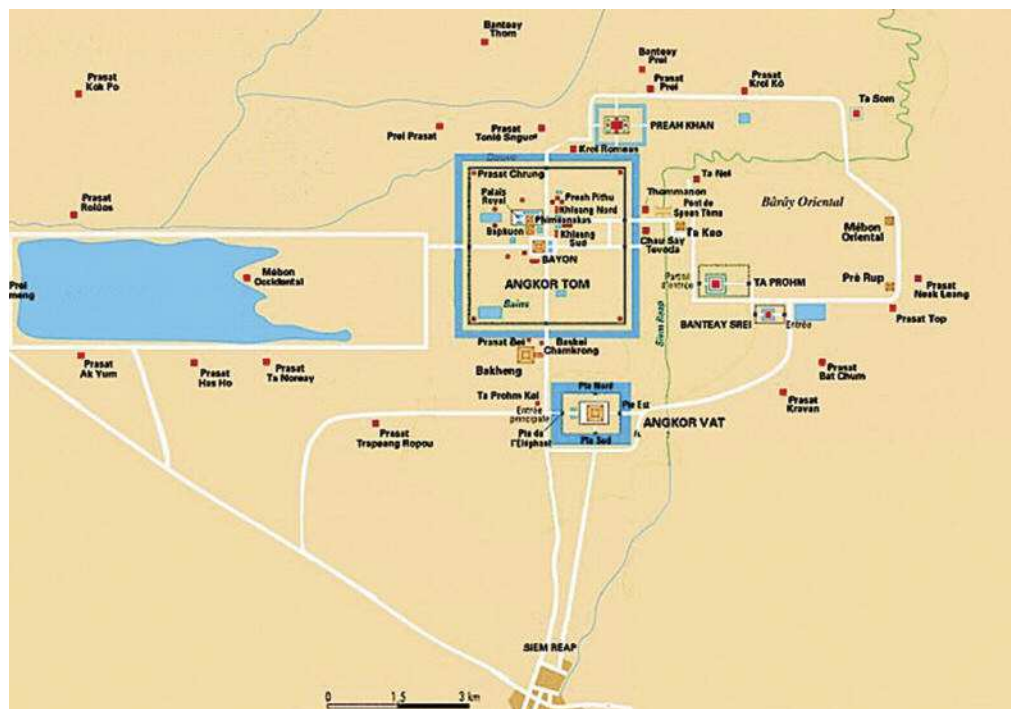


Tonlé Sap (« *la grande rivière d'eau douce* »), ce grand système hydrologique qui, combinant rivière et lac, rejoint le Mékong. L'accès à la mer était donc possible et facile. Les vestiges y couvrent une superficie immense, de 2 000 à 3 000 km<sup>2</sup>, et ont été élaborés sur plusieurs siècles (Fig. 2).

Or ces vestiges sont composés de matériaux solides, rocheux, déposés sur une plaine alluviale, souvent marécageuse. Le volume nécessaire à l'édification des temples est considérable ; surtout, le poids énorme des édifices n'a pas entraîné, logiquement, un affaissement de ces dernières dans un soubassement soumis régulièrement au battement saisonnier de la nappe phréatique (alternance d'humidifications/dessiccations). En effet, les blocs ont été assemblés sur un substrat sableux artificiel préalablement constitué pour amortir les variations d'imprégnation des eaux, alors qu'argiles et vases ne s'y prêtent pas.

Selon la littérature archéologique, Angkor aurait été bâti au IX<sup>ème</sup> siècle, au tout début de l'empire khmer, mais cela aurait été sur un site beaucoup plus ancien puisque on y a retrouvé des traces d'une nécropole (Koh Ta Méas) datée d'au moins 1800 avant notre ère (Âge du Bronze). La région, au Nord-Ouest du pays, est sous l'influence d'un climat tropical

Fig. 2 Plan de situation des principaux édifices du site patrimonial d'Angkor au Cambodge.





*Fig. 3 Une pièce d'eau aménagée. Un allée a été construite (murs et pavement) avec de la cuirasse ferrallitique (cliché J.-N. Salomon, 2014).*

à saisons alternées. Celle des pluies s'étend de mai à novembre tandis que la saison sèche, sévère, va de décembre et avril. Le total pluviométrique à Siem Reap est de l'ordre de 1450 mm/an. Les températures sont généralement chaudes (de 10°C à un maxima de 38°C).

Ce climat actuel n'a pas forcément été toujours le même dans le passé ; mais il a impliqué (schématiquement) un système morphogénétique favorable à la formation de cuirasses ferrallitiques (pour les secteurs non forestés de type savane) et d'altérites profondes (pour ceux qui le sont). En effet, le site est sur une plaine sédimentaire, favorable à leur formation.

Le problème qui a dû se poser aux premiers agriculteurs, et plus spécifiquement aux riziculteurs d'Angkor, a été double :

- d'une part, le climat n'était favorable qu'à une seule récolte annuelle. Il s'agissait d'une riziculture pluviale en plein champ avec l'inconvénient de rendements faibles. Mais il s'agissait de la seule possibilité initiale.
- d'autre part une partie de la région d'Angkor a été pénalisée par la présence de **cuirasses ferrallitiques** (dont on retrouve de multiples témoins). Or ces cuirasses ferrallitiques stérilisent littéralement les terrains car elles sont extrêmement dures et favorables à la percolation des eaux ce qui induit une sécheresse édaphique nocive aux cultures.

Paradoxalement, tout montre que les royaumes khmers d'Angkor ont été d'une grande richesse, celle-ci provenant d'une économie performante et fondée essentiellement sur l'agriculture.

L'examen élargi du site (terrain) montre les traces de nombreuses infrastructures : chaussées, digues, canaux, douves et retenues artificielles (pièces d'eau ou *baray*; (Fig 3) dont l'usage a pu être récréatif et paysager, mais surtout utile à la riziculture irriguée (voire inondée). Le plus grand *baray* atteint





jusqu'à 18 km<sup>2</sup> ! La riziculture irriguée demande des surfaces planes, ce qui est le cas à Angkor, où l'eau peut être maîtrisée par des levées de terre, des canaux d'irrigation, voire les pièces d'eau pour réguler les inondations (zones de rétention). La tentation a donc dû être grande de franchir le pas dans l'espoir d'obtenir non pas une mais deux récoltes par an (voire trois). Mais la présence des cuirasses ferrallitiques posait problème. C'est pourquoi nous proposons l'hypothèse suivante (qu'il faudrait conforter ou infirmer, nos observations ayant été trop brèves).

Dans un premier temps, les architectes khmers eurent l'idée de tracer, au préalable, un plan d'ensemble du futur site, en commençant par les structures agricoles, avec en priorité les aménagements hydrauliques. Ce n'est qu'ensuite que l'emplacement des temples, palais et lieux de culte fut défini (et certainement avec un étalement et des modifications dans le temps).

On procéda au décapage systématique des cuirasses ferrallitiques afin d'accéder aux altérites meubles et cultivables (même si elles sont peu fertiles). Les blocs enlevés furent utilisés soit pour conforter les allées de communication, les digues, soit ... pour la construction de murs, temples et autres édifices. Cette façon de faire est relativement commune comme par exemple dans les Causses du Sud-Ouest français où les champs ont été construits ainsi que les murs qui les délimitent par épierrages successifs ou pour la construction de terrasses de culture dans les Andes péruviennes.

Dans le cas des matériaux des temples, la littérature archéologique mentionne essentiellement des grès, de la latérite et des briques rouges. Mais il est surprenant qu'une grande confusion soit faite entre ce qui est de l'altérite et de la cuirasse ferrallitique, amalgamées en latérite. Or il s'agit de matériaux de genèses différentes. Et c'est pour cette raison que le terme latérite, trop vague, doit être abandonné.

L'**altérite**, comme son nom l'indique, est un produit de la décomposition et de l'altération de la roche en place, ce qui dépend du climat, essentiellement chaud et humide. Dans ce cas, la décomposition chimique de la roche mère, par oxydation, hydratation et hydrolyse, produit une grande quantité d'argiles dites d'altération : kaolinite, goethite, illite, etc. A terme il ne reste plus dans le sol que les éléments les plus difficilement solubles : alumine, quartz et oxydes ferriques (d'où la couleur rouge de ces sols; c'est la rubéfaction). Et une forte proportion





Fig. 4 Le temple de Baphuon à Angkor Thom : une grande partie des grès d' « habillage » (gris et blancs) a disparu laissant apparaître les blocs de cuirasse (rouges, à texture grumeleuse) constituant l'essentiel de la masse interne du temple (cliché J.-N. Salomon, 2014).

de silice est évacuée. Mais l'altérite qui reste est une roche relativement meuble et friable et donc impropre à la construction telle quelle.

La **cuirasse ferritique** est au contraire, comme son nom l'indique, une **formation durcie et très résistante**. Cette carapace superficielle peut dépasser plusieurs mètres d'épaisseur. Son induration provient dans un premier temps de la précipitation d'hydroxydes de fer et d'alumine véhiculés par l'eau d'infiltration à la suite de pluies. Puis, dans un deuxième temps cette eau remonte par capillarité en surface et s'évapore tout en laissant les hydroxydes qui cimentent le sol. Le cycle se répétant au cours des saisons la cuirasse s'épaissit progressivement. Comme évoqué (cf. *supra*) elle se forme principalement dans les régions de climat intertropical présentant une alternance de saisons, mais surtout lorsque les saisons sèches sont nettement marquées. Une fois formée, la cuirasse joue, vis à vis de l'érosion, un rôle protecteur mais s'avère néfaste à la venue des plantes. C'est aussi un excellent matériau de construction (utilisé par nombre de maisons périgourdines ou landaises). Et elle a souvent été utilisée comme minerai au XIXème siècle pour la fabrication du fer (Salomon et Pomel, 2005) par de petites forges.

Il se trouve que dans bien des temples d'Angkor (Baphuon, Banteay Srei, Phimeanakas, Ta Prohm, etc.) ce sont les blocs de cuirasse qui constituent l'armature du cœur de la construction et non les grès qui ne viennent qu'habiller le dessus (Fig.4). L'avantage du recours à la cuirasse est évident : une bien meilleure tenue des temples à l'érosion du temps, la densité



Fig. 5 Temple de Phimeanakas. L'essentiel du corps est constitué de grès rouges. Au premier plan, comme sur la bordure de la douve (à gauche et à droite de la photo), se trouvent des blocs de cuirasse ferralitique. Enfin, l'habillage de grès verdâtres a permis les sculptures ornementales (cliché J.-N. Salomon, 2014).



Fig. 6 Porte à Banteay Srei. La structure vacuolaire de la cuirasse apparaît nettement (cliché J.-N. Salomon, 2014).



et la résistance de la cuirasse étant incomparable (Fig. 5). De plus sa structure vacuolaire forme un bon isolement par rapport à la circulation de l'eau par porosité, ce qui prévient la corrosion (Fig. 6). L'inconvénient est que les blocs de cuirasse ont une texture assez grenue et rugueuse, souvent vacuolaire, ce qui ne se prête pas à la sculpture de bas-reliefs et de figures.

C'est pourquoi les artistes khmers eurent plutôt recours au grès tendres et fins, dociles au ciseau et la lime (des carrières importantes se situent au NE d'Angkor ; ex : Phom Kulen à 30 km d'Angkor Thom). S'il n'existe pratiquement pas d'étude sur les « latérites », « altérites » et « cuirasses ferralitiques », par contre un certain nombre d'excellentes publications ont été faites sur les grès (André, M.-F. *et al.*, 2008 et 2011 –





Douglas J., 2010). Très schématiquement deux types de grès peuvent être distingués selon leur couleur : des **grès verdâtres** (Angkor Vat, Bayon, Ta Prohm) très homogènes, légèrement effervescents (calcite) ; et des **grès rouges-bruns**, très siliceux avec un ciment ferrugineux d'hématite, limonite et oxydes de fer (Banteay Srei). Dans l'ensemble ces grès sont tendres, homogènes et donc aptes à recevoir une ornementation. De fait, on les retrouve pour les linteaux, les tympans, les chambranles, les piliers des portes et bien sûr, pour l'ensemble des sculptures et bas-reliefs (Fig. 7).

Enfin, il ne faut pas négliger l'esthétique des lieux, voulue par les souverains successifs, et représentée par les temples mis en valeur par les étendues d'eau (douve). Par ailleurs l'inondation permanente de ces dernières a un autre avantage : inondées en permanence, elles annihilent les alternances de stabilité des terrains sous-jacents, ce qui explique le maintien en bon état relatif, sans dommages notables, des temples. La présence de ces douves est systématique pour cette raison, à Angkor Vat, Bayon, Preah Khan, Ta Prohm, Banteay Kdei, etc.

*Fig. 7 Un exemple de l'utilisation du grès : un linteau du temple de Ta Prohm plus facile à travailler que la cuirasse vacuolaire qui l'entoure (cliché J.-N. Salomon, 2014).*





### **Conclusion**

Il est très probable que les aménagements de grande ampleur que l'on croit déceler sur le site d'Angkor ont porté leurs fruits et que les paysans khmers ont pu pour un temps bénéficier, grâce à l'irrigation, de deux récoltes de riz annuelles. Ce gain de productivité a profité à tous : meilleure alimentation, meilleure santé et enrichissement. Cela s'est traduit par un essor démographique et une puissance inégalée dans la région sur plusieurs siècles dont les vestiges actuels témoignent. Le recours aux divers types de matériaux disponibles en fonction de leurs qualités indique également une grande intelligence d'utilisation. C'est ce qui a permis, en grande partie, la conservation des vestiges jusqu'à nos jours, en dépit des nombreux déboires que ce site a connu.

On remarquera enfin, que ces temples ont été implantés au cœur même de la vie sociale et économique khmère, sur des terres construites émergeant des eaux. Les chaussées qui y conduisent mettent en relation cultivateurs et divinités, simplement séparés par des pavillons qu'il faut franchir. L'examen d'images satellitaires a montré que c'est environ 5 000 édifices qui ont été construits au cours des siècles et révélé qu'ils étaient entourés de noyaux urbains plus ou moins polynucléaires. Cela suppose une population fort nombreuse (jusqu'à un million d'habitants ?). On est loin des lieux sacrés séparés du monde des hommes !





### **Bibliographie sommaire**

- André, M.-F., Mercier D., Etienne S., Voldoire O., Vautier F. – 2008 - « *Approche géographique de l'érosion des temples d'Angkor : enjeux et perspectives* », B.A.G.F., 1 : pp. 105-117.
- André, M.-F., Phalip B., Voldoire O., Vautier F., Géraud Y., Benbakkar M., Constantin C., Huber F., Morvan G. - 2011 – « *Weathering of sandstone lotus petals at the Angkor site : A 1000 year stone durability trial* », Environmental Earth Sciences 63, pp. 1723-1739.
- Douglas J., Caro F., Fisher C. – 2010 – « *Evidence of sandstone usage for sculpture during the Khmer Empire in Cambodia through petrographic analysis* », UDAYA Journ. of Khmer Studies, 9, pp. 1-18.
- Salomon J.-N. et Pomel S. – 2005 - « *Accumulations et gisements de fer dans les terrains karstiques : exemple du Périgord et du Jura franconien* », (Colloque « Karst et mines », Paris) in Bull. Trav. L.G.P.A. n° 23, pp. 11-20, 6 Fig., Univ. Bordeaux 3.