



## Annexe 1 : Photos des sites étudiés

Marais d'Emaotfer (photos : Claire Combettes - octobre 2013)



Frange de Cyperaceae



Ceinture arborée. A) *Pandanus* sp. et *Barringtonia racemosa* ;  
B) *Barringtonia racemosa*



Plateau entourant le marais. En arrière-plan, sur les hauteurs, se trouve une forêt dense



Vue prise dos au marais.  
La croix indique l'emplacement du cimetière de Teouma

Lac Otas (photos : Anne-Marie Sémah/Denis Wirrmann - octobre 2005)



Frange de Cyperaceae



Ceinture arborée



Végétation anthropisée

## Annexe 2A : Sépultures du Vanuatu

### Le cimetière de Téouma



© F. Valentin



© F. Valentin



© F. Valentin



Bedford et al., 2007

Inhumations dans des positions diverses, dépôts secondaires dans un contexte sépulcral

### Roy Mata (Garanger, 1972)



#### Sépulture de Roy Mata

A) Bracelets de danse et pendentif en os et coquillages

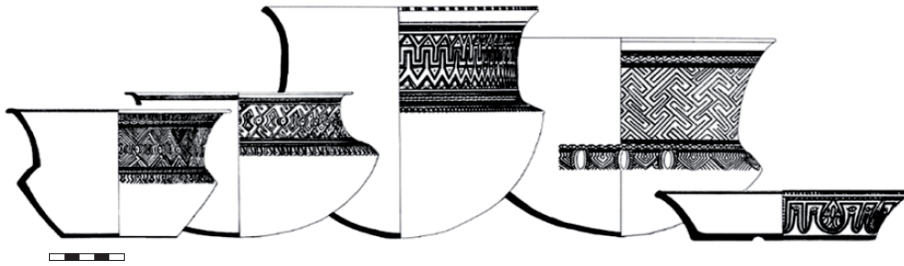
B) Bracelet en défense de porc



Grotte Fels, peintures de la paroi située à gauche de l'entrée  
Le personnage entouré serait vraisemblablement une représentation de Roy Mata

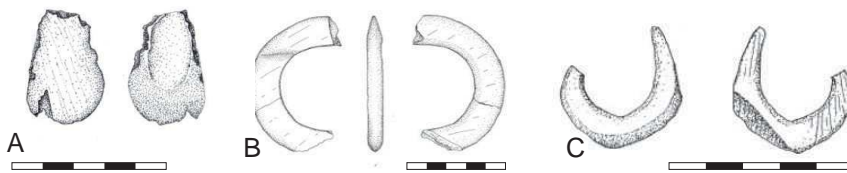
## Annexe 2B : Artéfacts préhistoriques du Vanuatu

### Culture Lapita



Poterie Lapita de Teouma

Bedford et al., 2007

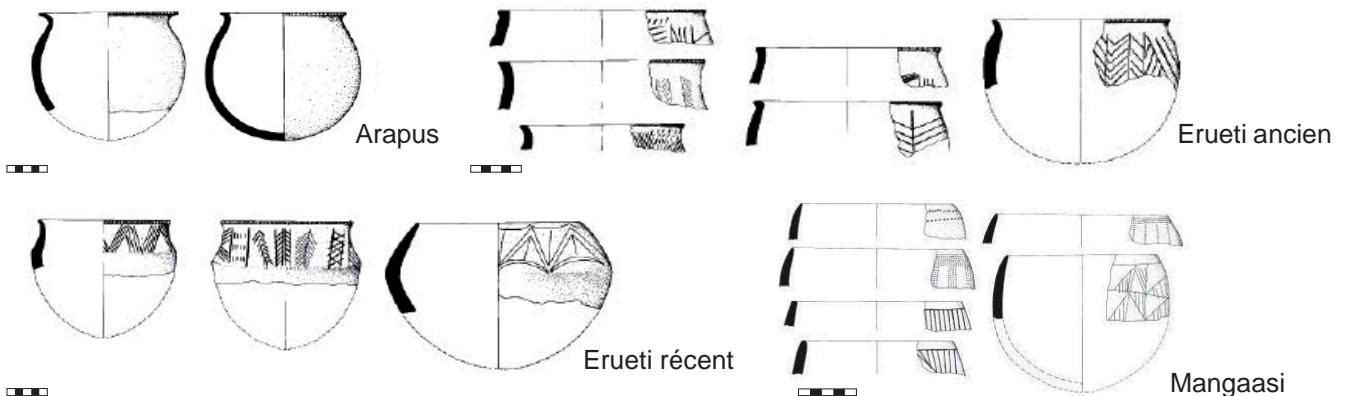


Artefacts non céramiques :  
 A) Herminette en coquillage  
 B) Anneau en *Conus*  
 C) Hameçon en *Conus*

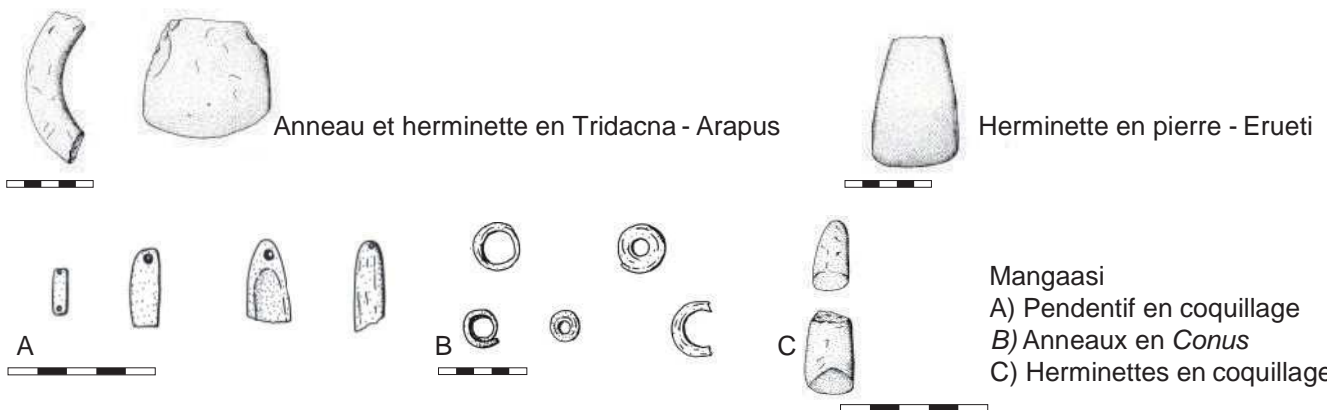
Szabó, 2010

### Cultures post-Lapita - Efate et les îles alentours

Poteries (Bedford, 2009)



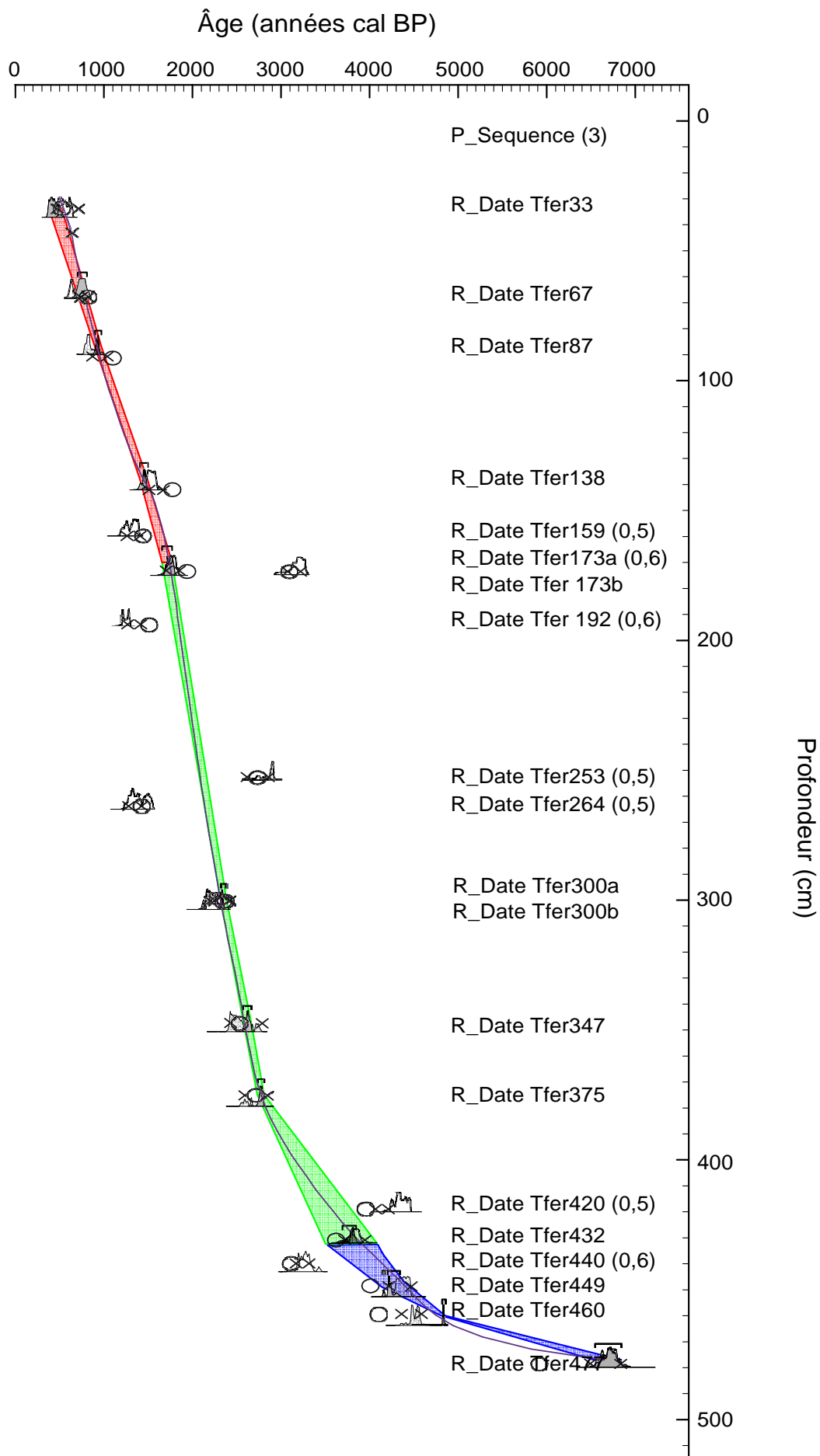
Artefacts non céramiques (Bedford, 2006)



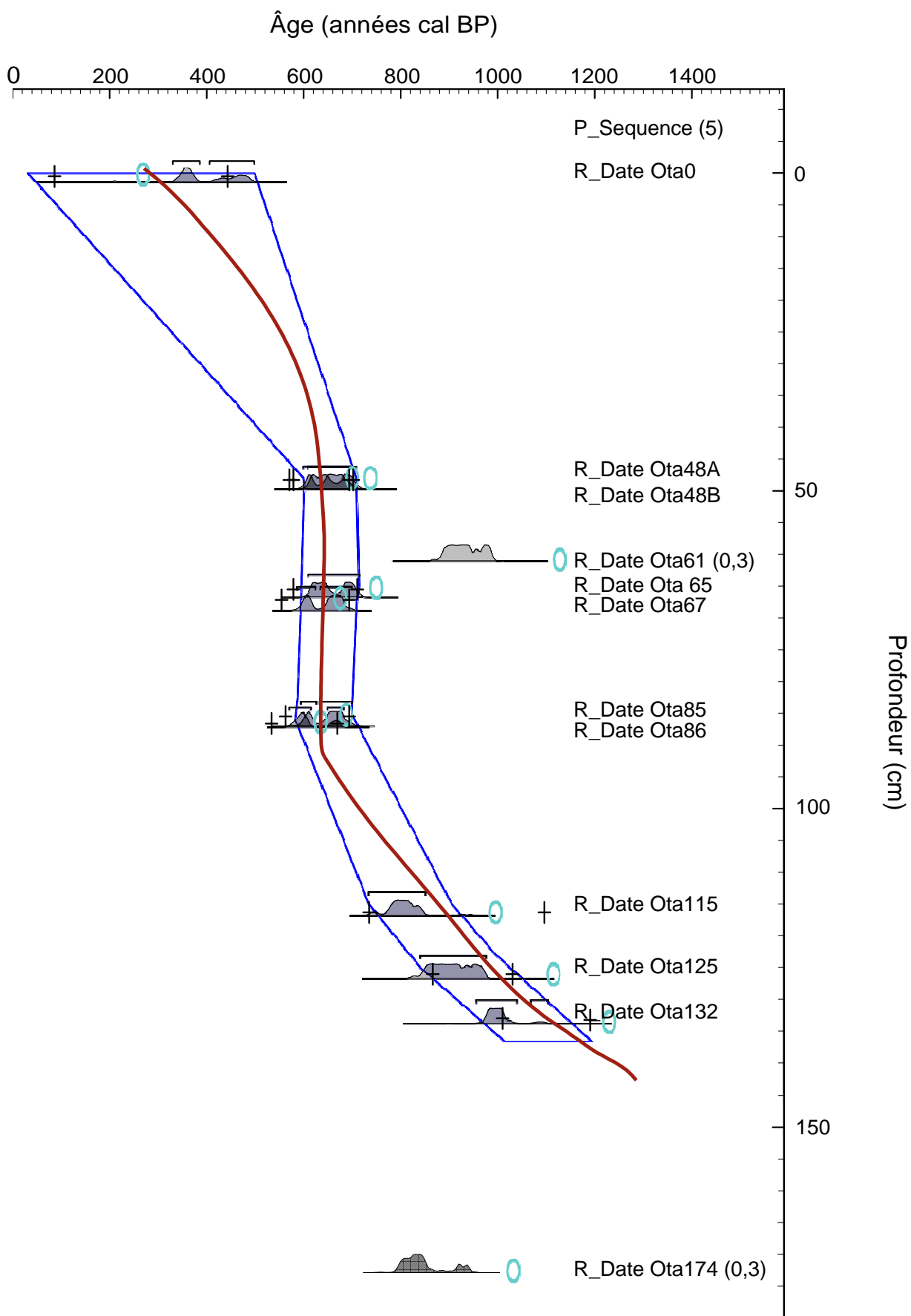
Mangaasi  
 A) Pendentif en coquillage  
 B) Anneaux en *Conus*  
 C) Herminettes en coquillages

Taille de l'échelle : 5 cm

Annexe 3A : Modèle d'âge-profondeur (statistiques bayésiennes) de la carotte Tfer06



Annexe 3B : Modèle d'âge-profondeur (statistiques bayésiennes) de la carotte Ota2



## Annexe 4 : Observation et identification de la végétation autour du marais d'Emaotfer

### Plateau ouest :

#### ARBRES ET ARBUSTES :

*Veitchia montgomeriana* (Arecaceae)  
*Garuga* sp. (Burseraceae)  
*Diospyros* sp. (Ebenaceae)  
*Bischofia javanica* (Euphorbiaceae)  
*Cleidion speciforma* (Euphorbiaceae)  
*Macaranga tanarius* (Euphorbiaceae)  
*Adenanthera* sp. (Fabaceae)  
*Intsia bijuga* (Fabaceae)  
*Pterocarpus* sp. (Fabaceae)  
*Homalium* sp. (Flacourtiaceae)  
*Gyrocarpus* sp. (Hernandiaceae)  
*Sterculia banksiana* (Malvaceae)  
*Anthocarapa* sp. (Meliaceae)  
*Chisocheton* sp. (Meliaceae)  
*Dysoxylon* sp. (Meliaceae)  
*Antiaris* sp. (Moraceae)  
*Myristica* sp. (Myristicaceae)  
*Syzygium anaytiensis* (Myrtaceae)  
*Pisonia umbellifera* (Nyctaginaceae)  
*Ellatostachys* sp. (Sapindaceae)  
*Pouteria* sp. (Sapotaceae)  
*Dendrochnide* sp. (Urticaceae)

#### HERBES :

Poaceae et Asteraceae

### Marais:

#### ARBRES ET ARBUSTES :

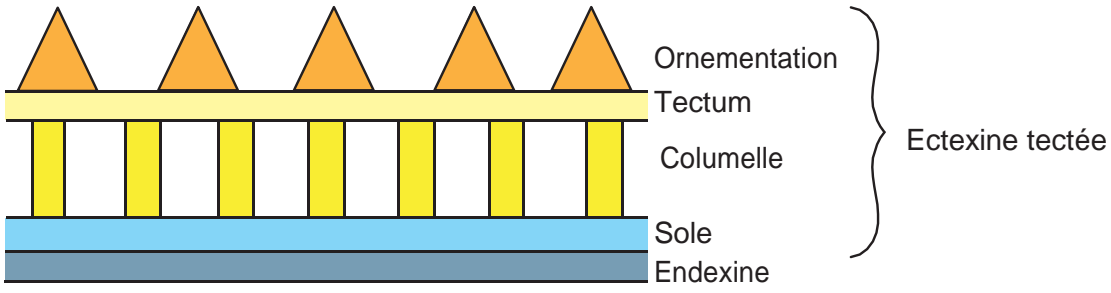
*Garuga* sp. (Burseraceae)  
*Erythrina fusca* (Fabaceae)  
*Gyrocarpus* sp. (Hernandiaceae)  
*Barringtonia racemosa* (Lecythydaceae)  
*Hibiscus tiliaceus* (Malvaceae)  
*Pandanus* sp. (Pandanaceae)

#### LIANES :

*Mikania micrantha* (Asteraceae)  
*Derris trifolia* (Fabaceae)  
*Entada gigas* (Fabaceae)  
*Cayratia trifolia* (Vitaceae)

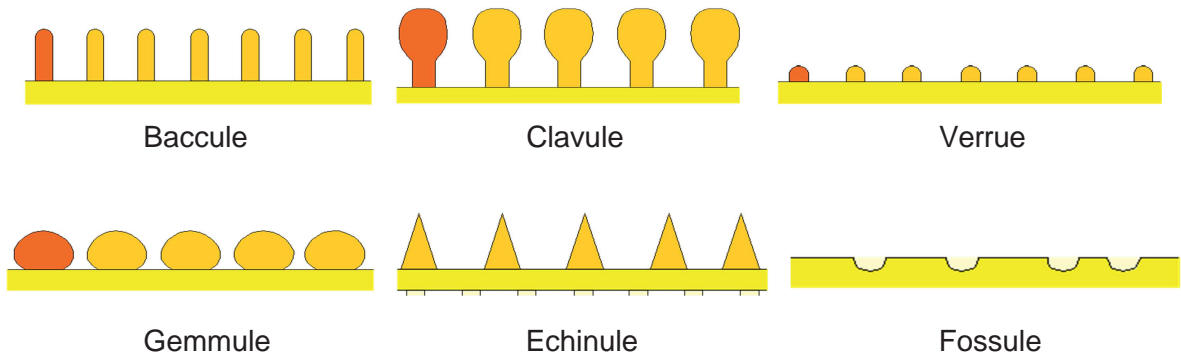
Fougères et mousses

## Annexe 5 : Coupe d'un grain de pollen fossile

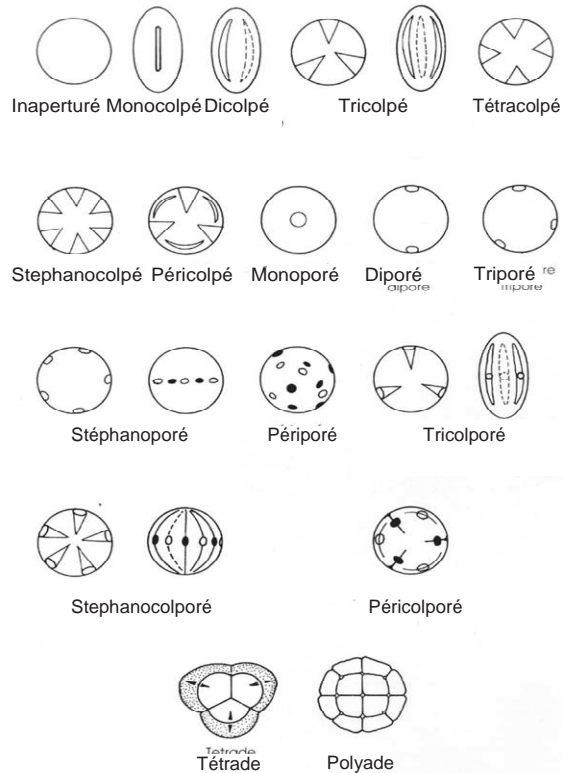


Une exine est intectée si elle ne possède ni columelle ni tectum

## Ornementations



## Apertures





## Annexe 6 : Pollinisation, production et dispersion des grains de pollen des taxons les plus fréquemment rencontrés

Genre	Pollinisation	Production en pollen	Dispersion des grains	Références
TAXONS FORÊT TROPICALE HUMIDE				
<i>Araliaceae</i>	Inconnue	Inconnue	Inconnue	/////
<i>Veitchia</i>	Insectes	Inconnue	Locale	Judd et al., 2000
<i>Ascarina</i>	Vent	Forte	Régional	Endress, 1987
<i>Geissois</i>	Oiseaux, chauves-souris	Forte	Inconnue	Hopkins et al., 2015, for a review
<i>Weinmania</i>	Insectes	Inconnue	Locale	Hopkins et al., 2015, for a review
<i>Podocarpus</i>	Vent	Forte	Régionale	www.plantes-botanique.org
<i>Syzygium</i>	Eau, autopollinisation	Inconnue	Locale	www.worldagroforestry.org
<i>Nauclea</i>	Insectes	Inconnue	Locale	Wheatley, 1992
<i>Peperomia</i>	Insectes	Faible	Local	Judd et al., 2000
TAXONS FORÊT SECONDAIRE				
<i>Elaeocarpus</i>	Insectes ?	Inconnue	Local ?	Irudhayaraj et Ramasubbu, 2014
<i>Glochidion</i>	Insectes	Forte	Locale	Judd et al., 2000
<i>Homalanthus</i>	Insectes	Forte	Inconnue	Judd et al., 2000
<i>Macaranga</i>	Insectes	Forte	Régionale	Fiala et al., 2011 ; Ishida et al., 2008
<i>Mallotus</i>	Insectes	Forte	Inconnue	www.worldagroforestry.org
<i>Moraceae</i>	Insectes	Faible	Locale	Rasplus et al., 2003
<i>Macropiper</i>	Insectes (surtout), vent	Forte	Locale	Gardner, 1997
<i>Piper</i>	Eau, insectes, autopollinisation	Assez forte	Locale	Kikuchi et al., 2007 ; Lebot et al., 1989, for a review
<i>Trema</i>	Vent, insectes	Forte	Régionale	Botineau, 2010, for a review
<i>Urticaceae</i>	Vent	Faible	Inconnue	www.plantes-botanique.org
TAXONS FORÊT SEMI-DÉCIDUE				
<i>Garuga</i>	Inconnue	Inconnue	Inconnue	/////
<i>Mimosoidae</i>	Vent	Forte	Inconnue	Wheatley, 1992
<i>Desmodium</i>	Insectes	Faible	Locale	Alemán et al., 2014
<i>Pterocarpus</i>	Insectes	Faible	Locale	Loupe, 2008
<i>Ellatostachys</i>	Vent	Inconnue	Régionale	Wheatley, 1992
<i>Celtis</i>	Vent, insectes	Inconnue	Régionale	Botineau, 2010, for a review
TAXONS INTRODUIITS				
<i>Musa</i>	Chauves-souris	Forte	Inconnue	Pesson et Louveaux, 1984
<i>Phyla</i>	Insectes	Inconnue	Locale	Estes et Brown, 1973

TAXONS MANGROVE ET LITTORAL				
<i>Cocos</i>	Vent, eau	Assez forte	Régionale	Botineau, 2010, for a review
<i>Casuarina</i>	Vent	Forte	Régionale	Wheatley, 1992
<i>Calophyllum</i>	Insectes	Inconnue	Locale	www.worldagroforestry.org
<i>Ipomea</i>	Insectes	Faible	Locale	www.plantes-botanique.org
<i>Excoecaria</i>	Insectes	Faible	Locale	Tomlinson, 1994
<i>Rhizophora</i>	Vent, eau	Forte	Régionale	Botineau, 2010, for a review
<i>Sonneratia</i>	Chauves-souris	Faible	Locale	Wang'onde et al., 2013
TAXONS UBIQUISTES				
<i>Barringtonia</i>	Insectes, chauves-souris	Faible	Locale	www.plantes-botanique.org, Jansen et Cardon, 2005
<i>Pandanus</i>	Vent, eau	Forte	Locale	Botineau, 2010, for a review
TAXONS MARÉCAGE				
Amaranthaceae	Insectes, vent	Faible	Locale	Pesson et Louveaux, 1984
Cyperaceae	Vent	Inconnue	Locale	Botineau, 2010, for a review
Nymphaeaceae	Insectes	Faible	Locale	Pesson et Louveaux, 1984
Asteraceae	Insectes	Faible	Locale	Judd et al., 2000
Poaceae	Vent	Forte	Régionale	Judd et al., 2000

## Annexe 6 : Pollinisation, production et dispersion des grains de pollen des taxons les plus fréquemment rencontrés (suite et fin)

Les données sur la production des grains de pollen sont qualitatives et non quantitatives, il n'existe pas, pour ces taxons, de chiffres associés.

Pour la dispersion des grains de pollen, « local » signifie une dispersion ne dépassant pas le kilomètre, tandis que « régional » indique une dispersion supérieure à un kilomètre

## Annexe 7 : les logiciels employés lors de cette thèse

- Oxcal (version 4.2.2) et Kaleidagraph (version 4.5.0) : Calibration des âges  $^{14}\text{C}$  (courbe ShCal13), réalisation des modèles d'âge-profondeur, basés sur des statistiques bayésiennes (Oxcal) ou sur une courbe polynomiales lissées (Kaleidagraph)
- Tilia (version 2.0.4) et Illustrator : Diagramme palynologique en fonction de la profondeur et du temps, analyse cluster (CONISS)
- Winseedle (version 4.3) et Photoshop/ImageJ (version 2.0.0) : Comptage et mesure (longueur, largeur, surface) des charbons de taille supérieure à  $160\ \mu\text{m}$
- Matlab (version 7.9.0.529) : ACP et cartes Topo-Organisatrices
- R (3.1.0) et Excel : Quantifications climatiques (fonction de densité de probabilité) et analyses statistiques fréquentielles classiques : fréquence, moyenne, écart-type, etc.

# Annexe 8A : ACP Tfer06

## Cas 1

Ordre de grandeur des axes		Corrélations Variables/Axes									
Unité	Pourcentage	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6	Axe 7	Axe 8	Axe 9	
4,08423064	17,7575245	Araliaceae	-0,27580807	0,12418489	-0,02611978	0,04359217	<b>-0,54725217</b>	0,02895873	-0,11399246	0,01718956	-0,12737855
3,52561403	15,3287567	Veitchia	0,11145962	0,06461044	-0,08405763	0,38464258	-0,24400831	<b>-0,23340976</b>	0,30050631	0,07114502	0,51592523
3,16828959	13,7751721	Ascarina	0,03971232	-0,00578169	0,21816025	<b>0,41633226</b>	-0,17604905	<b>0,36584217</b>	-0,03584095	0,14279807	-0,08487451
1,66400417	7,23480075	Cunoniceae	-0,05200169	-0,11262601	<b>-0,41522467</b>	0,21113287	0,13235939	-0,04673841	0,14076848	0,17695177	-0,0590734
1,39520227	6,06609682	Podocarpus	-0,3377695	0,09685045	-0,11910943	-0,14234173	-0,35437823	0,04968123	-0,17268456	-0,12785322	0,02761808
1,22618179	5,33122516	Peperomia	<b>0,31784852</b>	0,08638184	-0,26377657	0,00939803	0,05363839	0,19418462	-0,12810729	0,09498229	0,0753586
1,18979591	5,17302569	Syzygium	-0,28351607	0,19374632	-0,1546179	0,18534724	0,00856859	0,06209373	-0,04532718	<b>0,37473833</b>	-0,10030857
1,05721418	4,59658337	Nauclea	-0,34864557	0,09315875	-0,20272352	0,0482867	0,2762635	0,07004552	0,04362775	0,12510335	0,01155036
0,81654	3,55017392	Elaeocarpaceae	<b>-0,35625443</b>	0,0698189	-0,25725572	0,07167485	0,18254074	-0,04790533	-0,04518293	0,03556876	-0,09716116
0,77891883	3,3866036	Euphorbiaceae	-0,15208282	-0,14192074	<b>0,46178711</b>	-0,01646312	0,09922442	0,01544109	-0,05928389	-0,01357655	0,21575975
0,60639588	2,63650385	Moraceae	-0,14671383	-0,35216236	-0,13293672	0,02195778	0,05833463	0,15565106	-0,14839232	-0,10310958	0,12184166
0,57238771	2,48864223	(Macro)Piper	0,20466152	-0,14517347	-0,20999021	<b>-0,30261313</b>	-0,14236889	0,34569031	0,00268711	0,07605911	-0,15757566
0,45864966	1,99412897	Trema	0,01379528	-0,35344578	0,23279348	0,10202512	0,21001614	<b>-0,23500022</b>	-0,22526725	0,2087389	-0,02418553
0,38267061	1,66378527	Urticaceae	-0,07994023	-0,20886892	0,03026715	-0,08896691	-0,1488685	0,07864674	<b>0,62366331</b>	-0,30066399	-0,18037578
0,34062361	1,48097222	Fabaceae	0,01470404	-0,29675603	-0,31823438	0,08768133	0,08653078	-0,25417041	0,13809908	-0,14071547	-0,05758822
0,33304655	1,44802848	Mimosoidae	-0,09805795	<b>0,36687961</b>	0,07441178	0,12887325	-0,28164766	0,1289086	0,03563821	0,06293752	-0,20915919
0,25924979	1,127173	Euodia	-0,22143617	0,03670096	-0,01277277	0,07718509	<b>0,32031</b>	<b>0,38936132</b>	0,06227122	<b>-0,51246003</b>	0,14180211
0,23024584	1,00106886	Sapindaceae	0,04726978	0,21858374	-0,04356653	0,31670719	-0,11461003	-0,16094726	-0,32718692	<b>-0,50626062</b>	-0,03899884
0,18845231	0,81935788	Celtis	0,02980951	-0,33779287	-0,14872034	0,06370456	-0,06564141	<b>-0,27561359</b>	<b>-0,36955751</b>	-0,21230445	-0,18614313
0,14869678	0,64650737	Musa	0,30641668	0,23780204	-0,14700816	0,16932079	0,03246663	-0,11256263	0,12732288	-0,13953506	-0,00571452
0,13496371	0,58679874	Phyla	0,28251589	<b>0,29800682</b>	0,08885008	-0,24118576	0,13184114	0,01834333	-0,13301397	-0,04062342	-0,20025206
0,07056501	0,3068044	Poaceae/Aster	0,14738273	-0,03072278	0,10084767	0,48367172	0,14925041	0,32981578	-0,04238367	-0,02721123	<b>-0,29532133</b>

## Cas 2

Ordre de grandeur des axes		Corrélations Variables/Axes							
Unité	Pourcentage	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6	Axe 7	
3,30961193	19,4683054	Araliaceae	-0,34610273	0,04510567	-0,02762965	0,19133477	<b>-0,48119649</b>	0,01863551	-0,14214753
2,61207033	15,3651196	Veitchia	0,12797262	0,01423243	-0,15314067	0,39927388	-0,22347217	<b>0,38811935</b>	<b>-0,32452194</b>
1,92655527	11,3326781	Ascarina	0,03965076	0,11458565	<b>0,30140271</b>	<b>0,50229287</b>	0,04423418	0,00330333	-0,31878195
1,56938339	9,23166702	Cunoniceae	-0,00583422	-0,35492263	<b>-0,40690729</b>	-0,15785998	0,15625913	-0,19621847	-0,02017146
1,29257416	6,60337738	Podocarpus	-0,40819086	-0,03119564	-0,12552911	-0,02808292	-0,32864898	0,21973744	-0,14954056
1,06344393	6,25555255	Peperomia	<b>-0,34675722</b>	0,00562029	-0,35789855	0,00913349	-0,00625449	0,08354459	<b>-0,37017291</b>
1,02202979	6,01193993	Syzygium	-0,32870995	0,06225766	-0,3118834	0,23877377	0,04206738	-0,20160432	-0,17871713
0,78795965	4,63505677	Nauclea	<b>-0,36771177</b>	-0,0716375	-0,32516354	0,04628574	0,31007493	-0,04749679	-0,00201339
0,63109447	3,71232043	Fabaceae	0,08741446	<b>0,48228777</b>	-0,18282843	-0,00757005	0,04589438	0,10102761	0,26661922
0,54358542	3,19756132	Mimosoidae	0,14420678	-0,40278552	0,23834819	0,18838108	-0,12333412	-0,00449062	-0,1042386
0,47737876	2,80811034	Euodia	-0,22951711	0,01751106	-0,05187189	0,10364769	<b>0,49965217</b>	0,45666366	0,11995237
0,38549673	2,2676278	Sapindaceae	0,04815213	0,18516315	-0,22835147	0,310442	-0,27087625	<b>0,55042913</b>	0,30210744
0,36323496	2,13667622	Celtis	0,087484	-0,43060799	0,061991	-0,03057798	-0,1913265	0,34448929	0,19947494
0,30850677	1,8147457	Musa	<b>0,33594929</b>	0,22109839	-0,33596216	0,11965594	-0,08598623	-0,03962872	0,10248012
0,2820727	1,65925116	Phyla	0,25909755	<b>0,32004498</b>	-0,26214485	<b>-0,25439704</b>	-0,01976562	0,12358887	-0,06269235
0,25318542	1,48932602	Poaceae/Aster	0,19227246	0,05128932	0,13644857	<b>0,49206334</b>	0,31120248	0,15237531	-0,05995139

## Cas 3

Ordre de grandeur des axes		Corrélations Variables/Axes							
Unité	Pourcentage	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6	Axe 7	
3,03606047	20,2404031	Araliaceae	-0,3528371	0,09148878	-0,0449835	<b>0,46267334</b>	-0,26635512	0,04883655	-0,13038861
2,32819484	15,5212989	Veitchia	0,1075534	0,00241642	<b>-0,41525622</b>	0,07957152	<b>-0,3306854</b>	<b>0,26659884</b>	<b>0,44930084</b>
1,51841796	10,1227864	Ascarina	0,02854927	<b>-0,27413353</b>	-0,31382778	0,40865668	0,2644352	0,16222497	-0,3116969
1,36235576	9,08237171	Cunoniceae	0,07529164	<b>0,48391626</b>	-0,27490659	-0,12204156	0,07620846	0,2229232	0,02272227
1,24320452	8,28803012	Podocarpus	<b>-0,38890697</b>	0,22848728	0,08476808	0,24210986	-0,20227481	-0,19163892	-0,19193821
1,04393691	6,95597938	Peperomia	0,28137027	0,03800342	-0,29099505	<b>0,36275202</b>	<b>-0,33989438</b>	-0,12178165	<b>0,33915959</b>
1,00864554	6,72430358	Syzygium	-0,36947975	0,18417459	-0,32903948	-0,02135543	-0,02513783	<b>0,26396196</b>	-0,10071052
0,75086609	5,00573793	Nauclea	-0,35478696	0,32441629	-0,16408039	-0,20847483	0,22286694	0,06871368	0,01061586
0,57854957	3,85969713	Fabaceae	0,23899827	<b>0,47339081</b>	0,00122434	0,03426411	0,11054029	-0,02028162	0,25698772
0,49105169	3,27367792	Mimosoidae	<b>0,32085524</b>	0,18177803	-0,01251327	0,43821763	0,12802095	0,12529541	-0,06750484
0,454473	3,02981997	Euodia	-0,22423277	0,07409951	-0,14354395	-0,14115102	<b>0,51753903</b>	<b>-0,43947719</b>	0,01133543
0,3783686	2,52245735	Sapindaceae	-0,05720309	-0,08175626	-0,39686022	0,11759922	-0,29869931	-0,63297785	0,25318892
0,33566037	2,2377358	Celtis	0,24652759	0,33125575	<b>0,16130015</b>	0,35234192	0,08000369	<b>-0,2944419</b>	0,12819904
0,26492844	1,76618962	Poaceae/Aster	0,18328189	-0,2080824	<b>-0,46651546</b>	0,0992674	0,34789128	-0,06677485	-0,05410022

## Cas 4

Ordre de grandeur des axes		Corrélations Variables/Axes					
Unité	Pourcentage	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	
2,94690076	22,6684674	Araliaceae	-0,36486445	0,04557599	<b>0,42063156</b>	0,17163317	-0,26765652
1,63635786	12,5873681	Veitchia	0,10547737	-0,22712109	-0,32919405	-0,25093665	<b>0,31864475</b>
1,39212244	10,7086341	Ascarina	0,08075315	-0,42829759	-0,29787605	<b>0,37243746</b>	0,13705544
1,31050279	10,0807907	Podocarpus	<b>-0,42670679</b>	0,24087921	-0,26444459	0,00469727	-0,06395468
1,18952624	9,15020187	Peperomia	0,2836492	0,00279833	-0,07137105	<b>-0,61664114</b>	0,02681753
0,98817372	7,60133631	Syzygium	-0,39722661	-0,11314886	-0,20653658	-0,19311473	0,07027563
0,89521338	6,88625674	Nauclea	<b>-0,41359146</b>	0,06452494	0,00626352	-0,21506235	0,35428541
0,73759716	5,67382432	Mimosoidae	<b>0,28368437</b>	0,24726451	<b>0,40959652</b>	0,25809004	0,17043539
0,54957056	4,22746583	Euodia	-0,23954004	-0,12330048	0,08018577	-0,02850178	<b>0,63348839</b>
0,4538547	3,49119001	Sapindaceae	-0,04392658	-0,28402896	-0,36677813	-0,30421943	-0,09374284
0,3695395	2,84261152	Celtis	0,17692996	<b>0,44809278</b>	-0,31873012	0,17038876	0,19045356
0,31246018	2,40353983	Poaceae/Aster	0,22148699	<b>-0,45473239</b>	-0,20045347	0,05424852	0,36500508

Variable la plus corrélée à un axe  
Variable la plus anticorrélée à un axe

Cas 1 : toutes les variables (taxons) observées plus de 5 fois dans la carotte, à l'exception des taxons de marécages et de littoral/mangrove

Cas 2 : variables du cas 1 sans les taxons de la forêt secondaire

Cas 3 : variables du cas 2 sans les taxons introduits

Cas 4 : variables du cas 2 sans les Cunoniaceae et les Fabaceae, taxons très corrélés ou anticorrélés à l'un des deux premiers axes du cas 3

## Annexe 8B : ACP Ota2

### Cas 1

Ordre de grandeur des axes		Corrélations Variables/Axes						
Unité	Pourcentage	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5	Axe 6	Axe 7
4,46542993	22,3271496	-0,03280229	-0,12722633	<b>0,38896398</b>	-0,0931723	-0,3753778	0,18419203	<b>0,28745477</b>
3,86580495	19,3290248	<b>-0,35412434</b>	0,13736649	-0,23292203	-0,08955807	0,02395396	-0,25515328	-0,05116451
3,01104824	15,0552412	-0,12047199	-0,29484964	-0,30809084	<b>0,25170056</b>	-0,08161352	-0,26446774	0,19675834
2,04789823	10,2394912	0,21666867	0,1651482	-0,2131179	0,08085194	<b>0,27123353</b>	<b>0,35015243</b>	<b>-0,36280663</b>
1,44355513	7,21777566	-0,14819619	-0,30830783	<b>-0,33298822</b>	<b>0,26133836</b>	-0,07753715	0,09712313	-0,0730082
1,26023834	6,30119172	0,01434652	0,09648901	-0,27735323	<b>-0,40841024</b>	-0,07913345	-0,07152261	-0,18015614
1,05120776	5,25603881	-0,02777407	<b>0,39574156</b>	-0,11740339	0,01377035	-0,20571183	0,26099653	<b>-0,37592808</b>
0,91344535	4,56722676	0,36267791	0,04836188	-0,01859638	0,2402588	0,13943915	-0,30045804	-0,04516702
0,79199104	3,95995519	-0,25591413	0,08934129	0,28985958	0,18996817	0,00445806	-0,25050322	-0,34092079
0,38895162	1,9447581	-0,33114476	0,09146058	0,18209274	-0,27627646	0,16451816	0,28630247	0,20735599
0,31410242	1,57051211	-0,07760835	<b>-0,38918232</b>	0,08763856	0,13632713	0,13455765	-0,13757226	-0,00894507
0,30538008	1,52690041	-0,226502	0,28702691	0,032064	-0,02658253	-0,25197198	<b>-0,39026897</b>	-0,24582455
0,11407738	0,57038692	<b>0,4002664</b>	-0,01657445	0,00013617	-0,07728943	-0,34297467	0,10300377	-0,09329532
0,02686951	0,13434755	<b>0,41369247</b>	-0,09239188	0,16210786	-0,09381667	-0,09381667	0,03651646	-0,19595907
0	0	-0,08028864	0,18980252	0,11057347	<b>0,26613879</b>	<b>-0,58935404</b>	-0,15432069	-0,24535819
0	0	0,18735313	<b>0,31741495</b>	0,18538847	<b>0,25425337</b>	-0,08019975	-0,08325614	0,09444738
0	0	0,01947337	0,12364737	-0,2405029	<b>-0,41927622</b>	-0,05547879	-0,02706504	-0,15930761
0	0	-0,10296015	-0,2684161	0,32033693	-0,15171412	0,15415887	-0,1106	-0,30734466
0	0	-0,20261432	0,20001174	0,06551155	0,31458185	<b>0,27269693</b>	<b>0,35018851</b>	-0,21848898

### Cas 2

Ordre de grandeur des axes		Corrélations Variables/Axes				
Unité	Pourcentage	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4	Axe 5
2,65678037	22,1398364	-0,33436661	<b>0,33086221</b>	-0,15165782	0,31923351	-0,02458746
2,48733617	20,7278014	-0,03860939	-0,26155545	<b>0,58029279</b>	0,03395065	0,17198082
1,94699374	16,2249479	-0,26655265	-0,48548158	-0,08117975	-0,14792773	<b>0,38925609</b>
1,56705365	13,0587804	<b>0,40842795</b>	-0,08902744	-0,12600852	-0,28811202	-0,45793896
1,02212236	8,51768632	-0,27721479	<b>-0,50435135</b>	-0,09766185	-0,23448466	-0,07319697
0,87091305	7,25760873	0,25600809	-0,22347319	0,15670237	<b>0,39513185</b>	-0,21831866
0,74490721	6,20756008	-0,32898263	-0,31533452	-0,25693926	0,07173367	<b>-0,53864319</b>
0,30054772	2,50456431	0,25672503	0,11793351	<b>-0,43557119</b>	-0,26421192	0,2293725
0,24317217	2,02643472	-0,28939066	0,27195755	0,37885884	-0,22704836	0,00391267
0,1125804	0,93817004	0,2892558	-0,1871132	0,20601538	<b>0,40147356</b>	-0,08763569
0,0348072	0,29005999	<b>-0,40589709</b>	0,19171662	-0,01737098	0,15745115	-0,29423754
0,01278596	0,10654967	0,01227798	0,12295709	0,37640438	<b>-0,51812878</b>	-0,34431024

### Cas 3

Ordre de grandeur des axes		Corrélations Variables/Axes			
Unité	Pourcentage	Axe 1	Axe 2	Axe 3	Axe 4
2,61749502	26,1749502	-0,43074136	0,06116908	-0,08523018	<b>0,46239872</b>
1,83820107	18,3820107	-0,05676758	0,44559359	0,33480601	-0,49087414
1,36917625	13,6917625	0,30441017	0,25354834	-0,44459095	-0,04774741
1,27711218	12,7711218	<b>0,4267193</b>	-0,20883592	0,16215579	-0,01001844
0,96512313	9,65123128	-0,16807942	<b>0,48424149</b>	0,10359943	-0,26150367
0,81576561	8,15765611	0,22156658	-0,16412401	<b>0,60366434</b>	0,31932898
0,70886223	7,08862227	-0,38888125	-0,36804163	-0,14701166	-0,18325647
0,23115746	2,31157465	0,32080094	0,15649144	<b>-0,48422134</b>	0,1662213
0,13252673	1,32526734	<b>-0,45057939</b>	0,07719821	-0,05229205	0,16184734
0,04458031	0,44580307	-0,04447815	<b>-0,51232334</b>	-0,15074639	<b>-0,53393599</b>

Variable la plus corrélée à un axe

Variable la plus anticorrélée à un axe

Cas 1 : toutes les variables (taxons) observées plus de 5 fois dans la carotte, à l'exception des taxons de marécages et de littoral/mangrove

Cas 2 : variables du cas 1 sans les taxons de la forêt secondaire

Cas 3 : variables du cas 2 sans Syzygium et Veitchia, taxons très corrélés ou anticorrélés à l'un des trois premiers axes du cas 2

Le biplot révèle que l'analyse statistique ne prend pas toujours en compte les taxons dont la variations est lié à un effet local. Ainsi, pour le calcul des tableaux de corrélations variables-facteurs, les taxons côtiers (littoral et mangrove), ainsi que les taxons de marécages, dont le développement est associé à la fermeture du marais, ne sont pas intégré dans le calcul.



## Annexe 9 : Espaces climatiques des taxons les plus fréquemment rencontrés dans les échantillons du marais d'Emaotfer

<b>Taxons</b>	<b>Limites climatiques (températures moyennes et précipitations annuelles)</b>	<b>Données écologiques (d'après l'Herbier de Paris)</b>
<b>Forêt humide</b>		
<i>Meryta</i>	20-27°C, 1500-4500 mm	De 50 à 700 m d'altitude, dans la forêt humide sur sol calcaire ou volcanique
<i>Schefflera</i>	18-28°C, 1600-4500 mm	De 200 à 1700 m d'altitude (Santo), commun dans la forêt humide, sur les crêtes
<i>Veitchia</i>	23-27°C, 2000-5000 mm	Forêt humide sur calcaire récifal
<i>Ascarina</i>	17-28°C, 2000-5000 mm	Forêt de montagne (de 350 m à Aneityum et jusqu'à 1500 m à Santo) à Cunoniaceae et <i>Metrosideros</i>
<i>Geissois</i>	16-28°C, 2000-4000 mm	Forêt de montagne (de 200 m à 1100 m à Santo) avec une canopée de faible hauteur (max 6 m)
<i>Weinmania</i>	17-26°C, 2000-5000 mm	Forêt de montagne, sur les crêtes (de 30 m à Aneityum à 1800 m à Santo), à <i>Metrosideros</i> , sur un sol brun
<i>Podocarpus</i>	20-27°C, 2000-4000 mm	Forêt humide, jusqu'à 800 m sur Santo, sol noir forestier
<i>Syzygium</i>	18-25°C, 1500-3000 mm	De 50 à 1150 m d'altitude, dans la forêt humide
<i>Nauclea</i>	24-30°C, 1600-3000 mm	Forêt humide sur sol noir forestier, jusqu'à 500 m d'altitude
<i>Peperomia</i>	18-27°C, 2000-5000 mm	Une épiphyte de la forêt humide jusqu'à 1350 m (Santo)
<b>Forêt semi-décidue</b>		
<i>Acacia</i>	19-28°C, 750-2500 mm	Forêt semi-décidue, jusqu'à 400 m d'altitude, sur sol argileux
<i>Derris</i>	19-27°C, 900-2000 mm	Forêt semi-décidue, liane plutôt proche du bord de mer
<i>Desmodium</i>	17-27°C, 1000-2500 mm	Forêt semi-décidue, du niveau de la mer à 1130 m (Santo) parfois sur sol karstique
<i>Pterocarpus</i>	18-27°C, 900-2200 mm	Forêt semi-décidue, proche du niveau de la mer, parfois forêt ripisylve
<i>Euodia</i>	16-28°C, 750-2500 mm	Du niveau de la mer à 900 m d'altitude, forêt semi-décidue sur sol calcaire
<i>Celtis</i>	20-27°C, 500 à 2000 mm	Forêt semi-décidue de basse altitude (maximum 200 m)
<i>Elattostachys</i>	17-29°C, 900-2500 mm	Du niveau de la mer jusqu'à 700, forêt semi-décidue
<b>Forêt secondaire</b>		
<i>Elaeocarpus</i>	17-27°C, 1000-3000 mm	Végétation dégradée, du niveau de la mer (nord et centre de l'archipel) à

<i>Elaeocarpus</i>	17-27°C, 1000-3000 mm	Végétation dégradée, du niveau de la mer (nord et centre de l'archipel) à 600 m (Aneitym)
<i>Acalypha</i>	20-27°C, 900-3000 mm	Végétation dégradée, du niveau de la mer à 400 m, envahit les jachères, souvent proche des villages, en lisière de forêt dense, sur plateau calcaire
<i>Homalanthus</i>	19-27°C, 1000-3500 mm	Végétation dégradée, du bord de mer à 600 m, supporte les sols sableux
<i>Macaranga</i>	16-28 °C, 800 à 2000 mm	Végétation dégradée, arbuste pionnier, envahit les jachères, souvent proche des villages,
Moraceae ( <i>Ficus</i> et <i>Malaisia</i> )	26-31°C, 900-2000 mm	Végétation dégradée déjà recolonisée par des plantes pionnières, forêt humide secondaire de basse altitude, souvent proche des villages
<i>Macropiper</i>	17-27°C, 900-4000 mm	Végétation dégradée, de la forêt humide de haute altitude (1830 m à Santo) à l'arrière plage (Efate), sur tout types de sols
<i>Piper</i>	21-26°C, 1500-5000 mm	Mêmes remarques que pour <i>Macropiper</i>
<i>Trema</i>	19-27°C, 1000 à 3000 mm	Végétation dégradée, du niveau de la mer jusqu'en moyenne altitude (650 m)
Urticaceae ( <i>Dendrocnide</i> et	17-27°C, 900-3500 mm	Végétation dégradée, du bord de mer à 600 m d'altitude (Tanna), commun dans les forêts secondaires, souvent en forêt ripisylve



Annexe 10 : Cartes Topologiques Auto-Organisatrices pour la carotte Tfer06

% Araliaceae



% Veitchia



% Ascarina



% Cunoniaceae



% Podocarpus



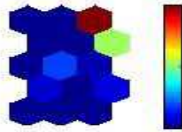
% Peperomia



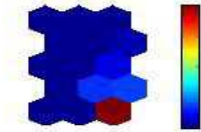
% Syzygium



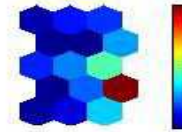
% Nauclea



% Garuga



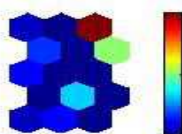
% Fabaceae



% Mimosoidae



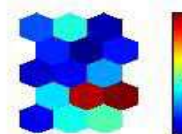
% Euodia



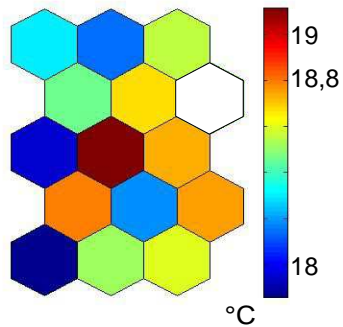
% Sapindaceae



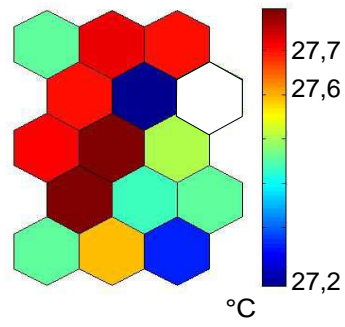
% Celtis



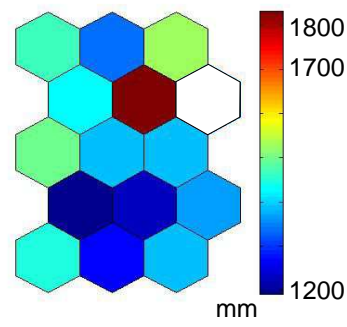
Températures minimales



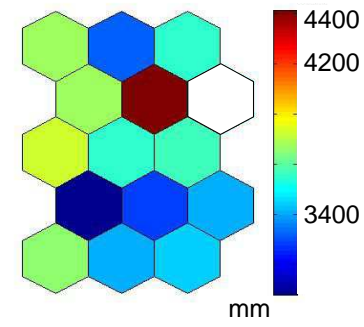
Températures maximales



Précipitations miniales



Précipitations maximales



## Annexe 10 : Cartes Topologiques Auto-Organisatrices pour la carotte Tfer06 (suite)

% Euphorbiaceae



% Moraceae



% (Macro)Piper



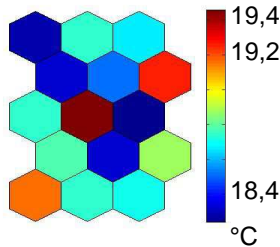
% Trema



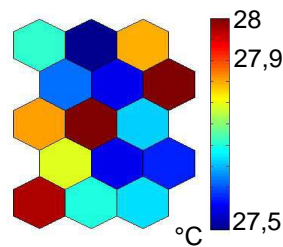
% Urticaceae



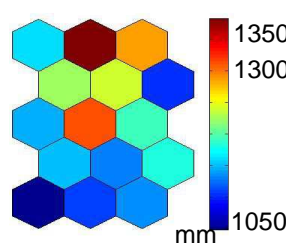
Températures minimales



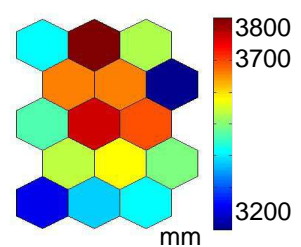
Températures maximales



Précipitations minimales



Précipitations maximales



### Interprétation

Chaque carte est composée par un ensemble de polygones, représentant une classe. Ces classes sont réalisées en regroupant les pourcentages similaires des taxons au cours du temps : un polygone bleu représente un période où le taxon est présent en faible pourcentage, un rouge lorsqu'il est présent en important pourcentage.

L'ensemble des polygones présents à un même endroit (par exemple en haut à gauche) sur toutes les cartes correspond à l'ensemble des taxons présents à une période. Le logiciel relie cette période à des conditions de températures et de précipitations minimum/maximum, calculé par les fonctions de densité de probabilité.

On obtient ainsi des cartes pour les précipitations et les pluies minimum et maximum. De la même manière qu'avec les cartes de pourcentages, les températures/les précipitations les plus basses sont en bleu, les plus importantes en rouge.

En associant les polygones correspondant aux plus fortes proportions d'un taxon sur sa carte topologique avec les polygones situés au même endroit sur la carte topologique d'une donnée météorologique, nous identifions les conditions de températures et de précipitations minimum et maximum pour ce taxon.

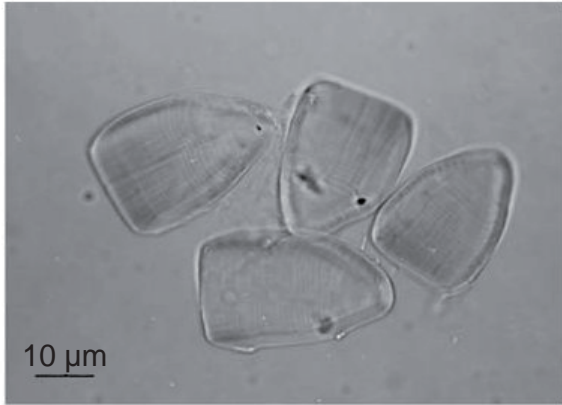
Les taxons de forêt secondaire sont très importants et très fluctuants, leur cartes topologiques ont été calculées séparément des autres taxons.

Par exemple, les conditions de températures et de précipitations des Araliaceae sont ainsi comprises entre 18-18,4 et 27,2-27,6°C et entre 1300-1500 et 3500-3700 mm/an.

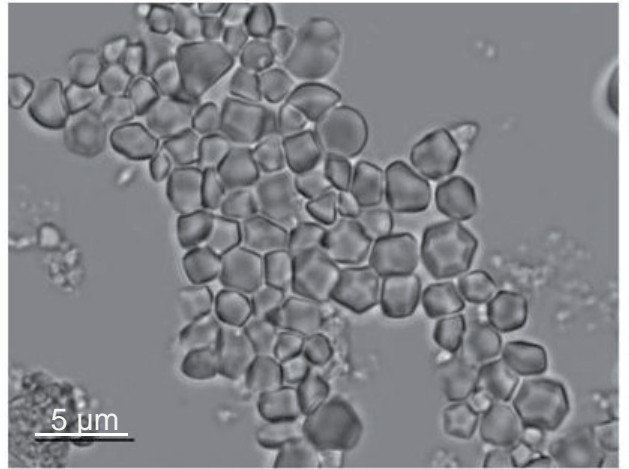
Les conditions de températures et de précipitations des Mimosoidae sont comprises entre 18,4-18,8 et 27,2-27,4°C et entre 1200-1300 et 3400-3500 mm/an

## Annexe 11 : Phytolithes et grains d'amidon frais

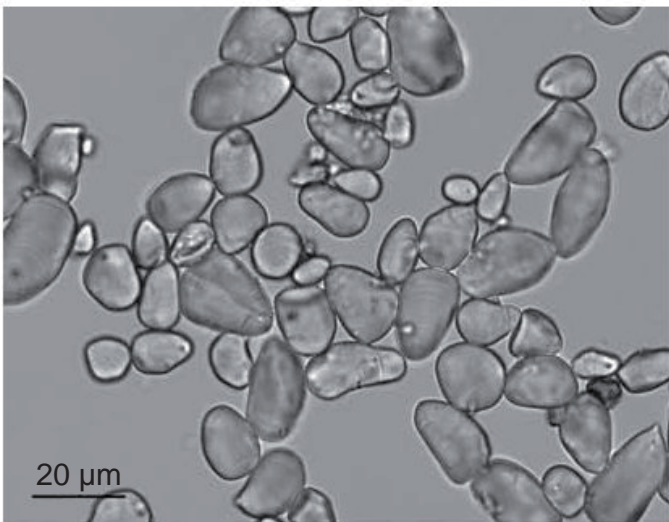
### Grains d'amidon (Lentfer, 2009)



*Dioscorea* sp.



*Colocasia* sp.



*Musa* sp.

### Phytolithes (collection de référence IRD France Nord - Bondy)



*Musa* sp.

Annexe 12 : Photos des mousses 1, 2, sous-bois et de la végétation environnante des mousses



Mousse 1



Mousse 2

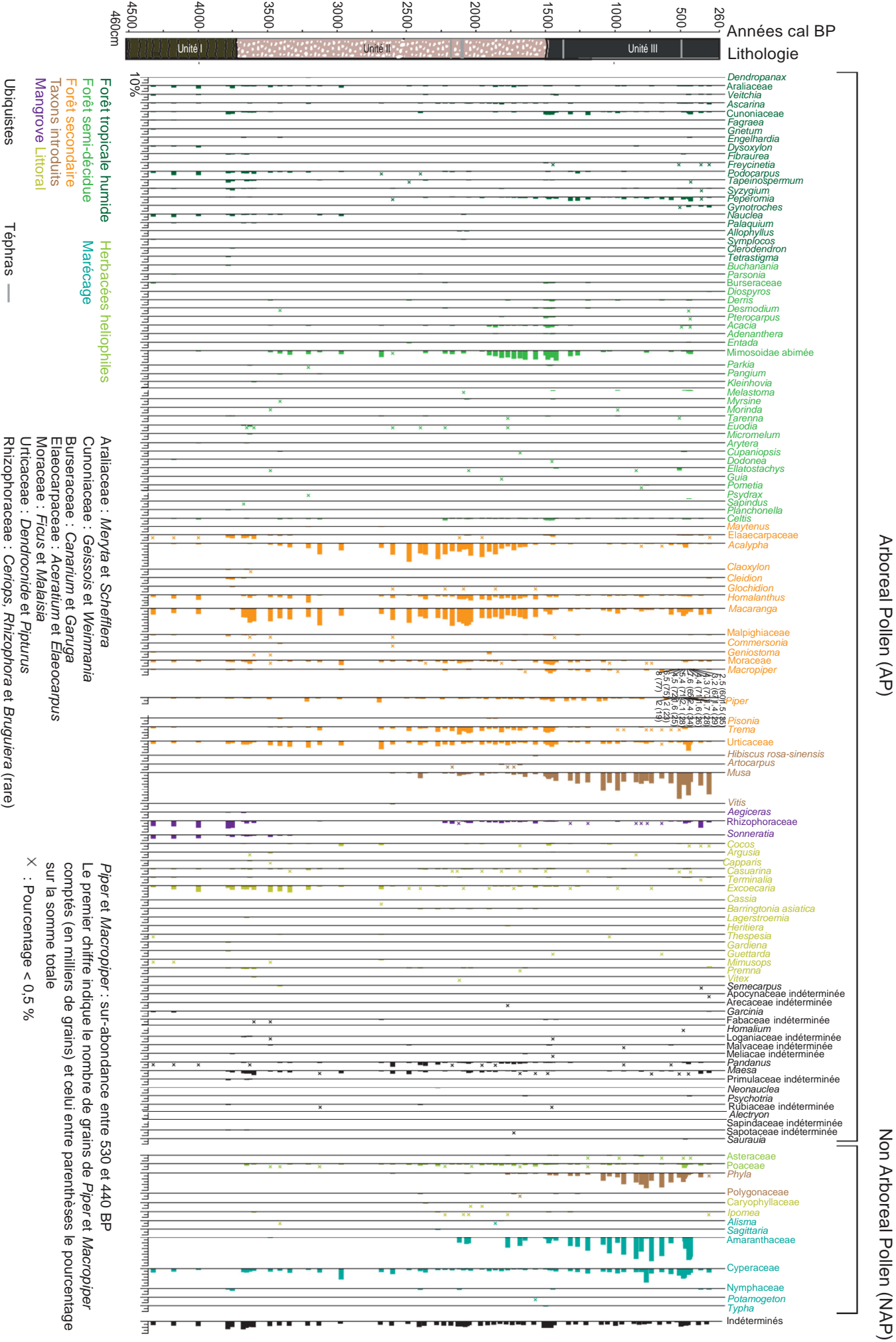


Végétation à proximité des Mousses 1 et 2

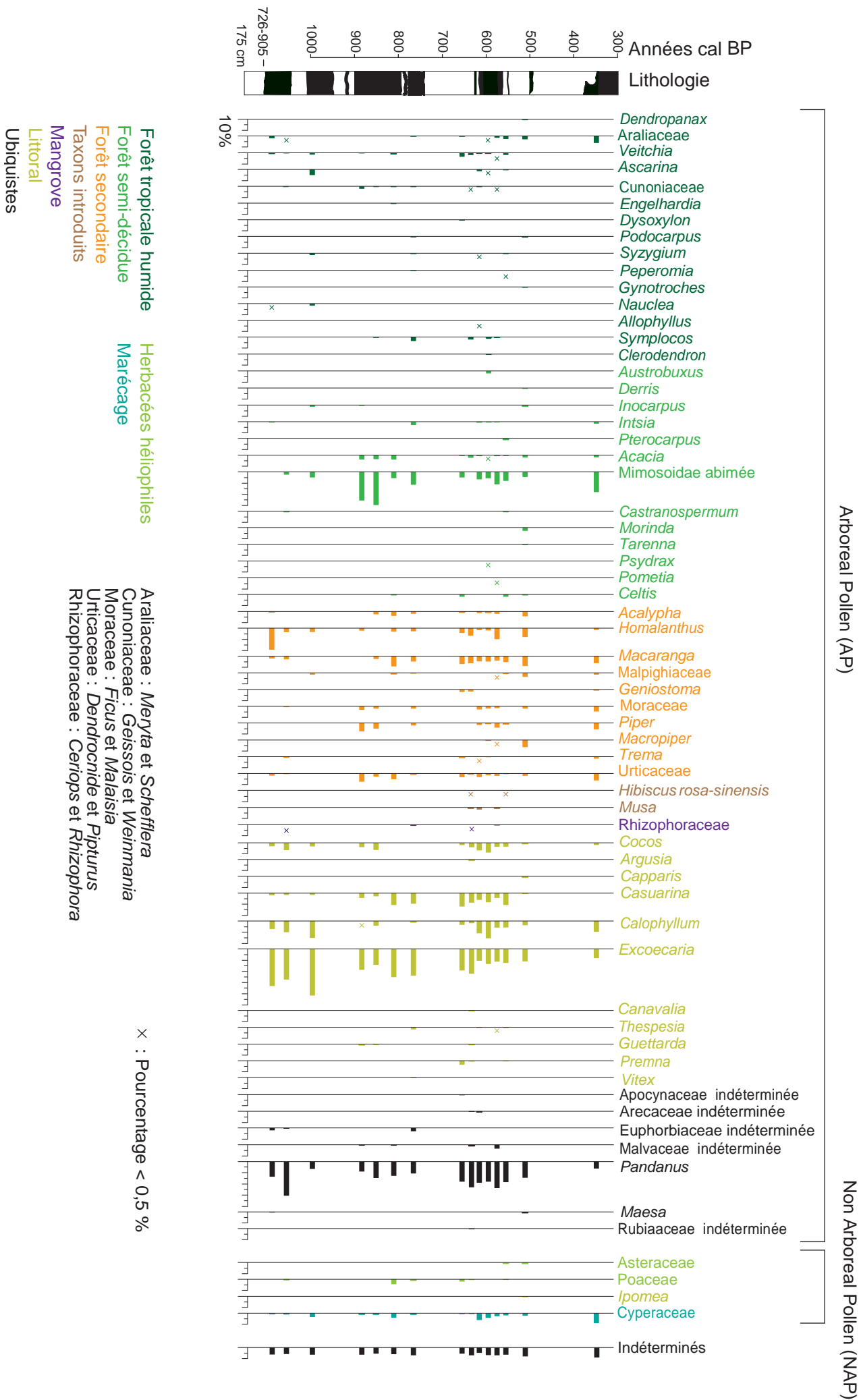


Végétation à proximité de la Mousse du sous-bois

# Annexe 13A : Diagramme détaillé de la carotte Tfer06

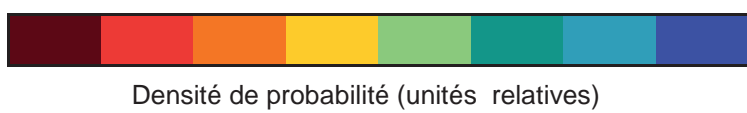
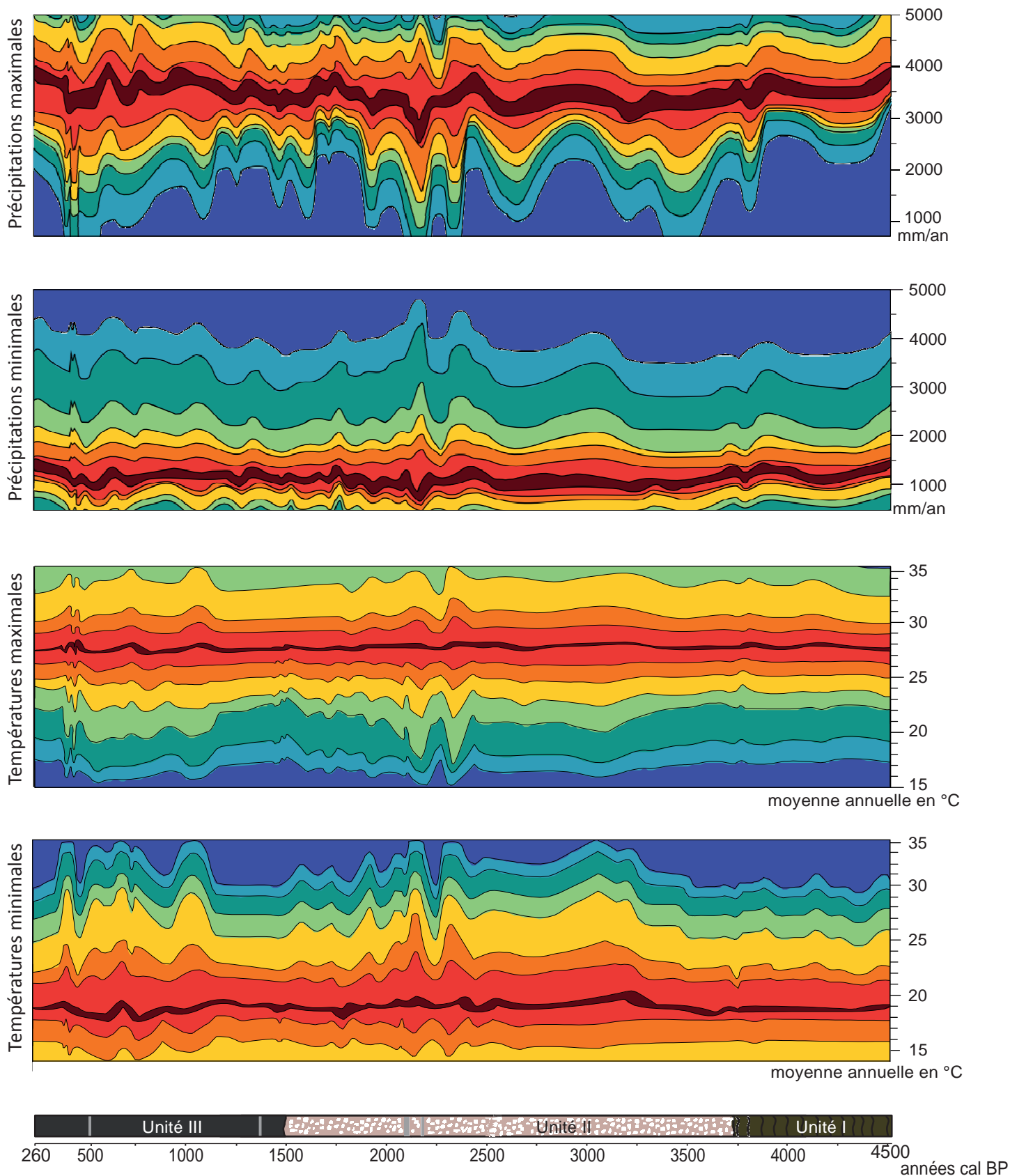


# Annexe 13B : Diagramme détaillé de la carotte Otaz



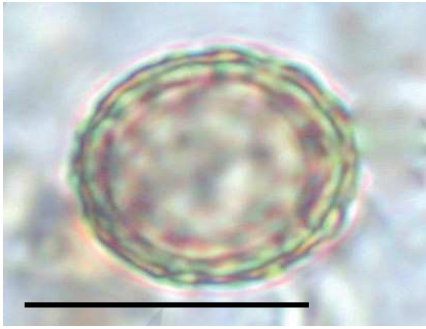
Annexe 15 : Quantifications climatiques de la séquence pollinique du marais d'Emaotfer. Les taxons de la forêt secondaire sont inclus dans le calcul

C	B	A	3	B	A	B	A
4				2			1

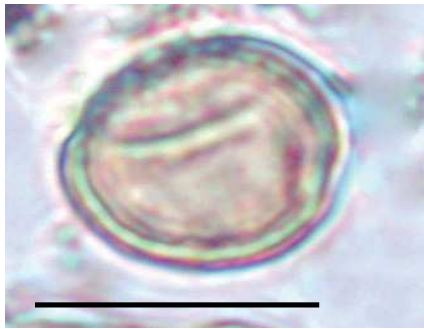


Photos pollen fossile - Plantes introduites retrouvées à Efate

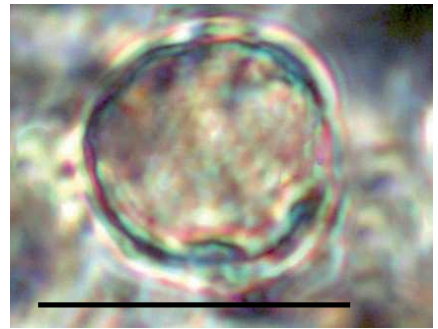
Les Piperaceae



*Macropiper sp.*

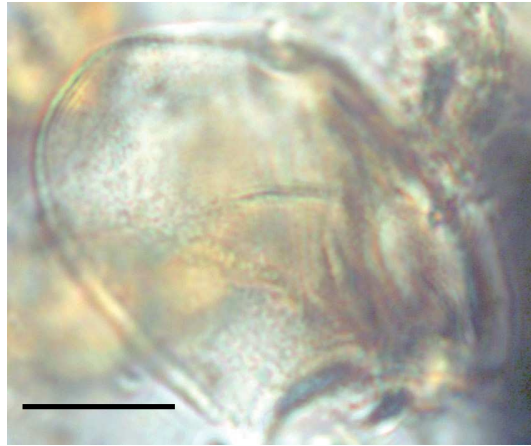


*Piper sp.*

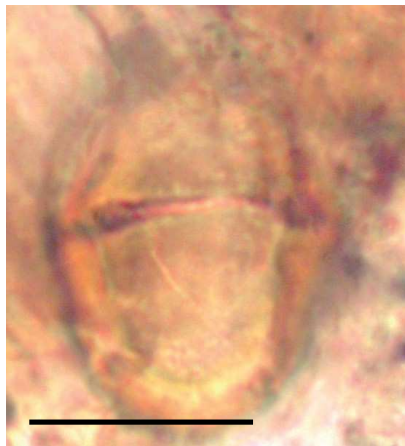
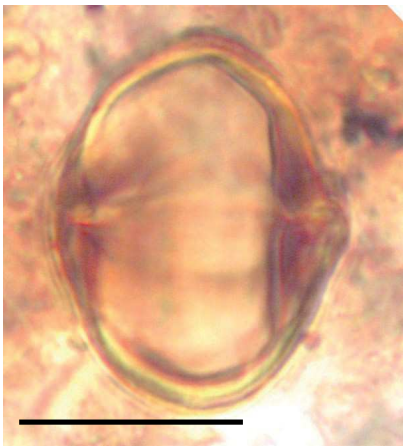


*Piper methysticum*

*Musa sp.* (pollen et phytolithes)



*Phyla nodiflora*



*Artocarpus sp.* (plus rare)



Taille du trait : 15  $\mu$ m



## Compte rendu du congrès APLE/APLF 2013

17/20/09 2013, Madrid (Espagne)

Claire Combettes, doctorante MNHN (subvention APLF 2013)

Le congrès APLE/APLF, organisé par le CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) et le UCM (Universidad Complutense de Madrid) s'est déroulé à Madrid (Espagne) du 17 au 20 septembre 2013. De nombreuses thématiques ont été abordées : paléoenvironnement/paléoclimat, paléocéanographie, mellissopalynologie, allergologie, interaction Homme'environnement, génétique, etc.

Ma propre participation s'est inscrite dans la session "landscape change and human' environment interactions".

Les études présentées ici portaient sur des séquences datées du Pléistocène moyen jusqu'au Moyen'Age. La palynologie fait partie intégrante d'une étude archéologique, en permettant de mieux cerner les relations homme'environnement'climat : les migrations humaines pouvant en effet être liées à des changements environnementaux ou climatiques, et la pression anthropique pouvant être à l'origine de modifications de la végétation. Ces relations nous sont apparues complexes, et loin d'être complètement comprises. Il n'est pas toujours évident de connaître l'origine d'un changement dans le signal pollinique : s'agit'il d'une activité anthropique, d'un événement naturel ou d'une combinaison de plusieurs facteurs ? Et à quel point l'Homme est influencé par des événements naturels ? Ainsi, des résultats concernant les migrations humaines, et surtout l'installation de l'Homme et la mise en place de l'agriculture et de l'élevage ont été présentés. La vulnérabilité de la végétation face à la pression anthropique présente et future a aussi été abordée.

Il est aussi indispensable de combiner d'autres analyses de proxies (comme les NPP ou les macro'restes) aux résultats palynologiques et aux données archéologiques afin d'obtenir des résultats plus complets, et c'est ce que nous a rappelé la conférence de S. Riera Mora en début de session. Enfin, l'utilisation de modèles peut s'avérer intéressant, en apportant des données différentes de celles obtenues par des analyses palynologiques.

Le symposium a été clôturé par une conférence plénière donnée par Donatella Magri, et portait sur les disparitions des taxons d'arbres en Europe durant les deux derniers millions d'années. Cette communication, particulièrement intéressante, a permis de mettre en évidence le comportement de certains taxons dont la distribution se serait réduite, voire qui auraient disparu, d'abord en région méditerranéennes. Ces résultats sont inattendus, et ont été à l'origine de beaucoup de questions.

En déterminant les territoires avec un fort taux d'extinction et de conservation des espèces, et en décrivant le processus de déclin des populations d'arbres, ce genre d'étude peut constituer une aide à la mise en place de programmes de conservation de la biodiversité.

C'est avec un grand plaisir que j'ai participé à ce congrès, qui m'a permis de rencontrer d'autres chercheurs et doctorants. Ce symposium fut pour moi l'occasion de présenter pour la première fois (comme pour d'autres doctorants) mes résultats et d'en discuter avec des palynologues.

## Compte rendu du congrès INQUA 2015

26/07'02/08 2015, Nagoya (Japon)

Claire Combettes, doctorante MNHN (subvention AFEQ 2015)

J'ai eu la chance de participer au XIX<sup>ème</sup> colloque international INQUA, *Quaternary Perspectives on Climate Change, Natural Hazards and Civilization*. Plus de 1800 participants de 70 pays se sont réunis autour de thématiques mettant en avant l'importance des sciences du Quaternaire dans la compréhension des climats, des environnements futurs et de leurs relations avec l'Homme.

Ma communication s'est inscrite dans la session "Identifying human activity in palaeoecological records". De nombreuses présentations y ont abordé les relations entre l'Homme et son environnement naturel en différents points de la planète, à l'aide de données palynologiques, anthracologiques, climatiques et archéologiques. La communication de B.A.S. Davis (Suisse) a fait le point sur les méthodes permettant de déterminer l'origine naturelle ou anthropique d'un milieu. Les bases de données polliniques et les modèles land'use/land'cover constituent une avancée dans ce domaine, bien que l'identification des déforestations à grande échelle reste complexe, tant l'influence des activités humaines est variable d'un endroit à un autre.

La communication de B.S. Whitney (Grande-Bretagne) a posé la question de la représentativité des enregistrements polliniques dans les réservoirs (lac, marais) de taille importante. Il a ainsi été proposé un modèle permettant de déterminer la sensibilité des enregistrements issus de grands lacs à l'impact des activités humaines sur la végétation.

Une session que j'ai suivi avec beaucoup d'intérêt s'intitulait "Diversification of flora since the late Pliocene". Les études présentées, souvent en lien avec la palynologie, nous ont montré l'importance des changements de la dynamique de la végétation passée dans la distribution de la flore actuelle.

L'analyse de la distribution des taxons reliques du Tertiaire, exposée par Z.K. Zhou (Chine), a mis en évidence l'influence du cycle saisonnier et des moussons sur le développement de tels taxons, tandis qu'elle a minimisé l'effet des périodes glaciaires, événements pourtant souvent suggérés comme à l'origine de disparitions de taxons tropicaux dans les zones tempérées. Une autre communication, par A. Ito (Japon), a illustré l'origine d'une espèce endémique du Japon, *Fagus crenata*. L'étude des feuilles et des cupules de *Fagus* de Chine et du Japon, datant de 9.7 Ma jusqu'à aujourd'hui, a permis de relier l'apparition des caractères typiques de *Fagus crenata* à des événements climatiques et géologiques.

L'ensemble des présentations de la session "Climate change in the tropical south Pacific during the Late Quaternary" a mis en avant des observations et des modèles permettant de mieux comprendre les relations océan-atmosphère de cette région du globe. Dans cette session, les variations d'ENSO ou les périodes d'expansions des zones d'upwelling du Pacifique équatorial ont pu être reconstitués à l'aide d'un grand nombre de proxies, comme les isotopes du bore, ou la concentration en carbone et en titane.

La communication de C. Karamperidou (États-Unis) a concerné la question très controversée d'une variabilité de ENSO à l'Holocène moyen. Il en ressort la nécessité de prendre en compte la réponse d'ENSO au forçage orbital, afin de comprendre les variations entre les proxies issus du Pacifique central et du Pacifique est.

Cette participation me fut profitable tant par les communications que j'ai pu suivre que par les discussions. Il est aussi indispensable de saluer l'organisation efficace d'un tel congrès, malgré le nombre important de participants. C'est avec une grande attention que je suivrais les publications qui pourront sortir à la suite de ce colloque.

